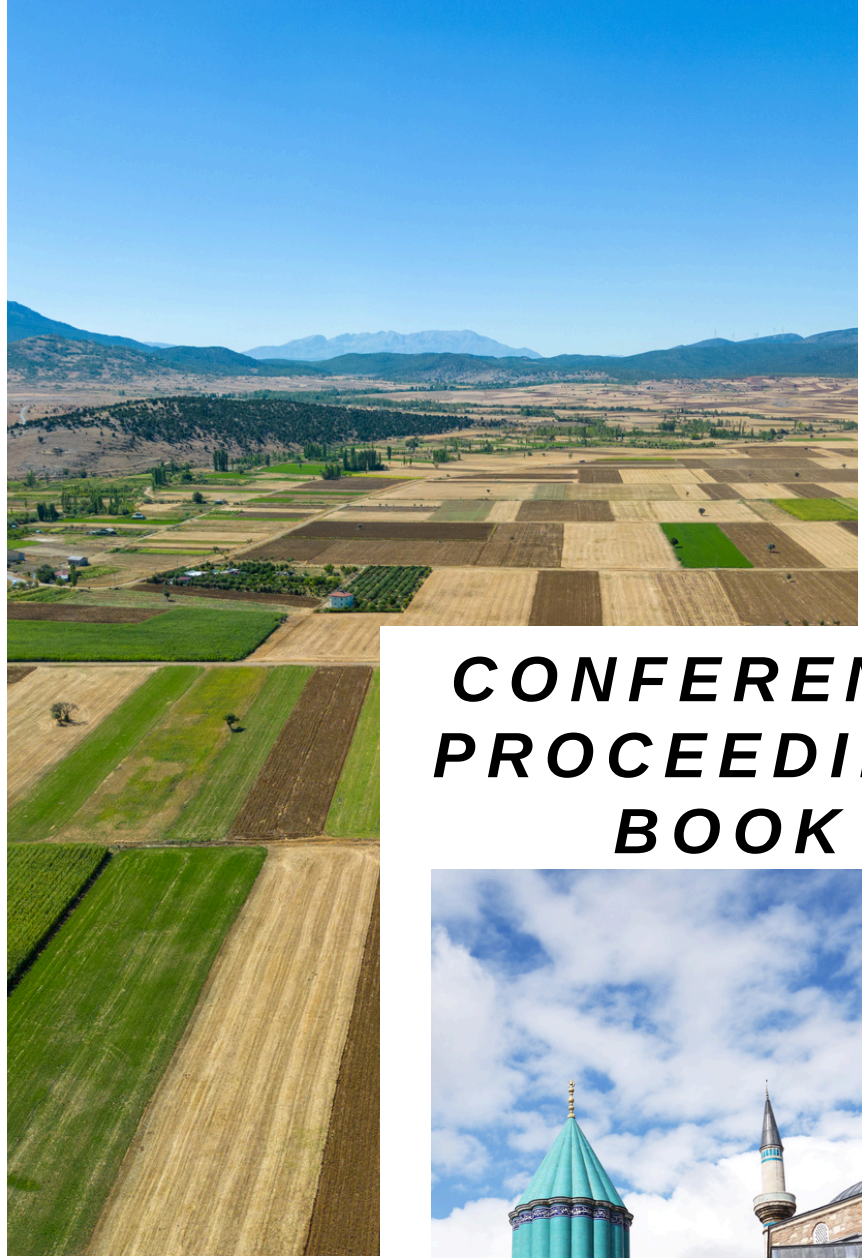
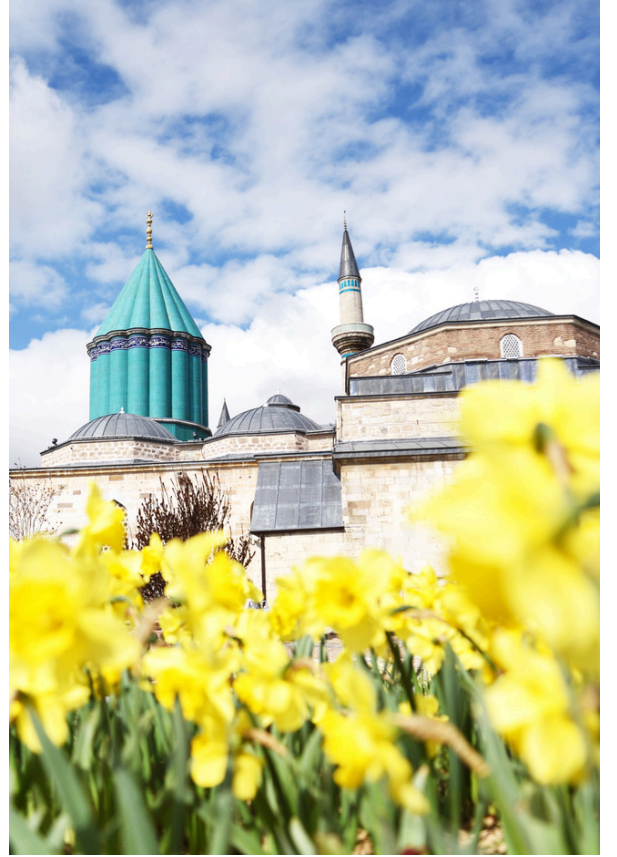


ISPEC
16. INTERNATIONAL CONFERENCE ON
AGRICULTURE, ANIMAL SCIENCE &
RURAL DEVELOPMENT

November 15-17, 2024
Konya, Türkiye



**CONFERENCE
PROCEEDINGS
BOOK**



EDITORS
Prof. Dr. Mustafa HARMANKAYA
Prof. Dr. Ercan CEYHAN
Assoc. Prof. Dr. Seyithan SEYDOŞOĞLU

**ISPEC 16th INTERNATIONAL CONFERENCE ON AGRICULTURE,
ANIMAL SCIENCE & RURAL DEVELOPMENT**

ISPEC Publishing House

Institution of Economic Development and Social Researches

All rights of this book belongs to ISPEC Publishing House.
Without permission of the publisher, can't be duplicate or
copied. Authors of chapters are responsible both ethically
and juridically.

(The Licence Number of Publicator:

2014/31220) Gölbaşı, Adıyaman Province,

TÜRKİYE

TÜRKİYE TR: +90 342 606 06 75 USA: +1 631 685 0 853

E mail: iksadyayinevi@gmail.com

www.iksadyayinevi.com

**ISPEC 16th INTERNATIONAL CONFERENCE ON AGRICULTURE,
ANIMAL SCIENCE & RURAL DEVELOPMENT**

**ISPEC 16th INTERNATIONAL CONFERENCE ON
AGRICULTURE, ANIMAL SCIENCE & RURAL
DEVELOPMENT**

November 15-17, 2024 / Konya, Türkiye

**PROCEEDINGS BOOK
(Abstracts & Full Texts)**

EDITORS

**Prof. Dr. Mustafa HARMANKAYA
Prof. Dr. Ercan CEYHAN
Assoc. Prof. Dr. Seyithan SEYDOŞOĞLU**

Cover Design: Arzu Altuntaş

ISBN: 978-625-6080-48-5

DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.14502508>

ISSUED: December 17, 2024

ISPEC 16th INTERNATIONAL CONFERENCE ON AGRICULTURE, ANIMAL SCIENCE & RURAL DEVELOPMENT

EVALUATION PROCESS and POLICIES

All applications have undergone double blind peer review process. In addition, each paper was accepted and the process of publishing in the book was carried out through editorial oversight. The published papers were presented and discussed at the meeting.

Full texts and abstracts published in accordance with the Symposium Policy have been prepared in accordance with ethical rules and APA standards. Authors of all papers are both ethically and legally responsible.

PARTICIPANTS COUNTRIES

Türkiye, Albania, Algeria, Azerbaijan, Bangladesh, Bulgaria, Ethiopia, Georgia, India, Indonesia, Iran, Kazakhstan, Malaysia, Morocco, Nigeria, Pakistan, Philippines, Saudi Arabia, Slovenia, Sri Lanka, Uganda, Ukraine

TOTAL ACCEPTED ARTICLES: 306

The Number of Accepted Papers from Türkiye: 127
The Number of Accepted Full Papers from Other Countries: 149
The Number of Total Papers: 276

**ISPEC 16th INTERNATIONAL CONFERENCE ON AGRICULTURE,
ANIMAL SCIENCE & RURAL DEVELOPMENT**

CHAIRPERSONS OF THE ORGANIZING BOARD

Prof. Dr. Mustafa HARMANKAYA

Selçuk Üniversitesi

Prof. Dr. Ercan CEYHAN

Selçuk Üniversitesi

Assoc. Prof. Dr. Seyithan SEYDOŞOĞLU

Siirt Üniversitesi

SYMPOSIUM COORDINATORS

- **Assoc. Prof. Dr. Seyithan SEYDOŞOĞLU**
 - Siirt Üniversitesi

**ISPEC 16th INTERNATIONAL CONFERENCE ON AGRICULTURE,
ANIMAL SCIENCE & RURAL DEVELOPMENT**

ORGANIZING BOARD

Prof. Dr. Ercan CEYHAN - Selçuk Üniversitesi

Prof. Dr. Tolga KARAKÖY - Sivas Bilim ve Teknoloji Üniversitesi

Prof. Dr. Kağan KÖKTEN - Sivas Bilim ve Teknoloji Üniversitesi

Prof. Dr. Hakan GEREN - Ege Üniversitesi

Prof. Dr. Burhan KARA - Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi

Prof. Dr. Mehmet Ali AVCI - Selçuk Üniversitesi

Prof. Dr. Rahim ADA - Selçuk Üniversitesi

Doç. Dr. Cem TIRINK - Iğdır Üniversitesi

Doç. Dr. Yasin ALTAY - Eskişehir Osmangazi Üniversitesi

Doç. Dr. Muzaffer İPEK - Selçuk Üniversitesi

Doç. Dr. Zuhâl KARAKAYACI - Selçuk Üniversitesi

Doç. Dr. İbrahim AYTEKİN - Selçuk Üniversitesi

Doç. Dr. Ayşen Melda Çolak - Uşak Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Emine Çatalakaya-Dicle Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Ayşe Sadiye ÇELİK - Selçuk Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi İrem AYRAN - Selçuk Üniversitesi

Öğr. Gör. Serdar KARADAŞ - Selçuk Üniversitesi

**ISPEC 16th INTERNATIONAL CONFERENCE ON AGRICULTURE,
ANIMAL SCIENCE & RURAL DEVELOPMENT**

SCIENCE AND ADVISORY BOARD

Dr. Jasjit SINGH (LUND University, SWEDISH)

Dr. Shah Fahad (University of Haripur, Department of Agronomy, Haripur-PAKISTAN)

Dr. Saddam Hussain (University of Agriculture, Faculty of Agriculture, Department of Agronomy, Faisalabad-PAKISTAN)

M.Sc. Setyo Budi Kurniawan (Universiti Kebangsaan Malaysia, Faculty of Engineering & Built Environment, MALAYSIA)

Dr. Usman Ghani, PhD (Institute of Management Sciences Peshawar-PAKISTAN)

Dr. Katarzyna Czech, PhD (Warsaw University of Life Sciences-POLAND)

Dr. Yuriy Danko, PhD (Sumy National Agrarian University-UKRAINE)

Dr. Olena Melnyk, PhD (Sumy National Agrarian University-UKRAINE)

Prof. Dr. Anderi JEAN (Gas Petroleum University of Romania-ROMANIA)

Prof. Mohammed RAMMAL (Saint Joseph University-UNITED STATES OF AMERICA)

Dr. Nabeel Khan Niazi (University of Agriculture, Faculty of Agriculture, Institute of Soil and Environmental Sciences, Faisalabad-PAKISTAN)

Dr. Ristina Siti Sundari (Tasikmalaya University-INDONESIA).

Dr. Rana Nadeem Abbas (University of Agriculture, Faculty of Agriculture, Department of Agronomy, Faisalabad-PAKISTAN)

Dr. Michal Wojtaszek, PhD- (Warsaw University of Life Sciences-POLAND)

Dr. Maral Jamalova, PhD (Szent Istvan University-HUNGARY)

Prof. Dr. Adel Salah KHATTAB (Tanta University, Tanta, Egypt)

Dr. Pooja BOHRA (ICAR-Central Inland Agricultural Research Institute, INDIAN)

Dr. Kübra YAZICI - Yozgat Bozok University (Türkiye)

**ISPEC 16th INTERNATIONAL CONFERENCE ON AGRICULTURE,
ANIMAL SCIENCE & RURAL DEVELOPMENT**

**ISPEC 16th INTERNATIONAL CONFERENCE ON
AGRICULTURE, ANIMAL SCIENCE & RURAL
DEVELOPMENT**

November 15-17, 2024 / Konya, Türkiye

SYMPOSIUM SCHEDULE



SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
ZİRAAT FAKÜLTESİ



ISPEC 16th INTERNATIONAL CONFERENCE ON AGRICULTURE, ANIMAL SCIENCE & RURAL DEVELOPMENT

November 15-17, 2024 / Konya, Türkiye

Congress Program

Face-to-face and Online

IMPORTANT, PLEASE READ CAREFULLY

- ✓ To be able to attend a meeting online, login via <https://zoom.us/join> site, enter ID “Meeting ID or Personal Link Name” and solidify the session.
- ✓ The Zoom application is free and no need to create an account.
- ✓ The Zoom application can be used without registration.
- ✓ The application works on tablets, phones and PCs.
- ✓ The participant must be connected to the session 5 minutes before the presentation time.
- ✓ All congress participants can connect live and listen to all sessions.
- ✓ Moderator is responsible for the presentation and scientific discussion (question-answer) section of the session.

Points to Take into Consideration - TECHNICAL INFORMATION

- ✓ Make sure your computer has a microphone and is working.
- ✓ You should be able to use screen sharing feature in Zoom.
- ✓ Attendance certificates will be sent to you as pdf at the end of the congress.
- ✓ Requests such as change of place and time will not be taken into consideration in the congress program.

FACE TO FACE SESSION / 15.11.2024

HALL-1 / SESSION-1

Ziraat Fakültesi Toplantı Salonu

Time: 10:30-12:30

HEAD OF SESSION: Prof. Dr. Ercan CEYHAN

Authors	Affiliation	Presentation title
Fatma Deniz Mehmet Ali Mazmanci	<i>Mersin University</i>	Analysis of the Change in the Water Footprint of Citrus Grown in Hatay Between 2012-2021
Fatma Deniz Mehmet Ali Mazmanci	<i>Mersin University</i>	Calculation of Agricultural Water Footprint for Tomato, Cucumber, Peach, Apple and Lemon Grown in Erdemli
Raziye Koçak Özden Salman Muhammet Kardeşahin	<i>Selçuk University</i>	The Effects of Tea Vinegar Tar Applications on Botrytis Cinerea and Sclerotinia Sclerotiorum
Ali Yavuz Şeflek Kadir Demirağ	<i>Selçuk University</i>	Vertical Farming Technologies
Sabit Tunçel	<i>IBB Tree and Landscaping Inc.</i>	An Example of The Application of the Agriculture 4.0 Approach in Seedling Cultivation and Maintenance
Alperen Yücel Sibel Kızıl	<i>Kırıkkale University</i>	Epidemiological Investigation Of Methicillin-Resistant <i>Staphylococcus Aureus</i> (Mrsa) Isolates From Animals Raised In The Faculty Of Veterinary Medicine And Environmental Samples
Zeynep Nas Ahmet Eşitken Lütfi Pırlak	<i>Selçuk University</i>	Determination of the Effect of Subculture Number on in Vitro Rooting in Micropropagation of Apricot And Apple
Zeynep Nas Ahmet Eşitken Lütfi Pırlak	<i>Selçuk University</i>	Micropropagation of New Clonal Apple Rootstock Candidate (Hatay)
Vildan Erci Ilknur Gümüş	<i>Selçuk University</i>	The Effect of Biochar from Different Plant Wastes on Soil Hydraulic Conductivity
Abdulbasir Sultani Kamil Haliloğlu Gaye Akçelik Aras Turkoğlu	<i>Ataturk University</i>	Effects of Melatonin Application Under Drought Stress on in Vitro Regeneration in Wheat (<i>Triticum aestivum</i> L.)
Ibrahim Isse Ali Kubilay Kurtulus Bastas	<i>Selçuk University</i>	Optimizing Disease Control Strategies for Common Bacterial Blight In Beans: A Multi-Treatment Evaluation

(All speakers required to be connected to the session 10 min before the session starts)

Moderator is responsible for ensuring the smooth running of the presentation, managing the group discussion and dynamics.

FACE TO FACE SESSION / 15.11.2024

HALL-2 / SESSION-1

Ziraat Fakültesi Toplantı Salonu

Time: 10:30-12:30

HEAD OF SESSION: Prof. Dr. Mehmet Ali AVCI

Authors	Affiliation	Presentation title
Çetin Palta Erdal Gönülal	<i>Necmettin Erbakan University</i>	Agricultural Potential of Ereğli District
Esra Aksuy Hüseyin İrfan Balık	<i>Sakarya Uygulamalı Bilimler University</i>	Number of Pistillate Flowers and Number of Nuts in Cluster of Some Hazelnut Cultivars
Mustafa Emir Yıldırım Önder Ferik Utku Duru Bahadır Şin Melike Köse Mustafa Yılmaz	<i>Sakarya Uygulamalı Bilimler University</i>	Determination of the Allelopathic Effects of Faba Bean (<i>Vicia faba</i> L.) And Common Vetch (<i>Vicia sativa</i> L.) Extracts on Some Weeds
Gülce Kirbaş Merve Tok Mahmut Şamil Şamli Emre Arslan Kemal Kirikçi	<i>Selçuk University</i>	The Effect of Egg Laying Time and Position of the Egg Basket in the Hatching Machine on Incubation Time and Incubation Results in Caucasian Pheasants
Kemal Kirikçi Emre Arslan Gülce Kirbaş Mahmut Şamil Şamli Merve Tok	<i>Selçuk University</i>	Chukar Partridge Placement Studies, Problems and Solution Suggestions
Fatıma Uzan Sinan Kandır Bilge Kaan Tekelioğlu	<i>Çukurova University</i>	The Importance of Biosecurity Measures in the Prevention of Poultry Diseases
Tuğrulhan Özden Sinan Kandır Bilge Kaan Tekelioğlu	<i>Çukurova University</i>	Use of Image Processing and Artificial Intelligence for Effective Diarrhea Management in Heifers
Müberra Nur Kiliçarslan Mehmet Emin Argun	<i>Konya Technical University</i>	Characterisation and Valuable Compound Potential of Olive By-Products and Wastes
Uğur Başaran Erdem Gülümser	<i>Yozgat Bozok University</i>	Germination characteristics of single-flowered vetch (<i>Vicia articulata</i> Hornem) and its response to different primings
Erdem Gülümser Medine Çopur Doğrusöz	<i>Bilecik Seyh Edebali University</i>	Evaluating the Potential of Magnetic Fields in Promoting Grass Pea Seed Germination and Early Growth

(All speakers required to be connected to the session 10 min before the session starts)

Moderator is responsible for ensuring the smooth running of the presentation, managing the group discussion and dynamics.

ONLINE SESSION / 15.11.2024

HALL-1 / SESSION-1

ZOOM ID: 860 5266 6988 / PASSCODE: 161616

Ankara Local Time: 10:00-12:00

HEAD OF SESSION: Assoc. Prof. Dr. Murat ŞEVİK

Authors	Affiliation	Presentation title
Murat Şevik	<i>Necmettin Erbakan University</i>	Transmission of Lumpy Skin Disease Virus by Biting Midges (<i>Culicoides</i> spp.)
Murat Şevik	<i>Necmettin Erbakan University</i>	The Impact of Vaccination on The Akabane Disease
Serdar Üçok Xufei Yang	<i>Kahramanmaraş Sütcü İmam University</i>	The Role of Carbon Footprint Analysis in Sustainable Agricultural Practices
Muhammad Munib Khalid Muhammad Yousaf	<i>Minhaj University</i>	Humanitarian Aid or Strategic Influence: Analyzing the UAE's Role in Yemen's Reconstruction Efforts
Mustafa Demirkaya	<i>Kayseri University</i>	Effects of Different Dosages of Liquid Biological Fertilizer Effective Microorganism (Em; Ema Plus®) on Yield and Fruit Number of "Aydin Black" Eggplant Variety Under Greenhouse Conditions
Binyam Zigta	<i>Wachemo University</i>	Effect of Thermal Radiation and Chemical Reaction on Magneto hydrodynamics Flow of Blood in Stretching Permeable Vessel
Ismail Naneli	<i>Sakarya Uygulamalı Bilimler University</i>	Comparative Theoretical Analysis of Energy Potential Values of Wheat Stal Wastes in Ankara and Konya Locations
Gheorghe Giurgiu Manole Cojocaru	<i>Deniplant-Aide Sante Medical Center</i>	Microbiota Modulation As Therapeutic Approach in The Neuropathic Pain in Dog With Spinal Cord Injury: Impact of Polenoplasmin
Ismail Naneli	<i>Sakarya Uygulamalı Bilimler University</i>	Comparative Theoretical Analysis of Energy Potential Values of Wheat Stalk Wastes in Some Locations

(All speakers required to be connected to the session 10 min before the session starts)

Moderator is responsible for ensuring the smooth running of the presentation, managing the group discussion and dynamics.

ONLINE SESSION / 15.11.2024

HALL-2 / SESSION-1

ZOOM ID: 860 5266 6988 / PASSCODE: 161616

Ankara Local Time: 10:00-12:00

HEAD OF SESSION: Prof. Dr. Rahim ADA

Authors	Affiliation	Presentation title
Ömer Barış Özlüoymak	<i>Çukurova University</i>	Development of A Machine Vision Based Color Measurement System for The Identification of Tomato Ripeness Stages
Mustafa Kibar	<i>Siirt University</i>	Investigation of The Offal industry in Türkiye Between 2010 And 2022 in Light of FAO Data
Mehmet Altun Ustun Sahin	<i>Ataturk University</i>	Frequent irrigation With Increased Doses of Sewage Sludge increases Stable infiltration Rate of Silage Maize Cultivated Soil
Farhan Ahmadi Mirghaed	<i>University of Mazandaran</i>	Analysis of Landscape Fragmentation in the Chalus Watershed, North of Iran
Seyit Ahmet Gökmen Yusuf Cufadar Esra Tuğçe Gül Osman Olgun Behlül Sevim	<i>Ondokuz Mayıs University</i>	Effect of Using Barley Supplemented with Probiotics (<i>Bacillus velezensis</i>) in The Diet on Performance and Slaughtering Characteristics in Broilers
Yashelina V.A. Medvedev I.N.	<i>Russian Biotechnological University</i>	Activity of Hemostasis System in Piglets Briefly Exposed to Unfavorable Environmental Conditions
M. Aydın Akbudak	<i>Akdeniz University</i>	Regulation of Proline Transporter (Prot) Genes in Tomato (<i>Solanum lycopersicum</i>) Under Heat Stress
Durmus Cetin M. Aydın Akbudak	<i>Akdeniz University</i>	Differential Expression of Whirly Genes in Tomato (<i>Solanum lycopersicum</i>) Under Cold Stress: A Comparative Analysis of Slwhy1 and Slwhy2
Zahiri Yousra Abrouki Younes Lebbar Salim El Hajjaji Souad	<i>Mohammed V University in Rabat</i>	Algal Biomass-Derived Biofertilizers for Sustainable Agriculture
Ashwini. A Hamsini Eisha E Selvakumar V Sheron Kevin. S Venkateshwaran, S Vijayalakshmi M	<i>Bharath University of Higher Education and Research</i>	Formulation and Evaluation <i>Clitoria ternatea</i> Linn. Alcoholic Extract Antipigment Cream.

(All speakers required to be connected to the session 10 min before the session starts)

Moderator is responsible for ensuring the smooth running of the presentation, managing the group discussion and dynamics.

ONLINE SESSION / 15.11.2024

HALL-3 / SESSION-1

ZOOM ID: 860 5266 6988 / PASSCODE: 161616

Ankara Local Time: 10:00-12:00

HEAD OF SESSION: Prof. Dr. Ali KAHRAMAN

Authors	Affiliation	Presentation title
Altan Çetin Turgay Kabay Aytekin Ekincialp Selma Kipçak Bitik	<i>Van Yüzüncü Yıl University</i>	Germination Test and Scanning Electron Microscope Analysis of Cabbage Seeds Under Salt Stress
Sakineh Khanamani Falahatipour	<i>University of Tehran</i>	Evaluation of novel sustained release film formulation of enrofloxacin in rabbits
Fatma Nur Kılıç Nuri Kandirmaz Oğuzhan Uzun	<i>Erciyes Üniversitesi</i>	Effects of Different Microalgae Applications on The Growth Performance of Cucumber (<i>Cucumis sativus</i>) Under Temperature Stress
Wien Kuntari Dwi Yuni Hastati Ani Nuraini Faranita Ratih Listiasari	<i>IPB University</i>	Development and Sensory Evaluation of Modified Mocaf Noodles with Chicken Feet Flour Addition
Halil Aytıp	<i>T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı</i>	Determination of Potential Erosion Risk with The Help of Icona Model: The Case of Caglayancerit
Snežana Đokić Srđan Jovanović Slobodan Popović	<i>Nezavisni University Banja Luka</i>	Marketing Observation of The Organization of Fisheries Production on Agricultural Farms Through Microeconomic Financial Activities
Srđan Jovanović Snežana Đokić Slobodan Popović	<i>Nezavisni University Banja Luka</i>	The Significance of Marketing in The Limitation of Cereal Production with The Goal of Increase in Financial Results on The Example of The Republic of Serbia
Slobodan Popović Snežana Đokić Srđan Jovanović	<i>Nezavisni University Banja Luka</i>	Uses of Marketing in The Sale of Basic Food Products from The Point of View of Management Security, Both of A Company and of A Country That Secures its Population
Habil Umur Hülya Hanoğlu Oral Figen Kütükoğlu Erđinç Altınçekiç	<i>Gıda ve Yem Kontrol Merkez Araştırma Enstitüsü</i>	Utilization of Web-Based Decision Support Program For Microscopic Detection of Animal Proteins in Compound Feeds
Olawuyi Fatoki Chunling Du Robert Hans Rotimi-Williams Bello	<i>Tshwane University of Technology</i>	Role of Computer Vision and Deep Learning Algorithms in Livestock Behavioral Recognition: A State-of-The-Art Review

(All speakers required to be connected to the session 10 min before the session starts)

Moderator is responsible for ensuring the smooth running of the presentation, managing the group discussion and dynamics.

ONLINE SESSION / 15.11.2024

HALL-4 / SESSION-1

ZOOM ID: 860 5266 6988 / PASSCODE: 161616

Ankara Local Time: 10:00-12:00

HEAD OF SESSION: Prof. Dr. Erdoğan Eşref HAKKI

Authors	Affiliation	Presentation title
Meryem Birlik Tarkan Ayaz	<i>Sirnak University</i>	Characterization of Root Knot Nematodes Resistance Mi-1 Gene At Some Local Tomato Genotypes
Selvakumar V Vijayalakshmi M Sheron Kevin S Venkateshwaran Ashwini A Hamsini Eisha E	<i>Bharath institute of higher education and research institute</i>	Pharmacology Aspect of The Clitoris Ternatea
Çağrıbey Güven Fulya Tan	<i>Tekirdağ Namık Kemal University</i>	Usability of Agricultural Machinery in Natural Disasters; Yagci Village/Tekirdag - Example
Blessy V Rajan	<i>St Xavier's College Vaikom</i>	Impact of Flood on Capture Fishery Composition in Vembanad Lake
Nesrican Kodan Mehmet Irmak	<i>Siirt University</i>	Use of Azolla (<i>Azolla pinnata</i>) Plant in Ruminant Nutrition
Syeda Sabika Zahra Naqvi Syed Mohsan Raza Shah	<i>University of Education</i>	Morpho-Anatomical modification in with an iasomnifera (L.) Dunal from punjab, Pakistan: Insight in to adaptation
Feride Öncan Sümer	<i>Aydın Adnan Menderes University</i>	The Importance of Zinc Fertilization in Legumes
Feride Öncan Sümer	<i>Aydın Adnan Menderes University</i>	The Importance of Legumes in Crop Rotation
M.Monica D.Anushya Khushi Singh R.Saravanan R.Srinivasan	<i>Bharath Institute of Higher Education and Research</i>	An Overview of The Immunomodulatory Effects of Ayurvedic Botanicals
V.Ranjani K.M.Keerthivasan W. Helen	<i>Bharath Institute of Higher Education and Research</i>	A Review on Phytochemicals and Biological Properties of Golden Chamomile (<i>Matricaria aurea</i>)

(All speakers required to be connected to the session 10 min before the session starts)

Moderator is responsible for ensuring the smooth running of the presentation, managing the group discussion and dynamics.

ONLINE SESSION / 15.11.2024

HALL-5 / SESSION-1

ZOOM ID: 860 5266 6988 / PASSCODE: 161616

Ankara Local Time: 10:00-12:00

HEAD OF SESSION: Prof. Dr. Mehmet ZENGİN

Authors	Affiliation	Presentation title
Mustafa Usta Abdullah Güller Serap Demirel	<i>Van Yüzüncü Yıl University</i>	Cmv Variants and Phylogenetic Analysis in Cucurbit Ecosystem of The Southern Aegean Region, Türkiye
Satish Kumar Singh Pallavi Lakhera	<i>Central University of Punjab</i>	The Role of Women in Agriculture: Analysing Their Impact on Animal Welfare Standards and Rural Development Outcomes
Cansu Altuntaş Abidin Gümrukçuoğlu	<i>Artvin Çoruh University</i>	Exogenous Pyrogallol Alleviates Arsenic Stress Regulating Non-Enzymatic System and Oxidative Stress in Wheat Seedlings
Khushi Singh M.Monica D.Anushya R.Saravanan R.Srinivasan	<i>Bharath institute of higher education and research</i>	Pharmacological Effects on Kalunji Plant
Ghailane Ayoub Mabrouki Jamal Moussadik Ali Ouahil Boubker Abrouki Younes	<i>Mohammed V University in Rabat</i>	Biomass Energy for Sustainable Agriculture: Current Status and Perspectives
Subhashish Dey	<i>Seshadri Rao Gudlavalleru Engineering College</i>	Study on Effect of CBR Value for Flyash Treated Clayey Soil with Curing Period
Barış Kahveci Şeyda Özdemir Kahveci	<i>Çukurova University</i>	Site Selection Criteria of Solar Power Plants and The Importance of Suitability Analysis
Abrouki Younes	<i>Mohammed V University in Rabat</i>	Photocatalytic Wastewater Treatment for Sustainable Water Reuse in Agriculture
Ait Oujallal Ilham Mabrouki Jamal Boudraham Salima Anouzla Abdelkader Abrouki Younes	<i>Mohammed V University in Rabat</i>	Solar-Powered Desalination for Sustainable Water Supply in Agriculture
Boudraham Salima Mabrouki Jamal Ait Oujallal Ilham Mandil Adil Jioui Ilham Abrouki Younes	<i>Mohammed V University in Rabat</i>	Membrane-Based Desalination for Agricultural Water Supply: Challenges and Opportunities

(All speakers required to be connected to the session 10 min before the session starts)

Moderator is responsible for ensuring the smooth running of the presentation, managing the group discussion and dynamics.

ONLINE SESSION / 15.11.2024

HALL-1 / SESSION-2

ZOOM ID: 860 5266 6988 / PASSCODE: 161616

Ankara Local Time: 12:30-14:30

HEAD OF SESSION: Doç. Dr. Zuhal KARAKAYACI

Authors	Affiliation	Presentation title
Birkan Şahin Sıdıka Ekren	<i>Ege University</i>	The Effect of Different Row Spacing on Yield and Yield Components of Black Cumin Plant in Bornova Ecological Conditions
Pooja Rasal Gaurav Kasar	<i>JES's SND College of Pharmacy</i>	Aquasomes: A Novel Drug Carrier System
Eren Piliç Sıdıka Ekren	<i>Ege University</i>	Determination of Yield and Yield Components of Some oil Sunflower (<i>Helianthus annuus</i> L.) Varieties
Abderrahmane Ziari Abderrahmane Medjerab	<i>University of Sciences and Technology Houari Boumediene Algeriers</i>	Impact of Climate Change on Water Resources in Northeastern Algeria
Hilal Meral	<i>Tokat Gaziosmanpaşa University</i>	Current Developments, Market Trends and A Future of Commercial Medical Foods
Ghazala Yunus Mohammed Kuddus	<i>University of Hail</i>	Electrochemical Biosensor for Food Borne Pathogens: an Overview
Özgür Burçak Gürsoy İlkay Akbaş	<i>Beykoz University</i>	The Place of Rural Development and Cooperatives in The Sustainability Reports of Agri-Business Firms in Turkey
Ladouali Sabrina Sakaa Bachir Chaffai Hicham	<i>Badji Mokhtar Annaba University</i>	Using Extreme Machine Learning and variational mode decomposition to predict the drought index for the Ain El-hadjel station in the Hodna basin
Pınar Yılmaz Meral Birbir	<i>Marmara University</i>	Using Ethanol Extracts of Propolis to Preserve Sheepskins Against Moderately Halophilic Bacteria and Extremely Halophilic Archaea
A.Dinesh Babu G.Akash Kumar E. Velmurugan R.Srinivasan	<i>Bharath Institute Higher Education and Research Chennai India</i>	Mycobacterium Tuberculosis Drug Resistance Mechanisms Review

(All speakers required to be connected to the session 10 min before the session starts)

Moderator is responsible for ensuring the smooth running of the presentation, managing the group discussion and dynamics.

ONLINE SESSION / 15.11.2024

HALL-2 / SESSION-2

ZOOM ID: 860 5266 6988 / PASSCODE: 161616

Ankara Local Time: 12:30-14:30

HEAD OF SESSION: Doç. Dr. Ali Yavuz ŞEFLEK

Authors	Affiliation	Presentation title
Mustafa Harmankaya Ayşegül Korkmaz	<i>Selcuk University</i>	Determination of The Responses of Dry Bean (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) Various To Iron Efficiency
Musayeva Sevinj Elshad Aliyeva Dursun Lutfi	<i>Azerbaijan State Agrarian University</i>	Evaluation of Protein and Some Morphological Indicators in Wheat Samples of Different Ploidy
Ayşegül Korkmaz	<i>Selcuk University</i>	Determination of Nutrient Element Contents of Some Plants in Natural Roughage Area
Sara Shokrpooor Helia Sepahvand Samansa Salehi Alireza Kordi	<i>University of Tehran</i>	Histopathological findings of Concurrence Intraductal Papillary Adenocarcinoma and Carcinoma-Mixed Type in a Dog
Muhammed Said Yolcu Murat Sevinç	<i>Sakarya University of Applied Sciences</i>	Effects of Iba, Iaa, Zeatin, Kinetin and Ga3 Hormone Doses Applied During The Seedling Development Period of Green Basil (<i>Ocimum basilicum</i> L.) Plant
Ilham Fitriyansyah Hendri Hermawan Adinugraha	<i>UIN K.H. Abdurrahman Wahid Pekalongan</i>	Farmers' Socioeconomic Resilience in Facing Commodity Price Fluctuations: Study in Pematang
Fatma Gökmen Yılmaz Ayşegül Korkmaz	<i>Selcuk University</i>	Effects of Different Iron Sources on Maize Plant Growth
Oluwadamilola Peace AGOI Moses Adeolu AGOI Oluwanifemi Opeyemi AGOI	<i>Federal University of Agriculture Abeokuta,</i>	Evaluating The Efficacy of Technology in the Assessment of the Correlation Between Seed Coloration and Fungal Infection on Sesame Plant
Ajesh Chauhan Shivam Rajput	<i>Hindu College of Pharmacy</i>	Role of Artificial Intelligence in Agriculture
Sara Shokrpooor Dariush Ghaffari Mohammad Sadegh Khanbabaii	<i>University of Tehran</i>	Histopathological Observations on Trichoepithelioma in a Dog

(All speakers required to be connected to the session 10 min before the session starts)

Moderator is responsible for ensuring the smooth running of the presentation, managing the group discussion and dynamics.

ONLINE SESSION / 15.11.2024

HALL-3 / SESSION-2

ZOOM ID: 860 5266 6988 / PASSCODE: 161616

Ankara Local Time: 12:30-14:30

HEAD OF SESSION: Doç. Dr. İbrahim AYTEKIN

Authors	Affiliation	Presentation title
Derya İlkay Yılmaz	<i>Tekirdağ Namık Kemal University</i>	Assessment of Türkiye's Self-Sufficiency in Pulses
K.R. Padma K.R. Don	<i>Women's University</i>	A Comprehensive Review on Garlic (<i>Allium Sativum</i>) Revealing Their Therapeutic Potential Against Malaria
Sultan Acun Ferya Kiran	<i>Amasya University</i>	Determination of The Effect on The Physical Properties of Muffin Cakes Produced By Adding Passion Flower Powder
Rheisa Nailatul Izza	<i>UIN K.H. Abdurrahman Wahid Pekalongan</i>	The Role of Students in Planting Mangroves For Reducing The Risk of Disaster in Areas Prone To Rob Floods Pekalongan
Ergün Çitil	<i>Selçuk University</i>	Determination of The Performance of The Double Disc Mineral Fertiliser Spreader Machine in Some Different Positions and Working Methods of The Vanes on The Same Distributor Disc
Esha Razzaq Syed Makhdoom Hussain Muhammad Amjad Ulfat Maqbool Rabee Hassan Ajwa Nazar Khalid Hussain	<i>Government College University</i>	Agro-Waste Biochar Conversion into a Fish Feed Additive: Assessing its Effects on the Health and Performance of <i>Cyprinus carpio</i>
Aysun Yener Ögür	<i>Selçuk University</i>	Api Tourism in Turkey: A New Contribution To Sustainable Development
Bashir, M.B Imran, M.O Abubakar, S.Z	<i>Ahmadu Bello University</i>	Factors Affecting Vegetable Production in Sabon-Gari Local Government Area of Kaduna State, Nigeria
Dona Mary Eldhose Jasmine Rani K, Sejian V	<i>College of Veterinary and Animal Science</i>	Nutritional Interventions to Reduce Enteric Methane Emission in Dairy Cattle
Yahaya Usman Abubakar Sani	<i>Umaru Musa Yar'adua University</i>	A Review of Phytochemical Screening and Medicinal Properties of Extract From The Leaves, Stem Bark and The Roots of <i>Adansonia digitata</i>

(All speakers required to be connected to the session 10 min before the session starts)

Moderator is responsible for ensuring the smooth running of the presentation, managing the group discussion and dynamics.

ONLINE SESSION / 15.11.2024

HALL-4 / SESSION-2

ZOOM ID: 860 5266 6988 / PASSCODE: 161616

Ankara Local Time: 12:30-14:30

HEAD OF SESSION: Dr. Engin TAKIL

Authors	Affiliation	Presentation title
Tsegmid N. Oyuntuya Sh. Bayarmaa Kh.	<i>Mongolian University of Life Science</i>	Birds in Agrolandscapes in Nart (Mongolia)
Fatma Çiftci Gökçe Bahar Gürbüzler		Evaluation of Factors Affecting Target Market Selection in Seed Export Using AHP Method
Emy Nailis Hendri Hermawan Adinugraha	<i>UIN K.H. Abdurrahman Wahid Pekalongan</i>	Public Perception of The impact of Hazardous Waste Management on Health
Gökçe Bahar Gürbüzler Fatma Çiftci		Export-Led Growth as a Strategic Dynamic for Rural Development: Turkey's Future Perspective
Saila Arzaqina Hendri Hermawan Adinugraha	<i>UIN K.H. Abdurrahman Wahid Pekalongan</i>	The Role of Mangrove Ecosystems in Mitigating Abrasion Disasters on The Coast of Pekalongan City
Yazgan Tunç Kadir Uğurtan Yılmaz Ömer Atagül	<i>Ministry of Agriculture and Forestry</i>	Determination of Agricultural Biomass Potential and Energy Equivalent in Some Stone Fruit Species Using Multivariate Analysis Methods
Hafiza Komal Naeem Samia Sharif Areeba Younas Mariam Ijaz	<i>UIN K.H. Abdurrahman Wahid Pekalongan</i>	Green synthesized silver nanoparticles: Characterization, phytostimulatory impacts, and degradation potential for organic pollutants
M.K.Ganeshan	<i>MIET Engineering College</i>	Digital Transformation For Environmental Sustainability in It Industry
Mahr-U-Nisa Muhammad Danyal Iqbal Samraiz Abbas Usama Sakhi Muhammad Zohaib Nouman Abdul Gafar	<i>The Hajvery University Euro Campus Gulberg III</i>	Revolutionizing Care: Customized Lifestyle Strategies for Endometriosis and Leiomyomata

(All speakers required to be connected to the session 10 min before the session starts)

Moderator is responsible for ensuring the smooth running of the presentation, managing the group discussion and dynamics.

ONLINE SESSION / 15.11.2024

HALL-5 / SESSION-2

ZOOM ID: 860 5266 6988 / PASSCODE: 161616

Ankara Local Time: 12:30-14:30

HEAD OF SESSION: Dr. Öğ. Üye. Ayşe Sadiye ÇELİK

Authors	Affiliation	Presentation title
Tuba Erkaya Kotan	<i>Atatürk University</i>	Mathematics in Food Engineering and Applications
Eleonora Calzoni Ciro Tolisano Agnese Bertoldi Nicolò Montegiove Alessio Cesaretti Dario Priolo Daniele Del Buono Carla Emiliani	<i>University of Perugia</i>	Production of Protein Hydrolysates with Biostimulant activity from Olive Supply Chain Waste
Tuba Erkaya Kotan Zeynep Gürbüz Kaçan	<i>Atatürk University</i>	Exopolysaccharides From Yoghurt Bacteria As A Postbiotic and Health Benefits
Mu'aimin Hendri Hermawan Adinugraha, M.S.I.	<i>UIN K.H. Abdurrahman Wahid Pekalongan</i>	Dynamic Economics Peternakan Ayam Di Kandangserang
Sabriye Ak Kuran	<i>Neşehir Hacı Bektaş Veli University</i>	The Potential of Green Patents To Solving The Climate Change Problem: Results From Country Experiences
Muhammad Abdullah Mah-Ru-Nisa Atif Beenish Osama Nadia Bilal Rimsha Yousaf	<i>Hajvery University</i>	A comprehensive study aimed at assessing the Post-Treatment Management Strategies and Survival Rates in Breast Cancer Patients
Inci Aydın	<i>Gaziantep University</i>	The Relationship Between Agricultural Policies, Food Security and Migration
Mammadzada Raziyya Vugar Ajarli Sadaf Elnur	<i>Mingachevir State University</i>	Barriers That Appear During The Formation of Communicative Competencies in Foreign Language Teaching and Their Solutions
Akram Vatannejad Asma Kheirollahi Asie Sadeghi	<i>University of Tehran</i>	Plasma levels of CTRP6 in various phenotypes of Iranian polycystic ovary syndrome women
Ali Irfan Ameer Fawad Zahoor Irum Shahzadi Muhammad Haroon	<i>Government College University Faisalabad</i>	Exploring the Therapeutic Potential of Acefylline Derivatives as MAO-B Inhibitors

(All speakers required to be connected to the session 10 min before the session starts)

Moderator is responsible for ensuring the smooth running of the presentation, managing the group discussion and dynamics.

ONLINE SESSION / 15.11.2024

HALL-1 / SESSION-3

ZOOM ID: 860 5266 6988 / PASSCODE: 161616

Ankara Local Time: 15:00-17:00

HEAD OF SESSION: Dr. Öğ. Üye. İrem AYRAN

Authors	Affiliation	Presentation title
Uğur Barkın Oğuz Bilgin Damla B. Göçmen Alpay Balkan İsmet Başer	<i>Tekirdağ Namık Kemal University</i>	Determination of Changes in Some Morphological and Agronomic Characteristics in Bread Wheat (<i>Triticum aestivum</i> L.) M4 Populations
Olaleye, Abiodun Olamilekan Adaramola, Ojo Jayeola	<i>School of Engineering</i>	Role of Drip Irrigation in Climate Resilience
Osman Inan Sema Konyali	<i>Tekirdağ Namık Kemal University</i>	Investigation of The Effects of Rural Settlement Characteristics on The Development of Rural Areas
Heru Aji Santoso	<i>UIN KH. Abdurrahman Wahid Pekalongan</i>	Maintaining Environmental Balance: Challenges and Solutions
Nagihan Uğur Huriye Özgül Uçurum Turgay Şanal Seda Külen Kazım Karaca Mehmet Yılmaz Karaca Raim Şenocak	<i>Gıda ve Yem Kontrol Merkez Araştırma Enstitüsü</i>	Comparison of Whole Wheat Flour, Stone Mill Flour, Refined Flour and The Breads Produced From Them in Terms of Mineral Values
Muhammad Luthfi Al Abshor Hendri Hermawan Adinugraha	<i>UIN KH. Abdurrahman Wahid Pekalongan</i>	Technological Innovation in Agricultural Modernization: Strategies Toward Sustainable Agricultural Systems
Nagihan Uğur Huriye Özgül Uçurum Habil Umur Mehmet Sağlam Uğur Gündoğan Gökçalp Işcan Yavuz Bülent Köse Oya Kaçar Adem Murat Yılmaz Sevil Yiğit Ayhan Biçer Nazan Kocabaş Serkan Uğur Fisun Bayçelebi Ahmet Güngör Esin Toparlak Sinem Gümüşsoy Figen Kütükoğlu	<i>Gıda ve Yem Kontrol Merkez Araştırma Enstitüsü</i>	Microscopic Determination of The Purity of Products Offered For Sale as Spices

(All speakers required to be connected to the session 10 min before the session starts)

Moderator is responsible for ensuring the smooth running of the presentation, managing the group discussion and dynamics.

ONLINE SESSION / 15.11.2024

HALL-2 / SESSION-3

ZOOM ID: 860 5266 6988 / PASSCODE: 161616

Ankara Local Time: 15:00-17:00

HEAD OF SESSION: Prof. Dr. Rahim ADA

Authors	Affiliation	Presentation title
Ali Yiğit Osman Erekul	<i>Aydın Adnan Menderes University</i>	Nitrogen and Genotype Impact on Bread Wheat Grain (L*, A*, B*) Color Formation
Muhammad Sufian	<i>Government Islamia Graduate College Civil Lines Lahore Pakistan</i>	Mathematical Modeling of an Automated Solar Panel Cleaning Prototype
Nermin Yaraşır Ali Yiğit Osman Erekul	<i>Aydın Adnan Menderes University</i>	The Response of Soybean Root System Architecture To Drought Conditions
Farhan Ahmad Kusumiyati Kusumiyati Mochamad Arief Soleh Muhammad Rabnawaz Khan Ristina Siti Sundari	<i>Universitas Padjadjaran</i>	The Microclimate of Screen House: an Optimal Environment for Growth, Disease Resistance, and Quality Fruit Development in Solanaceous Crops (Cherry Tomato and Chili)
Erhan Gezer	<i>Tekirdağ Namık Kemal University</i>	The Effect of Animal Production on Greenhouse Gas Emissions and Measures That Can Be Taken
Tia Rinjani	<i>UIN K.H Abdurrahman Wahid Pekalongan</i>	Impact of Mangrove Land Conversion on Coastal Ecosystem Balance
Kübra Polat Hikmet Günal Mesut Budak	<i>Harran University</i>	The Role of Microplastics in Heavy Metal Accumulation in Soil and Transport To Crops
M. Hadi Asfari	<i>Universitas Islam Negeri K.H. Abdurrahman Wahid Pekalongan</i>	Potential For Broiler Chicken Farming Business Development in Kedungwuni District, Pekalongan Regency
Kübra Polat Hikmet Günal Mesut Budak	<i>Harran University</i>	Is Microplastic Pollution in Soil A Real Threat To The Sustainability of Agricultural Production?
Anhita Rahmatika Ichsan	<i>State Islamic University K.H. Abdurrahman Wahid Pekalongan</i>	Analysis of The Wage System For Liva Streaming Host Tiktok Shop on Koko Shirt Products in Pekalongan District According To an Islamic Economic Perspective

(All speakers required to be connected to the session 10 min before the session starts)

Moderator is responsible for ensuring the smooth running of the presentation, managing the group discussion and dynamics.

ONLINE SESSION / 15.11.2024

HALL-3 / SESSION-3

ZOOM ID: 860 5266 6988 / PASSCODE: 161616

Ankara Local Time: 15:00-17:00

HEAD OF SESSION: Doç. Dr. Sibel ALAPALA

Authors	Affiliation	Presentation title
Tuğba Tanman Yüksel Mehmet Karabacak	<i>Bingol University</i>	Structural Characteristics of Sheep Breeding in Bingöl Province
Nailil Mufidah Qosim	<i>UIN K.H Abdurrahman Wahid Pekalongan</i>	Analysis of the Impact of Fintech on Impulsive Buying Behavior of Gen Z in Pekalongan Regency
Hakkı Demirelma Müzeyyen Demir	<i>Selçuk University</i>	Plants Used in Food Consumption in Kizildağ Yeniyapan and Bazlamac (Kirsehir/Mucur) Villages
Ananda Majumdar	<i>University of Alberta</i>	Resilience in Motion: The Role of Human Mobility in Strengthening Rural Communities
Ece Kesici Meço Ece Ünür Yılmaz Mete Yılmaz	<i>Bursa Technical University</i>	Dna-Based Impedimetric Biosensor For Cylindrospermopsin Detection
Inibehe George Ukpong Anyanwu Ugochukwu H.	<i>Federal Polytechnic Ekowe</i>	Potential of African Palm Weevil Larvae: Implications For Feed Production and Environmental Conservation in Nigeria
Sibel Alapala	<i>Usak University</i>	Breeding Studies in Goat Farming in Our Country
Sibel Alapala	<i>Usak University</i>	Breeding Studies in Sheep Farming in our Country
Hassan Abdulmumini	<i>Agricultural Technology Federal Polytechnic Bali</i>	Effect of Weeding Frequency on The Growth and Yield of Red Sorrel (<i>Hibiscus Sabdariffa L.</i>) in Federal Polytechnic Bali
Mah-Ru-Nisa Atif M.Hamza Amna Waqar Zonia Mehmood Sana Rasheed Abdullah Zafar Habiba Tayyaba	<i>Hajvery University</i>	Assessing the link between air pollution and acne prevalence among young adults in Lahore: A study on the effects of environmental stressors.

(All speakers required to be connected to the session 10 min before the session starts)

Moderator is responsible for ensuring the smooth running of the presentation, managing the group discussion and dynamics.

ONLINE SESSION / 15.11.2024

HALL-4 / SESSION-3

ZOOM ID: 860 5266 6988 / PASSCODE: 161616

Ankara Local Time: 15:00-17:00

HEAD OF SESSION: Prof. Dr. Mehmet Ali AVCI

Authors	Affiliation	Presentation title
Şule Erkovan Rabia Güler	<i>Eskişehir Osmangazi University</i>	Plant Density and Weed Competition in Silage Sorghum Cultivation
Akinleye, Abiodun Olamilekan Adaramola, Ojo Jayeola	<i>School of Engineering</i>	Role of Drip Irrigation in Climate Resilience
Ahmet Furkan Pinar Abrorkhon Saitmuratov Ayşe Nur Kafali Orkun Emiralioğlu Mehmet Zahit Yeken	<i>Bolu Abant İzzet Baysal University</i>	Selection of Advanced Promising Common Bean Lines in Terms of Yield, Yield Components and Technological Traits
Mudassir Hafeez Muhammad Hashaam Kashif Zubair Aamir Sohail Sumaira Younus Mah-Ru-Nisa Atif	<i>Hajvery University Euro Campus</i>	Assessing osteoporosis and its aggravating pharmaceutical associated adverse effects in Lahore Punjab, Pakistan
Ayşe Nur Şavkan Önder Türkmen	<i>Kırşehir Ahi Evran University</i>	A Review on Fruit Color Variations and Mechanisms of Color Formation in Capsicum Species
Maria Mushtaq	<i>University of the Punjab</i>	Role of Probiotics in Livestock Production: An Overview
Fatma Eda Tutar Tolga Karaköy	<i>Sivas Bilim ve Teknoloji University</i>	Mutagens Used in Plant Breeding Studies
Felisa Tiarani	<i>Universitas Islam Negeri K.H. Abdurrahman Wahid Pekalongan</i>	Perception and Practices of Coastal Communities in Plastic Waste Management: A Case Study on the Pekalongan Coastal Beach
Fatma Eda Tutar Tolga Karaköy	<i>Sivas Bilim ve Teknoloji University</i>	The Importance of Single Cell Sequencing in Plant Breeding
Assefa Tessema Tecklie	<i>Wollo University</i>	Preliminary Survey on Fish Species Diversity of Woleka, Beto, and Blue Nile Rivers, South Wollo Zone, Ethiopia

(All speakers required to be connected to the session 10 min before the session starts)

Moderator is responsible for ensuring the smooth running of the presentation, managing the group discussion and dynamics.

ONLINE SESSION / 15.11.2024

HALL-5 / SESSION-3

ZOOM ID: 860 5266 6988 / PASSCODE: 161616

Ankara Local Time: 15:00-17:00

HEAD OF SESSION: Dr. Olcay Gülççek UYSAL

Authors	Affiliation	Presentation title
Olcay Gülççek Uysal	<i>Mersin University</i>	Agricultural Carbon Footprint: A Comparative Analysis of Earth and Türkiye
Olcay Gülççek Uysal	<i>Mersin University</i>	Exploring The Influence of Climate Change on Groundwater Resources: The Role of Simulation Models
Taskeen Fatima Mehran Majeed Mahna Fatima Areeba Arif Raheela Muqadus Mah-ru-nisa Atif	<i>The Hajvery University Euro Campus Gulberg III Lahore</i>	Correlation Study on Etioloical Factors of Heart Disease in Diabetic Patients
Khusnul Khotimah	<i>State Islamic University K.H. Abdurrahman Wahid</i>	Development of Sustainable Agricultural Systems To Achieve Food Sustainability
Ömer Deniz	<i>Kastamonu University</i>	in Vitro Antimicrobial Activity of Niaouli Essential oil Against Rhodococcus Equi
Ni'mah Mu'aliyah	<i>UIN K.H. Abdurrahman Wahid Pekalongan</i>	Analysis Climate Change Impacts on Agricultural Production and Farmer Adaptation
Rüveyde Tunçtürk Ezelhan Şelem Murat Tunçtürk Lütfi Nohutçu	<i>Van Yüzüncü Yil University</i>	Determination of Some Morphological, Physiological and Color Values of Naturally Growing <i>Centaurea depressa</i> m. bieb. Species
Ezelhan Şelem Rüveyde Tunçtürk Murat Tunçtürk Lütfi Nohutçu	<i>Van Yüzüncü Yil University</i>	Determination of Morphological and Physiological Parameters of <i>Gagea taurica</i> Plant Distributed in Van Region
Hamid El Bilali Lawali Dambo Jacques Nanema Filippo Acasto	<i>International Centre for Advanced Mediterranean Agronomic Studies</i>	Neglected and Underutilised Species (Nus) and Sustainable Development
Bismillah Iftikhar Sumbal Imran Asifa Javaid Saim Naseer Mah Ru Nisa Atif	<i>Hajvery University</i>	Ictal-Induced Cardiovascular Disease and Associated Neurological Comorbidities: A Meta-Analytical Approach

(All speakers required to be connected to the session 10 min before the session starts)

Moderator is responsible for ensuring the smooth running of the presentation, managing the group discussion and dynamics.

ONLINE SESSION / 16.11.2024

HALL-1 / SESSION-1

ZOOM ID: 860 5266 6988 / PASSCODE: 161616

Ankara Local Time: 10:00-12:00

HEAD OF SESSION: Dr. Fatma Gökmen Yılmaz

Authors	Affiliation	Presentation title
Fatma Gökmen Yılmaz	<i>Selçuk University</i>	Relationships Between Different Forms of Nitrogen Content, Texture and Organic Matter in Soils of Konya Region
Rizqi Putri Solina	<i>UIN K.H. Abdurrahman Wahid Pekalongan</i>	Halal MSME Productivity in Addressing Social Issues
Çiğdem Aşçıoğlu Mehmet Kiliç Senem Güner	<i>Afyon Kocatepe University</i>	Bioactive Peptides in Foods
Edin Hrelja Amina Sivac	<i>University of Sarajevo</i>	Analysis of Change of Land Cover in The Area of The Municipality of Ilidža
Çiğdem Aşçıoğlu Senem Güner Mehmet Kiliç	<i>Afyon Kocatepe University</i>	Artificial Meat
Serenella Seccia Irene Dini	<i>University of Naples Federico II</i>	Preliminary Investigations To Identify Seven Neonicotinoid Insecticides in Honeybee Samples
Gülcan Demiroğlu Topçu Selenay Akin Aslı Dolma	<i>Ege University</i>	A Research on The Determination of Yield and Some Quality Characteristics of Faba Bean (<i>Vicia faba</i> L.) Genotypes Grown Under Winter Second Crop Conditions
Milad Yusefi Nasrullah Rastegar-Pouyani Rasoul Karamiani	<i>Razi University</i>	Systematics and Distribution of the Genus <i>Laudakia</i> Gray, 1845 (Sauria: Agamidae): A review
Faik Erol Gülcan Demiroğlu Topçu A. Engin Özçelik	<i>Ege University</i>	Role of Renewable Energy Sources in Sustainable Agriculture
Beatrice La Porta	<i>Fellowship Researcher Università degli Studi di Palermo</i>	Sustainability and Greenwashing: Legal Responses and Technological Innovations in The Eu Agri-Food Sector. The Italian-Wine Case Law.
Naeli Silfana	<i>UIN K.H. Abdurrahman Wahid Pekalongan</i>	Literature Review: Implementation and Challenges of Green Building Development in Developing Countries

(All speakers required to be connected to the session 10 min before the session starts)

Moderator is responsible for ensuring the smooth running of the presentation, managing the group discussion and dynamics.

ONLINE SESSION / 16.11.2024

HALL-2 / SESSION-1

ZOOM ID: 860 5266 6988 / PASSCODE: 161616

Ankara Local Time: 10:00-12:00

HEAD OF SESSION: Prof. Dr. Ercan CEYHAN

Authors	Affiliation	Presentation title
Hüseyin Bayır	<i>Selçuk University</i>	Package Beekeeping and Its Applicability in Türkiye
Saleh Abed Alwahed Mahdi Kamil M Al-Jobori Wafaa S. M. Mohsen	<i>University of Baghdad</i>	Epidemiological and phylogenetic study of Escherichia coli and Staphylococcus aureus isolated from dairy cows, workers and shared farm environments in Karbala Governorate- Iraq
Serdar Karadaş Ercan Ceyhan	<i>Selçuk University</i>	Determination of Yield Potential of Dry Grain Bean Lines At Different Locations
Hasan Polat Ercan Ceyhan	<i>Selçuk University</i>	The Effect of Different Sowing Times on Yield and Yield Components of Second Crop Maize in Dalaman Plain
Ismail Bayyığıt Semra Demir Kılıç Abdullah Eren	<i>Mardin Artuklu University</i>	Effects of Vermicompost, Leonardite and Olive Pomace Applications on Chlorophyll Levels in Almond Trees
Khagani Mamadov Ercan Ceyhan	<i>Selçuk University</i>	Determination of Agricultural Performance of Dwarf Fresh Bean Pure Lines
Melih Polat Ercan Ceyhan	<i>Selçuk University</i>	Determination of Grain Yield Potential and Some Agricultural Characteristics of Cowpea Pure Lines in High Calcareous Soils
Osman Yılmaz Ercan Ceyhan	<i>Selçuk University</i>	Determination of Grain Yield and Some Agricultural Characteristics of Bean Pure Lines in High Calcareous Soils
Nizamettin Turan	<i>Siirt University</i>	Cephalaria (Cephalaria syriaca L.) Plant and Areas of Use
Serdar Karadaş Ercan Ceyhan	<i>Selçuk University</i>	Determination of Yield Potential of Newly Developed Forage Pea Lines
Serdar Karadaş Ercan Ceyhan	<i>Selçuk University</i>	Dry Bean Cultivation: An Analysis Of Türkiye Trends
Serdar Karadaş Ercan Ceyhan	<i>Selçuk University</i>	Dry Beans: World Production And Situation
Irem Ayrın Çolak Veysel Tokur Şerife Nur Aşar Meryem Sarıkaya	<i>Selçuk University</i>	Cultivation and Potential of Anise (Pimpinella anisum L.) in Türkiye
Rahim Ada Hasan Polat Himmat Özcan Feyzullah Kul Sadiye Ayşe Çelik Nursel Çöl Keskin Veysel Tokur Remzi Kaya	<i>Selçuk University</i>	Determination Of Yield And Quality Characteristics In Newly Developed Confectionery Sunflower Hybrids
Ahmet Şimşek İnci Güler Güney		A Review On The Evaluation Of Antifungal Activity Of Extracts Obtained From Family Fabaceae
Nizamettin Turan	<i>Siirt University</i>	Dormancy and Breaking Methods in Gramineae
Özlem Durna Gültekin Yıldız	<i>Dicle University</i>	Kekik ve Çörek Otu Yağının Broiler Beslemede Kullanımının Bazı İç Organ Ağırlıkları, Bazı Karkas Parametreleri ve Dışkı Amonyak Seviyesi Üzerine Etkisi
Liridon Dalipi Arben Sahiti	<i>University "Kadri Zeka" Gjilan</i>	Trade between Kosovo and Turkey
Ramzi Lamraoui Djellal Eddine Gherissi Fayçal Chacha	<i>University of Batna 2</i>	Hepatoprotective effect of sandfish "Scincus scincus" extract on cadmium-induced hepatotoxicity in rats

(All speakers required to be connected to the session 10 min before the session starts)

Moderator is responsible for ensuring the smooth running of the presentation, managing the group discussion and dynamics.

ONLINE SESSION / 16.11.2024

HALL-3 / SESSION-1

ZOOM ID: 860 5266 6988 / PASSCODE: 161616

Ankara Local Time: 10:00-12:00

HEAD OF SESSION: Dr. Öğ. Üye. İrem AYRAN

Authors	Affiliation	Presentation title
Ramazan Ayaş	<i>Necmettin Erbakan University</i>	Abomasal Transition Problem in Calves
Faiz Muhammad Shaikh Rasool Bux Junejo Muhammad Zafar Wassan Syed Mujeeb Hyder Shah Syed Mehtab Ali Shah Syed Mujeeb Hyder Shah	<i>University of Larkano</i>	Climate Change and production efficiency of Chickpea Khairpur District
Fatma Pazarlıoğlu Özata Sedat Behrem	<i>Aksaray University</i>	The Effect of Gene Regions on The Maintenance of Pregnancy, Embryonic Death and Abortions in Cattle
Faiz Muhammad Shaikh Rasool Bux Junejo Muhammad Zafar Wassan Syed Mujeeb Hyder Shah Syed Mehtab Ali Shah Syed Mujeeb Hyder Shah	<i>University of Larkano</i>	Climate Change and production efficiency and Value Addition in Chickpea Sukkur District
Sedat Behrem Sabri Gül	<i>Aksaray University</i>	The Effect of Body Region and Age on The Diameter of Medullated and Non-Medullated Fibers in Ramlic Sheep
C.Vijai	<i>School of Commerce</i>	Impact of Digital Literacy on Rural Economic Development
Seyhmus Tumur	<i>Dicle University</i>	Diyarbakır as an Eco-City: A Case Study in Sustainable Water Management Solutions
Amit Joshi Wilson Dhana Marthen Shorya Jaiswal	<i>University of Larkano</i>	The Role of Artificial Intelligence in Rural Development: Transforming Economies and Enhancing Livelihoods.
Onwumere, J. C., J.C. Nwaru., R. O Mejeha., F.O. Onwukwe., H.C. Ene. C.O. Eluwa	<i>Michael Okpara University of Agriculture Umudike</i>	Mitigating Low Productivity in Goat Animal Agripreneurship in Nigeria With Focus on Climate and Economic Uncertainties in South East, Nigeria
Natalija Atanasova-Pancevska	<i>Ss. Cyril and Methodius University in Skopje</i>	Composting As An Ecological Way To Manage Organic Waste and Reduce The Effects of Climate Change

(All speakers required to be connected to the session 10 min before the session starts)

Moderator is responsible for ensuring the smooth running of the presentation, managing the group discussion and dynamics.

ONLINE SESSION / 16.11.2024

HALL-4 / SESSION-1

ZOOM ID: 860 5266 6988 / PASSCODE: 161616

Ankara Local Time: 10:00-12:00

HEAD OF SESSION: Dr. Öğ. Üye. Ayşe Sadiye ÇELİK

Authors	Affiliation	Presentation title
Mustafa Öz Burak Evren Inanan Enes Üstüner	<i>Aksaray University</i>	Aquaculture and Fisheries Potential of Konya Province in 2023
Muhammad Faisal	<i>Allama Iqbal Open University</i>	Improving agriculture, animal sciences, and rural development in Pakistan: a sustainable way forward by Dr Faisal
Mustafa Öz Burak Evren Inanan Enes Üstüner	<i>Aksaray University</i>	Use of Black Cumin (<i>Nigella sativa</i>) Seed oil in Aquaculture To Support The Immune System and Growth Performance
Fatodu, P. A. Omotesho, K. F., Adamson M.O.	<i>University of Ilorin</i>	Crop Diversification in Maize-Based Production Systems among Small-Scale Farmers in Kwara State, Nigeria
Yasin Akkemik Sena Erdemir Ahmet Güner	<i>Kastamonu University</i>	Investigation of The Presence of Coagulase-Positive Staphylococci in Raw Milk Sold in Kastamonu and Determination of Antibiotic Resistance
Lykhovyd P.V.	<i>Institute of Climate-Smart Agriculture of NAAS</i>	Waterq Ai – An Innovative Artificial Intelligence For Irrigation Water Quality Analysis
Yasin Akkemik Ahmet Güner	<i>Kastamonu University</i>	Investigation of The Presence of Coagulase-Positive Staphylococci in Cheese Sold in Kastamonu and Determination of Their Antibiotic Resistance
Muhammad Faisal	<i>Allama Iqbal Open University</i>	Afghan Refugee Information System Integration of Voice Search Improving the Accessibilities of Afghan Refugees in Pakistan
Umar Balarabe Ibrahim Haruna Yahaya Ismail	<i>Usmanu Danfodiyo University</i>	Biofertilizers For Climate-Smart Agriculture in Sub-Saharan Africa
Nguyen Minh Tri Nguyen Ngoc Bao Chau Ly My Tien	<i>Can Tho University</i>	Analyzing The Relationship Between Environmental Quality and Nighttime Economic Development At Ninh Kieu Quay, Can Tho City, Vietnam

(All speakers required to be connected to the session 10 min before the session starts)

Moderator is responsible for ensuring the smooth running of the presentation, managing the group discussion and dynamics.

ONLINE SESSION / 16.11.2024

HALL-5 / SESSION-1

ZOOM ID: 860 5266 6988 / PASSCODE: 161616

Ankara Local Time: 10:00-12:00

HEAD OF SESSION: Dr. Öğ. Üye. Nur KOÇ KOYUN

Authors	Affiliation	Presentation title
Hafiz Ayinde Badmus Toluwani Jesutofunmi Adeyanju	<i>University of Ibadan</i>	Effect of Yellow Oleander (<i>Thevetia neriifolia</i> Tuss.) Seed Powder on Hematology and Serum Biochemistry in Wild Female African Giant Rat (<i>Cricetomys gambianus</i> W.)
Nguyen Thi Huynh Phuong	<i>Hue University</i>	Developing tourism intertwined with agriculture in the Mekong Delta: Sustainable development direction
Nguyen Thi Huynh Phuong Dao Vu Huong Giang Mai Thi Kieu Lan	<i>Hue University</i>	Leveraging potentials and advantages to develop agricultural tourism in O Mon district, Can Tho city, Vietnam
Eleonora Calzoni Ciro Tolisano Agnese Bertoldi Nicolò Montegiove Alessio Cesaretti Dario Priolo Daniele Del Buono Carla Emiliani	<i>University of Perugia</i>	Metabolomic Analysis of Zea mays Response to Biostimulant Protein Hydrolysates derived from Olive Supply Chain Waste
Ibitoye, E.B. Suleiman, M.A. Adeyeye, A.A.	<i>Usmanu Danfodiyo University</i>	Value of Sorghum on Body Weight, Spermogram, Testicular And Epididymal Morphometric Traits and Gonadal Sperm Reserve of Rabbit (<i>Oryctolagus Cuniculus</i>) Bucks
Obaniyi, K.S. Awotunde, G. J, Dashaolu P.D	<i>Landmark University</i>	Adoption of climate change adaptation strategies by agricultural stakeholders in Cocoa industry in Nigeria
Fatima Mohammad Madaki Adamu Yusuf Kabiru Emmanuel Olufu Ogbadoyi Abdullahi Mann	<i>University of Technology</i>	Effect Of Methanol Extract <i>Abrus precatorius</i> On Hematological, Biochemical And Histopathological Parameters In Mice
Muhammad Abdul Moeed Shahid Muhammad Talha Khan Muhammad Javaid Afzal Sadiah Shahid Farah Javaid	<i>Govt. Islamia Graduate College</i>	Cfd Analysis of Lead Particles Filtration Efficiency By Using Cyclone Separator

(All speakers required to be connected to the session 10 min before the session starts)

Moderator is responsible for ensuring the smooth running of the presentation, managing the group discussion and dynamics.

ONLINE SESSION / 16.11.2024

HALL-1 / SESSION-2

ZOOM ID: 860 5266 6988 / PASSCODE: 161616

Ankara Local Time: 12:30-14:30

HEAD OF SESSION: Doç. Dr. Özcan ŞAHİN

Authors	Affiliation	Presentation title
Seda Gökdemir Aliye Gülmez Sağlam Elif Çelik	<i>Kafkas University</i>	Investigation of Listeriosis in Aborted Sheep Fetuses By Conventional and Molecular Methods
Rojda Canlı Sadık Yayla	<i>Dicle University</i>	Importance of Pre-Emptive Analgesia in Veterinary Practice
Alparslan Mutluhan Türedi I. Sadi Çetingül	<i>Afyon Kocatepe University</i>	Effects of Maize, Ryegrass and Sorghum Silages on Performance, Meat Quality and Some Blood Parameters of Lambs
Rojda Canlı Sadık Yayla	<i>Dicle University</i>	Elbow Dysplasia in Dogs
Nahit Saylak Sadık Yayla	<i>Dicle University</i>	Factors Affecting Implant Selection in Fractures
Zeynep Baltacı Emine Çatalakaya	<i>Dicle University</i>	Pain Management in Horses
Nahit Saylak Berna Ersoz Kanay	<i>Dicle University</i>	Use of Vitamins, Enzymes and Hormones in Veterinary Surgery
Vedat Özer Emine Çatalakaya	<i>Dicle University</i>	Emergency Response Management in Burns
Emine Çatalakaya	<i>Dicle University</i>	Carpal Lameness in Horses
Ahmet Bayat Emine Çatalakaya	<i>Dicle University</i>	Infectious Foot Diseases in Cattle

(All speakers required to be connected to the session 10 min before the session starts)

Moderator is responsible for ensuring the smooth running of the presentation, managing the group discussion and dynamics.

ONLINE SESSION / 16.11.2024

HALL-2 / SESSION-2

ZOOM ID: 860 5266 6988 / PASSCODE: 161616

Ankara Local Time: 12:30-14:30

HEAD OF SESSION: Oke Olanrewaju Oluwaseun

Authors	Affiliation	Presentation title
Mohammed, U. Umar, I.S. Ubandoma, G.A.	<i>Ibrahim Badamasi Babangida University</i>	Evaluation of Sesame Production Among Small Scale Farmers For Sustainable Livelihood in Agaie Lga Niger State, Nigeria
Ohuoba, A. N. Kukwa R. E. Pil, B. T.	<i>Benue State University</i>	Dry Matter, Proximate and Mineral Properties of Bread made from Cassava Fibre Flour and its Composite Flour
Oke Olanrewaju Oluwaseun	<i>University of Ilorin</i>	Factors Influencing The Decline of Cocoyam Production in Ogo-Oluwa Local Government Area of Oyo State, Nigeria
Oke Olanrewaju Oluwaseun Olanrewaju Busayo Folashade Adesiyan O.F.	<i>University of Ilorin</i>	Consumer Taste Perception and Willingness To Pay For The Local Rice Varieties in Ekiti State, Nigeria
Nguyen Thi Be Ba Do Van Tien	<i>Can Tho University</i>	Factors Affecting Tourism Development in Thuan Hung Rice Paper Village, Tho Not District, Can Tho City
Jobin Sebastian Alphonsa College Pala	<i>Alphonsa College</i>	Environmental Ethics and Politics: Navigating the Path Toward Sustainable Futures
Yekinni O.T. Olatoye I.O. Abegunrin O.O.	<i>University of Ibadan</i>	Use of Ethnoveterinary Medicine in Ruminant Farming in Nigeria
Abegunrin O.O. Yekinni O.T.	<i>University of Ibadan</i>	Perceived Effects of Weather Shock on Maize Farming and Adaptation Strategies Used By Farmers in Ona-Ara, Oyo State
Melda Kirli Yakup Onur Koca Osman Erekul	<i>Aydın Adnan Menderes University</i>	The Effects Of Nutrients On Plants: 1. The Nitrogen, Phosphorus And Potassium
Melda Kirli Yakup Onur Koca Osman Erekul	<i>Aydın Adnan Menderes University</i>	Effects Of Nutrients On Plants: 2. The Calcium, Magnesium, And Sulphur
Gözde Kiliñç Fadime Seyrekoğlu	<i>Amasya University</i>	Evaluation of some parameters in eggs coated with materials prepared from arabic gum and bromelain
Gözde Kiliñç Fadime Seyrekoğlu	<i>Amasya University</i>	Evaluation of the phenolic content and DPPH radical scavenging activity of lavender (<i>Lavandula angustifolium</i>) solid distillation wastes

(All speakers required to be connected to the session 10 min before the session starts)

Moderator is responsible for ensuring the smooth running of the presentation, managing the group discussion and dynamics.

ONLINE SESSION / 16.11.2024

HALL-3 / SESSION-2

ZOOM ID: 860 5266 6988 / PASSCODE: 161616

Ankara Local Time: 12:30-14:30

HEAD OF SESSION: Doç. Dr. Zuhul KARAKAYACI

Authors	Affiliation	Presentation title
Akinbile, L. A Alonge, F. E Olakukan, O. O	<i>University of Ibadan</i>	Production and Marketing Information Needs Among Poultry Farmers in Oyo State, Nigeria
Adeloye, K. A.	<i>Obafemi Awolowo University</i>	Engaging Rural Youth in Small Ruminant Farming: Does Succession Plan Count in Nigeria?
Ajiwe, S.T. Lawal, I.T	<i>Ajayi Crowther University</i>	Fusarium Wilt of A Tomato: A Review
Ivanka Hadzic Ivan Pavlovic	<i>Scientific Institute of Veterinary Medicine of Serbia</i>	The Role of Functional Hoof Processing in Cattle Production
Pii, Barizomdu Tina Ajibulu, Kehinde Ezekiel Oluoba, Alice Nwanyiona	<i>University of Education Science and Technology Ikere-Ekiti</i>	The Proximate, Mineral and Anti-nutritional contents of celosia laxa seeds
Afolabi, C. O. Olamipejo, D. Olaniran, O. O.	<i>Bowen University</i>	Utilisation of Digital Communication Tools Among Livestock Farmers in Osun State, Nigeria
Oluwafunmilayo Olarewaju Aminu Oluwasegun Samuel Adedoyin	<i>Olusegun Agagu University of Science and Technology</i>	Determinants of Pupuru Production Among Producers in Ondo State, Nigeria
Bamigboye Oluwaseun Tosin Akintunde Feranmi Feyisetan	<i>Federal University Oye Ekiti</i>	Assessment of Benefit of Agricultural Cooperative Societies To Root and Tuber Crop Farmers in Ikole Local Government Area of Ekiti State, Nigeria
Fatodu, P. A. Kayode A.O. Ademola, P. F.	<i>University of Ilorin</i>	Socioeconomic Determinants of Poultry Farmers' Utilisation of Coping Strategies Against Feed Shortage in Kwara State, Nigeria
Abdulkadir N. A. Ewusi-Mensah, N. Logah, V. Muhammad, N. A Bapetel, U. Almu, H. Sani, A. Ringim, Z. A. Ahmad, U. B. Adam, I. Muhammad, A. A. Hayatu, B Lamido, A. K Moussa Soule	<i>Kano University of Science and Technology</i>	Groundnut treated plots residual effect on growth and yield performance of maize crop in Sudan and Guinea Savanna zones in Northern Nigeria

(All speakers required to be connected to the session 10 min before the session starts)

Moderator is responsible for ensuring the smooth running of the presentation, managing the group discussion and dynamics.

ONLINE SESSION / 16.11.2024

HALL-4 / SESSION-2

ZOOM ID: 860 5266 6988 / PASSCODE: 161616

Ankara Local Time: 12:30-14:30

HEAD OF SESSION: Prof. Dr. Ali KAHRAMAN

Authors	Affiliation	Presentation title
Ibeto Fabian Onyebuchi Osungbaro, Charles Oyebamiji	<i>University of Ibadan</i>	Marketability of Indigo Dyed Cotton Fabrics At Nike Art Gallery, Osogbo, Osun State, Nigeria.
Essam Fadel Al-Jumaili Nadia Zuhair Mohamed Hassan	<i>University of Baghdad</i>	Bioremediation of Petroleum Pollutants By Enterobacter cloacae and The Ability to Use as Biological Control Agent
Olufunke Comfort Olatunji Oluwatosin Oluwasegun Fasina	<i>Federal University of Technology</i>	The Exploration of Gender Norms on Female Entrepreneurship; It's Impacts on Rural Economy in North West, Nigeria
Abdulwaheed Adeyemi Bello	<i>College of Agriculture</i>	Response of Growing Yankasa Rams Fed Sorghum (Sorghum Bicolor L Moench) Stover Supplemented With Varying Levels of With Dried Poultry Dropping Based Diets
G.Aishwarya	<i>R.M.K College of Engineering</i>	Soil Science and Plant Nutrition
Adeleke, O.J. Akintonde, J.O. Alamu, L.O. Olaniran, O.A.	<i>Ladoke Akintola University of Technology</i>	Awareness and Perception of Termites Infestation and Their Management on Wood Structures Among Sawmill Workers in Ogbomoso, Nigeria
Aina, Abiona Sunday	<i>Sikiru Adetona College of Education</i>	Adaption Strategies of Poultry Farmers to Climate Change in Odogbolu Local Government Area of Ogun State, Nigeria
Aina, Abiona Sunday	<i>Sikiru Adetona College of Education</i>	Use of Adaptation Strategies to Climatic Change among Livestock Farmers in Odogbolu Local Government Area of Ogun State, Nigeria
Nur Qamariah Hasmeddy Ara Billa Biton Mellyvonny Marius Charles John Ahmad Fahmi Ali Hassan	<i>Keningau Vocational College</i>	First 2 Fix: Low-Cost Home Repair & Restoration
Dexter Erwinn Darmawan	<i>Keningau Vocational College</i>	Adapting To Vocational Education: Supporting Students' Transition From Mainstream Schools
Jobin Sebastian, Guest Faculty Alphonsa College Pala	<i>Alphonsa College</i>	Environmental Ethics and Politics: Navigating the Path Toward Sustainable Futures
Rufayi KARATAŞ Sipan SOYSAL Fatih DEMİREL Abdurrahim YILMAZ	<i>Bolu Abant İzzet Baysal University</i>	The Place Of Buckwheat In Functional Food Production: Evaluation As An Alternative Field Crop
Sipan SOYSAL Rufayi KARATAŞ Fatih DEMİREL Abdurrahim YILMAZ	<i>Siirt University</i>	Potential Of Legumes As Biological Pesticides

(All speakers required to be connected to the session 10 min before the session starts)

Moderator is responsible for ensuring the smooth running of the presentation, managing the group discussion and dynamics.

ONLINE SESSION / 16.11.2024

HALL-5 / SESSION-2

ZOOM ID: 860 5266 6988 / PASSCODE: 161616

Ankara Local Time: 12:30-14:30

HEAD OF SESSION: Dr. Haizet Benjamin

Authors	Affiliation	Presentation title
Vitavenicea Layun	<i>Early Childhood Education Department</i>	Boosting Your Confidence For A Better You
Haizet Benjamin	<i>Early Childhood Education Department</i>	Educating The Public on Sign Language
K.R. Padma K.R. Don	<i>Women's University</i>	Climate Change and Its Complex Effects on Women's Health Are Acknowledged As Substantial Risks To Global Well-Being
Sanjaya Kumar Sahoo	<i>SKCG Auto. College</i>	Government policies meant for rural development: A critical analysis in India
Fanu, A.T., Amudaniyu, J. Bamigboye, O.T	<i>Federal University Oye</i>	Organic Farmers' Mitigation Strategies Amidst Climate Change in Ekiti State, Nigeria
Obalola Tohib Oyeyode Obayelu Abiodun Elijah Coster Adeleke Sabitu Alarima Cornelius Idowu	<i>Usmanu Danfodiyo University Sokoto</i>	Who is Poor: The Nexus Between Land Right and Multidimensional Poverty Among Rice Farming Households
Tijjani Salihu Shinkafi	<i>Kampala International University</i>	Storage Methods and Post-Harvest Losses Among Smallholder Onion Farmers in Shinkafi Local Government Area of Zamfara State – Nigeria
Abdul Ahad Ansari Haris Hasan Khan	<i>Aligarh Muslim University</i>	Advancements in Remote Sensing for Crop and Soil Health Management in Sustainable Agriculture
Asma Kheirollahi Akram Vatannejad Maryam Shabani Nashtaei	<i>University of Tehran</i>	Association of Thyroid Panel Tests with Different Phenotypes of Polycystic Ovary Syndrome
Amadi, P.E Mgbeahuru, C.C Okoye, B.C	<i>National Root Crops Research Institute</i>	Impact of Adoption of Improved Cassava and Sweetpotato Technologies on the Livelihood of Women Farmers in Akwaibom State, Nigeria
Alamettin Bayav Ahmet Aslan	<i>Isparta University</i>	Global Avocado Market And Türkiye's Role

(All speakers required to be connected to the session 10 min before the session starts)

Moderator is responsible for ensuring the smooth running of the presentation, managing the group discussion and dynamics.

SYMPOSIUM PHOTOS



SYMPOSIUM PHOTOS



SYMPOSIUM PHOTOS



SYMPOSIUM PHOTOS



SYMPOSIUM PHOTOS



CONTENTS

AUTHOR	TITLE	Page No
Ali Yavuz Şeflek Kadir Demirağ	Vertical Farming Technologies	1
Sabit Tunçel	An Example of The Application of the Agriculture 4.0 Approach in Seedling Cultivation and Maintenance	3
Zeynep Nas Ahmet Eşitken Lütfi Pirlak	Determination of the Effect of Subculture Number on in Vitro Rooting in Micropropagation of Apricot And Apple	5
Zeynep Nas Ahmet Eşitken Lütfi Pirlak	Micropropagation of New Clonal Apple Rootstock Candidate (Hatay)	7
Abdulbasir Sultani Kamil Haliloğlu Gaye Akçelik Aras Turkoğlu	Effects of Melatonin Application Under Drought Stress on in Vitro Regeneration in Wheat (<i>Triticum aestivum</i> L.)	9
Ibrahim Isse Ali Kubilay Kurtulus Bastas	Optimizing Disease Control Strategies for Common Bacterial Blight In Beans: A Multi-Treatment Evaluation	11
Çetin Palta Erdal Gönülal	Agricultural Potential of Ereğli District	12
Mustafa Emir Yıldırım Önder Ferik Utku Duru Bahadır Şin Melike Köse Mustafa Yılmaz	Determination of the Allelopathic Effects of Faba Bean (<i>Vicia faba</i> L.) And Common Vetch (<i>Vicia sativa</i> L.) Extracts on Some Weeds	14
Gülce Kirbaş Merve Tok Mahmut Şamil Şamli Emre Arslan Kemal Kirikçi	The Effect of Egg Laying Time and Position of the Egg Basket in the Hatching Machine on Incubation Time and Incubation Results in Caucasian Pheasants	17
Muhammad Munib Khalid Muhammad Yousaf	Humanitarian Aid or Strategic Influence: Analyzing the UAE's Role in Yemen's Reconstruction Efforts	20
Binyam Zigta	Effect of Thermal Radiation and Chemical Reaction on Magneto hydrodynamics Flow of Blood in Stretching Permeable Vessel	21
Gheorghe Giurgiu Manole Cojocar	Microbiota Modulation As Therapeutic Approach in The Neuropathic Pain in Dog With Spinal Cord Injury: Impact of Polenoplasmin	22
Farhan Ahmadi Mirghaed	Analysis of Landscape Fragmentation in the Chalus Watershed, North of Iran	23
Yashelina V.A. Medvedev I.N.	Activity of Hemostasis System in Piglets Briefly Exposed to Unfavorable Environmental Conditions	24
Zahiri Yousra Abrouki Younes Lebbar Salim El Hajjaji Souad	Algal Biomass-Derived Biofertilizers for Sustainable Agriculture	25
Ashwini. A Hamsini Eisha E Selvakumar V Sheron Kevin. S Venkateshwaran, S Vijayalakshmi M	Formulation and Evaluation <i>Clitoria ternatea</i> Linn. Alcoholic Extract Antipigment Cream.	26
Sakineh Khanamani Falahaipour	Evaluation of novel sustained release film formulation of enrofloxacin in rabbits	27

Olawuyi Fatoki Chunling Du Robert Hans Rotimi-Williams Bello	Role of Computer Vision and Deep Learning Algorithms in Livestock Behavioral Recognition: A State-of-The-Art Review	28
Wien Kuntari Dwi Yuni Hastati Ani Nuraini Faranita Ratih Listiasari	Development and Sensory Evaluation of Modified Mocaf Noodles with Chicken Feet Flour Addition	31
Olawuyi Fatoki Chunling Du Robert Hans Rotimi-Williams Bello	Role of Computer Vision and Deep Learning Algorithms in Livestock Behavioral Recognition: A State-of-The-Art Review	32
Meryem Birlık Tarkan Ayaz	Characterization of Root Knot Nematodes Resistance Mi-1 Gene At Some Local Tomato Genotypes	33
Selvakumar V Vijayalakshmi M Sheron Kevin S Venkateshwaran Ashwini A Hamsini Eisha E	Pharmacology Aspect of The Clitoris Ternatea	35
Çağrıbey Güven Fulya Tan	Usability of Agricultural Machinery in Natural Disasters; Yagci Village/Tekirdag - Example	36
Blessy V Rajan	Impact of Flood on Capture Fishery Composition in Vembanad Lake	38
Syeda Sabika Zahra Naqvi Syed Mohsan Raza Shah	Morpho-Anatomical modification in with an iasomnifera (L.) Dunal from punjab, Pakistan: Insight in to adaptation	39
M.Monica D.Anushya Khushi Singh R.Saravanan R.Srinivasan	An Overview of The Immunomodulatory Effects of Ayurvedic Botanicals	40
V.Ranjani K.M.Keerthivasan W. Helen	A Review on Phytochemicals and Biological Properties of Golden Chamomile (<i>Matricaria aurea</i>)	41
Satish Kumar Singh Pallavi Lakhera	The Role of Women in Agriculture: Analysing Their Impact on Animal Welfare Standards and Rural Development Outcomes	42
Cansu Altuntaş Abidin Gümrükçüoğlu	Exogenous Pyrogallol Alleviates Arsenic Stress Regulating Non-Enzymatic System and Oxidative Stress in Wheat Seedlings	43
Khushi Singh M.Monica D.Anushya R.Saravanan R.Srinivasan	Pharmacological Effects on Kalunji Plant	45
Ghailane Ayoub Mabrouki Jamal Moussadik Ali Oquadil Boubker Abrouki Younes	Biomass Energy for Sustainable Agriculture: Current Status and Perspectives	46
Subhashish Dey	Study on Effect of CBR Value for Flyash Treated Clayey Soil with Curing Period	48
Abrouki Younes	Photocatalytic Wastewater Treatment for Sustainable Water Reuse in Agriculture	49
Ait Oujallal Ilham Mabrouki Jamal Boudraham Salima Anouzla Abdelkader Abrouki Younes	Solar-Powered Desalination for Sustainable Water Supply in Agriculture	50

Boudraham Salima Mabrouki Jamal Ait Oujallal Ilham Mandil Adil Jioui Ilham Abrouki Younes	Membrane-Based Desalination for Agricultural Water Supply: Challenges and Opportunities	52
Pooja Rasal Gaurav Kasar	Aquasomes: A Novel Drug Carrier System	54
Abderrahmane Ziari Abderrahmane Medjerab	Impact of Climate Change on Water Resources in Northeastern Algeria	55
Ghazala Yunus Mohammed Kuddus	Electrochemical Biosensor for Food Borne Pathogens: an Overview	56
Özgür Burçak Gürsoy Ilkay Akbaş	The Place of Rural Development and Cooperatives in The Sustainability Reports of Agri-Business Firms in Turkey	57
Ladouali Sabrina Sakaa Bachir Chaffai Hicham	Using Extreme Machine Learning and variational mode decomposition to predict the drought index for the Ain El-hadjel station in the Hodna basin	59
Mustafa Harmankaya Ayşegül Korkmaz	Determination of The Responses of Dry Bean (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) Various To Iron Efficiency	60
Musayeva Sevinj Elshad Aliyeva Dursun Lutfi	Evaluation of Protein and Some Morphological Indicators in Wheat Samples of Different Ploidy	62
Ayşegül Korkmaz	Determination of Nutrient Element Contents of Some Plants in Natural Roughage Area	63
Ilham Fitriyansyah Hendri Hermawan Adinugraha	Farmers' Socioeconomic Resilience in Facing Commodity Price Fluctuations: Study in Pematang	65
Ajesh Chauhan Shivam Rajput	Role of Artificial Intelligence in Agriculture	66
K.R. Padma K.R. Don	A Comprehensive Review on Garlic (<i>Allium Sativum</i>) Revealing Their Therapeutic Potential Against Malaria	67
Rheisa Nailatul Izza	The Role of Students in Planting Mangroves For Reducing The Risk of Disaster in Areas Prone To Rob Floods Pekalongan	68
Esha Razzaq Syed Makhdoom Hussain Muhammad Amjad Ulfaat Maqbool Rabee Hassan Ajwa Nazar Khalid Hussain	Agro-Waste Biochar Conversion into a Fish Feed Additive: Assessing its Effects on the Health and Performance of <i>Cyprinus carpio</i>	69
Dona Mary Eldhose Jasmine Rani K, Sejian V	Nutritional Interventions to Reduce Enteric Methane Emission in Dairy Cattle	71
Yahaya Usman Abubakar Sani	A Review of Phytochemical Screening and Medicinal Properties of Extract From The Leaves, Stem Bark and The Roots of <i>Adansonia digitata</i>	72
Tsegmid N. Oyuntuya Sh. Bayarmaa Kh.	Birds in Agrolandscapes in Nart (Mongolia)	73
Fatma Çiftci Gökçe Bahar Gürbüz	Evaluation of Factors Affecting Target Market Selection in Seed Export Using AHP Method	75
Emy Nailis Hendri Hermawan Adinugraha	Public Perception of The impact of Hazardous Waste Management on Health	77
Gökçe Bahar Gürbüz Fatma Çiftci	Export-Led Growth as a Strategic Dynamic for Rural Development: Turkey's Future Perspective	78

Saila Arzaqina Hendri Hermawan Adinugraha	The Role of Mangrove Ecosystems in Mitigating Abrasion Disasters on The Coast of Pekalongan City	80
Hafiza Komal Naeem Samia Sharif Areeba Younas Mariam Ijaz	Green synthesized silver nanoparticles: Characterization, phytostimulatory impacts, and degradation potential for organic pollutants	81
M.K.Ganeshan	Digital Transformation For Environmental Sustainability in It Industry	82
Mahr-U-Nisa Muhammad Danyal Iqbal Samraiz Abbas Usama Sakhi Muhammad Zohaib Nouman Abdul Gafar	Revolutionizing Care: Customized Lifestyle Strategies for Endometriosis and Leiomyomata	83
Eleonora Calzoni Ciro Tolisano Agnese Bertoldi Nicolò Montegiove Alessio Cesaretti Dario Priolo Daniele Del Buono Carla Emiliani	Production of Protein Hydrolysates with Biostimulant activity from Olive Supply Chain Waste	85
Mu'amin Hendri Hermawan Adinugraha, M.S.I.	Dynamic Economics Peternakan Ayam Di Kandangserang	87
Sabriye Ak Kuran	The Potential of Green Patents To Solving The Climate Change Problem: Results From Country Experiences	88
Muhammad Abdullah Mah-Ru-Nisa Atif Beenish Osama Nadia Bilal Rimsha Yousaf	A comprehensive study aimed at assessing the Post-Treatment Management Strategies and Survival Rates in Breast Cancer Patients	92
Inci Aydın	The Relationship Between Agricultural Policies, Food Security and Migration	93
Ali Irfan Ameer Fawad Zahoor Irum Shahzadi Muhammad Haroon	Exploring the Therapeutic Potential of Acefylline Derivatives as MAO-B Inhibitors	95
Olaleye, Abiodun Olamilekan Adaramola, Ojo Jayeola	Role of Drip Irrigation in Climate Resilience	96
Osman Inan Sema Konyali	Investigation of The Effects of Rural Settlement Characteristics on The Development of Rural Areas	97
Heru Aji Santoso	Maintaining Environmental Balance: Challenges and Solutions	99
Muhammad Luthfi Al Abshor Hendri Hermawan Adinugraha	Technological Innovation in Agricultural Modernization: Strategies Toward Sustainable Agricultural Systems	100
Muhammad Sufian	Mathematical Modeling of an Automated Solar Panel Cleaning Prototype	101
Farhan Ahmad Kusumiyati Kusumiyati Mochamad Arief Soleh Muhammad Rabnawaz	The Microclimate of Screen House: an Optimal Environment for Growth, Disease Resistance, and Quality Fruit Development in Solanaceous Crops (Cherry Tomato and Chili)	102

Khan Ristina Siti Sundari		
Tia Rinjani	Impact of Mangrove Land Conversion on Coastal Ecosystem Balance	103
M. Hadi Asfari	Potential For Broiler Chicken Farming Business Development in Kedungwuni District, Pekalongan Regency	104
Andhita Rahmatika Ichsan	Analysis of The Wage System For Liva Streaming Host Tiktok Shop on Koko Shirt Products in Pekalongan District According To an Islamic Economic Perspective	105
Tuğba Tanman Yüksel Mehmet Karabacak	Structural Characteristics of Sheep Breeding in Bingöl Province	106
Nailil Mufidah Qosim	Analysis of the Impact of Fintech on Impulsive Buying Behavior of Gen Z in Pekalongan Regency	108
Hakkı Demirelma Müzeyyen Demir	Plants Used in Food Consumption in Kizildağ Yeniyapan and Bazlamac (Kirsehir/Mucur) Villages	109
Ece Kesici Meço Ece Ünür Yılmaz Mete Yılmaz	Dna-Based Impedimetric Biosensor For Cyindrospermopsin Detection	111
Hassan Abdulmumini	Effect of Weeding Frequency on The Growth and Yield of Red Sorrel (Hibiscus Sabdariffa L.) in Federal Polytechnic Bali	114
Mah-Ru-Nisa Atif M.Hamza Amna Waqar Zonia Mehmood Sana Rasheed Abdullah Zafar Habiba Tayyaba	Assessing the link between air pollution and acne prevalence among young adults in Lahore: A study on the effects of environmental stressors.	115
Şule Erkovan Rabia Güler	Plant Density and Weed Competition in Silage Sorghum Cultivation	116
Akinleye, Abiodun Olamilekan Adaramola, Ojo Jayeola	Role of Drip Irrigation in Climate Resilience	119
Ahmet Furkan Pinar Abrorkhon Saitmuratov Ayşe Nur Kafalı Orkun Emiralioglu Mehmet Zahit Yeken	Selection of Advanced Promising Common Bean Lines in Terms of Yield, Yield Components and Technological Traits	120
Mudassir Hafeez Muhammad Hashaam Kashif Zubair Aamir Sohail Sumaira Younus Mah-Ru-Nisa Atif	Assessing osteoporosis and its aggravating pharmaceutical associated adverse effects in Lahore Punjab, Pakistan	122
Maria Mushtaq	Role of Probiotics in Livestock Production: An Overview	123
Felisa Tiarani	Perception and Practices of Coastal Communities in Plastic Waste Management: A Case Study on the Pekalongan Coastal Beach	125
Assefa Tessema Tecklie	Preliminary Survey on Fish Species Diversity of Woleka, Beto, and Blue Nile Rivers, South Wollo Zone, Ethiopia	126
Khusnul Khotimah	Development of Sustainable Agricultural Systems To Achieve Food Sustainability	127
Ömer Deniz	in Vitro Antimicrobial Activity of Niaouli Essential oil Against Rhodococcus Equi	128
Ni'mah Mu'aliyah	Analysis Climate Change Impacts on Agricultural Production and Farmer Adaptation	130

Hamid El Bilali Lawali Dambo Jacques Nanema Filippo Acasto	Neglected and Underutilised Species (Nus) and Sustainable Development	131
Bismillah Iftikhar Sumbal Imran Asifa Javaid Saim Naseer Mah Ru Nisa Atif	Ictal-Induced Cardiovascular Disease and Associated Neurological Comorbidities: A Meta-Analytical Approach	132
Fatma Gökmen Yılmaz	Relationships Between Different Forms of Nitrogen Content, Texture and Organic Matter in Soils of Konya Region	133
Rizqi Putri Solina	Halal MSME Productivity in Addressing Social Issues	135
Edin Hrelja Amina Sivac	Analysis of Change of Land Cover in The Area of The Municipality of Ilidža	136
Çiğdem Aşçıoğlu Senem Güner Mehmet Kiliç	Artificial Meat	137
Serenella Seccia Irene Dini	Preliminary Investigations To Identify Seven Neonicotinoid Insecticides in Honeybee Samples	139
Milad Yusefi Nasrullah Rastegar-Pouyani Rasoul Karamiani	Systematics and Distribution of the Genus <i>Laudakia</i> Gray, 1845 (Sauria: Agamidae): A review	140
Beatrice La Porta	Sustainability and Greenwashing: Legal Responses and Technological Innovations in The Eu Agri-Food Sector. The Italian-Wine Case Law.	141
Naeli Silfana	Literature Review: Implementation and Challenges of Green Building Development in Developing Countries	142
Saleh Abed Alwahed Mahdi Kamil M Al-Jobori Wafaa S. M. Mohsen	Epidemiological and phylogenetic study of <i>Escherichia coli</i> and <i>Staphylococcus aureus</i> isolated from dairy cows, workers and shared farm environments in Karbala Governorate- Iraq	143
Liridon Dalipi Arben Sahiti	Trade between Kosovo and Turkey	144
Ramzi Lamraoui Djelal Eddine Gherissi Fayçal Chacha	Hepatoprotective effect of sandfish “ <i>Scincus scincus</i> ” extract on cadmium-induced hepatotoxicity in rats	145
Faiz Muhammad Shaikh Rasool Bux Junejo Muhammad Zafar Wassan Syed Mujeeb Hyder Shah Syed Mehtab Ali Shah Syed Mujeeb Hyder Shah	Climate Change and production efficiency of Chickpea Khairpur District	146
Seyhmus Tumor	Diyarbakır as an Eco-City: A Case Study in Sustainable Water Management Solutions	147
Amit Joshi Wilson Dhana Marthen Shorya Jaiswal	The Role of Artificial Intelligence in Rural Development: Transforming Economies and Enhancing Livelihoods.	149
Onwumere, J. C., J.C. Nwaru., R. O Mejeha., F.O. Onwukwe., H.C. Ene. C.O. Eluwa	Mitigating Low Productivity in Goat Animal Agripreneurship in Nigeria With Focus on Climate and Economic Uncertainties in South East, Nigeria	150
Natalija Atanasova-Pancevska	Composting As An Ecological Way To Manage Organic Waste and Reduce The Effects of Climate Change	151

Muhammad Faisal	Improving agriculture, animal sciences, and rural development in Pakistan: a sustainable way forward by Dr Faisal	152
Fatodu, P. A. Omotesho, K. F., Adamson M.O.	Crop Diversification in Maize-Based Production Systems among Small-Scale Farmers in Kwara State, Nigeria	153
Lykhovyd P.V.	Waterq Ai – An Innovative Artificial Intelligence For Irrigation Water Quality Analysis	154
Muhammad Faisal	Afghan Refugee Information System Integration of Voice Search Improving the Accessibilities of Afghan Refugees in Pakistan	155
Hafiz Ayinde Badmus Toluwani Jesutofunmi Adeyanju	Effect of Yellow Oleander (<i>Thevetia neriifolia</i> Tuss.) Seed Powder on Hematology and Serum Biochemistry in Wild Female African Giant Rat (<i>Cricetomys gambianus</i> W.)	157
Eleonora Calzoni Ciro Tolisano Agnese Bertoldi Nicolò Montegiove Alessio Cesaretti Dario Priolo Daniele Del Buono Carla Emiliani	Metabolomic Analysis of <i>Zea mays</i> Response to Biostimulant Protein Hydrolysates derived from Olive Supply Chain Waste	158
Obaniyi, K.S. Awotunde, G. J., Dashaolu P.D	Adoption of climate change adaptation strategies by agricultural stakeholders in Cocoa industry in Nigeria	160
Fatima Mohammad Madaki Adamu Yusuf Kabiru Emmanuel Olufo Ogbadoyi Abdullahi Mann	Effect Of Methanol Extract <i>Abrus precatorious</i> On Hematological, Biochemical And Histopathological Parameters In Mice	161
Alparslan Mutluhan Türedi I. Sadi Çetingül	Effects of Maize, Ryegrass and Sorghum Silages on Performance, Meat Quality and Some Blood Parameters of Lambs	162
Nahit Saylak Berna Ersoz Kanay	Use of Vitamins, Enzymes and Hormones in Veterinary Surgery	164
Emine Çatalkaya	Carpal Lameness in Horses	166
Mohammed, U. Umar, I.S. Ubandoma, G.A.	Evaluation of Sesame Production Among Small Scale Farmers For Sustainable Livelihood in Agaie Lga Niger State, Nigeria	168
Ohuoba, A. N. Kukwa R. E. Pil, B. T.	Dry Matter, Proximate and Mineral Properties of Bread made from Cassava Fibre Flour and its Composite Flour	169
Oke Olanrewaju Oluwaseun	Factors Influencing The Decline of Cocoyam Production in Ogo-Oluwa Local Government Area of Oyo State, Nigeria	170
Oke Olanrewaju Oluwaseun Olanrewaju Busayo Folashade Adesiyan O.F.	Consumer Taste Perception and Willingness To Pay For The Local Rice Varieties in Ekiti State, Nigeria	171
Jobin Sebastian Alphonsa College Pala	Environmental Ethics and Politics: Navigating the Path Toward Sustainable Futures	172
Yekinni O.T. Olatoye I.O. Abegunrin O.O.	Use of Ethnoveterinary Medicine in Ruminant Farming in Nigeria	173
Abegunrin O.O. Yekinni O.T.	Perceived Effects of Weather Shock on Maize Farming and Adaptation Strategies Used By Farmers in Ona-Ara, Oyo State	174

Akinbile, L. A Alonge, F. E Olakukan, O. O	Production and Marketing Information Needs Among Poultry Farmers in Oyo State, Nigeria	175
Ajiwe, S.T. Lawal, I.T	Fusarium Wilt of A Tomato: A Review	176
Ivanka Hadzic Ivan Pavlovic	The Role of Functional Hoof Processing in Cattle Production	177
Pii, Barizomdu Tina Ajibulu, Kehinde Ezekiel Oluoba, Alice Nwanyiona	The Proximate, Mineral and Anti-nutritional contents of celosia laxa seeds	178
Afolabi, C. O. Olamipejo, D. Olaniran, O. O.	Utilisation of Digital Communication Tools Among Livestock Farmers in Osun State, Nigeria	179
Oluwafunmilayo Olawaju Aminu Oluwasegun Samuel Adedoyin	Determinants of Pupuru Production Among Producers in Ondo State, Nigeria	180
Abdulkadir N. A. Ewusi-Mensah, N. Logah, V. Muhammad, N. A Bapetel, U. Almu, H. Sani, A. Ringim, Z. A. Ahmad, U. B. Adam, I. Muhammad, A. A. Hayatu, B Lamido, A. K Moussa Soule	Groundnut treated plots residual effect on growth and yield performance of maize crop in Sudan and Guinea Savanna zones in Northern Nigeria	181
Ibeto Fabian Onyebuchi Osungbaro, Charles Oyebamiji	Marketability of Indigo Dyed Cotton Fabrics At Nike Art Gallery, Osogbo, Osun State, Nigeria.	183
Essam Fadel Al-Jumaili Nadia Zuhair Mohamed Hassan	Bioremediation of Petroleum Pollutants By Enterobacter cloacae and The Ability to Use as Biological Control Agent	184
Olufunke Comfort Olatunji Oluwatosin Oluwasegun Fasina	The Exploration of Gender Norms on Female Entrepreneurship; It's Impacts on Rural Economy in North West, Nigeria	185
Abdulwaheed Adeyemi Bello	Response of Growing Yankasa Rams Fed Sorghum (Sorghum Bicolor L Moench) Stover Supplemented With Varying Levels of With Dried Poultry Dropping Based Diets	187
G.Aishwarya	Soil Science and Plant Nutrition	188
Adeleke, O.J. Akintonde, J.O. Alamu, L.O. Olaniran, O.A.	Awareness and Perception of Termites Infestation and Their Management on Wood Structures Among Sawmill Workers in Ogbomoso, Nigeria	189
Aina, Abiona Sunday	Adaption Strategies of Poultry Farmers to Climate Change in Odogbolu Local Government Area of Ogun State, Nigeria	190
Aina, Abiona Sunday	Use of Adaptation Strategies to Climatic Change among Livestock Farmers in Odogbolu Local Government Area of Ogun State, Nigeria	191
Nur Qamariah Hasmeddy Ara Billa Biton Mellyvonny Marius Charles John Ahmad Fahmi Ali Hassan	First 2 Fix: Low-Cost Home Repair & Restoration	192

Dexter Erwinn Darmawan	Adapting To Vocational Education: Supporting Students' Transition From Mainstream Schools	193
Jobin Sebastian, Guest Faculty Alphonsa College Pala	Environmental Ethics and Politics: Navigating the Path Toward Sustainable Futures	194
Vitavenicea Layun	Boosting Your Confidence For A Better You	195
Haizet Benjamin	Educating The Public on Sign Language	196
K.R. Padma K.R. Don	Climate Change and Its Complex Effects on Women's Health Are Acknowledged As Substantial Risks To Global Well-Being	197
Sanjaya Kumar Sahoo	Government policies meant for rural development: A critical analysis in India	198
Fanu, A.T., Amudaniyu, J. Bamigboye, O.T	Organic Farmers' Mitigation Strategies Amidst Climate Change in Ekiti State, Nigeria	199
Obalola Tohib Oyeyode Obayelu Abiodun Elijah Coster Adeleke Sabitu Alarima Cornelius Idowu	Who is Poor: The Nexus Between Land Right and Multidimensional Poverty Among Rice Farming Households	201
Tijjani Salihu Shinkafi	Storage Methods and Post-Harvest Losses Among Smallholder Onion Farmers in Shinkafi Local Government Area of Zamfara State – Nigeria	202
Abdul Ahad Ansari Haris Hasan Khan	Advancements in Remote Sensing for Crop and Soil Health Management in Sustainable Agriculture	203
Amadi, P.E Mgbeahuru, C.C Okoye, B.C	Impact of Adoption of Improved Cassava and Sweetpotato Technologies on the Livelihood of Women Farmers in Akwaibom State, Nigeria	204

FULL TEXT

Fatma Deniz Mehmet Ali Mazmanci	Analysis Of The Change In The Water Footprint Of Citrus Grown In Hatay Between 2012-2021	205
Fatma Deniz Mehmet Ali Mazmanci	Calculation Of Agricultural Water Footprint For Tomato, Cucumber, Peach, Apple And Lemon Grown In Erdemli	216
Raziye Koçak Özden Salman Muhammet Karaşahin	The Effects Of Tea Vinegar Tar Applications On Botrytis Cinerea And Sclerotinia Sclerotiorum	229
Alperen Yücel Sibel Kızıl	Epidemiological Investigation Of Methicillin-Resistant <i>Staphylococcus Aureus</i> (Mrsa) Isolates From Animals Raised In The Faculty Of Veterinary Medicine And Environmental Samples	240
Vildan Erci Ilknur Gümüş	The Effect Of Biochar From Different Plant Wastes On Soil Hydraulic Conductivity	255
Esra Aksuy Hüseyin İrfan Balık	Number Of Pistillate Flowers And Number Of Nuts In Cluster Of Some Hazelnut Cultivars	265
Kemal Kiriççi Emre Arslan Gülce Kirbaş Mahmut Şamil Şamli Merve Tok	Chukar Partridge Placement Studies, Problems And Solution Suggestions	275
Fatma Uzan Sinan Kandır Bilge Kaan Tekelioğlu	The Importance Of Biosecurity Measures In The Prevention Of Poultry Diseases	283
Tuğrulhan Özden Sinan Kandır Bilge Kaan Tekelioğlu	Use Of Image Processing And Artificial Intelligence For Effective Diarrhea Management In Heifers	300

Müberra Nur Kiliçarslan Mehmet Emin Argun	Characterisation And Valuable Compound Potential Of Olive By-Products And Wastes	315
Uğur Başaran Erdem Gülümser	Germination Characteristics Of Single-Flowered Vetch (<i>Vicia Articulata</i> Hornem) And Its Response To Different Primings	323
Erdem Gülümser Medine Çopur Doğrusöz	Evaluating The Potential Of Magnetic Fields In Promoting Grass Pea Seed Germination And Early Growth	330
Murat Şevik	Transmission Of Lumpy Skin Disease Virus By Biting Midges (<i>Culicoides</i> Spp.)	338
Murat Şevik	The Impact Of Vaccination On The Akabane Disease	344
Serdar Üçok Xufei Yang	The Role Of Carbon Footprint Analysis In Sustainable Agricultural Practices	352
Mustafa Demirkaya	Effects Of Different Dosages Of Liquid Biological Fertilizer Effective Microorganism (Em; Ema Plus®) On Yield And Fruit Number Of “Aydin Black” Eggplant Variety Under Greenhouse Conditions	362
Ismail Naneli	Comparative Theoretical Analysis Of Energy Potential Values Of Wheat Stal Wastes In Ankara And Konya Locations	370
Ismail Naneli	Comparative Theoretical Analysis Of Energy Potential Values Of Wheat Stalk Wastes In Some Locations	376
Ömer Barış Özlüoymak	Development Of A Machine Vision Based Color Measurement System For The Identification Of Tomato Ripeness Stages	382
Mustafa Kibar	Investigation Of The Offal Industry In Türkiye Between 2010 And 2022 In Light Of Fao Data	392
Mehmet Altun Ustun Sahin	Frequent Irrigation With Increased Doses Of Sewage Sludge Increases Stable Infiltration Rate Of Silage Maize Cultivated Soil	399
Seyit Ahmet Gökmen Yusuf Cufadar Esra Tuğçe Gül Osman Olgun Behlül Sevim	Effect Of Using Barley Supplemented With Probiotics (<i>Bacillus Velezensis</i>) In The Diet On Performance And Slaughtering Characteristics In Broilers	408
M. Aydın Akbudak	Regulation Of Proline Transporter (Prot) Genes In Tomato (<i>Solanum Lycopersicum</i>) Under Heat Stress	415
Durmus Cetin M. Aydın Akbudak	Differential Expression Of Whirly Genes In Tomato (<i>Solanum Lycopersicum</i>) Under Cold Stress: A Comparative Analysis Of Slwhy1 And Slwhy2	421
Altan Çetin Turgay Kabay Aytekin Ekincialp Selma Kıpçak Bitik	Germination Test And Scanning Electron Microscope Analysis Of Cabbage Seeds Under Salt Stress	425
Halil Aytıp	Determination Of Potential Erosion Risk With The Help Of Icona Model: The Case Of Caglayançerit	446
Snežana Đokić Srđan Jovanović Slobodan Popović	Marketing Observation Of The Organization Of Fisheries Production On Agricultural Farms Through Microeconomic Financial Activities	462
Srđan Jovanović Snežana Đokić Slobodan Popović	The Significance Of Marketing In The Limitation Of Cereal Production With The Goal Of Increase In Financial Results On The Example Of The Republic Of Serbia	468
Slobodan Popović Snežana Đokić Srđan Jovanović	Uses Of Marketing In The Sale Of Basic Food Products From The Point Of View Of Management Security, Both Of A Company And Of A Country That Secures Its Population	473
Habil Umur Hülya Hanoğlu Oral Figen Kütükoğlu Erdiñ Altinçekic	Utilization Of Web-Based Decision Support Program For Microscopic Detection Of Animal Proteins In Compound Feeds	479
Nesrican Kodan Mehmet Irmak	Use Of Azolla (<i>Azolla Pinnata</i>) Plant In Ruminant Nutrition	494
Feride Öncan Sümer	The Importance Of Zinc Fertilization In Legumes	505
Feride Öncan Sümer	The Importance Of Zinc Fertilization In Legumes	512

Mustafa Usta Abdullah Güller Serap Demirel	Cmv Variants And Phylogenetic Analysis In Cucurbit Ecosystem Of The Southern Aegean Region, Türkiye	519
Bariş Kahveci Şeyda Özdemir Kahveci	Site Selection Criteria Of Solar Power Plants And The Importance Of Suitability Analysis	532
Birkan Şahin Sıdıka Ekren	The Effect Of Different Row Spacing On Yield And Yield Components Of Black Cumin Plant In Bornova Ecological Conditions	542
Eren Piliç Sıdıka Ekren	Determination Of Yield And Yield Components Of Some Oil Sunflower (<i>Helianthus Annuus L.</i>) Varieties	549
Hilal Meral	Current Developments, Market Trends And A Future Of Commercial Medical Foods	557
Pınar Yılmaz Meral Birbir	Using Ethanol Extracts Of Propolis To Preserve Sheepskins Against Moderately Halophilic Bacteria And Extremely Halophilic Archaea	568
A.Dinesh Babu G.Akash Kumar E.Velmurugan R.Srinivasan	Mycobacterium Tuberculosis Drug Resistance Mechanisms Review	580
Sara Shokrpoor Helia Sepahvand Samansa Salehi Alireza Kordi	Histopathological Findings Of Concurrence Intraductal Papillary Adenocarcinoma And Carcinoma–Mixed Type In A Dog	600
Muhammed Said Yolcu Murat Sevinç	Effects Of Iba, Iaa, Zeatin, Kinetin And Ga3 Hormone Doses Applied During The Seedling Development Period Of Green Basil (<i>Ocimum Basilicum L.</i>) Plant	605
Oluwadamilola Peace Ago1 Moses Adeolu Ago1 Oluwanifemi Opeyemi Ago1	Evaluating The Efficacy Of Technology In The Assessment Of The Correlation Between Seed Coloration And Fungal Infection On Sesame Plant	614
Sara Shokrpoor Dariush Ghaffari Mohammad Sadegh Khanbabaii	Histopathological Observations On Trichoepithelioma In A Dog	623
Derya Ilkay Yilmaz	Assessment Of Türkiye's Self-Sufficiency In Pulses	628
Sultan Acun Ferya Kiran	Determination Of The Effect On The Physical Properties Of Muffin Cakes Produced By Adding Passion Flower Powder	640
Ergün Çitil	Determination Of The Performance Of The Double Disc Mineral Fertiliser Spreader Machine In Some Different Positions And Working Methods Of The Vanes On The Same Distributor Disc	651
Aysun Yener Ögür	Api Tourism In Turkey: A New Contribution To Sustainable Development	663
Bashir, M.B Imran, M.O Abubakar, S.Z	Factors Affecting Vegetable Production In Sabon-Gari Local Government Area Of Kaduna State, Nigeria	679
Yazgan Tunç Kadir Uğurtan Yılmaz Ömer Atagül	Determination Of Agricultural Biomass Potential And Energy Equivalent In Some Stone Fruit Species Using Multivariate Analysis Methods	689
Tuba Erkaya Kotan	Mathematics In Food Engineering And Applications	703
Tuba Erkaya Kotan Zeynep Gürbüz Kaçan	Exopolysaccharides From Yoghurt Bacteria As A Postbiotic And Health Benefits	710
Mammadzada Raziyya Vugar Ajdarli Sadaf Elnur	Barriers That Appear During The Formation Of Communicative Competencies In Foreign Language Teaching And Their Solutions	720
Akram Vatannejad Asma Kheirollahi Asie Sadeghi	Plasma Levels Of Ctrp6 In Various Phenotypes Of Iranian Polycystic Ovary Syndrome Women	726
Uğur Barkın Oğuz Bilgin Damla B. Göçmen	Determination Of Changes In Some Morphological And Agronomic Characteristics In Bread Wheat (<i>Triticum Aestivum L.</i>) M4 Populations	732

Alpay Balkan İsmet Başer		
Nagihan Uğur Huriye Özgül Uçurum Turgay Şanal Seda Külen Kazım Karaca Mehmet Yılmaz Karaca Raim Şenocak	Comparison Of Whole Wheat Flour, Stone Mill Flour, Refined Flour And The Breads Produced From Them In Terms Of Mineral Values	745
Nagihan Uğur Huriye Özgül Uçurum Habil Umur Mehmet Sağlam Uğur Gündoğan Gökalep Işcan Yavuz Bülent Köse Oya Kaçar Adem Murat Yılmaz Sevil Yiğit Ayhan Biçer Nazan Kocabaş Serkan Uğur Fisun Bayçelebi Ahmet Güngör Esin Toparlak Sinem Gümüşsoy Figen Kütükoğlu	Microscopic Determination Of The Purity Of Products Offered For Sale As Spices	758
Ali Yiğit Osman Erekul	Nitrogen And Genotype Impact On Bread Wheat Grain (L*, A*, B*) Color Formation	771
Nermin Yaraşır Ali Yiğit Osman Erekul	The Response Of Soybean Root System Architecture To Drought Conditions	782
Erhan Gezer	The Effect Of Animal Production On Greenhouse Gas Emissions And Measures That Can Be Taken	793
Kübra Polat Hikmet Günal Mesut Budak	The Role Of Microplastics In Heavy Metal Accumulation In Soil And Transport To Crops	808
Kübra Polat Hikmet Günal Mesut Budak	Is Microplastic Pollution In Soil A Real Threat To The Sustainability Of Agricultural Production?	826
Ananda Majumdar	Resilience In Motion: The Role Of Human Mobility In Strengthening Rural Communities	846
Inibehe George Ukpong Anyanwu Ugochukwu H.	Potential Of African Palm Weevil Larvae: Implications For Feed Production And Environmental Conservation In Nigeria	853
Sibel Alapala	Breeding Studies In Goat Farming In Our Country	860
Sibel Alapala	Breeding Studies In Sheep Farming In Our Country	867
Ayşe Nur Şavkan Önder Türkmen	A Review On Fruit Color Variations And Mechanisms Of Color Formation In Capsicum Species	876
Fatma Eda Tutar Tolga Karaköy	Mutagens Used In Plant Breeding Studies	896
Fatma Eda Tutar Tolga Karaköy	The Importance Of Single Cell Sequencing In Plant Breeding	913
Olçay Gülçiçek Uysal	Agricultural Carbon Footprint: A Comparative Analysis Of Earth And Türkiye	928
Olçay Gülçiçek Uysal	Exploring The Influence Of Climate Change On Groundwater Resources: The Role Of Simulation Models	947
Rüveyde Tunçtürk Ezelhan Şelem Murat Tunçtürk	Determination Of Some Morphological, Physiological And Color Values Of Naturally Growing <i>Centaurea Depressa</i> M. Bieb. Species	969

Lütfi Nohutçu		
Ezelhan Şelem Rüveyde Tunçtürk Murat Tunçtürk Lütfi Nohutçu	Determination Of Morphological And Physiological Parameters Of Gagea Taurica Plant Distributed In Van Region	975
Çiğdem Aşçıoğlu Mehmet Kiliç Senem Güner	Bioactive Peptides In Foods	982
Gülcan Demiroğlu Topçu Selenay Akin Aslı Dolma	A Research On The Determination Of Yield And Some Quality Characteristics Of Faba Bean (Vicia Faba L.) Genotypes Grown Under Winter Second Crop Conditions	988
Faik Erol Gülcan Demiroğlu Topçu A. Engin Özçelik	Role Of Renewable Energy Sources In Sustainable Agriculture	995
Hüseyin Bayir	Package Beekeeping And Its Applicability In Türkiye	1002
Serdar Karadaş Ercan Ceyhan	Determination Of Yield Potential Of Dry Grain Bean Lines At Different Locations	1012
Hasan Polat Ercan Ceyhan	The Effect Of Different Sowing Times On Yield And Yield Components Of Second Crop Maize In Dalaman Plain	1022
Ismail Bayyigit Semra Demir Kılıç Abdullah Eren	Effects Of Vermicompost, Leonardite And Olive Pomace Applications On Chlorophyll Levels In Almond Trees	1035
Khagani Mamadov Ercan Ceyhan	Determination Of Agricultural Performance Of Dwarf Fresh Bean Pure Lines	1041
Melih Polat Ercan Ceyhan	Determination Of Grain Yield Potential And Some Agricultural Characteristics Of Cowpea Pure Lines In High Calcareous Soils	1051
Osman Yılmaz Ercan Ceyhan	Determination Of Grain Yield And Some Agricultural Characteristics Of Bean Pure Lines In High Calcareous Soils	1061
Nizamettin Turan	Cephalaria (Cephalaria Syriaca L.) Plant And Areas Of Use	1075
Serdar Karadaş Ercan Ceyhan	Determination Of Yield Potential Of Newly Developed Forage Pea Lines	1082
Serdar Karadaş Ercan Ceyhan	Dry Bean Cultivation: An Analysis Of Türkiye Trends	1092
Serdar Karadaş Ercan Ceyhan	Dry Beans: World Production And Situation	1102
Irem Ayran Çolak Veysel Tokur Şerife Nur Avşar Meryem Sarıkaya	Cultivation And Potential Of Anise (Pimpinella Anisum L.) In Türkiye	1112
Rahim Ada Hasan Polat Himmet Özcan Feyzullah Kul Sadiye Ayşe Çelik Nursel Çöl Keskin Veysel Tokur Remzi Kaya	Determination Of Yield And Quality Characteristics In Newly Developed Confectionery Sunflower Hybrids	1119
Ahmet Şimşek İnci Güler Güney	A Review On The Evaluation Of Antifungal Activity Of Extracts Obtained From Family Fabaceae	1129
Nizamettin Turan	Dormancy And Breaking Methods In Gramineae	1139
Özlem Durna Gültekin Yıldız	Kekik Ve Çörek Otu Yağının Broiler Beslemede Kullanımının Bazı İç Organ Ağırlıkları, Bazı Karkas Parametreleri Ve Dışkı Amonyak Seviyesi Üzerine Etkisi	1146
Ramazan Ayaş	Abomasal Transition Problem In Calves	1153
Fatma Pazarlıoğlu Özata Sedat Behrem	The Effect Of Gene Regions On The Maintenance Of Pregnancy, Embryonic Death And Abortions In Cattle	1162

Sedat Behrem Sabri Gül	The Effect Of Body Region And Age On The Diameter Of Medullated And Non-Medullated Fibers In Ramlic Sheep	1178
C.Vijai	Impact Of Digital Literacy On Rural Economic Development	1185
Mustafa Öz Burak Evren Inanan Enes Üstüner	Aquaculture And Fisheries Potential Of Konya Province In 2023	1197
Mustafa Öz Burak Evren Inanan Enes Üstüner	Use Of Black Cumin (Nigella Sativa) Seed Oil In Aquaculture To Support The Immune System And Growth Performance	1204
Yasin Akkemik Sena Erdemir Ahmet Güner	Investigation Of The Presence Of Coagulase-Positive Staphylococci In Raw Milk Sold In Kastamonu And Determination Of Antibiotic Resistance	1210
Yasin Akkemik Ahmet Güner	Investigation Of The Presence Of Coagulase-Positive Staphylococci In Cheese Sold In Kastamonu And Determination Of Their Antibiotic Resistance	1219
Umar Balarabe Ibrahim Haruna Yahaya Ismail	Biofertilizers For Climate-Smart Agriculture In Sub-Saharan Africa	1231
Nguyen Thi Huynh Phuong	Developing Tourism Intertwined With Agriculture In The Mekong Delta: Sustainable Development Direction	1244
Nguyen Thi Huynh Phuong Dao Vu Huong Giang Mai Thi Kieu Lan	Leveraging Potentials And Advantages To Develop Agricultural Tourism In O Mon District, Can Tho City, Vietnam	1254
Ibitoye, E.B. Suleiman, M.A. Adeyeye, A.A.	Value Of Sorghum On Body Weight, Spermiogram, Testicular And Epididymal Morphometric Traits And Gonadal Sperm Reserve Of Rabbit (Oryctolagus Cuniculus) Bucks	1263
Fatima Mohammad Madaki Adamu Yusuf Kabiru Emmanuel Olufo Ogbadoyi Abdullahi Mann	Effect Of Methanol Extract Abrus Precatorious On Hematological, Biochemical And Histopathological Parameters In Mice	1272
Seda Gökdemir Aliye Gülmez Sağlam Elif Çelik	Investigation Of Listeriosis In Aborted Sheep Fetuses By Conventional And Molecular Methods	1284
Rojda Canli Sadık Yayla	Importance Of Pre-Emptive Analgesia In Veterinary Practice	1296
Rojda Canli Sadık Yayla	Elbow Dysplasia In Dogs	1304
Nahit Saylak Sadık Yayla	Factors Affecting Implant Selection In Fractures	1313
Zeynep Baltacı Emine Çatalakaya	Pain Management In Horses	1320
Vedat Özer Emine Çatalakaya	Emergency Response Management In Burns	1345
Ahmet Bayat Emine Çatalakaya	Infectious Foot Diseases In Cattle	1352
Nguyen Thi Be Ba Do Van Tien	Factors Affecting Tourism Development In Thuan Hung Rice Paper Village, Tho Not District, Can Tho City	1359
Melda Kirli Yakup Onur Koca Osman Ereku	The Effects Of Nutrients On Plants: 1. The Nitrogen, Phosphorus And Potassium	1369
Melda Kirli Yakup Onur Koca Osman Ereku	Effects Of Nutrients On Plants: 2. The Calcium, Magnesium, And Sulphur	1375
Gözde Kiliç Fadime Seyrekoğlu	Evaluation Of Some Parameters In Eggs Coated With Materials Prepared From Arabic Gum And Bromelain	1381

Gözde Kiliç Fadime Seyrekoğlu	Evaluation Of The Phenolic Content And Dpph Radical Scavenging Activity Of Lavender (<i>Lavandula Angustifolium</i>) Solid Distillation Wastes	1390
Adeloye, K. A.	Engaging Rural Youth In Small Ruminant Farming: Does Succession Plan Count In Nigeria?	1397
Bamigboye Oluwaseun Tosin Akintunde Feranmi Feyisetan	Assessment Of Benefit Of Agricultural Cooperative Societies To Root And Tuber Crop Farmers In Ikole Local Government Area Of Ekiti State, Nigeria	1405
Fatodu, P. A. Kayode A.O. Ademola, P. F.	Socioeconomic Determinants Of Poultry Farmers' Utilisation Of Coping Strategies Against Feed Shortage In Kwara State, Nigeria	1417
Asma Kheirollahi Akram Vatannejad Maryam Shabani Nashtaei	Association Of Thyroid Panel Tests With Different Phenotypes Of Polycystic Ovary Syndrome	1425
Alamettin Bayav Ahmet Aslan	Global Avocado Market And Türkiye's Role	1431
Rufayi Karataş Sipan Soysal Fatih Demirel Abdurrahim Yılmaz	The Place Of Buckwheat In Functional Food Production: Evaluation As An Alternative Field Crop	1442
Sipan Soysal Rufayi Karataş Fatih Demirel Abdurrahim Yılmaz	Potential Of Legumes As Biological Pesticides	1448

ABSTRACT

DIKEY TARIM TEKNOLOJİLERİ

Kadir DEMİRAG (ORCID:0009-0003-4777-5356)

Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi
Email:kadirdemirag06@gmail.com

Doç. Dr. Ali Yavuz ŞEFLEK (ORCID:0000-0003-1009-6635)

Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi
Email:seflek@selcuk.edu.tr

Özet

Son yıllarda, özellikle iklim değişikliği sebebiyle açık arazide yapılan tarım olumsuz yönde etkilenmektedir. Hava sıcaklıkları mevsim normallerinin üzerinde seyretmekte, hemen her yıl yeni sıcaklık rekorları kırılmakta, yağışlar azalmakta veya afetlere sebep olacak şekilde aşırı artmaktadır. Ayrıca, ürün yetiştiriciliğinde suyun bilinçsiz ve aşırı kullanımı, yer altı sularının giderek çekilmesine sebep olmaktadır. Tarım arazilerinin giderek azalması ve dünya nüfusunun hızla artması, gıda güvenliğini olumsuz yönde etkilemektedir. Buna ek olarak, kullanılan tarım ilaçlarının insan sağlığına ve çevreye olumsuz etkileri hakkındaki bilinç giderek artmaktadır. Bunun yanı sıra, tarımda ürünlerin yetiştirildiği yerden farklı bölgelere taşınması esnasında, hem taşıma masrafları hem de aracı kurumlar sebebiyle, ürün fiyatlarının büyük bir artış gösterdiği gözlemlenmektedir. Yukarıdaki bahsi geçen olumsuz durumlar göz önüne alındığında, tarım üretiminin, iklim şartlarından bağımsız, suyu olabildiğince verimli kullanan, dar alanda geleneksel yöntemlere kıyasla çok daha fazla üretim yapma olanağı sunan, hastalık, böcek ve yabancı otlardan olabildiğince arı, bir başka deyişle kimyasal ilaç kullanımına gerek duyulmayan, ve ürünlerin tüketildiği bölgelere yakın bölgelerde konumlandırılmasına imkan sağlayan kapalı ortamlarda gerçekleştirilme gerekliliği artmaktadır. Bu kapsamda dikey tarım ortamlarında ürün yetiştiriciliği giderek yaygınlaşmaktadır. Dikey tarım, suni ışıklandırma ve iklim kontrollü alanlarla, üst üste konumlandırılan üretim hatlarında yapılan tarımsal faaliyetlerdir. İlk dikey tarım çalışmaları 1999 yılında Dickson Despommier tarafından gerçekleştirilmiştir. Bu üretim modelinde yaygın olarak meyve ve sebze üretimi yapılmaktadır. Bu yaklaşım, topraksız tarım yöntemi ile gerçekleştirilmektedir. Bu bildiri, dikey tarım konusundaki son gelişmeler hakkında bilgilendirme sağlayacaktır. Seminer kapsamında, dikey tarım ve dikey tarımda kullanılan yapay zeka gibi yeni nesil teknolojiler tanıtılacaktır.

Anahtar Kelimeler: Dikey tarım, yapay zeka, makine öğrenimi, nesnelerin interneti, görüntü işleme.

VERTICAL FARMING TECHNOLOGIES

Abstract

In recent years, especially due to climate change, agriculture carried out in open fields has been negatively affected. The air temperatures are above seasonal averages, new temperature records are being set almost every year, and rainfall is either decreasing or increasing excessively to the point of causing disasters. In addition, the unconscious and excessive use of water in crop production has led to the depletion of groundwater resources. The gradual reduction of agricultural land and the rapid increase in the world's population are negatively impacting food security. Moreover, awareness is growing about the harmful effects of pesticides on human health and the environment. Furthermore, during the transportation of crops from where they are grown to different regions, significant price increases are observed due to both transportation costs and intermediary institutions. Considering the negative situations mentioned above, the need for agricultural production to be carried out in closed environments has been increasing. Such environments are independent of climate conditions, use water as efficiently as possible, offer the possibility of much higher production in limited spaces compared to traditional methods, and are as free from diseases, pests, and weeds as possible. In other words, they eliminate the need for chemical pesticide use and allow for production to be positioned close to where the crops are consumed. In this context, vertical farming practices are becoming increasingly widespread. Vertical farming involves agricultural activities conducted in stacked production lines with artificial lighting and climate-controlled areas. The first vertical farming efforts were carried out in 1999 by Dickson Despommier. In this production model, fruit and vegetable cultivation is commonly practiced. This approach is implemented using hydroponic farming methods. The presentation will provide information on the latest developments in vertical farming. Within the scope of the seminar, next-generation technologies, such as vertical farming and artificial intelligence used in vertical farming, will be introduced.

Keywords: Vertical farming, artificial intelligence, machine learning, internet of things, image processing.

**TARIM 4.0 YAKLAŞIMININ, FİDAN YETİŞTİRİCİLİĞİ ve BAKIMINDA
UYGULAMA ÖRNEĞİ**

Dr. Müh. Sabit TUNÇEL (ORCID:0000-0003-1796-1724)

İBB Ağaç ve Peyzaj AŞ

Email:sabit.tuncel@agac.istanbul

Özet

Dünyada süregelen iklim krizinin etkileri, artan dünya nüfusu ile beraber doğal kaynakların tüketiminin artması ve bu kaynaklarımızın hızla yok olmasına sebep olmaktadır. Bu bağlamda mevcut kaynakların sürdürülebilir ilkeler doğrultusunda, etkin ve verimli kullanılması zaruri hale gelmiştir. Yaşamakta olduğumuz iklim krizinin etkileri mevcut doğal kaynakların tükenmesine sebep olduğu gibi, gelecek nesillere temiz sürdürülebilir bir çevre bırakmamız konusunda yeni ve etkin politikalar geliştirmemizi zorunlu kılmaktadır. Teknolojik gelişimin yanı sıra dijitalleşen yeni Dünya da Nesnelerin interneti (IoT), Endüstriyel nesnelerin interneti (IIoT), yapay zeka gibi kavramlar ve bunların her anlamda hayatımıza girmesi ile birlikte iş yapış biçimleri değişmiş, farklılıklar ile birlikte kolaylaştırıcı ve sorunlara çözüm üretebilir hale gelmiştir. Teknolojide halen mevcut ve devam eden gelişmeler, bitki üretim ve bakım fidanlıklarında kültürel bakım işlemlerini yapay zeka destekli sistemlerle yapabilmeyi mümkün olduğunu göstermektedir. Üretim, çoğaltım, bakım ve saksılama işlemlerinin yapıldığı fidanlıklarda kültürel bakım uygulamaları sırasında kontrolsüz şekilde yapılan sulama, gübreleme ve zirai ilaçlamalar hem maliyetleri yükseltmekte, hem de çevre kirliliğine sebep olmaktadır. İklim krizinin olumsuz etkilerini bertaraf etmek, karbon salınımını azaltarak sürdürülebilir çevre yaklaşımına katkı sağlamak amacı ile bu çalışma yapılmıştır. Sensörler aracılığı ile sahadan veriler toplanmakta, elde edilen veriler yapay zeka (AI) yazılımı ile işlenmektedir. Kurgulanan sistemde sahada bulunan fidanların toprağına yerleştirilmiş olan sensörler vasıtası ile sulama ve gübreleme faaliyetleri algılanabilecek, mevcut bitkilerin sayıca tespiti yapılarak, optimum gelişme gösterdikleri koşullara ait bitki veri setleri oluşturulacaktır. Oluşturulan tüm veriler veri bilgi havuzunda toplanarak yapay zekâ (AI) yazılımına aktarılacaktır. Veriler burada işlendikten sonra otomasyon sistemi çalışmaya başlayacak, toprak içerisindeki makro ve mikro besin elementlerinin fazla veya az olması durumuna göre her bitkiye ait gerekli olan miktarda besin elementleri sulama suyu ile birlikte toprağına verilecektir. Bu çalışma ile bitki üretim, çoğaltım ve bakım fidanlıklarında kontrolsüz şekilde yapılan sulama, gübreleme ve zirai ilaçlamanın önüne geçilerek döngüsel ekonomiye katkı sağlamak, iklim değişikliğinin olumsuz etkilerini azaltarak karbon ayak izinin düşürülmesi ve küresel ısınma ile etkin mücadele edilerek kurumsal ve çevresel sürdürülebilirliğe katkı sağlanması hedeflenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Tarım 4.0, Tarımda yapay zeka, IoT sistem

**AN EXAMPLE OF THE APPLICATION OF THE AGRICULTURE 4.0 APPROACH
IN SEEDLING CULTIVATION AND MAINTENANCE**

Abstract

The effects of the ongoing climate crisis in the world, the increasing consumption of natural resources along with the increasing world population and the rapid destruction of these resources are causing. In this context, it has become necessary to use existing resources effectively and efficiently in accordance with sustainable principles. The effects of the climate crisis we are experiencing cause the depletion of existing natural resources and oblige us to develop new and effective policies to leave a clean and sustainable environment to future generations. In addition to technological development, the new digitalized world has also changed with concepts such as the Internet of Things (IoT), the industrial Internet of things (IIoT), artificial intelligence and their introduction into our lives in every sense, their way of doing business has changed, together with differences, they have become facilitators and solutions to problems. Current and ongoing developments in technology show that it is possible to perform cultural maintenance operations in plant production and maintenance nurseries with artificial intelligence-supported systems. In nurseries where production, reproduction, maintenance and potting operations are carried out, irrigation, fertilization and pesticides carried out in an uncontrolled manner during cultural maintenance practices both increase costs and cause environmental pollution. This study was carried out in order to eliminate the negative effects of the climate crisis and to contribute to a sustainable environmental approach by reducing carbon emissions. Data are collected from the field through sensors, and the data obtained are processed with artificial intelligence (AI) software. In the system being designed, irrigation and fertilization activities will be detected by means of sensors placed in the soil of the seedlings located in the field, and plant data sets will be created for the conditions in which they show optimal development by determining the number of existing plants. All the data created will be collected in the data information pool and transferred to artificial intelligence (AI) software. After the data are processed here, the automation system will start working, and the required amount of nutrients for each plant will be delivered to the soil along with irrigation water, depending on whether the macro- and micronutrients in the soil are more or less. With this study, it is aimed to contribute to the circular economy by preventing uncontrolled irrigation, fertilization and pesticides in plant production, reproduction and maintenance nurseries, to reduce the carbon footprint by reducing the negative effects of climate change and to contribute to corporate and environmental sustainability by effectively combating global warming.

Keywords: Agriculture 4.0, Artificial intelligence in agriculture, IoT system

**KAYISI VE ELMANIN MİKRO ÇOĞALTIMINDA ALT KÜLTÜR SAYISININ İN
VİTRO KÖKLENME ÜZERİNE ETKİSİNİN BELİRLENMESİ**

Arş. Gör. Zeynep NAS (ORCID:0000-0002-7115-1987)

Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi

Email:zeynep.nas@selcuk.edu.tr

Prof. Dr. Ahmet EŞİTKEN (ORCID:0000-0002-6140-7782)

Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi

Email:aesitken@selcuk.edu.tr

Prof. Dr. Lütfi PIRLAK (ORCID:0000-0003-3630-3591)

Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi

Email:pirlak@selcuk.edu.tr

Özet

Çalışmada anaç adayları olan '42-25' kayısı genotipi ile 'Hatay' elma genotipinin mikro çoğaltımında alt kültür sayısının in vitro köklenme üzerine etkisi incelenmiştir. Köklenme ortamı olarak 2 mg l⁻¹ IBA içeren ½MS gıda ortamı kullanılmıştır. Alt kültür sayısının anaç adaylarının köklenmesi üzerindeki etkisini incelemek için kallus oluşumu (%), köklenme oranı (%), kök sayısı (adet) ve kök uzunluğu (cm) incelenmiştir. Ayrıca alt kültür sayısının, kayısıda yoğun şekilde görülen sürgün ucu nekrozu üzerine etkisini belirlemek için kayısıda nekroz oranları da incelenmiştir. Her iki genotipin alt kültürlerle tepkisi farklı olmuştur. Kayısıda 2. alt kültürden itibaren tüm alt kültürlerde %100 köklenme gerçekleşirken; elmada 6. alt kültürde köklenme %100'e ulaşmış ve aynı oran 7. alt kültürde de devam edip, 8. alt kültürde köklenme oranında önemli bir düşüş (%60) belirlenmiştir. Hem kayısı hem elmada, köklenme aşamasının başlangıç kültürü ve ilk alt kültüründe, köklenme yüzdesi daha düşük bulunmuştur. Alt kültür sayısının artmasıyla birlikte köklenme oranında artış tespit edilmiştir. Kayısıda köklenme 10. günde başlarken, elmada bu süre daha uzun olup, köklenme yaklaşık 20. günde başlamıştır. Her iki genotipte yüksek oranda kallus (%100) meydana gelse de elma eksplantlarında meydana gelen kallus tabakası daha büyük bir yapıda olmuştur. Bunun da köklenmenin daha geç başlamasına neden olabileceği düşünülmektedir. Kayısı genotipinde karşılaştığımız sürgün ucu nekrozu genel olarak tüm alt kültürlerde meydana gelse de, bazı alt kültürlerde oran daha düşük olmuştur. Bu yüzden kayısının in vitro köklenmesinde, köklenme oranı kadar düşük nekroz gösteren alt kültür sayısını dikkate almak büyük önem taşımaktadır. Elde edilen sonuçlara göre hem düşük nekroz oranı, hem de tüm köklenme parametrelerinde iyi sonuç tespit edilen 6. alt kültür, kayısının in vitro köklenme aşamasına geçilmesi için en iyi alt kültür sayısı olarak değerlendirilmiştir. Elmada köklenme oranı en yüksek 6. ve 7. alt kültürlerde gerçekleşmiş olsa da, bu alt kültürlerdeki eksplant kalitesi düşük olmuştur. 3. alt kültürde eksplant gelişimi (boylanma, yapraklanma, kök sayısı ve uzunluğu) daha iyi olmuştur. O yüzden 'Hatay' anaç adayının mikro çoğaltımında in vitro köklenme aşaması için 3. alt kültür en doğru alt kültür sayısı olarak belirlenmiştir. Eksplantlar ortamda 30 gün bekletildikten sonra köklenme için veri alınmaya başlanmıştır. Bu süre kayısı için yeterli iken, elmada 45 güne çıkarılması sonuçları iyileştirebilir. Mikro sürgünlerden köklenme açısından en yüksek sonucu almak için kayısı için en fazla 6, elma için en fazla 7 alt kültür tavsiye edilebilir.

Anahtar Kelimeler: alt kültür, anaç, elma, *in vitro*, kayısı, köklenme, nekroz

**DETERMINATION OF THE EFFECT OF SUBCULTURE NUMBER ON IN VITRO
ROOTING IN MICROPROPAGATION OF APRICOT AND APPLE**

Abstract

In this study, the effect of the number of subcultures on *in vitro* rooting in micropropagation of rootstock candidates '42-25' apricot genotype and 'Hatay' apple genotype was investigated. ½MS nutrient medium containing 2 mg l⁻¹ IBA was used as rooting medium. To examine the effect of the number of subcultures on the rooting of rootstock candidates, callus formation (%), rooting rate (%), root number (number) and root length (cm) were examined. In addition, the necrosis rate in apricot was also examined to determine the effect of the number of subcultures on shoot tip necrosis, which is seen intensely in apricot. The response of both genotypes to subcultures was different. While 100% rooting occurred in all subcultures starting from the 2nd subculture in apricot; rooting reached 100% in the 6th subculture in apple and the same rate continued in the 7th subculture, and a significant decrease (60%) in the rooting rate was determined in the 8th subculture. In both apricot and apple, the rooting percentage was lower in the starter culture and the first subculture of the rooting stage. An increase in the rooting rate was observed with the increase in the number of subcultures. While rooting in apricots was started on the 10th day, in apples this period was longer and rooting was started on approximately the 20th day. Although a high rate of callus (100%) occurred in both genotypes, the callus layer formed in apple explants was larger. This suggests that it may cause rooting to start later. Although shoot tip necrosis that we encountered in the apricot genotype occurred in all subcultures, the rate was lower in some subcultures. Therefore, in *in vitro* rooting of apricot, it is of great importance to consider the number of subcultures showing low necrosis as well as the rooting rate. According to the results obtained, the 6th subculture, which had both low necrosis rate and good results in all rooting parameters, was evaluated as the best subculture number to pass the *in vitro* rooting stage of apricot. Although the highest rooting rate in apple occurred in the 6th and 7th subcultures, the explant quality in these subcultures was low. In the 3rd subculture, explant development (heightening, leafing, root number and length) was better. Therefore, the 3rd subculture was determined as the most appropriate subculture number for the *in vitro* rooting stage in micropropagation of the 'Hatay' rootstock candidate. After the explants were kept in the environment for 30 days, data for rooting began to be obtained. While this period is sufficient for apricots, extending it to 45 days for apples may improve the results. To obtain the highest results in terms of rooting from micro shoots, a maximum of 6 subcultures can be recommended for apricot and a maximum of 7 subcultures for apple.

Keywords: subculture, rootstock, apple, *in vitro*, apricot, rooting, necrosis

YENİ KLONAL ELMA ANAÇ ADAYININ (HATAY) MİKROÇOĞALTIMI

Arş. Gör. Zeynep NAS (ORCID:0000-0002-7115-1987)
Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi
Email:zeynep.nas@selcuk.edu.tr

Prof. Dr. Ahmet EŞİTKEN (ORCID:0000-0002-6140-7782)
Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi
Email:aesitken@selcuk.edu.tr

Prof. Dr. Lütfi PIRLAK (ORCID:0000-0003-3630-3591)
Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi
Email:pirlak@selcuk.edu.tr

Özet

Klonal elma anaçlarının çoğu, daldırma tekniği kullanılarak çoğaltılmaktadır. Ancak geleneksel çoğaltma yöntemleri mevsimsel olup, çok fazla alan ve emek gerektirmektedir. Ayrıca bu yöntemlerle çoğalma katsayısı düşük olmakta ve fidancılar için düşük kârlı fidan üretimi ile sonuçlanmaktadır. *In vitro* çoğaltma teknikleri, daha az zaman ve alanda türüne uygun, kaliteli fidan elde etmenin verimli ve etkili bir yöntemini sağlamaktadır. Çalışmada, 'Hatay' elma anaç adayının mikroçoğaltımı, sürgün çoğalması için dört konsantrasyonda BA ve mT (0.0, 0.5, 1.0 ve 2.0 mg l⁻¹) içeren MS ortamında araştırılmıştır. Sitokinler dışında düşük dozda GA₃ (0.5 mg l⁻¹) ve IBA (0.01 mg l⁻¹) ilave edilmiş ve tüm uygulamalarda aynı doz kullanılmıştır. Köklenme için dört konsantrasyonda IBA (0.0, 1.0, 2.0 ve 4.0 mg l⁻¹) ile zenginleştirilmiş iki ortam (MS ve ½MS) denenmiştir. Böylece, en iyi köklenme oranını sağlayacak ortam ve IBA konsantrasyonu tespit edilmiş, hayatta kalan bitkicikler dış ortama aktarılmıştır. Çalışmada en yüksek sürgün sayısı ve en düşük sürgün uzunluğu BA ve mT içerikli ortamların 2 mg l⁻¹ dozlarında tespit edilmiştir. BA ve mT içerikli ortamların 2 mg l⁻¹ dozlarında sırasıyla 5.75 ve 5.80 sürgün/eksplant elde edilmiştir, sürgün uzunlukları ise 0.98 cm ve 1.47 cm olarak ölçülmüştür. Kontrol dışında tüm uygulamalarda %86.67-%100.00 arasında köklenme gerçekleşmiştir. En yüksek kök sayısı sırasıyla 1.0 mg l⁻¹ IBA içerikli ½MS (9,93 kök/eksplant) ve MS (6.80 kök/eksplant) ortamlarında tespit edilmiştir. ½MS ortamında, MS ortamına kıyasla genel olarak daha yüksek kök sayısı elde edilmiş; fakat MS ortamında bitki boyu ve gelişimi daha yüksek tespit edilmiştir. En yüksek kök uzunluğu aynı şekilde 1.0 mg l⁻¹ IBA içerikli ½MS (2.47 cm) ve MS (2.19 cm) ortamlarında tespit edilmiştir. Kontrol dışındaki tüm uygulamalarda %100 kallus oluşumu gerçekleşmiştir. Her ne kadar ortama IBA eklenmesi kök oluşumunu tetiklese de, istenmeyen kallus oluşumunu da beraberinde getirmiştir. İstenmeyen kallus oluşumu *in vitro* üretilen bitkiciklerin hayatta kalma oranını azaltmıştır. 1 mg l⁻¹ IBA dozunun daha az kalınlıkta kallus tabakası oluşturduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: anaç, elma, *in vitro*, kallus, köklenme

**MICROPROPAGATION OF NEW CLONAL APPLE ROOTSTOCK CANDIDATE
(HATAY)**

Abstract

Some of the clonal apple rootstocks are propagated using layering technique. However, traditional propagation methods are seasonal and require a lot of space and labor. In addition, the multiplication coefficient is low with these methods, resulting in low-profit sapling production for sapling growers. *In vitro* propagation techniques provide an efficient and effective method of obtaining species-appropriate, quality saplings in less time and space. In the study, micropropagation of 'Hatay' apple rootstock candidate was investigated on MS medium containing four concentrations of BA and mT (0.0, 0.5, 1.0 and 2.0 mg l⁻¹) for shoot propagation. Apart from cytokinins, low doses of GA₃ (0.5 mg l⁻¹) and IBA (0.01 mg l⁻¹) were added and the same dose was used in all treatments. For rooting, two media (MS and ½MS) enriched with four concentrations of IBA (0.0, 1.0, 2.0 and 4.0 mg l⁻¹) were tested. Thus, the medium and IBA concentration that would provide the best rooting rate were determined and the surviving plantlets were acclimatized. In the study, the highest shoot number and the lowest shoot length were determined in 2 mg l⁻¹ doses of BA and mT containing media. At media containing 2 mg l⁻¹ doses of BA and mT, 5.75 and 5.80 shoots/explants were obtained, respectively, and the shoot lengths were measured as 0.98 cm and 1.47 cm. In all treatments except control, rooting was between 86.67% and 100.00%. The highest root number was determined in 1.0 mg l⁻¹ IBA containing ½MS (9.93 roots/explant) and MS (6.80 roots/explant) media, respectively. In ½MS medium, generally higher root number was obtained compared to MS medium; but plant height and development were higher in MS medium. The highest root length was also determined in 1.0 mg l⁻¹ IBA containing ½MS (2.47 cm) and MS (2.19 cm) media. In all applications except control, 100% callus formation was achieved. Although the addition of IBA to the medium triggered root formation, it also brought about undesirable callus formation. Undesirable callus formation reduced the survival rate of *in vitro* produced plantlets. It was determined that 1 mg l⁻¹ IBA dose formed a less thick callus layer.

Keywords: rootstock, apple, *in vitro*, callus, rooting

**KURAKLIK STRESİ ALTINDA MELATONIN UYGULAMASININ BUĞDAYDA
(*Tritium aestivum* L.) IN VITRO REJENERASYONU ÜZERİNE ETKİLERİ**

Abdulbasir SULTANI (ORCID:0009-0006-3690-226X)

Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi
Email:sultani.abdulbasir2020@gmail.com

Prof. Dr. Kamil HALİLOĞLU (ORCID:0000-0002-4014-491X)

Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi
Email:kamilh@atauni.edu.tr

Arş Gör. Gaye AKÇELİK (ORCID:0009-0004-2138-3028)

Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi
Email:gayeakcelik@atauni.edu.tr

Doç Dr. Aras TURKOĞLU (ORCID:0000-0003-2611-8034)

Necmettin Erbakan Üniversitesi, Ziraat Fakültesi
Email:aras.turkoğlu@erbakan.edu.tr

Özet

Buğdayın küresel gıda güvenliğindeki önemli rolü göz önüne alındığında, başta kuraklık olmak üzere abiyotik streslere karşı toleransının geliştirilmesi zorunludur. Bu çalışma, polietilen glikol-6000 (PEG) ile indüklenen kuraklık stresi koşulları altında melatoninin "Kırık" buğday çeşidi üzerindeki etkilerini in vitro olarak değerlendirmeyi amaçlamıştır. Araştırma 2023-2024 yılları arasında Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi'nde yürütülmüş ve istatistiksel analizler JMP yazılımı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Melatonin (MEL) dört konsantrasyonda (25, 50, 100 ve 200 µM) dört zaman aralığında (0, 6, 12 ve 24 saat) uygulanmış ve örnekler 30 gün boyunca inkübe edilmiştir. Çalışmanın ilk aşamasında, farklı MEL konsantrasyonlarının zaman içindeki etkileri değerlendirilmiştir. MEL kallus oluşumunu, embriyojenik kallus gelişimini veya sürgün oluşumunu önemli ölçüde etkilememesine rağmen, kök oluşumu, kök-sürgün oranı ve morfolojik değişiklikler üzerinde önemli bir etkiye sahipti. 25 µM konsantrasyon en yüksek kök oluşumunu ve kök-sürgün oranını vermiştir. Ayrıca, en yüksek embriyojenik kallus oluşumu, minimum kallus renk değişimi ve en düşük sürgün oluşumu 24 saatlik inkübasyon süresinde gözlenmiştir. İstatistiksel analiz, 25 µM MEL ve 24 saatlik aralık kombinasyonunun en etkili kombinasyon olduğunu belirlemiştir. İkinci aşamada, optimum MEL kombinasyonu kuraklık stresini tetiklemek için değişen PEG seviyeleri (-0.5, -1.0 ve -1.5 MPa) altında test edilmiştir. 30 gün sonra, en yüksek kallus oluşumu, embriyojenik kallus ve kök gelişimi oranları -0.5 MPa'da gözlenmiştir. Genel olarak, sonuçlar daha yüksek PEG ve MEL konsantrasyonlarının kallus performansında azalmaya yol açtığını göstermiştir. Bununla birlikte, daha düşük MEL konsantrasyonları ve daha uzun maruz kalma süreleri, MEL'in kallus gelişimi üzerindeki olumlu etkilerini artırmıştır.

Anahtar Kelimeler: Kuraklık Stresi, Melatonin Uygulaması, Doku kültürü, Kallus Oluşumu, Buğday "Kırık" çeşidi (*Tritium aestivum* L.).

**EFFECTS OF MELATONIN APPLICATION UNDER DROUGHT STRESS ON IN
VITRO REGENERATION IN WHEAT (*Triticum aestivum* L.)**

Abstract

Given the crucial role of wheat in global food security, improving its tolerance to abiotic stresses, particularly drought, is imperative. This study aimed to evaluate the effects of melatonin on the "Kırık" wheat variety under drought stress conditions induced by polyethylene glycol-6000 (PEG) in vitro. The research was carried out during 2023-2024 at the Faculty of Agriculture, Atatürk University, and statistical analyses were performed using JMP software. Melatonin (MEL) was applied at four concentrations (25, 50, 100, and 200 μ M) across four time intervals (0, 6, 12, and 24 hours), with samples incubated for 30 days. In the first phase of the study, the effects of different MEL concentrations over time were assessed. Although MEL did not significantly influence callus formation, embryogenic callus development, or shoot formation, it had a significant impact on root formation, root-to-shoot ratio, and morphological alterations. The 25 μ M concentration yielded the highest root formation and root-to-shoot ratio. Additionally, the greatest embryogenic callus formation, minimal callus discoloration, and lowest shoot formation were observed at the 24-hour incubation period. Statistical analysis identified the combination of 25 μ M MEL and the 24-hour interval as the most effective. In the second phase, the optimal MEL combination was tested under varying PEG levels (-0.5, -1.0, and -1.5 MPa) to induce drought stress. After 30 days, the highest rates of callus formation, embryogenic callus, and root development were observed at -0.5 MPa. Overall, the results indicated that higher concentrations of PEG and MEL led to a reduction in callus performance. However, lower MEL concentrations and extended exposure times enhanced MEL's positive effects on callus development.

Keywords: Drought Stress, Melatonin Application, Tissue Culture, Callus Formation, Wheat "Kırık" Variety (*Triticum aestivum* L.)

**OPTIMIZING DISEASE CONTROL STRATEGIES FOR COMMON BACTERIAL
BLIGHT IN BEANS: A MULTI-TREATMENT EVALUATION**

Ibrahim Isse ALI (ORCID:0009-0007-9477-0098)

Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Selçuk University, Konya, Türkiye
Email: Ibraisse252@gmail.com

Kubilay Kurtulus BASTAS* (ORCID:0000-0002-2367-1849)

Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Selçuk University, Konya, Türkiye
Email: bastas@selcuk.edu.tr

Abstract

Common bacterial blight (CBB) is a significant disease caused by seed-borne pathogen *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli* (Xap) which devastates global bean production. This study aims to determine the effectiveness of various treatments in controlling CBB progression in three bean varieties (Göynük, Saltan, and Tezgeldi). Treatments used included *Bacillus subtilis* (Bst), microbial fertilizer (Em•fpe), their combination (Bst + Em•fpe), copper hydroxide (CH), and an untreated control. Disease incidence (DI), disease severity index (DSI), severity score (SC), area under disease progress curve (AUDPC), and disease control (DC) were measured to evaluate infection rates. Agronomic parameters, such as plant height, number of primary branches per plant, root length, and root weight, were also examined under each treatment to assess plant health. The findings revealed significant variations in DI, DSI, and SC ($p \leq 0.01$), while differences in AUDPC and DC were also significant ($p \leq 0.05$) among the bean varieties concerning CBB. In the Saltan variety, the combination of Bst and Em•fpe showed the highest control effectiveness, with DI at 37.80% and AUDPC at 311.10, while it provided moderate control in Göynük and Tezgeldi. The CH treatment showed efficacy only in the Tezgeldi variety, with DI at 39.30% and AUDPC at 973.70. Disease progression was highest in the untreated control group, where DI reached 83.87%, 79.70%, and 76.89% for Göynük, Tezgeldi, and Saltan, respectively. Although no significant differences in plant height, root length, and root weight were observed across treatments, disease suppression improved overall plant performance in treated plants, as indicated by an increased number of leaves and primary branches per plant compared to the control group. This multi-treatment analysis illustrates the potential of combining bacterial and microbial strains to enhance CBB management, especially in more susceptible bean varieties, contributing to food security and sustainable agriculture.

Keywords: Phaseolus vulgaris, Xanthomonas, Microbial fertilizer, Bacillus subtilis, control

EREĞLİ İLÇESİ'NİN TARIM POTANSİYELİ

Dr. Öğr. Üyesi Çetin PALTA (ORCID:0000-0002-5368-0172)
Necmettin Erbakan Üniversitesi, Ereğli Ziraat Fakültesi
Email:cetinp@yahoo.com

Dr. Erdal GÖNÜLAL (ORCID:0000-0002-1621-0892)
Bahri Dağdaş Uluslararası Tarımsal Araştırma Enstitüsü
Email:erdalgonulal@gmail.com

Özet

Ereğli ilçesinde işlenen arazi 122.116 ha olup, bu alan Konya ilinin %5,84'ünü, Orta Anadolu Havzası'nın %7,01'ini kaplamaktadır. İlçedeki işlenen arazinin %52,58'ini tarla arazileri, %42,73'ü nadas alanı, %1,36'sını sebze alanı, %3,10'unu meyve alanı oluşturmaktadır. Ereğli'nin tarım arazileri Konya tarım arazilerininin %5,28'ini oluştururken, sebze alanı %10,04'ünü, meyve alanı ise %19,25 gibi önemli bir alanı kaplamaktadır. Bunun en önemli nedenlerinden biriside sulu tarım alanlarının yüksek olmasından kaynaklanmaktadır. Çayır-meralar için ayrılan alanların oranı, Konya ve Türkiye oranlarına göre oldukça yüksektir. Ereğli ilçesi geniş ve düz tarla arazileri, sulu tarım arazileri, tarım geçmiş ve deneyimleri ile büyük bir tarım potansiyeli taşımaktadır. Yine ilçede yabancı ortaklı tarıma bağlı sanayi tesislerinin bulunması meyveciliğin gelişmesi için bir fırsattır. Ereğli ilçesi arazilerininin %39'u sulu arazi, %61'i kuru arazi niteliğindedir. Konya sulu arazilerininin %14,45'i Ereğli'de bulunmaktadır. İlçe sulu arazi oranı, Konya sulu arazi oranının(%23,03) ve Türkiye sulu arazi oranınının (%22,31)oldukça üzerindedir. İvriz çayı ve önünde kurulan İvriz barajı bölgenin en önemli sulama potansiyelini oluşturmaktadır. DSİ'nin 50.000 hektar alanın basınçlı sulama sistemi ile sulanabilmesini içeren projeleri ile tarımda büyük bir gelişme beklenmektedir. Ereğli sahip olduğu verimli tarım arazileri ve sulama imkânları sayesinde geniş bir ürün yelpazesine sahiptir. Ayrıca ilçe üreticilerinin yeniliklere açık olması ve bilinçli üretim yapması bu duruma etkindir. Ereğli ilçesindeki toplam tarla arazisi 636.979 da olup, bu alanın %15,70'inde durum buğdayı,%29,04'ünde ekmeklik buğday çeşitleri, %28,26'sında arpa, %3,85'inde şeker pancarı, %5,42'sinde mısır, %17,74'ünde baklagiller, yem bitkileri, sanayi bitkileri gibi farklı ürünler yetiştirilmektedir. İlçede 17.831 da alan sebze üretimi için ayrılmıştır. Bu alanın %22,43'ünde domates yetiştiriciliği yapılırken, geri kalan kısmında çeşitli sebzeler yetiştirilmektedir. Bu sebzelerden en önemlisi, çok çeşitli alanlarda kullanılan ve ihraç edilen siyah havuçtur. Ereğli'de yetiştirilen siyah havuç, ilçe topraklarındaki kireç ve potasyum dengesine bağlı olarak Türkiye'nin en kaliteli siyah havucudur.

Anahtar Kelimeler: Tarım, Sebze, Meyve, Hayvancılık, Ereğli

AGRICULTURAL POTENTIAL OF EREĞLI DISTRICT

Abstract

The cultivated land in Ereğli district is 122,116 ha, which covers 5.84% of Konya province and 7.01% of the Central Anatolian Basin. Of the cultivated land in the district, 52.58% is field land, 42.73% is fallow land, 1.36% is vegetable land, and 3.10% is fruit land. While Ereğli's agricultural lands constitute 5.28% of Konya's agricultural lands, vegetable land covers 10.04%, and fruit land covers a significant area of 19.25%. One of the most important reasons for this is the high number of irrigated agricultural lands. The rate of areas allocated for meadows and pastures is quite high compared to Konya and Turkey. Ereğli district has a great agricultural potential with its wide and flat field lands, irrigated agricultural lands, agricultural history and experiences. The presence of foreign partnered agriculture-related industrial facilities in the district is an opportunity for the development of fruit growing. 39% of Ereğli district's lands are irrigated land and 61% are dry land. 14.45% of Konya's irrigated lands are in Ereğli. The district's irrigated land rate is well above the Konya irrigated land rate (23.03%) and Turkey's irrigated land rate (22.31%). İvriz stream and the İvriz dam established in front of it constitute the most important irrigation potential of the region. A major development is expected in agriculture with DSI's projects that include irrigating 50,000 hectares of land with a pressurized irrigation system. Ereğli has a wide range of products thanks to its fertile agricultural lands and irrigation opportunities. In addition, the district's producers are open to innovations and produce consciously. The total field area in Ereğli district is 636,979 da, 15.70% of this area is durum wheat, 29.04% is bread wheat varieties, 28.26% is barley, 3.85% is sugar beet, 5.42% is corn, 17.74% is legumes, forage crops, industrial crops and other different products are grown. 17,831 da area is allocated for vegetable production in the district. While tomato cultivation is done in 22.43% of this area, various vegetables are grown in the remaining part. The most important of these vegetables is black carrot, which is used in a wide variety of areas and exported. Black carrot grown in Ereğli is the highest quality black carrot in Turkey due to the lime and potassium balance in the district soil.

Keywords: Agriculture, Vegetable, Fruit, Animal Husbandry, Ereğli

**BAKLA (*Vicia faba* L.) VE YAYGIN FİĞ (*Vicia sativa* L.) ÖZÜTLERİNİN BAZI
YABANCI OTLARA KARŞI ALLELOPATİK ETKİLERİNİN BELİRLENMESİ**

Lisans Öğrencisi Mustafa Emir YILDIRIM (ORCID:0009-0007-0100-0933)

Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi

Email:@subu.edu.tr

Lisans Öğrencisi Önder FERİK (ORCID:0009-0009-5882-4540)

Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi

Email:@subu.edu.tr

Lisans Öğrencisi Utku DURU (ORCID:0009-0003-0215-2550)

Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi

Email:@subu.edu.tr

Dr. Öğr. Üyesi Bahadır ŞİN (ORCID:0000-0002-0109-3662)

Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi

Email:bahadirsin@subu.edu.tr

Arş. Gör. Melike KÖSE (ORCID:0000-0001-5061-2441)

Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi

Email:melikek@subu.edu.tr

Prof. Dr. Mustafa YILMAZ (ORCID:0000-0001-5256-245X)

Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi

Email:mustafayilmaz@subu.edu.tr

Özet

Allelopati, bazı bitkilerin çevrelerine kimyasal maddeler salarak diğer bitkilerin büyümesini baskılaması ya da engellemesi şeklinde tanımlanan doğal bir süreçtir. Bu olay, özellikle tarımsal üretimde yabancı ot mücadelesinde kimyasal herbisitlere alternatif olarak dikkat çekmektedir. Allelopatik etkiye sahip bitkiler, çevre dostu ve sürdürülebilir bir yabancı ot yönetimi sağlama potansiyeline sahiptir. Bakla (*Vicia faba* L.) ve yaygın fiğ (*Vicia sativa* L.) gibi kültür bitkilerinden elde edilen özütlerin, çeşitli yabancı ot türleri üzerindeki etkilerini incelemek, bu potansiyelin değerlendirilmesi açısından önemli bir adım teşkil etmektedir. Bu bağlamda, Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Ziraat Fakültesi laboratuvarlarında yürütülen bu çalışma, bakla ve yaygın fiğ bitkilerinin çokyıllık çim (*Lolium perenne* L.), semizotu (*Portulaca oleracea* L.) ve yabani hardal (*Sinapis arvensis* L.) yabancı otlarına karşı allelopatik etkilerini araştırmaktadır. Denemede kullanılan test bitkilerinden; çokyıllık çim Tokat ili mera alanlarından, semizotu Sakarya ili sebze üretim arazilerinden, yabani hardal ise Tokat ili buğday arazilerinden toplanmıştır. Kültür bitkilerinden Eresen-87 bakla çeşidi ve Alperen yaygın fiğ çeşidi kullanılmıştır. Kültür bitkilerinin sulu ekstraktları, toprak üstü aksamlarından hasat edilen bitkilerin öğütülüp kurutulması ve %1, %3 ve %5 konsantrasyonlarında seyreltilmesi

suretiyle hazırlanmıştır. Deneme, tesadüf parselleri deneme desenine göre dört tekerrürlü olarak kurulmuş olup, çimlenme oranı (%), kök uzunluğu (mm), sürgün uzunluğu (mm), bitki yaş ve kuru ağırlığı (g) gibi parametreler incelenmiştir. Sonuçlar, bakla ve fiğ özütlerinin yabancı otlar üzerinde doza bağlı olarak farklı seviyelerde allelopatik etkiler gösterdiğini ortaya koymuştur. Yüksek dozlarda (%5) özüt uygulamaları, özellikle çokyıllık çim ve yabani hardalın çimlenme ve büyüme parametrelerini önemli ölçüde baskılamakta, Semizotunda da benzer şekilde, yüksek doz uygulamaları bitki büyümesi üzerinde belirgin baskılayıcı etkiler göstermiştir. Bu bulgular, bakla ve fiğ bitkilerinden elde edilen özütlerin yabancı ot kontrolünde biyolojik bir alternatif olarak kullanılma potansiyeline sahip olduğunu göstermektedir. Bu çalışmada, bakla ve yaygın fiğ bitkilerinden elde edilen sulu özütlerin, yaygın yabancı ot türleri olan çokyıllık çim, semizotu ve yabani hardal üzerindeki allelopatik etkileri belirlenerek, biyolojik yabancı ot kontrolünde kullanılabilirliği araştırılmıştır. Çalışmanın amacı, allelopatik etkilerin, kimyasal herbisit kullanımını azaltacak çevre dostu alternatif çözümler geliştirilmesine ve bu bitkilerin tarımsal sürdürülebilirlikteki yerinin güçlendirilmesine katkı sunmasını sağlamaktır. Bu doğrultuda, elde edilen verilerin tarımsal üretimde biyolojik mücadele yöntemlerinin yaygınlaştırılmasına ve çevresel etkilerin en aza indirgenmesine yönelik önemli bulgular sunacağı beklenmektedir.

Anahtar Kelimeler: Bakla, yaygın fiğ, allelopati, biyolojik mücadele, çimlenme

DETERMINATION OF THE ALLELOPATHIC EFFECTS OF FABA BEAN (*Vicia faba* L.) AND COMMON VETCH (*Vicia sativa* L.) EXTRACTS ON SOME WEEDS

Abstract

Allelopathy is a natural process in which certain plants release chemical substances into their environment, inhibiting or suppressing the growth of other plants. This phenomenon has gained particular attention as an alternative to chemical herbicides in weed control for agricultural production. Plants with allelopathic effects offer the potential for environmentally friendly and sustainable weed management. Examining the effects of extracts obtained from cultivated plants such as faba bean (*Vicia faba* L.) and common vetch (*Vicia sativa* L.) on various weed species represents an important step in evaluating this potential. In this context, this study, conducted in the laboratories of the Faculty of Agriculture at Sakarya University of Applied Sciences, investigates the allelopathic effects of faba bean and common vetch plants on perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.), purslane (*Portulaca oleracea* L.), and wild mustard (*Sinapis arvensis* L.). The test plants used in the experiment were collected from specific areas: perennial grass was collected from pasture lands in Tokat province, purslane from vegetable production fields in Sakarya province, and wild mustard from wheat fields in Tokat province. The faba bean variety 'Eresen-87' and the common vetch variety 'Alperen' were used as the cultivated plants. Aqueous extracts of these plants were prepared by grinding and drying the above-ground parts and then diluting them to concentrations of 1%, 3%, and 5%. The experiment was designed using a randomized complete block design with four replications, evaluating parameters such as germination rate (%), root length, shoot length, fresh weight, and dry weight of the plants. The results revealed that faba bean and vetch extracts exhibited dose-dependent allelopathic effects on the weeds. High doses of extracts (5%) significantly suppressed the germination and growth parameters of perennial ryegrass and wild mustard. Similarly, high doses also had inhibitory effects on the growth of purslane. These findings indicate that extracts derived from faba bean and vetch plants have the potential to be used as a biological alternative in weed control. This study examined the allelopathic effects of aqueous extracts obtained from faba bean and common vetch on common weed species such as perennial ryegrass, purslane, and wild mustard to investigate their potential for use in biological weed control. The study aimed to contribute to the development of environmentally friendly alternative solutions that would reduce the use of chemical herbicides and enhance the role of allelopathic plants in agricultural sustainability. Accordingly, the data obtained from the study are expected to provide important insights into the widespread use of biological control methods in agricultural production and the minimization of environmental impacts.

Keywords: Faba bean, common vetch, allelopathy, biological control, germination

**KAFKAS SÜLÜNLERİNDE YUMURLAMA ZAMANININ VE YUMURTA
SEPETİNİN ÇIKIM MAKİNESİ İÇERİSİNDEKİ KONUMUNUN KULUÇKA
SÜRESİ VE KULUÇKA SONUÇLARI ÜZERİNDEKİ ETKİSİ**

Vet. Hek. Gülce KIRBAŞ (ORCID:0009-0009-7373-9782)
Selçuk Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü
Email:krbasg@gmail.com

Vet. Hek. Merve TOK (ORCID:0009-0004-0177-9252)
Selçuk Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü
Email:fatma.tok8@icloud.com

Arş. Gör. Mahmut Şamil ŞAMLI (ORCID:0000-0001-8956-3624)
Hatay MKÜ, Veteriner Fakültesi, Zootečni ABD
Email:mahmutsamil.samli@mku.edu.tr

Dr. Öğr. Üyesi Emre ARSLAN (ORCID:0000-0002-4609-8395)
Selçuk Üniversitesi, Veteriner Fakültesi
Email:emre.arslan@selcuk.edu.tr

Prof. Dr. Kemal KIRIKÇI (ORCID:0000-0002-6649-1127)
Selçuk Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Zootečni ABD
Email:kkirikci@selcuk.edu.tr

Özet

Sülünler, ekonomik ve ekolojik açıdan önemli bir kanatlı türüdür. Yüksek kaliteli etleri ile yetiştiricilikte dikkat çeken bu türün başarılı bir şekilde yetiştirilmesi, civciv kalitesine doğrudan bağlı olduğu söylenebilir. Civciv kalitesi; sağlıklı gelişim, düşük mortalite oranları ve yüksek genetik değer sunarak sürdürülebilir yetiştiriciliğin temelini oluşturur. Bu bağlamda, sülün yumurtalarının kuluçka süresi olarak 25–26 gün gibi bir varyasyon bildirilmekte, ancak bunun nedeni veya nedenleri henüz sorgulanmamış ve araştırılmamıştır. Ayrıca, sülün yumurtalarının kuluçkasıyla ilgili kısıtlı sayıda literatür bulunmaktadır. Yumurtaların kuluçka makinelerindeki yerleşim düzeni; hava akışı, sıcaklık ve nemin homojen dağılımı açısından kuluçka kalitesini belirleyen önemli faktörlerdir. Bu çalışma, Kafkas sülünlerinde yumurtlama zamanının (sabah ve akşam) ve çıkım makinesindeki konumun (fana yakın ve kapıya yakın) civciv kalitesi ve kuluçka sonuçları üzerindeki etkilerini araştırmak amacıyla yapılmıştır. Araştırmada materyal olarak, Selçuk Üniversitesi Veteriner Fakültesi Prof. Dr. Hümeysra Özgen Araştırma ve Uygulama Çiftliği'nde, 40 dişi ve 4 erkek Kafkas sülünü kullanılmıştır. Araştırma, 2x2 deneme düzeni ile tasarlanmış, materyal olarak kullanılan sülün yumurtaları, yumurtaların toplanma zamanına ve yumurta sepetinin çıkım makinesindeki konumuna göre gruplandırılmıştır. Sabah 10.00-11.00 ve akşam 16.00-17.00 arasında toplanan yumurtalar, 17 °C ısı ve % 75 nem oranında 7 gün depolandıktan sonra kuluçka edilmişlerdir. Yumurtalar 22 gün sonra inkübasyondan çıkım makinesine transfer edilerek, fana yakın ve kapıya yakın olarak

yerleştirilmişlerdir. Kuluçka sonuçları yumurta toplanma zamanı, yumurtaların çıkım makinesindeki konumlarına göre belirlenmiş ve ayrıca grupların kuluçka süreleri kaydedilmiştir. Çıkan civcivlerin ağırlıkları kaydedilmiş, kaliteleri ise Tona skoruna göre değerlendirilmiştir. Elde edilen bulgulara göre, her konumda civciv çıkışlarının ağırlıklı olarak 25 ve 26. günlerde tamamlandığını, ancak bazı konumlarda (özellikle akşam kapı ve sabah kapı) 27. güne sarkan çıkışlar gözlemlenmiştir. Bu durum, kuluçka süresinin yumurtaların çıkım makinesindeki konumuna göre küçük farklılıklar gösterebileceğini işaret etmektedir. Ayrıca, çıkım makinesindeki konumun ve yumurtlama zamanının civciv ağırlığı, kalitesi ve kuluçka sonuçlarına etkisi bulunmamıştır ($P > 0,05$). Sonuç olarak, sülünlerde kaliteli civciv elde etmek için gelecekteki araştırmaların, kuluçka nemi ve sıcaklığı gibi faktörlere odaklanması gerektiği önerilebilir. Bu bağlamda, sülün yetiştiriciliğinin verimliliğini artırmak adına daha kapsamlı çalışmalar yapılması önem taşımaktadır.

Anahtar Kelimeler: Yumurta sepeti, kuluçka özellikleri, civciv kalitesi, kuluçka süresi

**THE EFFECT OF EGG LAYING TIME AND POSITION OF THE EGG BASKET IN
THE HATCHING MACHINE ON INCUBATION TIME AND INCUBATION
RESULTS IN CAUCASIAN PHEASANTS**

Abstract

Pheasants are an economically and ecologically important poultry species. It can be said that the success of breeding this species, which is remarkable for its high quality meat, is directly dependent on the quality of the chicks. Chick quality provides the basis for sustainable breeding by ensuring healthy development, low mortality rates and high genetic value. In this context, a variation in the incubation period of pheasant eggs such as 25–26 days has been reported, but the reason(s) for this has not yet been questioned and investigated. There is also a limited literature on the incubation of pheasant eggs. The arrangement of the eggs in the hatching machine is an important factor in determining the quality of incubation in terms of homogenous distribution of air flow, temperature and humidity. The aim of this study was to investigate the effects of laying time (morning and evening) and position in the hatching machine (close to the fan and close to the door) on chick quality and incubation results in Caucasian pheasants. In the study, 40 female and 4 male Caucasian pheasants were used as material at Selcuk University Faculty of Veterinary Medicine, Prof. Dr. Humeyra Ozgen Research and Application Farm. The study was designed as a 2x2 experimental design and the pheasant eggs used as material were grouped according to the time of egg collection and the position of the egg basket in the hatching machine. Eggs were collected between 10.00–11.00 a.m. and 16.00–17.00 p.m. and stored at 17 °C and 75% humidity for 7 days and then incubated. After 22 days, the eggs were transferred from the incubator to the hatching machine and placed near the fan and close to the door. The incubation results were determined according to the time of egg collection and the position of the eggs in the hatching machine and also the incubation time of the groups were recorded. The weights of the hatched chicks were recorded and their quality was evaluated according to the Tona Score. According to the results obtained, it was observed that the hatching of the chicks was mainly completed on the 25th and 26th day in each location, but in some locations (especially the evening door and the morning door) hatching was observed on the 27th day. This indicates that the incubation period may vary slightly depending on the position of the eggs in the hatching machine. In addition, position in the hatching machine and egg laying time had no effect on chick weight, quality and incubation results ($P>0.05$). In conclusion, it can be suggested that future research should focus on factors such as incubation humidity and temperature to obtain quality chicks in pheasants. In this context, it is important to carry out more comprehensive studies to improve the efficiency of pheasant breeding.

Keywords: Egg basket, incubation characteristics, chick quality, incubation time

**HUMANITARIAN AID OR STRATEGIC INFLUENCE: ANALYZING THE UAE'S
ROLE IN YEMEN'S RECONSTRUCTION EFFORTS**

Dr. Muhammad MUNIB KHALID (ORCID:0009-0008-1299-3448)

Minhaj University, Pakistan

Email: munibkhalid@mul.edu.pk

Muhammad YOUSAF

Minhaj University, Pakistan

Email: tomohammadyousaf@gmail.com

Abstract

This study aims to explore whether the United Arab Emirates' (UAE) involvement in Yemen's reconstruction efforts is driven primarily by humanitarian objectives or strategic influence. By analyzing the scope of UAE's activities in various sectors, the research investigates the geopolitical, economic, and social outcomes of its initiatives. Since the outbreak of the Yemeni civil war in 2015, the UAE has emerged as a key player in Yemen's reconstruction. While the UAE has provided significant humanitarian aid, including rebuilding infrastructure and supporting health and education, questions have been raised about its strategic interests. The UAE's involvement, particularly in southern Yemen, has been linked to its geopolitical goals, such as controlling key ports and projecting influence in the Red Sea and Arabian Peninsula. The duality of humanitarianism and strategic interests presents a complex narrative that necessitates a deeper examination of the UAE's role. The study employs a mixed-methods approach. Primary data are gathered from official UAE and Yemeni reports, NGO publications, and media coverage on UAE-led projects. Secondary data include academic literature on foreign aid and strategic influence in conflict zones. A comparative analysis of UAE interventions in different Yemeni regions, such as Aden and Socotra, is conducted to assess whether the projects serve humanitarian needs or align with geopolitical interests. The findings suggest that while the UAE's efforts in Yemen have provided substantial humanitarian relief, they are also closely tied to strategic objectives. In regions such as Socotra, UAE's investments in infrastructure align with its long-term geopolitical strategy, focusing on controlling maritime routes and expanding regional influence. Future UAE initiatives should prioritize transparent collaboration with Yemeni authorities and international bodies to ensure that humanitarian efforts are not overshadowed by strategic interests. A more balanced approach may improve perceptions and foster sustainable peace in Yemen.

Keywords: UAE, Yemen, Humanitarian Aid, Strategic Influence, Geopolitics, Post-Conflict Reconstruction.

**EFFECT OF THERMAL RADIATION AND CHEMICAL REACTION ON
MAGNETO HYDRODYNAMICS FLOW OF BLOOD IN STRETCHING
PERMEABLE VESSEL**

Dr. Binyam ZIGTA

Wachemo University, College of Natural and Computational Science,
Department of Mathematics P.O.Box 138, ETHIOPIA

Email: tzigta@yahoo.com

Abstract

In this paper theoretical analysis of blood flow in the presence of thermal radiation and chemical reaction under the influence of time dependent magnetic field intensity has been studied. The unsteady non linear partial differential equations of blood flow considers time dependent stretching velocity, the energy equation also accounts time dependent temperature of vessel wall and concentration equation includes time dependent blood concentration. The governing non linear partial differential equations of motion, energy and concentration are converted into ordinary differential equations using similarity transformations solved numerically by applying ode45. MATLAB code is used to analyze theoretical facts. The effect of physical parameters viz., permeability parameter, unsteadiness parameter, Prandtl number, Hartmann number, thermal radiation parameter, chemical reaction parameter and Schmidt number on flow variables viz., velocity of blood flow in vessel, temperature and concentration of blood has been analyzed and discussed graphically. From the simulation study the following important results are obtained: velocity of blood flow increases with both increment of permeability and unsteadiness parameter. Temperature of the blood increases in vessel wall as Prandtl number and Hartmann number increases. Concentration of the blood decreases as time dependent chemical reaction parameter and Schmidt number increases.

Keywords: Stretching velocity, similarity transformations, time dependent magnetic field intensity, thermal radiation, chemical reaction.

**MICROBIOTA MODULATION AS THERAPEUTIC APPROACH IN THE
NEUROPATHIC PAIN IN DOG WITH SPINAL CORD INJURY: IMPACT OF
POLENOPLASMIN**

Major Gheorghe GIURGIU (ORCID:0000-0002-5449-2712)

Deniplant-Aide Sante Medical Center, Biomedicine, Bucharest, Romania

Email:deniplant@gmail.com

Prof. Dr. Med. Manole COJOCARU (ORCID:0000-0002-7192-7490)

Academy of Romanian Scientists, Titu Maiorescu University, Faculty of Medicine, Bucharest,
Romania

Email:cojocaru.manole@gmail.com

Abstract

Background Studies have demonstrated the presence of gut dysbiosis (alterations in gut bacterial homeostasis) secondary to spinal cord injury in dogs. The dysbiosis is thought to impair recovery by decreasing the production of short-chain fatty acids which play a role in suppressing inflammation within the central nervous system. Objective Therefore, targeting gut dysbiosis could have significant therapeutic value in the management of spinal cord injury. The purpose of this study is to determine if gut dysbiosis occurs in dogs with spinal cord injury. Another area of potential intervention interest is in situations of spinal injury where there is an urgent need to generate new neurons. To arrive at these observations, the authors examined how Polenoplasmin and diet solve paralysis in dogs. Materials and methods The most common cause of spinal problems in dogs is trauma. We are currently assessing whether indoles can also stimulate formation of neurons in dogs with paralysis. Results We found that gut microbes that metabolize tryptophan-an essential amino acid-secrete small molecules called indoles, which stimulate the development of new brain cells in dogs, also demonstrated that the indole-mediated signals elicit key regulatory factors known to be important for the formation of new neurons. Conclusion This study is another intriguing piece of the puzzle highlighting the importance of lifestyle factors and diet. The link between the health of the microbiome and the health of the brain shows how microorganisms in the gut solve paralysis, gut microbe secreted molecule linked to formation of new nerve cells in paralyzed dogs.

Keywords: gut dysbiosis, indole, paralyzed dog, Polenoplasmin.

**ANALYSIS OF LANDSCAPE FRAGMENTATION IN THE CHALUS WATERSHED,
NORTH OF IRAN**

Farhan Ahmadi MIRGHAED (ORCID:0000-0003-0123-4258)

Department of Environmental Sciences, Faculty of Marine and Environmental Sciences,
University of Mazandaran, Babolsar, Iran
Email: f.ahmadi.m@gmail.com

Abstract

This study evaluated the changes in the landscape patterns of the Chalus watershed in northern Iran in four 10-year periods (1982 to 2022). The Landsat series images were employed in the preparation of land use maps. Based on these data, the percentage of landscape (PLAND), patch density (PD), number of patches (NP), largest patch index (LPI), landscape shape index (LSI), edge density index (ED), and patch continuity index (PCI) were calculated in Fragstats at the scale of land use type (class) and landscape. The results substantiate the assertion that from 1982 to 2022, there were considerable alterations in the number, density, shape, and size of the landscape patches. This evidence corroborates the fragmentation and disintegration of the habitats in the region during this period. Significant changes have been observed in the number, density, edge, area, and shape of the patches at the class level. The results of this study demonstrate that the development process over the past four decades has resulted in gradual alterations to landscape patterns within the study area. This has led to an ongoing fragmentation of the landscape and a reduction in natural habitats.

Keywords: landscape metrics, landscape fragmentation, Landsat, Chalus

**ACTIVITY OF HEMOSTASIS SYSTEM IN PIGLETS BRIEFLY EXPOSED TO
UNFAVORABLE ENVIRONMENTAL CONDITIONS**

Yashelina V.A.

Russian Biotechnological University, Moscow, Russia

Medvedev I.N.

Russian Biotechnological University, Moscow, Russia

Abstract

Environmental factors can affect all parts of the body. The most sensitive to them can respond to the blood and mechanisms that contribute to the preservation of its liquid state. At the same time, different aspects of the influence of physical factors on the hemostasis system still need to be clarified. The aim of the work was to determine the changes in the activity of some parameters of hemostasis in piglets after a short general hypothermia on the background of unscheduled hydroinfluence. A group of 33 large white piglets at the age of 2 months was formed. All of them were exposed to cold water for 2.5 hours due to an unplanned breakdown of the water supply system. A group of 35 2-month-old healthy piglets, which did not experience any negative environmental influences, was also staffed. This group was given the status of control group. These animals were kept in the same farm as the post-hydroinfluence group. In piglets after hypothermia there was an increase in platelet aggregation. Also in these piglets was found activation of functional parameters of plasma hemostasis on the background of weakening of fibrinolysis. These changes are able to worsen blood fluidity in vessels of animals. Inhibition of the process of hemorheology in microvessels weakens metabolism and all vital manifestations, which is very dangerous for the organism. In this connection it becomes clear that the development of hypothermia can lead in piglets to undesirable strengthening of hemostasis parameters, lowering the efficiency of microcirculation and inhibition of their growth processes. It becomes clear that in future studies it is necessary to clarify the effect of certain activating agents on hemostasis parameters in pigs and piglets exposed to unfavorable environmental conditions.

Keywords: external environment, piglets, hydro-exposure, hypothermia, hemostasis, physiology, productive animals.

**ALGAL BIOMASS-DERIVED BIOFERTILIZERS FOR SUSTAINABLE
AGRICULTURE**

ZAHIRI Yousra

SETEXAM, Kenitra, Morocco. Mohammed V University in Rabat, Faculty of Sciences of Rabat, Rabat, Morocco.

Laboratory of Spectroscopy, Molecular Modeling, Materials, Nanomaterials, Water and Environment

ABROUKI Younes* (ORCID:0009-0007-1536-2783)

Mohammed V University in Rabat, Faculty of Sciences of Rabat, Rabat, Morocco.

Laboratory of Spectroscopy, Molecular Modeling, Materials, Nanomaterials, Water and Environment

Email: y.abrouki@um5r.ac.ma

LEBBAR Salim

SETEXAM, Kenitra, Morocco.

El Hajjaji Souad

Mohammed V University in Rabat, Faculty of Sciences of Rabat, Rabat, Morocco.

Laboratory of Spectroscopy, Molecular Modeling, Materials, Nanomaterials, Water and Environment

Abstract

The increasing need for sustainable agricultural practices has spurred interest in biofertilizers as eco-friendly alternatives to synthetic fertilizers. Algal biomass, obtained from microalgae and macroalgae, holds significant potential for use in biofertilizer formulations due to its rich content of essential nutrients, growth hormones, and bioactive compounds. Algae-based biofertilizers enhance soil fertility, promote plant growth, and improve crop resilience by facilitating better nutrient uptake, enhancing soil microbial activity, and providing stress resistance. Moreover, the use of algae-derived fertilizers contributes to sustainable farming by reducing chemical inputs and mitigating environmental pollution. Microalgae, such as *Spirulina* and *Chlorella*, and macroalgae, such as kelp and seaweed, are valuable sources of nitrogen, potassium, phosphorus, and trace elements essential for crop development. They also release plant growth regulators, such as auxins and cytokinins, which stimulate root development and increase biomass production. Additionally, algae-based biofertilizers improve water retention and soil aeration, contributing to long-term soil health. Recent research has focused on optimizing algae cultivation systems to increase biomass yield and developing efficient drying and extraction methods to enhance product quality and shelf life. However, challenges such as scaling up algae production, variability in biomass composition, and economic feasibility need to be addressed to facilitate widespread adoption. Integrating algae cultivation with wastewater treatment and carbon capture systems offers a circular approach that can further enhance the environmental benefits of algae-based fertilizers. This paper explores the formulation, benefits, and challenges of algal biomass-derived biofertilizers, emphasizing their role in transforming agriculture toward sustainability and resilience.

Keywords: Algal Biomass, Biofertilizers, Sustainable Agriculture

**FORMULATION AND EVALUATION CLITORIA TERNATEA LINN. ALCOHOLIC
EXTRACT ANTIPIGMENT CREAM.**

Final year students , Ashwini.A

Bharath institute of higher education and Research Chennai.

Final year students , Hamsini Eisha E

Bharath institute of higher education and Research Chennai.

Final year students , Selvakumar V

Bharath institute of higher education and Research Chennai.

Final year students , Sheron Kevin.S

Bharath institute of higher education and Research Chennai.

Final year students , Venkateshwaran,S

Bharath institute of higher education and Research Chennai.

Professor , Vijayalakshmi M*

Bharath institute of higher education and Research Chennai.

Abstract

Bioactive substances including alkaloids, tannins, glycosides, resins, steroids, saponins, flavonoids, and phenols are present in Clitoria ternatea, according to the qualitative analysis. It has been determined that Clitoria ternatea is a plant with a wide range of traditional medicinal use. Touch and visual appearance both supported this. The way it looks When the formulation was stored for a lengthy period, the colour of the cream base did not alter. Once you feel Emolliency, slipperiness, and residual amount were determined following the application of a predetermined quantity of cream base. After applying the cream base, a non-greasy smear of that sort developed on the skin. Taking away. When the cream was washed off with tap water, it was easily removed, and the outcome was good. According to the results of the skin irritation testing, no persistent symptoms of irritation, itching, redness, or inflammation were observed across the lip. It was discovered that the cream base's pH fell between 6.2 and 6.9, which is a healthy range for skin pH. The cream's viscosity, which ranges from 27021 to 27053 cps, suggests that it is spreadable. 5.9 for acidity and 25.7 for saponification. An irritability test was carried out for this research. The dye test This dye attests to the formulation being an o/w type emulsion.

Keywords: irritation,persistent, clitoria ternatea,saponification,creams,Emolliency,tannis,

**EVALUATION OF NOVEL SUSTAINED RELEASE FILM FORMULATION OF
ENROFLOXACIN IN RABBITS**

Sakineh Khanamani FALAHATIPOUR

Department of Pharmacology, Faculty of Veterinary Medicine, University of Tehran, Tehran,
Iran.

Abstract

The present research was conducted to assess the pharmacokinetics (PK) of a novel triple-layer film of enrofloxacin (ENR) in comparison to a conventional ENR formulation after subcutaneous (SC) application in rabbits as an animal model. Triple-layer film formulation contained chitosan and beta-glycerophosphate (β -GP) and crosslinked with glutaraldehyde. The PK of conventional formulation of ENR was studied after administrating subcutaneously at 10 mg/kg in rabbits; then, it was compared with the ENR film's disposition kinetics. An HPLC technique was used to estimate ENR concentrations in plasma, and a non-compartmental analysis was applied to calculate PK parameters. The results showed the film formulation to release the drug sustainably. The mean value of MRT for ENR after using film F1 was enhanced 26.6 times compared with that of conventional formulation ($p < 0.05$). The C_{max} value of the conventional drug was significantly higher than that of film F1 (by 5.2 times); however, T_{max} and Relative bioavailability (Rel. BA) values of film F1 were significantly higher than that of the conventional drug (by 5.8 and 1.8 times, respectively). To sum up, the triple-layer film showed adequate characteristics for sustained delivery of ENR, including high MRT. In order to extend the ENR pharmacological activity in animals, films could be a favorable delivery system.

Keywords: Enrofloxacin, Triple-layer film, Pharmacokinetics, Rabbit, Sustained release

**SICAKLIK STERSİ ALTINDA FARKLI MİKROALG UYGULAMALARININ
HIYAR (*Cucumis sativus*) BİTKİ GELİŞİM PERFORMANSINA ETKİSİ**

Arş. Gör. Fatma Nur Kılıç (ORCID:0000-0003-3498-2455)
Erciyes Üniversitesi, Ziraat Fakültesi
Email:fatmanur@erciyes.edu.tr

Nuri Kandirmaz (ORCID:0009-0007-8926-2339)
Erciyes Üniversitesi, Ziraat Fakültesi
Email:nurikndrmz@gmail.com

Dr. Öğr. Üyesi. Oğuzhan Uzun (ORCID:0000-0001-5535-0487)
Erciyes Üniversitesi, Ziraat Fakültesi
Email:ouzun@erciyes.edu.tr

Özet

İklim değişikliği, son yüzyılın en ciddi çevresel sorunlarından biri haline gelmiştir ve bu değişim, tarım sektörünü en fazla etkileyen alanlardan biri olarak öne çıkmaktadır. Karbondioksit, metan ve nitroz oksit gibi sera gazlarının atmosfere salınımındaki artış, sıcaklık dalgalanmaları ve düzensiz yağış rejimleri gibi sorunlara yol açarak, tarımsal üretim sistemlerinde ciddi olumsuzluklara neden olmuştur. Özellikle bitkisel üretimde verim kayıpları ve toprak kalitesinin bozulması, bu etkilerin başlıca sonuçları arasında yer almaktadır. Yüksek sıcaklıklar, bitkilerin büyüme, gelişme ve verimlilik süreçlerini doğrudan etkileyerek su kaybını artırmakta, fotosentetik kapasiteyi azaltmakta ve metabolik süreçlerde bozulmalara yol açmaktadır. Bu durum, bitkilerin biyokimyasal süreçlerini olumsuz yönde etkileyerek büyüme ve gelişme performanslarında ciddi azalmalarla sonuçlanmaktadır. Sıcaklık stresinin tarımsal üretimdeki olumsuz etkilerini en aza indirmek için çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Bu yöntemler arasında, stres toleransını artıran bitki türlerinin ıslahı, ısıya dayanıklı genotiplerin geliştirilmesi, su yönetim stratejilerinin iyileştirilmesi ve modern tarım teknikleri yer almaktadır. Ayrıca, biyoteknolojik yaklaşımlar ve moleküler biyoloji teknikleriyle sıcaklık stresine dayanıklı bitki çeşitleri üzerinde çalışmalar yapılmaktadır. Bu süreçte biyolojik uygulamalar, özellikle mikroalg kullanımı, önemli bir rol oynamaktadır. Mikroalgler, bitkilerin stres koşullarına adaptasyonunu artırarak oksidatif hasarı azaltmakta ve bitkilerin fizyolojik dayanıklılığını güçlendirmektedir. Bu tekniklerle, bitkilerin sıcaklık stresine karşı daha iyi performans göstermeleri sağlanmakta ve böylece tarımsal üretimin sürdürülebilirliği desteklenmektedir. Bu çalışma, sıcaklık stresi koşullarında farklı mikroalg uygulamalarının hıyar (*Cucumis sativus*) bitkisinin belirli gelişim parametreleri üzerindeki etkilerini değerlendirmek amacıyla gerçekleştirilmiştir. Araştırma, tesadüf parselleri deneme desenine göre yürütülmüş olup, *Chlorella vulgaris* (C) ve *Spirulina platensis* (S) mikroalglerinin dört farklı konsantrasyonu (%100, %75, %50, %25) sera koşullarında sıcaklık stresi altında Borna F1 hıyar çeşidine uygulanmıştır. Çalışmada, hıyar bitkisinde kök ve gövde uzunluğu, kök ve gövde yaş ağırlığı, kök ve gövde kuru ağırlığı ile meyve verim parametreleri incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar, *Chlorella vulgaris* ve *Spirulina platensis* uygulanan gruplarda bu parametrelerin, kontrol bitkilerine kıyasla anlamlı derecede arttığını göstermiştir ($p<0.01$). Özellikle *Chlorella vulgaris* uygulaması, *Spirulina platensis*'e kıyasla daha yüksek bir etki

yaratmıştır. Bu bulgular, mikroalg uygulamalarının bitki gelişimi üzerinde stres koşulları altında önemli bir iyileştirici etkiye sahip olduğunu ve stres azaltma stratejileri arasında etkili bir yöntem olabileceğini ortaya koymaktadır.

Anahtar Kelimeler: Sıcaklık stresi, *Cucumis sativus*, *Chorella vulgaris*, *Spirulina plentensis*, tarımsal sürdürülebilirlik

**EFFECTS OF DIFFERENT MICROALGAE APPLICATIONS ON THE GROWTH
PERFORMANCE OF CUCUMBER (*cucumis sativus*) UNDER TEMPERATURE
STRESS**

Abstract

Climate change has become one of the most significant environmental issues of the past century, and it particularly impacts the agricultural sector. The increased atmospheric release of greenhouse gases such as carbon dioxide, methane, and nitrous oxide has led to temperature fluctuations and irregular precipitation patterns, causing severe disruptions in agricultural production systems. These effects are especially evident in crop yield losses and soil quality degradation. Elevated temperatures directly affect plant growth, development, and productivity by increasing water loss, reducing photosynthetic capacity, and disrupting metabolic processes. As a result, these disruptions negatively influence the biochemical processes of plants, leading to significant reductions in growth and performance. To mitigate the adverse effects of heat stress on agricultural production, various strategies are employed. These include breeding heat-tolerant plant species, developing heat-resistant genotypes, improving water management strategies, and adopting modern agricultural techniques. Additionally, biotechnological approaches and molecular biology techniques are being applied to develop heat-tolerant crop varieties. In this context, biological applications, particularly the use of microalgae, play a crucial role. Microalgae help enhance plant adaptation to stress conditions by reducing oxidative damage and strengthening physiological resilience. These techniques enable plants to perform better under heat stress, thereby supporting the sustainability of agricultural production. This study aimed to evaluate the effects of different microalgae applications on specific growth parameters of cucumber (*Cucumis sativus*) under heat stress conditions. The research was conducted using a randomized block design, and four different concentrations (100%, 75%, 50%, 25%) of *Chlorella vulgaris* (C) and *Spirulina platensis* (S) were applied to Borna F1 cucumber plants under heat stress in a greenhouse environment. Parameters such as root and stem length, root and stem fresh weight, root and stem dry weight, and fruit yield were measured. The results indicated that these parameters significantly increased in the groups treated with *Chlorella vulgaris* and *Spirulina platensis* compared to the control plants ($p < 0.01$). Notably, *Chlorella vulgaris* had a more pronounced effect than *Spirulina platensis*. These findings demonstrate that microalgae applications have a significant ameliorative effect on plant growth under stress conditions and could serve as an effective method among other stress mitigation strategies.

Keywords: Heat stress, *Cucumis sativus*, *Chlorella vulgaris*, *Spirulina platensis*, agricultural sustainability

**DEVELOPMENT AND SENSORY EVALUATION OF MODIFIED MOCAF
NOODLES WITH CHICKEN FEET FLOUR ADDITION**

Dr. Wien Kuntari, M.Si (ORCID:0000-0002-7632-4103)
IPB University, College of Vocational Studies, Bogor, Indonesia
Email:wienkunt@apps.ipb.ac.id

Dr. Dwi Yuni Hastati*(ORCID:0000-0002-0905-4086)
IPB University, College of Vocational Studies, Bogor, Indonesia
Email:dwiyuninugraha@gmail.com

Ani Nuraini,M.Pd (ORCID:0009-0005-3411-6524)
IPB University, College of Vocational Studies, Bogor, Indonesia
Email:aninuraeni@apps.ipb.ac.id

Faranita Ratih Listiasari, MH (ORCID:0000-0002-0077-1636)
IPB University, College of Vocational Studies, Bogor, Indonesia
Email:faranita@apps.ipb.ac.id

Abstract

Wet noodles are made from modified mocaf (modified cassava flour), enriched with chicken feet flour, and do not use wheat flour. The use of chicken feet flour functions as a source of protein to increase the protein content of modified mocaf flour. This research aims to investigate the wet noodles process and the panels' acceptance. The processing stages of premix flour in this study consist of heating mocaf flour to modify the granule of mocaf physically, then mixing modified mocaf flour with chicken feet flour, eggs, water, and salt. This treatment will produce slightly yellowish wet noodles that are not too easy to break and are more elastic and chewier. Even though the chicken feet aroma is somewhat dominant, the modified mocaf aroma is not smelled. The resulting wet noodles have a protein content similar to those of wet noodles using wheat flour. It was 5.5% per serving of modified mocaf noodles. This protein content is close to the protein content of wet noodles made from wheat flour. Based on the Indonesian National Standard SNI 2987:2015 provisions concerning Wet Noodles, the protein content in raw wet noodles is at least 9%, and cooked wet noodles is 6%. Wet noodles from modified mocaf enriched with chicken feet flour have fulfilled this standard. Based on the organoleptic test, the samples with codes F5 and F6 have similar values (≥ 5.00 =like) for color, aroma, taste, elasticity, stickiness, and overall quality. This study gives an alternative noodle for consumers, especially those who cannot consume wheat flour.

Keywords: Modified mocaf, wet noodles, chicken feet flour

**ROLE OF COMPUTER VISION AND DEEP LEARNING ALGORITHMS IN
LIVESTOCK BEHAVIORAL RECOGNITION: A STATE-OF-THE-ART REVIEW**

Mr. Olawuyi FATOKI (ORCID:0000-0002-5665-2089)

Department of Computer Science, Tshwane University of Technology, South Africa
Email:fatokio1@tut.ac.za

Prof. Chunling DU (ORCID:0000-0003-2791-020X)

Department of Computer Systems Engineering, Tshwane University of Technology, South
Africa
Email:duc@tut.ac.za

Dr. Robert HANS (ORCID:0000-0002-2271-208X)

Department of Computer Science, Tshwane University of Technology, South Africa
Email:hansr@tut.ac.za

Dr. Rotimi-Williams BELLO (ORCID:0000-0002-8121-2712)

Department of Computer Systems Engineering, Tshwane University of Technology, South
Africa
Email:sirbrw@yahoo.com

Abstract

The increasing demand for sustainable livestock products necessitates a re-evaluation of animal production and breeding practices. Contemporary breeding programs now integrate animal phenotypic behaviors due to their considerable influence on productivity, health, and welfare, which ultimately impact industry yield and economic outcomes. Monitoring animal behavior manually is challenging and subjective, especially in continuous or large-scale operations, as it is time-consuming and labor-intensive. Consequently, computer vision technology has attracted attention for its objectivity, non-invasiveness, and capacity for continuous monitoring. However, recognizing livestock behavior using computer vision remains difficult due to complex scenes and varying conditions, hindering its widespread adoption in the industry. Deep learning technology has emerged as a promising solution, mitigating some of these challenges and enhancing the recognition of livestock behaviors. This paper reviews recent advancements in computer vision methods for detecting behaviors in livestock such as cattle with an emphasis on behaviors critical for health, welfare, and productivity. It investigates the development of both traditional computer vision and deep learning techniques for image segmentation, identification, and behavior recognition. Additionally, the review analyzes the progression of research trends in livestock behavior recognition, emphasizing innovations in robust identification algorithms, behavior recognition across different growth stages, quantification of behavioral data, and the creation of evaluation systems for welfare, health, growth, and development.

Keywords: Behavior, Cattle, Computer vision, Deep learning, Livestock

**KÖK UR NEMATODLARINA DİRENÇ SAĞLAYAN Mİ-1 GENİNİN BAZI YEREL
DOMATES GENOTİPLERİNDE KARAKTERİZASYONU**

Meryem BIRLIK (ORCID:0009-0002-3747-3541)

Şırnak Üniversitesi, Ziraat Fakültesi
Email:birlik.meryem73@gmail.com

Dr. Tarkan AYZAZ (ORCID:0000-0001-8642-2498)

Şırnak Üniversitesi, Ziraat Fakültesi
Email:tarkanayaz@gmail.com

Özet

Domates hem ekonomik değeri hem de gıda olarak kullanım alanlarının çok fazla olmasından dolayı tüm dünyada geniş alanlarda üretimi yapılan bir sebzedir. Kök ur nematodları domates alanlarında üretimi kısıtlayan önemli faktörlerdendir. Zararlıya karşı en etkin mücadele yöntemi dayanıklı çeşitlerin geliştirilmesidir. Mi-1 geni domateste kök ur nematodlarına dayanıklılığı yöneten, dominant bir gendir. Bu çalışmada, bazı yerel domates genotiplerinde kök ur nematodlarına direnç sağlayan Mi-1 geninin dayanıklılık alleli araştırılmıştır. Araştırma, 2021 yılında Şırnak Üniversitesi Ziraat Fakülteleri iklim odasında ve Şırnak Üniversitesi Teknoloji ve Araştırma Merkez laboratuvarında yürütülmüştür. Bu çalışma kapsamında ülkemizin farklı lokasyonlarından temin ettiğimiz 20 adet yerli domates genotipinde Mi-1 gen bölgesinin moleküler karakterizasyonu gerçekleştirilmiştir. 20 adet yerel domates genotipinde DNA izolasyonları yapılmıştır. Elde edilen kaliteli genomik DNA ile Mi-1 gen bölgesi PCR ile çoğaltılmıştır. Jel elektroforez tekniği ile elde edilen PCR ürünleri görsel hale getirilmiş ve tüm genotipler Mi23 primer seti ile taranmıştır. Mi23 primer seti ile yapılan tarama sonucunda 430 bp'lik, homozigot hassas (mi/mi) tek bir bant elde edildiği görülmektedir. Çalışma sonucunda, ülkemizin farklı lokasyonlarından toplanan yerel domates popülasyonu, Mi-1 geni dayanıklılık alleli yönüyle taranmıştır. Tarama sonuçları, çalışmada yer alan yerel domates genotiplerde Mi-1 geninin dayanıklılık sağlayan allelinin var olmadığını ortaya koymuştur.

Anahtar Kelimeler: Kök Ur Nematodları, Mi-1 Geni, Karakterizasyon, PCR

**CHARACTERIZATION OF ROOT KNOT NEMATODES RESISTANCE MI-1 GENE
AT SOME LOCAL TOMATO GENOTYPES**

Abstract

Tomato is vegetable that is produced in large areas all over the world due to it is high economic value and high food usage capacity. It is one of the important factors limiting the production of root knot nematodes in tomato fields. The most effective method of combating pests is to develop them in a durable manner. The Mi-1 gene is a dominant gene in tomato root knot nematodes. In the study, the resistance of the Mi-1 gene, which provides resistance to root knot nematodes in some local tomato genotypes, was investigated. The research was carried out in 2021 in Şırnak University Faculty of Agriculture Horticulture climatic room and Şırnak University Technology and Research Center laboratory. Within the scope of this study, molecular characterization of the Mi-1 gene region was carried out in 20 local tomato genotypes that we obtained from different locations of our country. DNA in 20 local tomato genotypes were isolated. The Mi-1 gene region was amplified by PCR with the quality genomic DNA obtained. The PCR products obtained by gel electrophoresis technique were visualized. All genotypes were scanned with the Mi23 primer set. As a result of screening with the Mi23 primer set, a single band of 430 bp, homozygous sensitive (mi/mi) was obtained. As a result of the study, a local tomato population collected from different locations of our country was screened for the Mi-1 gene resistance allele. Screening results revealed that the resistance providing allele of the Mi-1 gene in local tomato genotypes is not present in these genotypes.

Keywords: Root Knot Nematodes, Mi-1 Gene, Characterization, PCR

PHARMACOLOGY ASPECT OF THE CLITORIS TERNATEA

Selvakumar V

Bharath institute of higher education and research institute

Vijayalakshmi M

Bharath institute of higher education and research institute

Sheron Kevin S

Bharath institute of higher education and research institute

Venkateshwaran

Bharath institute of higher education and research institute

Ashwini A

Bharath institute of higher education and research institute

Hamsini Eisha E

Bharath institute of higher education and research institute

Abstract

A member of the Fabaceae family, the butterfly pea is widely distributed throughout the world, but especially in tropical and subtropical areas. Because butterfly pea (*Clitoria ternatea*) contains flavonoid chemicals, which are mostly found in its roots, leaves, and flowers, locals frequently use it as a medicinal resource. Phenolic molecules called flavonoids have antioxidant qualities that protect cells from damage brought on by free radicals. Thorough mechanistic research has revealed that the hormetic dosage responses are mediated by common signalling pathways and the cross-pathway contacts they facilitate. According to these results, the idea of hormesis is central to wound healing, and it may have significant ramifications for clinical approaches, agent screening, and assessment. The purpose of this literature study is to investigate the many health advantages linked to butterfly peas. The purpose of this literature study is to investigate the many health advantages linked to butterfly peas. Antioxidants, anti-inflammatory, antidiabetic, antihyperlipidemic, hypoallergenic, antitussive, anti-aging, and antidepressant activities are among the beneficial attributes of butterfly pea blossoms, according to the review.

Keywords: *Clitoris ternatea*, Pharmacology of *Clitoria ternatea*, Butterfly pea.

**DOĞAL AFETLERDE TARIM MAKİNALARININ KULLANILABİLİRLİLİĞİ;
YAĞCI KÖYÜ/TEKİRDAĞ-ÖRNEĞİ**

Çağrıbey GÜVEN (ORCID:0009-0004-6613-6119)
Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu
Email:1224235012@nku.edu.tr

Prof. Dr. Fulya TAN (ORCID:0000-0002-0037-4251)
Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi
Email:ftan@nku.edu.tr

Özet

Doğal afetler insan can ve mal kaybına neden olabilen doğa olaylarıdır. İklim değişikliği gibi bir çok faktör de doğa olaylarını etkilemektedir. Türkiye, Kuzey Anadolu, Doğu Anadolu ve Batı Anadolu fay hatları ile deprem kuşağında bulunmaktadır. Özellikle 6.5 ve üzeri büyüklüklerde can ve mal kaybı ile sonuçlanan çok sayıda depremlerimiz meydana gelmiş ve her an olabilme olasılığı yaşamaktadır. Ülke topraklarının yaklaşık yarısı I. derecede deprem bölgesi içerisinde yer alıp, Türkiye nüfusunun neredeyse %40' ının yaşadığı bölgelerdir. Tekirdağ birinci derecede önemli iller konumunda yer almakta ve beklenen depremlerde İstanbul depremi olarak ifade edilmektedir. Bölgemizde olası bir depremin yaşanması veya günden güne sıklıkla yaşanan bir sel felaketi gibi doğal afetlerin yaşanması durumunda, gündelik yaşamı etkileyen birçok olumsuz sonuçlar oluşmaktadır. Tekirdağ-İstanbul karayolunda meydana gelecek kırım, çökme veya kullanım dışı kalma durumunda kurtarma, yardım ve ihtiyaç ulaştırmanın imkansız hatta geç kalınması senaryolarının yaşanması gibi sonuçlar doğuracağı öngörülebilmektedir. Bu durumlar için bölgeye en yakın köylerdeki tarım alet ve makina varlıklarının bilinmesi, kayıt altına alınması, bilgilerin doğal afetler ile ilgili kurumlarda bulunması, makinalarının kullanımı yönünden önemli olacağı düşünülmüştür. En küçük haneli bir kırsal yerleşim alanında dahi bir traktör, bir tarım arabası gibi temel tarım makinası varlığı bulunmaktadır. Bu amaçla yakın bir köy (Yağcı) örnek olarak seçilmiş, bilgilendirme çalışmaları yapılmıştır. Köyde bulunan tarım alet ve makinalarının varlığı konumları ile birlikte kayıt altına alınmıştır. Doğal afetlerde acil durumlar için kullanılabilir nitelikte olan tarım alet ve makinaları koordinatları ile belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Deprem, Doğal afet, Tarım makinaları, Arama-kurtarma, AFAD

**USABILITY OF AGRICULTURAL MACHINERY IN NATURAL DISASTERS;
YAGCI VILLAGE/TEKIRDAG - EXAMPLE**

Abstract

Natural disasters are natural events that can cause loss of human life and property. Many factors such as climate change also affect natural events. Turkey is located in the earthquake zone with the fault lines of Northern Anatolia, Eastern Anatolia and Western Anatolia. Especially many earthquakes of magnitude 6.5 and above that resulted in loss of life and property have occurred and are likely to occur at any time. Approximately half of the country's lands are located in the I-degree earthquake zone and are the regions where almost 40% of the Turkish population lives. Tekirdag is in the position of first-degree important provinces and is expressed as the Istanbul earthquake in expected earthquakes. In the event of a possible earthquake in our region or a natural disaster such as a flood that occurs frequently every day, many negative consequences that affect daily life occur. It can be predicted that in the event of a breakage, collapse or unavailability on the Tekirdag-Istanbul highway, rescue, aid and delivery of needs will be impossible or even delayed. For these situations, it is thought that it will be important to know the agricultural equipment and machinery assets in the villages closest to the region, to record them, to have the information in institutions related to natural disasters, and to use the machines. Even in a rural settlement with the smallest household, there is a basic agricultural machinery asset such as a tractor and an agricultural vehicle. For this purpose, a nearby village (Yagci) was selected as an example and information studies were carried out. The presence of agricultural tools and machinery in the village was recorded with their locations. Agricultural tools and machinery that can be used in emergencies in natural disasters were determined with their coordinates.

Keywords: Earthquake, Natural disaster, Agricultural machinery, Search - rescue, AFAD

**IMPACT OF FLOOD ON CAPTURE FISHERY COMPOSITION IN VEMBANAD
LAKE**

Assistant Professor, Blessy V RAJAN (ORCID:0000-0001-6756-6197)
Department of Zoology, St Xavier's College Vaikom

Abstract

Vembanad Lake, a vital freshwater ecosystem in India, supports a diverse fish community and is an important source of livelihood for local fishermen. However, the lake has experienced unprecedented flooding in recent years, leading to concerns about its impact on fish populations. This study investigates changes in fish catch composition in Vembanad Lake before and after the flood event, with a focus on the impacts on indigenous species. Present research reveals a significant shift in fish catch composition, with a decline in indigenous species and a concomitant increase in cultured fish species. Prior to the flood, indigenous species dominated the catch, while cultured species were relatively rare. However, post-flood catches showed a significant increase in cultured species, which outnumbered indigenous species. The flood resulted in habitat loss and degradation, disproportionately affecting indigenous species. The increased water level and changed water quality led to the destruction of vegetation, alteration of spawning grounds, and reduction of sheltered areas, making it challenging for indigenous species to survive. In contrast, cultured species, which are often more resilient and adaptable, were able to thrive in the altered environment. Present findings highlight the vulnerability of indigenous fish populations to environmental disturbances and the need for conservation efforts to protect biodiversity in this ecosystem. The study's results have important implications for fisheries management and habitat restoration in Vembanad Lake. We recommend measures to restore habitats, control the spread of cultured species, and promote sustainable fishing practices to safeguard the long-term health of this vital ecosystem. This research contributes to our understanding of the impacts of flooding on freshwater ecosystems and emphasizes the importance of conservation efforts to protect indigenous species and their habitats. By exploring the changes in fish catch composition in Vembanad Lake, this study provides valuable insights into the resilience of ecosystems and the need for sustainable management practices to ensure the long-term health of these vital ecosystems.

Keyword : Flood, fish population, fish catch population, flood impact

**MORPHO-ANATOMICAL MODIFICATION IN WITH AN IASOMNIFERA(L.)
DUNAL FROM PUNJAB, PAKISTAN:
INSIGHT INTO ADAPTATION**

Syeda Sabika Zahra NAQVI

Department of Botany, Division of Science and Technology, University of Education, Lahore,
Pakistan

Email:sabikanaqvi05@gmail.com

Syed Mohsan Raza SHAH

Department of Botany, Division of Science and Technology, University of Education, Lahore,
Pakistan

Abstract

The Solanaceae family, commonly known as the deadly night shade or potato family, encompasses a wide range of important food plants and medicinal species. Among these is *With aniasomnifera* (L.), also known as Ash wagandha or Winter cherry, an ever green shrubnative to India, the Middle East, and certain regions of Africa. This study focus on the collection of plant material from twelve different ecotypes in the Punjab region, including Shadan Lund, Layyah, Kot Adu, Jam Pur, Vodor, DGcanal, Kala, Chah Jeand Wala, Faisalabad, DGKhan, Jang, and Multan, to investigate morphological and anatomical variations. The collected samples were preservedina 70 % alcohol solution, and free hand section in gand double staining methods were employed. Microscopic examinatio nusing a digital ocular camera facilitated the analysis of various an atomical structures in the roots, stems, and leaves. Morphological and anatomical features were carefully observed and documented. Results indicated that the Jam Pure cotype exhibited the maximum rootepidermal thickness, while the Faisalabad ecotype displayed the largest rootradius. Stem characteristics varied significantly among the ecotypes, with the Vodo recotype exhibiting the highest cortical cell area, Jam Pure cotype displaying the greatest epidermis thickness, and the Shahdan Lund ecotype showing the thickest clerenchy malayer. The Vodorand Jang ecotypes had the highest abaxial stomatalarea and number of trichomes. Statistical analysis, utilizing Analysis of Variance (ANOVA) ata 5% probability level, confirmed the significance of the observed results in terms of morphology and anatomy.

Keyword:*with an iasomnifera*, Morpho-Anatomical modification

**AN OVERVIEW OF THE IMMUNOMODULATORY EFFECTS OF AYURVEDIC
BOTANICALS**

M.MONICA

The faculty of Pharmacy, Bharath Institute of Higher Education and Research, Tambaram,
Chennai.

D.ANUSHYA

The faculty of Pharmacy, Bharath Institute of Higher Education and Research, Tambaram,
Chennai.

Khushi SINGH

The faculty of Pharmacy, Bharath Institute of Higher Education and Research, Tambaram,
Chennai.

Dr. R.SARAVANAN

The faculty of Pharmacy, Bharath Institute of Higher Education and Research, Tambaram,
Chennai.

Dr.R.SRINIVASAN

The faculty of Pharmacy, Bharath Institute of Higher Education and Research, Tambaram,
Chennai.

Abstract

Immunomodulators are now widely used to treat a wide range of illnesses in both humans and animals, including autoimmune diseases, cancer, viral diseases, inflammatory conditions, etc. The body's innate capacity to recognise and fend against a variety of infectious diseases and conditions is known as immunity. Any component of immunity, including innate and adaptive immunity, can be stimulated, suppressed, or modulated by immunomodulators, which can be synthetic or biological compounds. Immunity is impacted by a number of variables, including stress, pathogenic and non-pathogenic microbes, a balanced diet, environmental temperature, and appropriate exercise. Since ancient times, natural medications have been utilised to treat a wide range of illnesses due to their low side effects. Additionally, natural substances are often employed as immunomodulators. Approximately 1000 natural substances have immunomodulatory effects; they either impact the production of antibodies or the immune cells, and they also have an impact on or by affecting immune cells. The notion of immunity, the idea of immunomodulators, their classification, the relationship between immunomodulators and Ayurveda, and Ayurvedic plants with immunomodulators properties have all been covered in length in this review. This review's primary goal is to demonstrate the effectiveness of the body of research on Ayurvedic botanicals as immunomodulators.

Keywords : Immune system, Ayurvedic botanicals, immunomodulators, immunosuppressants, and immunostimulants.

**A REVIEW ON PHYTOCHEMICALS AND BIOLOGICAL PROPERTIES OF
GOLDEN CHAMOMILE (*matricaria aurea*)**

V.RANJANI*

Faculty of Pharmacy, Bharath Institute of Higher Education and Research, Chennai,
Tamilnadu, India.

K.M.KEERTHIVASAN

Faculty of Pharmacy, Bharath Institute of Higher Education and Research, Chennai,
Tamilnadu, India.

Assistant professor , Dr.W. HELEN

Faculty of Pharmacy, Bharath Institute of Higher Education and Research, Chennai,
Tamilnadu, India.

Abstract

In many regions, traditional medicine uses golden chamomile (*Matricaria aurea*), which is widely available in Europe and Asia, as an alternative to *M. chamomilla*. The objective of this review was to compile the literature on *M. aurea*'s biological, pharmacological, phytochemical, and ethnomedicinal applications. The biological activities of *M. chamomilla* were also briefly mentioned. Using genuine search engines like Web of Science, Google Scholar, Pub Med, and Scopus, the literature review was carried out without time constraints and included terms like "Matricaria genus," "Matricaria aurea," "essential oil," "phytochemical," "biological," and "pharmacological." Studies on biological characteristics and phytochemicals were mostly carried out in nations like Iran, Saudi Arabia, and Tunisia. It was discovered that the geographical zone of the plant collection site affected the essential oil's chemical composition. Common components of the essential oil were found to include sesquiterpenes, including farnesene, α -bisabolol, and bisabolol oxide. There have been reports of phenolic and flavonoid chemicals like luteolin, apigenin, ferulic acid, and chlorogenic acid. According to ethnopharmacological research, the plant was used to cure colds, the flu, inflammation, coughing, asthma, sleeplessness, flatulence, and stomach pain. *M. aurea* has also shown cytotoxic, antibacterial, anti-inflammatory, antidiabetic, and antioxidant properties. In conclusion, *M. aurea* and *M. chamomilla* exhibit a lot of the same biological and pharmacological properties. The notion that *M. aurea* might be utilized as a substitute for *M. chamomilla* is supported by this. Nonetheless, it is recommended that more research be done on *M. aurea*'s potential modes of action and adverse consequences.

Keywords: Antioxidants, Cytotoxic agents, Antibacterial agents, Anti inflammatory agents

**THE ROLE OF WOMEN IN AGRICULTURE: ANALYSING THEIR IMPACT ON
ANIMAL WELFARE STANDARDS AND RURAL DEVELOPMENT OUTCOMES**

Mr. Satish Kumar SINGH [LL.M.; Qualified UGC NET & JRF]

Research Scholar, Department of Law, Central University of Punjab, India

Postal Address: Shaheed Bhagat Singh Boys Hostel, Central University of Punjab, Bathinda,
Punjab, Pin code- 151401, India.

Email:skcupb001@gmail.com

Ms. Pallavi LAKHERA [LL.M.; Qualified UGC NET]

Research Scholar, Faculty of Law, University of Allahabad, India

Postal Address: Ward No. 11, Lakhera Ward, Bamhani Banjar, District- Mandla, Madhya
Pradesh, Pin code- 481771, India.

Abstract

In agriculture, women are essential because they have a big impact on animal care standards and the results of rural development. Given that women frequently take distinctive approaches to animal husbandry that put sustainability and welfare first, the relationship between gender and agricultural practices is an important topic for research. The study emphasizes the connection between female involvement and improvements in animal welfare practices by examining the particular contributions women make in agricultural contexts. Women's participation in everyday farming operations and decision-making processes promotes better animal care practices, according to data gathered from a wide range of rural communities. Additionally, their participation in community organizations and agricultural cooperatives improves resource accessibility and knowledge exchange, which benefits cattle welfare. The study also examines the socioeconomic effects of empowering women in agriculture, including higher household incomes and improved food security. The results highlight how crucial it is to incorporate gender viewpoints into agricultural policies and procedures, promoting more resources and assistance for female farmers. The study intends to educate stakeholders and policymakers on the possible advantages of giving women's participation in agriculture top priority, both for the sake of animal welfare and the more general objectives of sustainable rural development. In the end, encouraging gender parity in agricultural systems can result in more resilient and prosperous rural communities, illustrating the connection between sustainable development, women's empowerment, and animal care.

Keywords: Women in Agriculture, Animal Welfare, Rural Development, Gender Equity, Sustainable Practices.

**DIŐTAN UYGULANAN PROGALLOL BUĞDAY FİDELERİNDE ENZİMATİK
OLMAYAN SİSTEMİ ve OKSİDATİF STRESİ DÜZENLEYEREK ARSENİK
STRESİNİ HAFİFLETİR**

Öğr. Gör. Dr. Cansu ALTUNTAŞ (ORCID:0000-0002-1363-6142)

Artvin Çoruh Üniversitesi, Tıbbi Aromatik Bitkiler Uygulama ve Araştırma Merkezi
Email:cansualtuntas@artvin.edu.tr

Öğr. Gör. Dr. Abidin GÜMRÜKÇÜOĞLU (ORCID:0000-0001-7285-9664)

Artvin Çoruh Üniversitesi, Tıbbi Aromatik Bitkiler Uygulama ve Araştırma Merkezi
Email:gumrukcuogluabidin@artvin.edu.tr

Özet

Progallol, güçlü antioksidan, antibakteriyel, antiseptik ve antikanser özellikler sergileyen, geniş endüstriyel ve tıbbi uygulamalarıyla bilinen önemli bir fenolik bileŐiktir. Bununla birlikte, progallolun bitki stres tepkilerindeki rolü daha önce değerlendirilmemiştir. Bu çalışmada, arsenik stresine (100 µM) maruz bırakılan iki haftalık buğday fidelerine progallol (5 mM) uygulanmıştır. Oksidatif stres hasarı spektrofotometrik olarak hidrojen peroksit (H₂O₂), TBARS ve prolin (PRO) içeriği ile değerlendirilirken, içsel arsenik içeriği ICP-MS kullanılarak ölçülmüştür. Ayrıca, bazı fenolik bileşikler HPLC-DAD kullanılarak ölçülmüştür. Dört deney grubu tasarlanmıştır: (i) kontrol (damıtılmıŐ su), (ii) progallol (PG), (iii) arsenik (AS), (iv) PG+AS. Sonuçlar, arsenik (AS) uygulaması oksidatif stres göstergeleri olan lipid peroksidasyonu ve hidrojen peroksit seviyelerini önemli ölçüde artırdığını ortaya koymuştur. Benzer şekilde, kontrol grubu ile karşılaştırıldığında, prolin içeriği AS uygulaması ile önemli ölçüde yükselmiştir. Ancak PG + AS, AS uygulamasının neden olduğu yüksek hidrojen peroksit ve TBARS seviyelerini önemli ölçüde azaltırken, AS stresi altında prolin seviyelerini daha da artırmıştır. Ayrıca, PG+AS uygulamasının AS uygulamasına kıyasla vanilik asit, rosmarinik asit, progallol içeriklerini arttırdığı gözlenirken, klorojenik asit tek başına PG veya PG+AS uygulaması arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark göstermemiŐtir. Elde edilen veriler, progallolun arsenik birikimini azaltarak, H₂O₂ ve TBARS seviyelerini düşürerek ve bazı fenolik bileşikleri ve prolin içeriğini geliştirerek arsenik stresine karşı bitki toleransını artırabileceğini göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Progallol, Arsenik, Hidrojen Peroksit, TBARS, Fenolikler

**EXOGENOUS PYROGALLOL ALLEVIATES ARSENIC STRESS REGULATING
NON-ENZYMATIC SYSTEM AND OXIDATIVE STRESS in WHEAT SEEDLINGS**

Abstract

Pyrogallol is a significant phenolic compound known for its broad industrial and medical applications, exhibiting potent antioxidant, antibacterial, antiseptic, and anticancer properties. However, the role of pyrogallol in plant stress responses has not been previously evaluated. In this study, pyrogallol (5 mM) was applied to two-week-old wheat seedlings exposed to arsenic stress (100 μ M). Oxidative stress damage was assessed spectrophotometrically through hydrogen peroxide (H₂O₂), TBARS, and proline (PRO) content, while endogenous arsenic levels was measured using ICP-MS. Additionally, some phenolic compounds were quantified using HPLC-DAD. Four experimental groups were designed: (i) control (distilled water), (ii) pyrogallol (PG), (iii) arsenic (AS), (iv) PG + AS. Results revealed that arsenic (AS) treatment a significant increase lipid peroxidation and hydrogen peroxide levels, oxidative stress indicators. Similarly, in comparison with control group, proline content was significantly elevated with AS treatment. However, PG + AS significantly reduced the elevated levels of hydrogen peroxide and TBARS caused by AS treatment, while further increasing proline levels under AS stress. In addition, the PG+ AS treatment was observed to increase vanillic acid, rosmarinic acid, pyrogallol contents compared to AS treatment, while chlorogenic acid did not show a statistically significant difference between the pyrogallol alone or pyrogallol with AS treatment. The obtained data suggest that pyrogallol can enhance plant tolerance to arsenic stress by reducing arsenic accumulation, decreasing H₂O₂ and TBARS levels, and improving some phenolic compounds and proline content.

Keywords: Pyrogallol, Arsenic, Hydrogen Peroxide, TBARS, Phenolics

PHARMACOLOGICAL EFFECTS ON KALUNJI PLANT

Khushi SINGH

Faculty of Pharmacy
Bharath institute of higher education and research

M.MONICA

Faculty of Pharmacy
Bharath institute of higher education and research

D.ANUSHYA

Faculty of Pharmacy
Bharath institute of higher education and research

Dr. R.SARAVANAN

Faculty of Pharmacy
Bharath institute of higher education and research

Dr.R.SRINIVASAN

Faculty of Pharmacy
Bharath institute of higher education and research

Abstract

Kalunji plant (*N.sative*) (family *ranunculaceae*, also known as black cumin or *Nigella sativa*, is a plant that has been used for centuries in traditional medicine for various purposes. There are several pharmacological effects associated with the different presentations of kalunji plant, such as:1. Seeds: The seeds of kalunji are the most commonly used part of the plant and are known for their anti-inflammatory, antioxidant, anticancer, antidiabetic, and hepatoprotective properties. They are also used to treat various respiratory problems, such as asthma, bronchitis, and coughs.2. Oil: Kalunji oil, which is extracted from the seeds, has several medicinal properties, such as anti-inflammatory, analgesic, antimicrobial, and immunomodulatory effects. It is used for the treatment of skin diseases, such as eczema and psoriasis, as well as for hair growth and the prevention of hair loss.3. Powder: Kalunji powder is made by grinding the seeds of the plant and is commonly used as a spice in cooking. It has several medicinal properties, including antioxidant, anti-inflammatory, and antimicrobial effects. It is also used to treat various digestive problems, such as bloating, indigestion, and constipation.Overall, the pharmacological effects of kalunji plant presentations are largely attributed to the presence of various bioactive compounds, such as thymoquinone, nigellidine, and alpha-hederin, which have been shown to have various therapeutic effects. However, it is important to note that more research is needed to fully understand the pharmacological effects of kalunji plant presentations and their potential application in modern medicine.In conclusion,kalunji is a plant with a wide range of pharmacological properties. It's compounds have been found to have anti-inflammatory,antioxidant, antimicrobial,immunomodulatory,and analgesic properties. These properties make useful in the treatment of various conditions including diabetes, asthma, cancer and cardiovascular disease. further research is needed fully understand potential benefits of kalunji in pharmacology.

**BIOMASS ENERGY FOR SUSTAINABLE AGRICULTURE: CURRENT STATUS
AND PERSPECTIVES**

GHAILANE Ayoub

Mohammed V University in Rabat, Faculty of Sciences of Rabat, Rabat, Morocco.
Laboratory of Spectroscopy, Molecular Modeling, Materials, Nanomaterials, Water and
Environment

MABROUKI Jamal

Mohammed V University in Rabat, Faculty of Sciences of Rabat, Rabat, Morocco.
Laboratory of Spectroscopy, Molecular Modeling, Materials, Nanomaterials, Water and
Environment

MOUSSADIK Ali

Mohammed V University in Rabat, Faculty of Sciences of Rabat, Rabat, Morocco.
Laboratory of Spectroscopy, Molecular Modeling, Materials, Nanomaterials, Water and
Environment

OUADIL Boubker

Mohammed V University in Rabat, Faculty of Sciences of Rabat, Rabat, Morocco.
Laboratory of Spectroscopy, Molecular Modeling, Materials, Nanomaterials, Water and
Environment

ABROUKI Younes* (ORCID:0009-0007-1536-2783)

Mohammed V University in Rabat, Faculty of Sciences of Rabat, Rabat, Morocco.
Laboratory of Spectroscopy, Molecular Modeling, Materials, Nanomaterials, Water and
Environment

Email:y.abrouki@um5r.ac.ma

Abstract

The growing need for renewable energy sources and sustainable agricultural practices has driven interest in biomass as a key resource. Biomass energy, derived from organic materials such as agricultural residues, dedicated energy crops, and animal waste, offers a dual benefit: it provides a renewable energy source while contributing to sustainable agricultural practices. Converting biomass into energy through processes like combustion, anaerobic digestion, pyrolysis, and gasification can generate electricity, heat, or biofuels. This integration of agriculture and biomass energy production not only reduces dependence on fossil fuels but also addresses waste management challenges by utilizing agricultural by-products efficiently. Anaerobic digestion of crop residues and livestock manure produces biogas, a versatile energy source, and nutrient-rich digestate that can be used as organic fertilizer. Similarly, biochar, a by-product of pyrolysis, can improve soil health by enhancing nutrient retention, reducing erosion, and sequestering carbon. However, several challenges limit the large-scale adoption of biomass energy in agriculture. These include logistical issues related to biomass collection and transport, land-use competition between energy crops and food production, and variability in biomass quality. Technological advancements in biomass conversion processes and improved agricultural practices are essential to overcoming these

barriers. This paper explores the synergies between biomass energy production and sustainable agriculture, focusing on recent innovations, environmental impacts, and economic feasibility. It highlights the potential of biomass to improve farm resilience through energy self-sufficiency and soil enhancement. With careful management, biomass energy systems can play a vital role in achieving sustainable agriculture, reducing carbon footprints, and advancing rural development.

Keywords: Biomass, Renewable Energy, Agriculture, Sustainable Development

**STUDY ON EFFECT OF CBR VALUE FOR FLYASH TREATED
CLAYEY SOIL WITH CURING PERIOD**

Subhashish DEY

Civil Engineering Department, Seshadri Rao Gudlavalleru Engineering College,
Gudlavalleru, Andhra Pradesh, India

Abstract

Clayey soil having low shear strength and high compressibility cannot be used for sub grade as it's CBR value will not be in permissible standard. So it's needed to be modified when required to use for sub grade under pavements. To modify, stabilization or ground modification technique is required. In this regard we are making an attempt to modify the properties feasible to be used as sub grade material. Here we are using Fly ash as admixture to stabilize and improve the properties. Many attempts were made using fly ash, here we are attempting a study of fly ash stabilization under curing period as the fly ash is being used as a substitute of cement in concrete which gains strength with curing.

Keywords: Clayey soil, Compressibility, CBR value, Fly ash, Pavements, Cement, Stabilization and Concrete mixtures

**PHOTOCATALYTIC WASTEWATER TREATMENT FOR SUSTAINABLE WATER
REUSE IN AGRICULTURE**

ABROUKI Younes* (ORCID:0009-0007-1536-2783)

Mohammed V University in Rabat, Faculty of Sciences of Rabat, Rabat, Morocco.
Laboratory of Spectroscopy, Molecular Modeling, Materials, Nanomaterials, Water and
Environment
Email: y.abrouki@um5r.ac.ma

Abstract

Water scarcity and the rising demand for agricultural irrigation have made wastewater treatment and reuse essential for sustainable water management. Among various treatment technologies, photocatalysis offers a promising, eco-friendly solution for removing organic pollutants, pharmaceuticals, heavy metals, and pathogens from wastewater. Photocatalysis relies on semiconductors such as titanium dioxide (TiO₂) and zinc oxide (ZnO) under UV or visible light to generate reactive oxygen species (ROS), which degrade contaminants into less harmful substances. This process not only improves water quality but also minimizes chemical residues, ensuring safe reuse in agricultural applications. Recent advancements have focused on enhancing photocatalytic efficiency by doping catalysts with metals or non-metals, coupling semiconductors, and utilizing solar irradiation to reduce operational costs. Moreover, integration with other technologies, such as membrane filtration and constructed wetlands, improves pollutant removal efficiency. While photocatalytic treatment is effective against a wide range of contaminants, challenges like scaling up, photocatalyst recovery, and long-term stability still require attention. The reuse of treated wastewater in agriculture not only alleviates water scarcity but also recycles valuable nutrients, reducing the need for chemical fertilizers. However, the treated water must meet stringent safety standards to prevent soil contamination and crop toxicity. This paper explores the potential of photocatalytic treatment for wastewater reuse in agriculture, focusing on technological advances, environmental benefits, and challenges that must be addressed for large-scale adoption. Ultimately, photocatalysis offers a pathway toward achieving sustainable agriculture and water security in water-stressed regions.

Keywords: Photocatalysis, Wastewater Treatment, Water Reuse, Agriculture

**SOLAR-POWERED DESALINATION FOR SUSTAINABLE WATER SUPPLY IN
AGRICULTURE**

AIT OUJALLAL Ilham

Mohammed V University in Rabat, Faculty of Sciences of Rabat, Rabat, Morocco.
Laboratory of Spectroscopy, Molecular Modeling, Materials, Nanomaterials, Water and
Environment

MABROUKI Jamal

Mohammed V University in Rabat, Faculty of Sciences of Rabat, Rabat, Morocco.
Laboratory of Spectroscopy, Molecular Modeling, Materials, Nanomaterials, Water and
Environment

BOUDRAHAM Salima

Mohammed V University in Rabat, Faculty of Sciences of Rabat, Rabat, Morocco.
Laboratory of Spectroscopy, Molecular Modeling, Materials, Nanomaterials, Water and
Environment

ANOUZLA Abdelkader

Mohammed V University in Rabat, Faculty of Sciences of Rabat, Rabat, Morocco.
Laboratory of Spectroscopy, Molecular Modeling, Materials, Nanomaterials, Water and
Environment

ABROUKI Younes* (ORCID:0009-0007-1536-2783)

Mohammed V University in Rabat, Faculty of Sciences of Rabat, Rabat, Morocco.
Laboratory of Spectroscopy, Molecular Modeling, Materials, Nanomaterials, Water and
Environment

Email:y.abrouki@um5r.ac.ma

Abstract

The increasing global demand for freshwater, coupled with the impacts of climate change, has intensified the need for sustainable water management solutions, particularly for agriculture. Water desalination offers a viable alternative to address freshwater scarcity by converting saline or brackish water into usable water. However, conventional desalination technologies, such as reverse osmosis and multi-stage flash distillation, are energy-intensive, contributing to environmental concerns due to their reliance on fossil fuels. Integrating solar energy with desalination systems presents a sustainable approach, reducing operational costs and carbon emissions while ensuring a stable water supply for agricultural use. Solar-powered desalination systems harness solar thermal or photovoltaic energy to drive desalination processes, including solar stills, membrane distillation, and solar-assisted reverse osmosis. Recent innovations focus on improving system efficiency through hybrid designs, energy recovery techniques, and the use of advanced materials such as nanofiltration membranes. These developments aim to enhance water production rates while minimizing brine disposal issues, which remain a key challenge. In agriculture, the use of desalinated water helps meet irrigation needs and supports crop production in arid and semi-arid regions. However, desalinated water must be carefully managed to maintain soil health, as it typically lacks essential minerals and may require blending with other water sources. This paper examines the intersection of solar energy,

***ISPEC 16th INTERNATIONAL CONFERENCE ON AGRICULTURE, ANIMAL
SCIENCE & RURAL DEVELOPMENT
November 15-17, 2024 / Konya, Türkiye***

desalination technology, and agricultural water reuse, highlighting recent advancements, environmental impacts, and potential challenges. Solar-powered desalination offers a sustainable pathway for enhancing water security, promoting food production, and mitigating the impacts of climate change in water-stressed regions.

Keywords: Desalination, Solar Energy, Agriculture, Water Security, Irrigation, Sustainability

**MEMBRANE-BASED DESALINATION FOR AGRICULTURAL WATER SUPPLY:
CHALLENGES AND OPPORTUNITIES**

BOUDRAHAM Salima

Mohammed V University in Rabat, Faculty of Sciences of Rabat, Rabat, Morocco.
Laboratory of Spectroscopy, Molecular Modeling, Materials, Nanomaterials, Water and
Environment

MABROUKI Jamal

Mohammed V University in Rabat, Faculty of Sciences of Rabat, Rabat, Morocco.
Laboratory of Spectroscopy, Molecular Modeling, Materials, Nanomaterials, Water and
Environment

AIT OUJALLAL Ilham

Mohammed V University in Rabat, Faculty of Sciences of Rabat, Rabat, Morocco.
Laboratory of Spectroscopy, Molecular Modeling, Materials, Nanomaterials, Water and
Environment

MANDIL Adil

Mohammed V University in Rabat, Faculty of Sciences of Rabat, Rabat, Morocco.
Laboratory of Spectroscopy, Molecular Modeling, Materials, Nanomaterials, Water and
Environment

JIOUI Ilham

Mohammed V University in Rabat, Faculty of Sciences of Rabat, Rabat, Morocco.
Laboratory of Spectroscopy, Molecular Modeling, Materials, Nanomaterials, Water and
Environment

ABROUKI Younes* (ORCID:0009-0007-1536-2783)

Mohammed V University in Rabat, Faculty of Sciences of Rabat, Rabat, Morocco.
Laboratory of Spectroscopy, Molecular Modeling, Materials, Nanomaterials, Water and
Environment

Email:y.abrouki@um5r.ac.ma

Abstract

As freshwater resources become increasingly scarce due to population growth and climate change, water desalination has emerged as a viable solution to address water shortages, particularly for agricultural applications. Membrane processes, such as reverse osmosis (RO), nanofiltration (NF), and forward osmosis (FO), have become the most widely adopted technologies for desalination due to their high efficiency, scalability, and ability to remove dissolved salts and other contaminants. These technologies produce freshwater suitable for irrigation while providing opportunities for water reuse and crop production in arid and semi-arid regions. Recent advancements in membrane materials, including thin-film composite membranes and biomimetic membranes, have enhanced desalination performance by increasing water permeability, improving salt rejection, and reducing fouling. Energy recovery

systems, such as pressure exchangers, have further optimized the operational efficiency of membrane-based desalination. However, challenges remain, including high energy demands, membrane fouling, and brine management. The disposal of concentrated brine poses environmental risks, particularly in coastal areas, requiring sustainable brine treatment or reuse strategies. The use of desalinated water in agriculture must also consider factors such as water salinity, nutrient composition, and soil health to avoid negative impacts on crops and long-term soil productivity. Blending desalinated water with other sources and developing customized irrigation strategies can help mitigate these risks. This paper explores the potential of membrane desalination for agricultural applications, with a focus on recent technological developments, environmental considerations, and strategies for sustainable use. Membrane desalination offers a promising pathway toward water security and food production, provided that energy, environmental, and economic challenges are carefully addressed.

Keywords: Desalination, Membrane Processes, Agriculture, Water Security, Irrigation

AQUASOMES: A NOVEL DRUG CARRIER SYSTEM

Pooja RASAL*

Department of Pharmacology, JES's SND College of Pharmacy, Babhulgaon, Dist. Nashik,
India.

Email:proojarasal2000@gmail.com

Gaurav KASAR

Department of Pharmacology, Divine College of Pharmacy, Satana, Dist. Nashik, India.

Email:gauravkasar008@gmail.com

Abstract

Aquasomes represent an innovative drug delivery system designed to enhance the bioavailability and therapeutic efficacy of pharmaceutical compounds. Composed of a core structured from biocompatible and biodegradable materials, aquasomes are characterized by their unique water-like properties, which facilitate the solubilization of hydrophilic and hydrophobic drugs. The system utilizes a nanocarrier approach, where the drug is encapsulated within a hydrophilic polymer matrix, allowing for controlled release and targeted delivery. The aquasome technology offers several advantages over conventional delivery systems, including improved stability, enhanced drug solubility, and reduced systemic toxicity. By mimicking the natural hydration properties of biological tissues, aquasomes can effectively navigate physiological barriers, resulting in increased cellular uptake and bioavailability. In preclinical studies, aquasomes have demonstrated promising results in delivering a variety of therapeutic agents, including peptides, proteins, and small molecules, highlighting their versatility across multiple therapeutic areas. Future research will focus on optimizing the formulation and understanding the underlying mechanisms of action to fully harness the potential of aquasomes in clinical applications. This novel carrier system paves the way for advancements in personalized medicine and targeted therapies, promising a new frontier in drug delivery technology.

Keywords: Aquasomes Drug Carrier, Bioavailability, Novel technique.

**IMPACT OF CLIMATE CHANGE ON WATER RESOURCES IN NORTHEASTERN
ALGERIA**

Abderrahmane ZIARI*

University of Sciences and Technology Houari Boumediene Algeriers, Algeria. LREAU,
FSTGAT, USTHB

Email:ziariabderrahmane@gmail.com

Abderrahmane MEDJERAB

University of Sciences and Technology Houari Boumediene Algeriers, Algeria. LREAU,
FSTGAT, USTHB

Abstract

The aim of this research is to assess the effects of climate change on social, economic, industrial, agricultural and aquatic systems, with particular emphasis on rainfall diversity and its consequences for water resources. By analyzing precipitation data from sixteen climate stations located in northeastern Algeria, this research aims to accurately determine the cold and dry seasons caused by climate. The results will be used to develop effective adaptation strategies for resource management in the context of climate degradation, ensuring sustainable management in a changing climat .

Keywords: Adaptation strategies, climate change, dry seasons, rainfall variability, wet seasons.

**ELECTROCHEMICAL BIOSENSOR FOR FOOD BORNE PATHOGENS: AN
OVERVIEW**

Ghazala YUNUS

Department of Basic Sciences, College of Preparatory Year, University of Hail, Hail, KSA

Mohammed KUDDUS*

Department of Biochemistry, College of Medicine, University of Hail, Hail, KSA

Abstract

Food safety is very significant for community fitness issue, as at present food borne diseases widespread and increasing public health issue all over the world. The fast and specific detection of food borne pathogens needed to control and avoid human food borne infections. Biosensors are fast and low price method of food borne pathogen detection. It uses the distinctive properties of biological and physical materials to identify a target molecule and effective transduction of an electronic signal. Many biosensors have been discovered, viz., electrochemical biosensor, optical biosensor and mass based biosensor. In this study, we review electrochemical biosensors for detection of food born pathogen. Electrochemical biosensors have many advantages over other biosensor such as the possibility to operate in disorganized media, sensitivity of instrument, and small size. Electrochemical biosensor are of different kinds like potentiometric, amperometric, potentiometric, impedimetric, or conductometric based upon different transducing elements used in it. From last few decade nanotechnology has arisen as a favorable field for solving food safety problems in terms of detecting contaminants. The nanomaterials used into electrical sensors to make them appropriate to reach over low detection limit, high sensitivity, and multi detection abilities.

Keywords: Food; Pathogen; Electrochemical; Biosensor; Nanomaterial

**TÜRKİYE'DEKİ GIDA-TARIM ŞİRKETLERİNİN SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK
RAPORLARINDA KIRSAL KALKINMA VE KOOPERATİFLERİN YERİ**

Dr. Öğr. Üyesi Özgür Burçak GÜRSOY (ORCID:0000-0002-5484-6533)

Beykoz Üniversitesi, İşletme ve Yönetim Bilimleri Fakültesi

Email:burcaktursoy@beykoz.edu.tr

Araş. Gör. İlkey AKBAŞ (ORCID:0000-0001-6681-9949)

Beykoz Üniversitesi, İşletme ve Yönetim Bilimleri Fakültesi

Email:ilkayakbas@beykoz.edu.tr

Özet

Sürdürülebilirlik, son kırk yıldır dünya gündeminde olan bir konudur. Özellikle 2015'te Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri'nin tanımlanması ve ülkelerin buna uyumlu politikalar belirlemesi konusunda irade oluşması ardından iktisadi ve sosyal hayatı daha fazla etkileme gücü kazanmıştır. Bu bağlamda, belirlenen on yedi hedef doğrultusunda uluslararası kurumlar, devletler, sivil toplum kuruluşları ve firmalar için muhtelif mecralarda değişim gündeme gelmiştir. Yoksulluk, eşitsizlik, sorumlu üretim ve tüketim, karasal yaşam ve iklim değişikliği gibi hedefler, doğrudan tarımsal tedarik zinciri içindeki aktörlerin etkisi olabilecek unsurlar olarak öne çıkmaktadır. Türkiye, küresel planda tarımın ve kırsal alanların görece önemini koruduğu ülkeler arasındadır. Ülkemizde toplam istihdamın yaklaşık % 18'i tarımdadır ve sektörün milli gelire katkısı % 6,5 civarındadır. Kırsal alanlar ülkemiz yüzölçümünün yaklaşık % 93'ünü kapsamaktadır ve toplam nüfusun %17'si bu alanlarda yaşamaktadır. Gelişkin üretim ve pazar ilişkilerine sahip, ihracata katkısı önemli, yerleşik üretici gruplarının üretimde olduğu, ulusal ve uluslararası şirketlerin işleme, pazarlama ve lojistik sahalarında faaliyet gösterdiği bir değer zinciri olarak tarıma dair ülkemizdeki genel beklenti, mevcut önemini koruması ve geliştirmesi şeklindedir. Bu çalışma, Türkiye'de hizmet veren tarım-gıda şirketlerinin sürdürülebilirlik konusuna yaklaşımlarını anlama amacıyla yapılmıştır. Üç ayaklı olarak tanımlanan sürdürülebilirlik politikalarında özellikle sosyal ve çevresel konularda firmaların çalışmaları araştırılacaktır. Temel sorulardan biri, firmaların yaklaşımlarının ve projelerinin üretim zincirinde geriye dönük bir değişim yaratıp yaratamayacağına dairdir. Özellikle kırsal kalkınmanın, yerel üretimin, kooperatiflerin ve kadın girişimlerinin desteklenmesinin, çocuk işçiliğinin engellenmesinin ve tedarik zincirinin izlenebilirliğinin tarım-gıda şirketlerinin sürdürülebilirlik raporlarında nasıl ele alındığı araştırılacaktır. Örneklem seçiminde firmaların büyüklüğü ve sürdürülebilirlik raporu yayınlaması dikkate alınmıştır ve toplamda 11 firmanın en güncel raporu incelenmiştir. Nitel veri, kodlama, frekans ve kelime bulutu yoluyla ve MAXQDA programı kullanılarak analiz edilmiştir. Bu araştırmanın sonuçlarından bir tanesi, Türkiye'de faaliyet gösteren büyük ölçekli tarım-gıda şirketlerinin sürdürülebilirlik çalışmaları ve bunu raporlayarak paydaşlara açmak konusunda kısmen geriden geldikleridir. İkinci olarak, sürdürülebilirlik boyutlarından en çok çevresel olanın ele alındığı görülmektedir, iktisadi ve sosyal boyutlar görece az yer kaplamaktadır. Bu bağlamda kırsal kalkınmanın, yerel üretimin, kooperatiflerin, çalışma ilişkilerinde kadın ve çocukların yerinin önemsendiği ve odaklı projelere konu olduğu öncü örnekler olmakta birlikte sektörün genelinde raporlara yansıtılacak düzeyde bir farkındalık olduğunu söylemek güçtür. Yine de sektörün en büyük firmalarının özellikle sosyal ve çevresel sürdürülebilirlik konusunda yapacağı liderliğin, belirli üretim bölgelerinde değişim yaratabileceği ve olumlu uygulamaları yaygınlaştırabileceği düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Kırsal kalkınma, Sürdürülebilir tarım, Kooperatif, Raporlama

**THE PLACE OF RURAL DEVELOPMENT AND COOPERATIVES IN THE
SUSTAINABILITY REPORTS OF AGRI-BUSINESS FIRMS IN TURKEY**

Abstract

Sustainability is an issue that has been on the world agenda for the last forty years. It has gained more influential power in economic and social life, especially after the definition of Sustainable Development Goals in 2015 and the will was formed for countries to determine policies in line with them. In this context, change has come to the agenda in various channels for international institutions, states, non-governmental organizations, and companies in line with the seventeen goals. Goals such as reducing poverty and inequality, responsible production and consumption, terrestrial life, and climate change stand out as areas that can be directly affected by the actors within the agricultural supply chain. Türkiye is among the countries where agriculture and rural areas maintain relative importance. The share of agriculture in total employment is approximately 18% in our country and the sector's contribution to GDP is around 6.5%. Rural areas cover approximately 93% of our country's surface area and 17% of the total population lives in these areas. The general expectation in our country for agriculture, as a value chain having advanced production and market relations, significant contribution to exports, established producer groups in production, and national and international companies operating in the fields of processing, marketing, and logistics, is that it will maintain and develop its current importance. This study aims to understand the sustainability approaches of agri-food companies in Turkey. The triple-bottom-line approach in sustainability is investigated through the lenses of companies with a specific focus on social and environmental issues. One of the fundamental questions is whether companies' strategies and projects will create a backward change in the production chain. In particular, this article investigates how rural development, local production, supporting cooperatives and women entrepreneurs, preventing child labor, and supply chain traceability are addressed in the sustainability reports of agri-food companies. While selecting the sample, the size of the companies and the publication of sustainability reports are considered, and the reports of eleven big agri-food companies are examined in total. Qualitative data is analyzed through coding, frequency, and word cloud by using the MAXQDA program. One of the results of this research is that large-scale agri-food companies operating in Türkiye are partially behind in terms of their sustainability efforts and reporting and disclosing this to stakeholders. Secondly, the environmental dimension is the most addressed among the sustainability dimensions compared with the economic and social dimensions, which occupy relatively little space. In this context, although there are pioneering examples where rural development, local production, cooperatives, and the place of women and children in labor relations are taken into consideration through well-defined projects, it is difficult to say that there is a high level of awareness that will be reflected in the reports throughout the sector. Nevertheless, it can be said that the leadership of the largest companies in social and environmental sustainability can create change in certain production regions and spread positive practices.

Keywords: Rural Development, Sustainability, Cooperatives, Reporting

**USING EXTREME MACHINE LEARNING AND VARIATIONAL MODE
DECOMPOSITION TO PREDICT THE DROUGHT INDEX FOR THE AIN EL-
HADJEL STATION IN THE HODNA BASIN.**

LADOUALI Sabrina

Laboratory of sustainable water resources, department of Geology, Faculty of earth sciences,
Badji Mokhtar Annaba University, 23000, Algeria
Email: ladouasabrina149@gmail.com

SAKAA Bachir

Laboratory of sustainable water resources, department of Geology, Faculty of earth sciences,
Badji Mokhtar Annaba University, 23000, Algeria

CHAFFAI Hicham

Laboratory of sustainable water resources, department of Geology, Faculty of earth sciences,
Badji Mokhtar Annaba University, 23000, Algeria

Abstract

Droughts can adversely affect various communities and can arise under different climatic conditions, making it essential to study drought and its severity. This study proposes a hybrid VMD-ELM approach, which combines Variational Mode Decomposition (VMD) and the Extreme Learning Machine (ELM) algorithm as a preprocessing method, for forecasting future droughts in Ain El-hadjel station. Initially, the ELM algorithm was used to estimate 6 and 12-month SPI values for different lead time values. Subsequently, meteorological variables and SPI values were decomposed into subcomponents using VMD and fed into the ELM model to develop a drought forecasting model. The impact of different input combinations and SPI values on predicting future drought indices was then assessed. Model performance was evaluated using various visual and statistical criteria. The analysis revealed that the highest prediction accuracies were generally achieved with VMD-ELM models and SPI predictions with a 1-month lead time.

Keywords : Drought index prediction, SPI, ELM, VMD-ELM , Ain El-hadjel station.

**KURU FASULYE (*Phaseolus vulgaris* L.) ÇEŞİTLERİNİN DEMİR ETKİNLİĞİNE
TEPKİLERİNİN BELİRLENMESİ**

Prof. Dr. Mustafa HARMANKAYA (ORCID:0000-0002-8386-2495)

Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi
Email:mharmankaya@selcuk.edu.tr

Dr. Ayşegül KORKMAZ (ORCID:0000-0002-6745-5742)

Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi
Email:aysegul.korkmaz22@gmail.com

Özet

Bitkisel üretimde kireçli topraklarda meydana gelen demir noksanlığının giderilmesi için toprağa uygulanan demirli gübreler bitkilerin alamayacağı forma dönüşmekte ve bitkilerin alımında yeterince etkili olmamaktadır. Demirli gübrelere beklenen etkinin alınmamasından dolayı demir noksan ve yeterli koşullarda yetişebilen çeşitlerin seçimiyle bitkisel üretimde verimin korunması sağlanacaktır. Bu nedenle çalışma, daha önceden demir noksan ve yeterli düzeyde demir uygulaması çalışılmamış kuru fasulye çeşitlerinin demire tepkilerini belirlemek amacıyla sera koşullarında yürütülmüştür. Tesadüf parselleri deneme desenine göre dört tekerrürlü olarak yürütülen denemede 19 adet kuru fasulye çeşidine 0 mg kg⁻¹ Fe (Fe-noksan) ve 12 mg kg⁻¹ Fe (Fe-yeterli) FeEDDHA (%6 Fe) gübresi kullanılarak uygulanmıştır. Bitkilerinin çiçeklenme döneminde bitki yeşil aksamı toprak üstünden hasat edilmiş, kuru madde verimleri, Fe konsantrasyonları ve çeşitlerin Fe etkinliği (Fe-etkin ve Fe-tolerant) belirlenmiştir. Çalışma sonucunda; demir uygulamasıyla çeşitlerin kuru madde veriminde ve Fe konsantrasyonunda kontrole göre önemli artışlar bulunmuştur. Demir etkinliği, Fe-noksan kuru madde veriminin Fe-yeterli uygulamasına oranından elde edilmiştir. Demir uygulaması yapılan kuru fasulye çeşitlerinde belirlenen demir etkinliği ortalamasının üstünde olan çeşitler Fe-etkin, demir etkinliği ortalamasının altında olan çeşitler ise Fe-tolerant çeşitler olarak değerlendirilmiştir. Kuru fasulye çeşitlerinden; Akın, Akman-98, Battalı, Berrak, Göksun, Göynük, Güngör, Özdemir, Zirve Fe-tolerant olduğu Arslan, Cihan, Doruk, Elkoca-05, Kantar-05, Noyanbey, Öncüler-98, Özmen, Sururbey, Yunus-90 Fe-etkin olduğu belirlenmiştir. Sonuç olarak, bitkisel üretimde verim ve kalitenin yanısıra demir eksikliğinde Fe etkin çeşitler Doruk ve Noyanbey; demir yeterli durumlarda Fe-tolerant çeşit olan Zirve kuru fasulye çeşidinin kullanılmasını önerebiliriz.

Anahtar Kelimeler: Demir konsantrasyonu, demir etkinliği, Fe-etkin, Fe-tolerant, kuru fasulye

**DETERMINATION OF THE RESPONSES OF DRY BEAN (*Phaseolus vulgaris* L.)
VARIOUS TO IRON EFFICIENCY**

Abstract

In crop production, iron fertilizers applied to the soil to eliminate iron deficiency in calcareous soils turn into a form that plants cannot take and are not effective enough in plant uptake. Since the expected effect of iron fertilizers cannot be obtained, it will be ensured that the yield in plant production will be maintained by selecting varieties that can grow in iron deficient and sufficient conditions. Therefore, the study was carried out under greenhouse conditions to determine the responses of iron deficient and iron-sufficient bean cultivars to iron. In the experiment conducted with four replicates according to the random plots experimental design, 0 mg kg⁻¹ Fe (Fe-deficient) and 12 mg kg⁻¹ Fe (Fe-sufficient) were applied to 19 dry bean varieties using FeEDDHA (6% Fe) fertilizer. The green parts of the plants were harvested from the top of the soil during the flowering period of the plants, and Fe efficiency (Fe-efficient and Fe-tolerant) of the cultivars was determined as a result of dry matter yields and Fe concentrations. As a result of the study, significant increases were found in dry matter yield and Fe concentration of the varieties with iron application compared to the controls. Iron efficiency was obtained from the ratio of dry matter yield in Fe-deficient to Fe-sufficient treatment. In iron application dry bean cultivars, the cultivars with dry matter yields above the average were evaluated as Fe-efficient and the cultivars with dry matter yields below the average were evaluated as Fe-tolerant cultivars. Among dry bean varieties; Akın, Akman-98, Battallı, Berrak, Göksun, Göynük, Güngör, Özdemir, Zirve were Fe-tolerant while Arslan, Cihan, Doruk, Elkoca-05, Kantar-05, Noyanbey, Öncüler-98, Özmen, Sururbey, Yunus-90 were Fe-efficient. As a result, we can recommend the use of Fe-efficient varieties Doruk and Noyanbey in iron deficiency and Fe-tolerant varieties Zirve in iron-sufficient areas in addition to yield and quality in crop production.

Keywords: Dry bean, Fe-efficient, Fe-tolerant, iron efficiency, iron content

**EVALUATION OF PROTEIN AND SOME MORPHOLOGICAL INDICATORS IN
WHEAT SAMPLES OF DIFFERENT PLOIDY**

Musayeva Sevinj Elshad (ORCID:0009-0009-9671-9071)

Azerbaijan State Agrarian University, Ganja city

Email:musayeva.sevinc11@gmail.com

Aliyeva Dursun Lutfi (ORCID:0009-0003-2708-9965)

Azerbaijan State Agrarian University, Ganja city

Email:nicat-zamanov-94@mail.ru

Abstract

Wheat is second only to corn, with an annual production of 650 million tons it is the most cultivated cereal plant. 25% of the world's agricultural land is wheat used for plant cultivation. From ancient times to the present day, wheat has been the daily food requirement of the population as the main food crop, occupying one of the most important places in payment. The basis of human nutrition is bread made from soft wheat (*Triticum aestivum* L.) flour and bakery products made from durum wheat (*T. durum* Desf.). It consists of various cereals, pasta, and other food products. Productivity increases by creating productive varieties with high quantitative and qualitative indicators it is possible. Acceleration of selection processes and initial material for creation, the quality indicators of the grains are high. This protein is genetic during the selection of parental forms the use of markers is appropriate. All agronomic, yield, yield-related, and quality traits on plant and plot basis were recorded from the two middle rows units. Plant-based data were collected from randomly selected and representative 10 plants in the plot while, the plot-based data were collected from the whole harvestable plot. Agronomical traits include plant height, spike length, number of spikelets per spike, number of seeds per spike, seed weight per spike, thousand kernel weight, plant density, and grain protein content. This research was conducted in the grain and leguminous field laboratory of the Azerbaijan State Agrarian University between 2022 and 2023. Phenological observations from the outlet were carried out according to Kuperman from the beginning to the full ripening phase. The article on the genetics of some wheat samples with different ploidy studies of diversity based on phenology signs and gliadin proteins and the results obtained are dedicated to comparison.

Keywords: wheat, morphological index, grain quality, moisture, protein content

**DOĞAL MERA ALANINDAKİ BAZI BİTKİLERİN BESİN ELEMENT
İÇERİKLERİNİN BELİRLENMESİ**

Dr. Ayşegül KORKMAZ (ORCID:0000-0002-6745-5742)

Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi

Email:aysegul.korkmaz22@gmail.com

Özet

Kurak ve yarı kurak iklim kuşağında bulunan ülkemiz de mera alanları hayvancılıkta kaba yem kaynağı oluşturmaktadır. Hayvanların beslenmesinde ucuz kaba yem kaynağı olan bu bitkilerin besin element içeriğinin ve yemdeki dengeli dağılımının bilinmesi gerekmektedir. Bu çalışma küçükbaş hayvancılığın yaygın olduğu İran-Turan flora bölgesinde yer alan Karaman'a ait meradan toplanan bitkilerin besin element içeriklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu mera alanından kaya kekiği (*Satureja cuneifolia*), geven (*Astragalus spp.*), kenger (*Gundelia tournefortii*), çoban gülü (*Anthyllis vulneraria L.*) sürgün ve yaprak örnekleri toplanmıştır. Toplanan örneklerin besin element içerikleri (P, K, Ca, Mg, S, Fe, Zn, Cu, Mn ve B) belirlenmiştir. Kaya kekiği, geven, kenger ve çoban gülünün besin element içeriğinin istatistiki olarak ($p<0.01$) önemli bulunmuştur. Kengerin K, Ca, Fe, Zn, Cu, Mn ve B içeriği, kaya kekiği P ve Mg içeriği ve geven S içerikleri daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu türlerin çayırotlarının olamadığı, yeterli miktarda yem materyalinin temin edilemediği ve besin maddesi düşüşünün yaşandığı dönemlerde, yeşilliklerini devam eden türlerin besin element içeriği bakımından da alternatif yem kaynağı sağlamakta olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Besin elementi, çoban gülü, geven, İran-Turan florası, kaya kekiği, kenger

**DETERMINATION OF NUTRIENT ELEMENT CONTENTS OF SOME PLANTS IN
NATURAL ROUGHAGE AREA**

Abstract

In our country, which is located in arid and semi-arid climate zone, rangeland areas constitute a source of roughage in animal husbandry. It is necessary to know the nutrient content of these plants, which are cheap roughage sources in animal nutrition, and their balanced distribution in the feed. The aim of this study was to determine the nutrient content of plants collected from the pasture of Karaman, which is located in the Iran-Turanian flora region where ovine breeding is common. Shoot and leaf samples of rock thyme (*Satureja cuneifolia*), astragale (*Astragalus* spp.), kenger (*Gundelia tournefortii*), shepherd's rose (*Anthyllis vulneraria* L.) were collected from this pasture area. Nutrient contents (P, K, Ca, Mg, S, Fe, Zn, Cu, Mn and B) of the collected samples were determined. The nutrient contents of rock thyme, astragale, kenger and shepherd's rose were found to be statistically significant ($p < 0.01$). K, Ca, Fe, Zn, Cu, Mn and B contents of ragweed, P and Mg contents of rock thyme and S contents of astragale were higher. It was determined that these species provide an alternative feed source in terms of nutrient content of the species that continue their foliage during periods when grasses are not available, sufficient amount of feed material cannot be provided and nutrient decline is experienced.

Keywords: Nutrient element, shepherd rose, astragale, Irano-Turanian flora, rock thyme, kenger

**FARMERS' SOCIOECONOMIC RESILIENCE IN FACING COMMODITY PRICE
FLUCTUATIONS: STUDY IN PEMALANG**

Ilham FITRIYANSYAH (ORCID:0009-0001-3879-8834)

UIN K.H. Abdurrahman Wahid Pekalongan, Indonesia

Hendri Hermawan ADINUGRAHA (ORCID:0000-0002-8394-5776)

UIN K.H. Abdurrahman Wahid Pekalongan, Indonesia

Abstract

Farmers have significant challenges as a result of fluctuations in agricultural commodity prices, particularly when it comes to preserving their socioeconomic stability. The purpose of this study is to investigate the socioeconomic resilience of Pemalang farmers to fluctuations in the frequently erratic pricing of commodities. A case study methodology combined with qualitative research techniques allowed for a thorough comprehension of farmers' resilience and adaptation tactics. Field observations and in-depth interviews with farmers and other local stakeholders were used to gather data. According to the study's findings, Pemalang farmers have evolved a number of survival tactics, such as diversifying their businesses, controlling production costs, and using social networks to get knowledge and financial support. The results also show that elements like market expertise, technological availability, and community support are crucial in boosting their resilience. According to the study's findings, Pemalang farmers are able to show creative adaptation in the face of fluctuating product prices despite having few resources. The government and associated organizations are advised to improve market information availability, bolster farmer empowerment initiatives, and foster adaptability through ongoing training.

Keywords: Socio-economic Resilience, Farmers, Commodity Price Fluctuations

ROLE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN AGRICULTURE

Ajesh CHAUHAN*

Author of corresponding- Ajesh Chauhan, Assistant Professor, Hindu College of Pharmacy,
Sonipat, Haryana, India

Email:ajeshchauhan1996@gmail.com

Assistant Professor , Shivam RAJPUT

Author of corresponding- Ajesh Chauhan, Assistant Professor, Hindu College of Pharmacy,
Sonipat, Haryana, India

Abstract

Innovations in artificial intelligence (AI) are changing the face of agriculture by addressing long-standing problems with efficiency, longevity, and adaptability to changing weather patterns. More accurate crop health monitoring, resource allocation optimization, and yield prediction are all possible thanks to AI-driven technologies including data analytics, computer vision, and machine learning. Smart irrigation systems, autonomous planting and harvesting equipment, and real-time pest and disease monitoring are some of the ways artificial intelligence is being used in agriculture. In response to the increasing worldwide demand for food security in the face of climate change, these innovations aid in decreasing input waste, improving crop quality, and decreasing environmental effect. Still, there are obstacles to overcome, such as the high expense of implementation, worries about data privacy, and the requirement for technical knowledge, which dampen its potential. To fully harness the potential of AI in farming, we need legislation and research that will make AI technologies more accessible, enhance data integration, and tackle ethical concerns.

**A COMPREHENSIVE REVIEW ON GARLIC (*allium sativum*) REVEALING THEIR
THERAPEUTIC POTENTIAL AGAINST MALARIA**

K.R.Padma*(ORCID:0000-0002-6783-3248)

Department of Biotechnology, Sri Padmavati Mahila Visvavidyalayam (Women's
University), Tirupati, AP
Email:thulasipadi@gmail.com

K.R.Don (ORCID:0000-0003-3110-8076)

Reader, Department of Oral Pathology and Microbiology, Sree Balaji Dental College and
Hospital, Bharath Institute of Higher Education and Research (BIHER) Bharath University,
Chennai, Tamil Nadu, India
Email:drkrdon@gmail.com

Abstract

Even though malaria is a treatable and preventable disease, it continues to cause morbidity and mortality. Garlic (*Allium sativum*) has numerous health benefits in addition to its culinary features. This review explores garlic's culinary and therapeutic uses, with a focus on its outstanding antiparasitic properties. Garlic's bioactive components, including allicin, ajoene, and diallyl sulfides, make it helpful against numerous parasite illnesses, according to recent review research. These chemicals have demonstrated strong antiparasitic effectiveness in both in vitro and in vivo tests. The study summarizes studies showing garlic's usefulness in treating parasitic disorders such as malaria, giardiasis, leishmaniasis, schistosomiasis, and more. However, the growth of drug-resistant parasites, particularly *Plasmodium falciparum*, impedes malaria control measures. *Plasmodium falciparum* and *Plasmodium vivax* are prevalent across Ethiopia, accounting for 60% and 40% of malaria infections, respectively. The purpose of this report was to provide an overview of the phytochemical contents, variety, and action of several compound extracts on drug-resistant *Plasmodium* species. Many plant species, 200 in all, have been found in 82 research for usage in traditional malaria therapies around the country. *Allium sativum*, *Croton macrostachyus*, and *Carica papaya* were the most widely utilized medicinal plant species. Among these, *A. sativum* included numerous phytochemical components utilized to treat malaria. The most commonly reported active ingredients against drug-resistant malaria are alkaloids, flavonoids, phenolics, terpenoids, and glycosides. The plant has a high nutritional content and amazing medicinal potential. The outcomes of this study are required to evaluate the therapeutic potential since it could be a promising option for medication development.

Keywords: *Allium sativum*, Malaria, Flavonoids, antiparasitic activity, Drug resistant.

**THE ROLE OF STUDENTS IN PLANTING MANGROVES FOR
REDUCING THE RISK OF DISASTER IN AREAS PRONE TO ROB FLOODS
PEKALONGAN**

Rheisa Nailatul IZZA
UIN K.H. Abdurrahman Wahid Pekalongan
Indonesia
Email:rheisaizza@gmail.com

Abstract

Natural disasters, especially the tidal flood disaster, are a problem for the people of Pekalongan. The tidal floods that occurred in Pekalongan had quite a negative impact on the people of Pekalongan. This research further discusses the community's activities to minimize the negative effects of tidal floods through mangrove planting from socialization to practice. The research method used is descriptive qualitative. Data comes from secondary and primary data using interview techniques, observation and literature study. This research shows that students have an active role in planting mangroves. Mangrove planting activities have several stages before jumping into practice. Firstly, a socialization activity contains material presentations and things to do or avoid when planting mangroves. The second activity is a joint warm-up and familiarization between students. After that, mangroves were planted on land provided by the community. This land is located in Degayu Village, North Pekalongan District. Mangrove planting uses the direct technique of planting holes in bamboo stems.

Keyword: Disaster, Rob, and Student

**AGRO-WASTE BIOCHAR CONVERSION INTO A FISH FEED ADDITIVE:
ASSESSING ITS EFFECTS ON THE HEALTH AND PERFORMANCE OF
CYPRINUS CARPIO**

Esha RAZZAQ*

Fish Nutrition Laboratory, Department of Zoology, Government College University,
Faisalabad, Pakistan

Email:Mamjad5919@gmail.com

Syed Makhdoom HUSSAIN

Fish Nutrition Laboratory, Department of Zoology, Government College University,
Faisalabad, Pakistan

Muhammad AMJAD

Fish Nutrition Laboratory, Department of Zoology, Government College University,
Faisalabad, Pakistan

Ulfat MAQBOOL

Fish Nutrition Laboratory, Department of Zoology, Government College University,
Faisalabad, Pakistan

Rabee HASSAN

Fish Nutrition Laboratory, Department of Zoology, Government College University,
Faisalabad, Pakistan

Ajwa NAZAR

Fish Nutrition Laboratory, Department of Zoology, Government College University,
Faisalabad, Pakistan

Khalid HUSSAIN

Fish Nutrition Laboratory, Department of Zoology, Government College University,
Faisalabad, Pakistan

Abstract

A major problem nowadays is the proper and sustainable management of agro-waste. Supplementing the several fish feed formulations in this research were Biochar (BC) sourced from a variety of agricultural wastes, including cotton (C), wheat (W), corncob (CC), grass waste (Gw), and green waste (GW), and House wastes (HW). Different diets were administered to *Cyprinus carpio* fish to study their impact on growth, digestibility of nutrients and minerals, hematological, and body composition. For sixty days, they were given nothing but 2% biochar supplemented sunflower meal as a based diet. A control diet and six experimental diets were prepared, with each containing 2% of a different BC source: HW, CS, Gw, WS, CC, and GW. Each tank had 15 fingerlings, with three replicates for each test diet, and they were fed at 5% of biochar-supplemented body weight. The results indicated that supplementation with CCBC significantly ($p<0.05$) enhanced the growth performance, digestibility, and carcass quality of

Common carp, *C. carpio*, but HWBC had adverse outcomes. Adding 2% corn cob biochar (CCBC) to the feed of the test fishes resulted in the greatest efficiency in mineral absorption. Additionally, on being administered CCBC, the fish blood profiles showed significant improvements ($p<0.05$). Supplementing *C. carpio* with CCBC improved its growth, hematological, carcass, digestibility, and mineral status more than any other method.

Keywords: *C. carpio*, Biochar, corncob biochar, Agro-waste

**NUTRITIONAL INTERVENTIONS TO REDUCE ENTERIC METHANE EMISSION
IN DAIRY CATTLE**

Dona Mary ELDHOSE

College of Veterinary and Animal Science, Pookode, Wayanad

Email:donaeldhose1998@gmail.com

Jasmine RANI K

College of Veterinary and Animal Science, Pookode, Wayanad

Sejian V

Rajiv Gandhi Institute of Veterinary Education and Research, Kurumbapet, Puducherry
Presenting

Abstract

Methane (CH₄) is the single largest source of anthropogenic greenhouse gases (GHG) produced in agricultural systems, especially in ruminant husbandry. As global warming concerns escalate, research focus has shifted towards mitigating ruminant-derived CH₄ emissions. Ruminant-derived CH₄ emissions account for 35% of total anthropogenic CH₄ emissions, exacerbating global warming concerns. Enteric methane emissions from ruminants are primarily driven by microbial fermentation in the rumen. A sustainable solution requires practical, cost-effective measures without compromising livestock profitability. By impacting ruminal fermentation, animal nutrition plays a vital role in regulating greenhouse gas emissions, with diet manipulation and feed additives. Modifying diet composition offers the most feasible strategy to lower CH₄ production in dairy cattle, achieved through selecting optimal forages, increasing forage digestibility, and adjusting diet composition to reduce hydrogen formation. Additionally, increasing dietary starch concentration and adding dietary lipids and oilseeds have proven effective in decreasing CH₄ emissions, although these may have negative impacts on rumen fermentation, feed intake, and milk production and composition. Feed additives also offer a promising solution in dairy cattle, working either directly or indirectly to inhibit methanogenic archaea, which include 3-nitrooxypropanol and halogenated CH₄ analogs from macroalgae, as well as nitrates, ionophores, plant secondary compounds, and direct fed microbials, which alter the rumen environment and reduce substrate availability. In the alarming facet of global warming, it is essential to focus on advancements in feeding strategies which can be applied in the field by farmers to reduce enteric methane emission. Therefore, focusing on advancements in feeding strategies is crucial to reduce enteric methane emissions, and these innovative approaches can be readily applied by farmers in the field to combat alarming global warming.

Keywords: Enteric methane emission, global warming, rumen fermentation, feed additives

**A REVIEW OF PHYTOCHEMICAL SCREENING AND MEDICINAL PROPERTIES
OF EXTRACT FROM THE LEAVES, STEM BARK AND THE ROOTS OF
ADANSONIA DIGITATA**

Yahaya USMAN*

Department of pure and industrial chemistry, faculty of natural and applied science, Umaru
Musa Yar'adua University, Katsina, Nigeria
Email: 2016yahayausman@gmail.com

Abubakar SANI

Department of pure and industrial chemistry, faculty of natural and applied science, Umaru
Musa Yar'adua University, Katsina, Nigeria

Abstract

The baobab tree (*Adansonia digitata*) is a large, deciduous tree native to Africa, Australia, and the Indian Ocean. It's known for its unique features. The study examined the phytochemical properties of baobab's leaves obtained from baobab trees in Bayero University, Kano. The dried powdered leaves extract of the plant was analyzed for the presence or absence of phytochemicals (flavonoids, terpenoids, saponins, tannins, alkaloids, steroids, phenols, cardiac-active glycosides and chalcones) and the amount of each compound present was further quantified. The results of the phytochemical screening of the plant samples revealed that out of the 10 compounds screened, Triterpenes, Gelatin, Chalcones and Terpenoids were absent while Total phenols, Saponin, Flavonoids, Alkaloids. A further quantitative analysis revealed that the leaves *Adansonia digitata* are rich in Total phenols (17.26mg/5g), Saponin (9.93 mg/5g), Alkaloids (3.09mg/5g), Flavonoid (2.8mg/5g), Tannin (2.76 mg/5g) The presence of these compounds was known to show medicinal potentials as well as exhibiting physiological activity and this justified the use of *A. digitata*'s leaves, stem bark and roots as the majors sources of medicines. The results further implied that the species has potentials in food industry, pharmaceuticals and other allied industries.

Keywords: Alkaloids, Baobab, Flavonoids, Phytochemical screening.

BIRDS IN AGROLANDSCAPES IN NART (mongolia)

Tsegmid N.

Mongolian University of Life Science, Ulaanbaatar

Email:Tsegmid@mul.s.edu.mn

Oyuntuya SH

Mongolian University of Life Science, Ulaanbaatar

Bayarmaa KH.

Mongolian University of Life Science, Ulaanbaatar

Abstract

The article examines the specifics of poultry farming in the Central Province, including the territory of the Nart center. In Mongolia, 1.2 million fields considered suitable for cultivation are being cultivated using non-ecological technologies due to lack of moisture, and wheat is grown after two years of moisture has accumulated. In Mongolia, more than 200 people live per 1 km² of arable land. The Nart Center's 266-hectare territory provides space for students to undertake educational and industrial training. Nart center in the Central province is in the central agricultural region at an altitude of 980 meters above sea level at the coordinates 48°40'46" north latitude and 106°16'15" east longitude. According to the climate, it belongs to the arid and cold region. The annual rainfall is 160-235 mm. The study area is located between the Khangai and Khentii ranges. The relief here is dominated by smoothed mid-altitude mountains combined with wide intermountain valleys. The average absolute height of the mountains in this sub-area is 1500-2000 m, and the valleys are 80-1200 m. The mountain-forest-steppe belt is characterized by a unique combination of forests on the northern slopes and mountain steppes on the southern slopes. In ornithological terms, agriculture in Mongolia has not yet been fully studied. The studies were carried out at the end of May 2022. Particular attention was paid to the birds of agriculture. The names of the yutits in the list are translated from the summary of Gombobaatar Sundev and Christopher Leahy (2019) "Birds of Mongolia". In the agro landscapes of Nart, 12 bird species have been recorded, belonging to 3 orders, 6 families and 11 genera (Table 1). According to the nature of stay, 58% (n=7) of the birds are sedentary and 42% (n=5) migrate. According to the taxonomic structure, representatives of Passeriformes predominate in the agro landscapes - 83% (n=10). The main ecological group in the avifauna of agriculture are sclerophiles, the share of which is 42% (n=5) of the species. The share of dendrophiles is 33% (n=4), in open habitats the share of campophiles is 25% (n=3) of the species. Birds of agriculture are represented by widespread species of mid-latitudes: Trans-Palaearctic fauna type - 42% (n=5), Mongolian - 25% (n=3), European - 17% (n=2), Mediterranean - 8% (n=1) and Chinese 8% (n=1) species. In the agro landscapes in Nart, an ecological group of birds of the Sinanthropus type has formed. Passeriformes are the most numerous, where there are anthropogenic landscapes. A metal water tank installed for irrigation in a field is a resting place for blue pigeons. On the territory of the Nart center, its synanthropic

areas reliably nest the rock pigeon, magpie, chough, daurian jackdaw, barn swallow, house sparrow and tree sparrow. In open fields nest the little lark, skylark, and Mongolian lark. The nesting place of the black kite and raven is not clear. Here, only the barn swallow and tree sparrow built a nest, where they collected building material. The raven fed on mice. Conclusion. Thus, in the agro landscapes in Nart 12 species of birds are registered, belonging to 3 orders, 6 families and 11 genera. The main ecological group in the avifauna of agriculture are sclerophiles, the share of which is 5 species. The share of dendrophiles is 4, in open habitats the share of campophiles is 3 species. In the agro landscapes in Nart the ecological group of birds synanthropes has formed. Passeriformes are the most numerous, where there are anthropogenic landscapes.

**TOHUM İHRACATINDA HEDEF PAZAR SEÇİMİNİ ETKİLEYEN FAKTÖRLERİN
AHP YÖNTEMİYLE DEĞERLENDİRİLMESİ**

Dr. Öğr. Üyesi Fatma ÇİFTÇİ (ORCID:0000-0001-6362-1777)
KTO Karatay Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi
Email:fatma.ciftci@karatay.edu.tr

Dr. Gökçe Bahar GÜRBÜZER (ORCID:0000-0003-4996-4137)
KTO Karatay Üniversitesi, İktisadi, İdari ve Sosyal Bilimler Fakültesi
Email:gokce.ulug@karatay.edu.tr

Özet

İşletmelerin ihracat başarısı, uluslararası pazar araştırmalarının etkinliği ile doğrudan ilişkilidir. Uluslararası pazarlarda mevcut tüm fırsatların aynı anda değerlendirilmesi mümkün değildir. Bu sebeple ilk olarak hedef pazarların tespit edilip, ihracat pazarlama stratejilerinde öncelikli olarak bu pazarlara odaklanması gerekmektedir. Literatürde, uluslararası pazar seçim süreci için çeşitli yöntemler ve modeller bulunmaktadır. Ancak her işletmenin, kendi ihtiyaçlarına ve kaynaklarına uygun olan modeli seçip, bu modeli işletme yapısına uyarlaması gerekmektedir. Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV), belirli alternatifler arasında en uygun seçeneği birçok kriter açısından değerlendirerek seçmeyi mümkün kılan bir kavramdır. Bu nedenle, hedef pazar seçimi işletmeler için son derece önemli bir konudur ve bu itibarla ÇKKV yöntemleri aracılığıyla incelenebilir. Bu çalışmada, Konya'da faaliyet gösteren bir tohum üreticisinin pazar seçimini etkileyen faktörlerin belirlenmesi incelenmiştir. Araştırma çerçevesinde, ÇKKV yöntemlerinden biri olan Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) kullanılarak, işletmenin hedef pazar seçiminde önem verdiği kriterlerin ağırlıkları hesaplanmıştır. Bu kriterler arasında çeşit kabulü, iklimsel yapı, kar marjı, tarımsal potansiyel, pazar büyüklüğü, alternatif ürünlerde rekabet koşulları, bitki karantina şartları, tedarik zinciri avantajı, uluslararası siyasi iklim ve ülkeler arası mesafe bulunmaktadır. Tohum sektöründe ihracat yapan firmaların hedef pazar planlamaları için bu kriterlerin ağırlıkları doğrultusunda seçim öncelikleri belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Tohum, İhracat, Hedef Pazar Seçimi, AHP

**EVALUATION OF FACTORS AFFECTING TARGET MARKET SELECTION IN
SEED EXPORT USING AHP METHOD**

Abstract

The export success of companies is directly related to the effectiveness of international market research. It is not possible to evaluate all available opportunities in international markets simultaneously. Therefore, it is essential to first identify target markets and focus primarily on these markets in export marketing strategies. In the literature, there are various methods and models for the international market selection process. However, each business must select the model that best suits its needs and resources and adapt it to the structure of the business. Multi-Criteria Decision Making (MCDM) is a concept that allows selecting the most appropriate option among specific alternatives by evaluating them based on multiple criteria. Therefore, target market selection is an extremely important issue for businesses and can be examined through MCDM methods. In this study, the factors influencing the market selection of a seed producer operating in Konya were investigated. Within the framework of the research, the weights of the criteria prioritized by the company in target market selection were calculated using the Analytic Hierarchy Process (AHP), which is one of the MCDM methods. These criteria include variety acceptance, climatic structure, profit margin, agricultural potential, market size, competitive conditions in alternative products, plant quarantine regulations, supply chain advantage, international political climate, and distance between countries. Based on the weights of these criteria, the selection priorities for export market planning in the seed industry have been determined.

Keywords: Seed, Export, Target Market Selection, AHP

**PUBLIC PERCEPTION OF THE IMPACT OF HAZARDOUS WASTE
MANAGEMENT ON HEALTH**

Emy NAILIS (ORCID:0009-0002-3321-3435)
UIN K.H. Abdurrahman Wahid Pekalongan, Indonesia

Hendri Hermawan ADINUGRAHA (ORCID:0000-0002-8394-5776)
UIN K.H. Abdurrahman Wahid Pekalongan, Indonesia

Abstract

Hazardous and toxic (B3) waste management is an important issue in the effort to protect public health and the environment. This study aims to analyze community perceptions of the impact of hazardous and toxic waste management on health, with a focus on community understanding, attitudes and actions towards health risks that may be posed by hazardous and toxic waste. This research uses a qualitative method with a descriptive approach, through in-depth interviews and observations in areas that have high levels of industrial activity. The results showed that most communities have a limited understanding of hazardous and toxic waste and its health impacts, but there is a high concern about the risk of exposure to such waste. The community perceives that hazardous waste management by industry and government is still ineffective, potentially increasing health risks. This study identifies the need for further education and socialization on hazardous waste, as well as stricter supervision in the management process. The recommendations of this study are expected to serve as a reference for the government and related parties in increasing public awareness and preventive actions related to hazardous waste management that has an impact on public health.

Keywords: Public perception, hazardous waste management, and health

**KIRSAL KALKINMANIN STRATEJİK DİNAMIĞI OLARAK İHRACATA DAYALI
BÜYÜME:
TÜRKİYE'NİN GELECEK PERSPEKTİFİ**

Dr. Öğr. Üyesi Fatma ÇİFTÇİ (ORCID:0000-0001-6362-1777)
KTO Karatay Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi
Email:fatma.ciftci@karatay.edu.tr

Dr. Gökçe Bahar GÜRBÜZER (ORCID:0000-0003-4996-4137)
KTO Karatay Üniversitesi, İktisadi, İdari ve Sosyal Bilimler Fakültesi
Email:gokce.ulug@karatay.edu.tr

Özet

İhracata dayalı büyüme, özellikle Türkiye gibi gelişmekte olan ekonomilerde ekonomik kalkınmanın itici gücü olarak kabul edilmektedir. Özellikle sınırlı pazar erişimi ve düşük yatırım seviyeleriyle mücadele eden kırsal bölgeler açısından, ihracata dayalı büyüme stratejisi, bu bölgelerde ekonomik dönüşüm ve kalkınma için kritik bir fırsat sunar. Üretim kapasitelerini artırarak, altyapıyı iyileştirerek ve kırsal alanları uluslararası pazarlara bağlayarak, ihracat odaklı stratejiler kırsal kalkınmaya bir araç olarak hizmet edebilir. Bu araştırmada, Türkiye'nin kırsal kalkınma süreçlerini hızlandırmak ve sürdürülebilir kılmak için ihracata dayalı büyüme modelinin stratejik bir dinamik olarak nasıl kullanılabileceğini incelenmektedir. Türkiye, geniş tarım arazileri ve zengin doğal kaynaklarıyla kırsal alanlarında büyük ekonomik potansiyele sahiptir. Ancak, bu potansiyelin etkin şekilde ihracata yönlendirilmesi için yapısal reformlar, altyapı yatırımları ve kırsal bölgelerin ekonomik ekosisteminin güçlendirilmesi gerekmektedir. Çalışma kapsamında, Türkiye'nin 1980-2022 yılları arasındaki tarım ürünleri ihracat verileri dikkate alınarak gelecek on yıllık ihracat tahminlemesi yapılmıştır. Elde edilen veriler doğrultusunda tarım sektörünün ihracat entegrasyonu, kırsal kalkınmaya yönelik süreçler ele alınmaktadır. Ayrıca, küresel pazarlarda rekabet edebilirliği artırmak için kırsal kalkınma ve ihracata dayalı büyümenin nasıl uyumlu hale getirilebileceğine dair öneriler sunulmaktadır. Bu bağlamda, ihracata dayalı büyümenin kırsal kalkınmada sadece ekonomik değil, aynı zamanda sosyal kalkınmaya da katkı sağlayabileceği vurgulanmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Kırsal kalkınma, İhracat, Lineer Regresyon, Tahmin

**EXPORT-LED GROWTH AS A STRATEGIC DYNAMIC FOR RURAL
DEVELOPMENT: TURKEY'S FUTURE PERSPECTIVE**

Abstract

Export-led growth is regarded as a driving force for economic development, particularly in emerging economies like Turkey. An export-led growth strategy presents a critical opportunity for economic transformation and development in rural areas, particularly those struggling with limited market access and low levels of investment. By enhancing production capacities, improving infrastructure, and connecting rural areas to international markets, export-oriented strategies can serve as a tool for rural development. This research examines how the export-led growth model can be utilized as a strategic dynamic to accelerate and sustain rural development processes in Turkey. With its vast agricultural lands and abundant natural resources, Turkey's rural areas possess significant economic potential. However, structural reforms, infrastructure investments, and the strengthening of the economic ecosystem in rural regions are essential to effectively channel this potential towards exports. As part of the study, export data for agricultural products from Turkey between 1980 and 2023 has been considered, and a forecast for the next ten years of exports has been made. Based on the data obtained, the process of export integration in the agricultural sector and its implications for rural development are examined. Additionally, recommendations are provided on how to align rural development with export-led growth to enhance competitiveness in global markets. In this context, it is emphasized that export-led growth can contribute not only to economic development but also to social development in rural areas.

Keywords: Rural development, Export, Linear Regression, Artificial Neural Network

**THE ROLE OF MANGROVE ECOSYSTEMS IN MITIGATING ABRASION
DISASTERS ON THE COAST OF PEKALONGAN CITY**

Saila Arzaqina (ORCID:0009-0005-5623-1013)
UIN K.H. Abdurrahman Wahid Pekalongan, Indonesia

Hendri Hermawan ADINUGRAHA (ORCID:0000-0002-8394-5776)
UIN K.H. Abdurrahman Wahid Pekalongan, Indonesia

Abstract

This study aims to assess the role of mangrove ecosystems in mitigating abrasion disasters in coastal areas of Pekalongan City. Mangrove ecosystems are unique and vulnerable ecosystems, but have multi-purpose functions both biologically, ecologically, and economically in reducing the energy of ocean waves. This can slow down the process of soil erosion. In addition, mangroves contribute to improving environmental quality, providing shelter for various species of fish and birds, and maintaining ecosystem balance. The research method used is a qualitative method with a descriptive approach. Data sources were obtained through interviews, observations, as well as documentation with the local community. Related relevant research is also used as a source of data, then collected by the author to be studied more deeply related to the role of mangrove ecosystems in abrasion disaster mitigation. The results showed that the mangrove ecosystem has a crucial role for the life of the habitat of living things around it. The existence of mangrove ecosystems is very important in preventing abrasion disasters.

Keywords: Role, mangrove ecosystem, disaster, and pekalongan

**GREEN SYNTHESIZED SILVER NANOPARTICLES: CHARACTERIZATION,
PHYTOSTIMULATORY IMPACTS, AND DEGRADATION POTENTIAL FOR
ORGANIC POLLUTANTS**

Hafiza Komal NAEEM

Superior group of colleges , campus for university program, Mandi Bahaudin, Punjab,
Pakistan.

Samia SHARIF

Superior group of colleges , campus for university program, Mandi Bahaudin, Punjab,
Pakistan.

Areeba YOUNAS

Superior group of colleges , campus for university program, Mandi Bahaudin, Punjab,
Pakistan.

Mariam IJAZ

Superior group of colleges , campus for university program, Mandi Bahaudin, Punjab,
Pakistan.

Abstract

Green synthesis of nanoparticles using plants is one of the most convenient, economical, and eco-friendly methods nowadays. Moreover, green synthesized silver nanoparticles (AgNPs) have gained interest due to their possible uses in agriculture and the environmental field. The present study focused on the biological synthesis of AgNPs using *Triticum aestivum* and *Zea mays*, their characterization, and their phytostimulatory impact and remediation potential for organic pollutants. Three different types of AgNPs treatments were prepared, T₁ was synthesized by using *Triticum aestivum*, T₂, by using *Zea mays*, and T₃ was a mixture of both types of nanoparticles. T₁ analyzed via EDX showed the presence of 44% of Ag⁰ and T₂ showed 66% of Ag⁰ present in dried pellets extracted after synthesis. At 40 µg mL⁻¹ of T₁, T₂, and T₃ applied on methylene blue, 43.3, 47.4, and 49.7% decrease in absorbance of dye solution was recorded, respectively. Paper samples treated with *Brevundimonas diminuta* showed 40% more degradation than *Bacillus tropicus*. At 40 µg mL⁻¹ of T₁ and T₂ and 30 µg mL⁻¹ of T₃ 142.8, 71.4 and 33.2% higher degradation was recorded against paper, compared to *Brevundimonas diminuta*. At 20 µg mL⁻¹ of T₁, T₂, and T₃ wheat plants showed ≈17.7, 24.6, and 23.9% increase in plant growth, respectively. Similarly, 79.2, 142 and 34.4% increase in chlorophyll content, 26.5, 65.3 and 38.7% increase in protein content was also found by T₁, T₂, and T₃ respectively. Corn plants showed 16.9, 26.1, and 12.3% increases in plant growth, 79, 151.6, and 196.7% increases in chlorophyll content, 118, 185, and 114.7% increase in protein content by T₁ and T₂. In conclusion, AgNPs showed a significant increase in plant growth and biochemical parameters of corn and wheat and appeared to act as potential remediating agents for organic pollutants.

**DIGITAL TRANSFORMATION FOR ENVIRONMENTAL SUSTAINABILITY IN IT
INDUSTRY**

Assistant Professor, Dr. M.K. GANESHAN (ORCID:0000-0003-2407-1527)
MIET Engineering College Trichy, Tamil Nadu, India
Email: mkganeshanmba@gmail.com

Abstract

Digital transformation is the process of using digital technologies to change or create new products, services, and business operations. Digital transformation for environmental sustainability in the IT industry focuses on reducing energy use, emissions, and e-waste through innovative technologies. By adopting IoT, AI, and cloud computing, IT firms can enhance resource efficiency and minimize their environmental footprint. Key strategies include optimizing data centers for energy efficiency, implementing green IT practices, and promoting remote work to reduce commute emissions. IT companies are adopting circular economy models by managing waste, recycling hardware, and extending product lifecycles. Through these approaches, the IT industry plays a crucial role in advancing environmental sustainability and supporting broader corporate and global goals. Companies can reduce their carbon footprint, optimize energy use, and minimize e-waste, contributing to a sustainable digital ecosystem.

Keywords: digital transformation, environmental sustainability, green technology, artificial technology, IT industry.

**REVOLUTIONIZING CARE: CUSTOMIZED LIFESTYLE STRATEGIES FOR
ENDOMETRIOSIS AND LEIOMYOMATA"**

Professor , Dr Mahr-u-NISA

The Hajvery University Euro Campus Gulberg III , Lahore
Group Members

Muhammad Danyal IQBAL

The Hajvery University Euro Campus Gulberg III , Lahore
Group Members

Samraiz ABBAS

The Hajvery University Euro Campus Gulberg III , Lahore
Group Members

Usama SAKHI

The Hajvery University Euro Campus Gulberg III , Lahore
Group Members

Muhammad ZOHAIB

The Hajvery University Euro Campus Gulberg III , Lahore
Group Members

Nouman Abdul GAFAR

The Hajvery University Euro Campus Gulberg III , Lahore
Group Members

Abstract

Endometriosis is a prevalent estrogen-dependent disease where tissue resembling the uterine lining develops outside the uterus, causing inflammation, fibrosis, and pain. While primarily affecting the pelvic region, endometriosis can also manifest in atypical sites such as the umbilicus, lymphatics, nerve roots, lung pleura, brain, and pericardium. Recent research indicates that endometriosis is a systemic disorder impacting mood, metabolism, autoimmune conditions, cancer susceptibility, and cardiovascular health. It affects approximately 10% of individuals of reproductive age with a uterus, with 60% experiencing chronic pelvic pain, 80% suffering from menstrual pain (dysmenorrhea), and 30-50% facing infertility challenges. Diagnosis primarily relies on surgical methods due to the absence of specific biomarkers. Treatment involves surgical excision of lesions and/or hormonal therapies aimed at reducing estrogen levels. Endometriosis significantly impairs quality of life and imposes substantial healthcare costs, estimated at \$69 billion annually in the U.S. Despite extensive research efforts, diagnosing and managing endometriosis remains challenging due to its diverse manifestations, varied forms, and systemic impacts. Furthermore, limited awareness among healthcare providers and societal attitudes towards menstruation and pelvic pain can hinder timely diagnosis and appropriate treatment, particularly among underserved populations. Estimating

the prevalence of endometriosis is complicated, with reported rates ranging from 0.8% to 11%, influenced by study methodologies and diagnostic criteria. The disease can be asymptomatic or present with a range of symptoms, complicating detection. Endometriosis typically presents in three primary forms: ovarian endometriomas, superficial peritoneal lesions, and deep infiltrating endometriosis. Sampson's theory, proposed in 1927, remains the prevailing explanation for the disease's pathogenesis, suggesting retrograde menstruation leads to the implantation of endometrial cells on pelvic organs, triggering an inflammatory response. Key factors contributing to disease development include heightened estrogen levels

Keywords: Endometriosis, Hormone-dependent , Chronic inflammation , Surgical diagnosis
Therapeutic management

**PRODUCTION OF PROTEIN HYDROLYSATES WITH BIOSTIMULANT
ACTIVITY FROM OLIVE SUPPLY CHAIN WASTE**

Eleonora CALZONI

Centro di Eccellenza Materiali Innovativi Nanostrutturati (CEMIN), University of Perugia,
Italy

Ciro TOLISANO

Department of Agricultural, Food and Environmental Sciences, University of Perugia, Italy

Agnese BERTOLDI

Department of Chemistry, Biology and Biotechnology, University of Perugia, Italy

Nicolò MONTEGIOVE

Department of Civil and Environmental Engineering, University of Perugia, Italy

Alessio CESARETTI

Centro di Eccellenza Materiali Innovativi Nanostrutturati (CEMIN), University of Perugia,
Italy

Dario PRIOLO

Department of Agricultural, Food and Environmental Sciences, University of Perugia, Italy

Daniele DEL BUONO

Department of Agricultural, Food and Environmental Sciences, University of Perugia, Italy

Carla EMILIANI

Department of Chemistry, Biology and Biotechnology, University of Perugia, Italy, Centro di
Eccellenza Materiali Innovativi Nanostrutturati (CEMIN), University of Perugia, Italy

Abstract

Agro-industrial activities generate large amounts of waste that must then be disposed of. Currently, considerable research work is underway aimed at enhancing these wastes with the aim of transforming them into high added-value products, thus directing agriculture towards a circular economy system. Olive growing and oil production are key activities of Mediterranean region and assume an important social and economic importance. However, significant amounts of by-products, such as olive mill wastewater, pomace and olive stone, are derived from the olive oil extraction process, which can have significant environmental and economic implications. Therefore, the treatment of these biomasses for the recovery of valuable substances makes it possible to reduce the problems associated with their disposal and to develop innovative products that can also be used in agriculture. In particular, olive mill wastewater and pomace have a considerable content of bioactive molecules that can be recovered by applying or developing appropriate technologies. The aim of this work was

therefore the production of Protein Hydrolysates (PHs) from oil production by-products, applying an innovative and eco-friendly technology based on mild thermal hydrolysis that, unlike traditional chemical hydrolysis, it is performed under mild conditions of pH and temperature, allowing to obtain a good quality hydrolysate characterized by a high content of peptides and single amino acids. The obtained PHs were tested on Zea mays seeds to evaluate their effect on the crop in the early stages of development and on Zea mays leaves to test the foliar growth. A metabolomic analysis was also performed in order to evaluate the alteration in some characteristic metabolic pathways. Among the different type of PHs, those derived from pomace showed stimulating effects on the development of maize seedlings at the aerial and root level and on some physiological parameters. On the other hand, hydrolysates obtained from olive mill wastewater showed limited or no significant effects. These results are justified by the different composition in terms of peptides and amino acids of the PHs, in relation to the starting biomass. However, the stimulating and beneficial effects of PHs from pomace on corn are entirely encouraging. This work has been funded by the European Union - NextGenerationEU within the Italian Ministry of University and Research (MUR) National Innovation Ecosystem grant ECS00000041 – VITALITY (to Carla Emiliani) promoted by the Ministry of University and Research (MUR). We

DINAMIKA EKONOMI PETERNAKAN AYAM DI KANDANGSERANG

Mu'aimin

UIN K.H. Abdurrahman Wahid Pekalongan, Indonesia

Hendri Hermawan ADINUGRAHA, M.S.I.

UIN K.H. Abdurrahman Wahid Pekalongan, Indonesia

Abstrak

This research aims to analyze the strengths, weaknesses, opportunities and threats (SWOT) of chicken farming in the Teluk Serang area, Pekalongan Regency. Qualitative data was obtained through in-depth interviews with breeders and other stakeholders. The results of the SWOT analysis show that chicken farming has great potential for development, but also faces various challenges. This research provides strategic recommendations for the sustainable development of chicken farming, such as improving genetic quality, market development, and government support.

YEŞİL PATENTLERİN İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ SORUNUNU ÇÖZME POTANSİYELİ: ÜLKE DENEYİMLERİNDEN SONUÇLAR

Dr. Arş. Gör. Sabriye AK KURAN (ORCID:0000-0001-6625-1521)
Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi
Email:akkuran@nevsehir.edu.tr

Özet

Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'nin (BMİDÇS) Paris'te düzenlenen 21. Taraflar Konferansı'nda imzaya açılan Paris Anlaşması kapsamında belirlenen "küresel ortalama sıcaklıktaki artışı sanayileşme öncesindeki seviyeye göre 2°C'nin oldukça altında tutmak ve sıcaklık artışını sanayileşme öncesi dönemdeki seviyelerin 1,5°C üzeri ile sınırlandırmak için çaba göstermek" hedefine ulaşılması, 21. Yüzyılın en önemli zorluklarından birisidir (Paris Anlaşması, 2015: Madde 2; Lavopa ve Menéndez, 2023: 2) ve bu zorluğun üstesinden gelmek mümkün olsa da halen hedeflenen düzeyde bir başarıya ulaşılamamıştır. Üstelik iklim değişikliği sorununun yarattığı olumsuz etkiler gün geçtikçe daha da derinleşerek artmaktadır. Öyle ki, Washington Üniversitesi Tıp Fakültesi'nde bulunan ve bağımsız bir halk sağlığı araştırma kuruluşu olan Sağlık Ölçümleri ve Değerlendirme Enstitüsü (IHME) tarafından yayımlanan "Küresel Hava Durumu/2024" başlıklı raporda, PM2.5 ve ozondan kaynaklı hava kirliliğinin 2021 yılında 8.1 milyon kişinin ölümüne (toplam küresel ölümlerin yaklaşık %12'sine) neden olduğu belirtilmiştir (HEI ve IHME, 2024: 14). Benzer şekilde, uluslararası bir yardım kuruluşu olan Christian Aid tarafından yayımlanan rapora göre, 30 Kasım-12 Aralık 2023 tarihleri arasında yapılan son Taraflar Konferansı'ndan (COP 28) bu yana geçen 6 aylık süreçte bile iklim değişikliği nedeniyle daha olası ve/veya daha şiddetli hale geldiği belirtilen 4 aşırı hava olayından kaynaklı olarak 2.500'den fazla insan ölmüş ve 41 milyar dolardan fazla ekonomik zarar ortaya çıkmıştır (Pearce ve Ware, 2024: 5, 15). Dolayısıyla iklim değişikliğinin etkileriyle yüzleşmek ve bu etkileri ortadan kaldırmak için çözüm bulmak giderek daha da önemli hale gelmektedir. Bu kapsamda, son yıllarda fikri mülkiyet haklarının (özel olarak yeşil patentlerin) iklim değişikliği sorununu azaltmada oynayabileceği/oyunması gereken rol konusunda yoğunlaşan tartışmalar bulunmaktadır (Chu, 2012: 55). Bu tartışmaların bir tarafında yeşil patentler kavramı, iklim değişikliğiyle mücadele önlemlerinin bir parçası olarak karşımıza çıkmakta ve söz konusu patentler aracılığıyla iklim değişikliği üzerinde önemli bir etkisi olabilecek buluşlara yönelik desteğin en üst düzeye çıkarılabileceği iddia edilmektedir (de Lima vd., 2013: 64). Diğer tarafında ise, yeşil patentlerin iklim değişikliği sorununu azaltmaya yönelik küresel bir çabanın önünde bir engel teşkil edebileceği (Chu, 2012: 55) hatta patentlerin sıklıkla stratejik bir silah olarak kullanılabildiğine dikkat çekilmektedir (Hilty ve D. Batista, 2023: 824). Her ne kadar yeşil patentlerin iklim değişikliği sorunu karşısında bir çözüm aracı olup olamayacağına ilişkin tartışmalarda net ve yaygın olarak kabul görmüş bir sonuca ulaşılamasa da son 20 yılda yeşil patentlerin gelişiminde istikrarlı bir artış gözlemlenmiştir. Öyle ki 2001-2022 yılları arasındaki dönemde yeşil patentlerin sayısı 20 kat artarak yaklaşık 50.000'den 1 milyonun üzerine çıkmıştır (Lavopa ve Menéndez, 2023: 3-4). Dolayısıyla yeşil patent başvurularına yönelik bu artan eğilimin iklim değişikliği sorununun çözümü bakımından yalnızca teorik düzeyde yapılan bir tartışma konusu olmaktan çıkarılıp daha derin bir analizinin yapılması gerekmektedir. Ancak burada özellikle

belirtmek gerekir ki, bu analizi yapabilmek de kolay değildir. Çünkü yeşil patentlerin uygulamadaki etkinliğini ele alan çalışma sayısı görece çok yetersizdir. Yapılan çalışmalar ise çoğunlukla tüm yeşil patentlerin önemli bir bölümüne sahip şirketler ve bu şirketlerin yer aldığı beş ülke üzerinde yoğunlaşmıştır. Japonya'daki şirketler %32 oranla bu alanda lider konumdadır ardından ise %19 ile Çin, %18 ile ABD, %8 ile Almanya ve %8 ile Kore Cumhuriyeti gelmektedir (Lavopa ve Menéndez, 2023: 7). Dolayısıyla bu çalışmada, yeşil patent başvurusu ve sahipliğinin iklim değişikliği sorununu önlemekteki etkinliğine ilişkin tartışma bu beş ülkeye ilişkin olarak yapılan saha analizleri çerçevesinde yürütülmektedir. Japonya'da yapılan çalışma sonuçları, bir firmanın yeşil AR-GE yatırımlarının karbon emisyonlarını azalttığını ve firma değerini artırdığını doğrulamıştır (Lee ve Min, 2015: 540). Çin'de yapılan çalışma sonuçları, yeşil faydalı model patentlerinin sayısındaki artışın kısa vadede karbon performansını engellediğini ancak uzun vadede karbon yoğunluğunu azaltmaya yardımcı olduğunu göstermiştir (Wang vd., 2022:10). Amerika'da yapılan çalışmada, IMEGDTT'te (Deniz enerjisi üretimi, dağıtımı veya iletimle ilgili teknolojilerde yenilik) %1'lik bir artışın CO₂'de %0,012'lik bir azalmaya yol açtığı vurgulanmıştır (Liguo, Ahmad ve Khattak, 2022:10). Almanya'da yapılan çalışmada, çevreyle ilgili patentlerde %1'lik bir artışın CO₂ emisyonlarını %0,31 oranında azaltacağı belirtilmiştir (Pata, Sofuoğlu, Ahmed ve Kızilkaya, 2023:162-163). Güney Kore'de yapılan çalışma ise, IMET'te (Deniz enerjisi üretimi, dağıtımı veya iletimiyle ilgili teknolojiler) %1'lik bir artışın CO₂'de %0,047'lik bir azalmaya yol açtığını göstermiştir (Jiang ve Khattak, 2023: 8). Yeşil patentler konusunda önemli bir paya sahip olan bu ülkeler üzerinde yapılan saha analizlerinden hareketle, yeşil patentlerin iklim değişikliği ile mücadele konusunda etkin bir rol oynayabileceğini ya da en azından iklim değişikliğinin olumsuz etkilerini hafifletebileceğini söylemek mümkündür.

Anahtar Kelimeler: Yeşil Patentler, Yeşil Teknolojiler, Fikri Mülkiyet Hakları, İklim Değişikliği, Şirketler.

**THE POTENTIAL OF GREEN PATENTS TO SOLVING THE CLIMATE CHANGE
PROBLEM: RESULTS FROM COUNTRY EXPERIENCES**

Abstract

Achieving the goal of “keeping the increase in global average temperature well below 2°C above pre-industrial levels and making efforts to limit the temperature increase to 1.5°C above pre-industrial levels”, determined within the scope of the Paris Agreement, which was opened for signature at the 21st Conference of the Parties to the United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) in Paris, is one of the most important challenges of the 21st century (Paris Agreement, 2015: Article 2; Lavopa and Menéndez, 2023: 2), and although it is possible to overcome this challenge, the targeted level of success has not yet been achieved. Moreover, the negative effects of the climate change problem are deepening and increasing day by day. In fact, in the report titled “Global Air Condition/2024” published by the Institute for Health Metrics and Evaluation (IHME), an independent public health research organization based at the University of Washington School of Medicine, it was stated that air pollution caused by PM2.5 and ozone caused the deaths of 8.1 million people in 2021 (approximately 12% of total global deaths) (HEI and IHME, 2024: 14). Similarly, according to a report published by Christian Aid, an international aid organization, in the 6-month period since the last Conference of the Parties (COP 28) held between 30 November and 12 December 2023, more than 2,500 people have died and more than \$41 billion in economic damage has occurred due to 4 extreme weather events that have become more likely and/or more severe due to climate change (Pearce and Ware, 2024: 5, 15). Therefore, confronting the impacts of climate change and finding solutions to mitigate these effects is becoming increasingly important. In this context, in recent years, there have been intensifying discussions on the role that intellectual property rights (in particular green patents) can/should play in reducing the climate change problem (Chu, 2012: 55). On one side of these discussions, the concept of green patents emerges as part of measures to combat climate change, and it is claimed that support for inventions that can have a significant impact on climate change can be maximized through these patents (de Lima et al., 2013: 64). On the other side, it is noted that green patents can be an obstacle to a global effort to reduce the climate change problem (Chu, 2012: 55), and even that patents can often be used as a strategic weapon (Hilty and D. Batista, 2023: 824). Although there is no clear and widely accepted conclusion in the discussions on whether green patents can be a solution to the climate change problem, there has been a steady increase in the development of green patents in the last 20 years. In fact, the number of green patents increased 20-fold between 2001 and 2022, from approximately 50,000 to over 1 million (Lavopa and Menéndez, 2023: 3-4). Thus, the increasing trend in green patent applications should not remain a theoretical subject in addressing climate change; rather, it warrants a more in-depth analysis. However, it should be particularly noted here that it is not easy to conduct this analysis. Because the number of studies addressing the effectiveness of green patents in practice is relatively insufficient. The studies conducted have mostly focused on companies that own a significant portion of all green patents and the five countries where these companies are located. Companies in Japan are the leaders in this field with 32%, followed by China with 19%, the USA with 18%, Germany with 8% and the Republic of Korea with 8% (Lavopa and Menéndez, 2023: 7). Therefore, in this study, the discussion on the effectiveness of green patent applications and ownership in

preventing climate change is carried out within the framework of field analyses conducted for these five countries. The results of the study conducted in Japan confirmed that a company's green R&D investments reduce carbon emissions and increase firm value (Lee and Min, 2015: 540). The results of the study conducted in China showed that the increase in the number of green utility model patents hinders carbon performance in the short term but helps reduce carbon intensity in the long term (Wang et al., 2022: 10). In a study conducted in the United States, it was emphasized that a 1% increase in IMEGDIT (Innovation in technologies related to marine energy production, distribution or transmission) led to a 0.012% reduction in CO₂ (Liguo, Ahmad and Khattak, 2022:10). In a study conducted in Germany, it was stated that a 1% increase in environmental patents would reduce CO₂ emissions by 0.31% (Pata, Sofuoğlu, Ahmed and Kizilkaya, 2023:162-163). In South Korea, a study showed that a 1% increase in IMET (technologies related to marine energy production, distribution or transmission) led to a 0.047% reduction in CO₂ (Jiang and Khattak, 2023: 8). Based on field analyses in these countries, which hold a substantial share of green patents, it can be suggested that green patents can play an effective role in combating climate change or, at the very least, mitigating its adverse effects.

Keywords: Green Patents, Green Technologies, Intellectual Property Rights, Climate Change, Corporations.

**A COMPREHENSIVE STUDY AIMED AT ASSESSING THE POST-TREATMENT
MANAGEMENT STRATEGIES AND SURVIVAL RATES IN BREAST CANCER
PATIENTS**

Research , Scholar , Muhammad ABDULLAH

Hajvery University,Lahore,Pakistan
Email:abdullah-320-P-1647@hup.edu.pk

Muhammad ABDULLAH

Hajvery University,Lahore,Pakistan

Dr.Mah-ru-nisa ATIF

Hajvery University,Lahore,Pakistan

Dr.Beenish OSAMA

Hajvery University,Lahore,Pakistan

Dr.Nadia BILAL

Hajvery University,Lahore,Pakistan

Dr.Rimsha YOUSAF

Hajvery University,Lahore,Pakistan

Abstract

A comprehensive study aimed at assessing the Post-Treatment Management Strategies and Survival Rates in Breast Cancer (BC) Patients. To investigate the Impact of Breast cancer on the quality of life and health outcomes of individuals Living with cancer in Lahore. The study is to assess the prevalence and risk factors Associated with in Breast cancer the Pakistani population. To explore the clinical Manifestations (CM) and diagnostic criteria used for the early detection of the Breast cancer in Lahore . To evaluate the current management strategies and Healthcare practices in place for individuals with Breast cancer in women. To Conduct a comprehensive literature review to gather data on the prevalence, Clinical characteristics, and management of Breast cancer in Lahore ,Punjab Pakistan. To collect primary data through surveys and interviews with healthcare Professionals, individuals living with Breast cancer, and their families to gain insights Into the impact of Post treatment Management strategies of Breast cancer on their Lives. A comprehensive study aimed at assessing the Post-Treatment Management Strategies and Survival Rates in Breast Cancer Patients. To assess the effectiveness Of existing management strategies, including medications, lifestyle interventions, And patient education, in controlling the progression of Breast cancer. To propose Recommendations and interventions aimed at improving the prevention, early Diagnosis, and management of Breast cancer in Pakistan.

Keywords : Breast Cancer, clinical manifestations

TARIM POLİTİKALARI, GIDA GÜVENLİĞİ VE GÖÇ İLİŞKİSİ¹

Yüksek Lisans Öğrencisi, İnci AYDIN (ORCID:0009-0001-3856-427X)
Gaziantep Üniversitesi, Göç Enstitüsü, Göç Çalışmaları
Email: inciaydn547@gmail.com

Özet

Çalışma, 1950-2000 yılları arasında uygulanan tarım politikalarının, kırdan kente göç ve gıda güvencesi üzerindeki etkisini saptamak amacıyla yapılmıştır. Nitel bir araştırma olup bilgilere literatür taraması yoluyla ulaşılmıştır. Kırsal alanlarda halkın temel geçim kaynağı tarımsal üretimdir, bu nedenle tarım politikaları, kırsal nüfusun yaşamını doğrudan etkilemektedir. Devletin, üreticiye yönelik düzenleyici ve destekleyici politikaları ile üretim artışı sağlanırken, aksi durumlarda ise tarımsal üretim gerilemektedir. Yanlış politikalar, kırsal nüfusun başka iş arayışlarıyla kentlere göç etmesine neden olmaktadır. Kırsal nüfusun tarımsal üretimden uzaklaşarak üreticiliği bırakıp tüketici durumuna düşmesi gıda güvencesinin sağlanmasını zorlaştırmaktadır. Gıda güvencesi, bir ülkenin tarım politikalarıyla doğrudan ilişkilidir. Tarım politikaları, gıda üretimini ve arzını artırmayı hedeflemeli, tarımsal üretimi sürekli ve sürdürülebilir kılmalıdır. Türkiye gibi gelişmekte olan ülkelerde tarım politikaları, uluslararası kuruluşların baskısıyla şekillenmiştir. Özellikle 1950 Marshall Planı ve imzalanan uluslararası anlaşmalar her ne kadar makineleşme ile üretimi arttırmış, ekilen tarım arazilerini genişletmiş olsa da makine girdileri ve tarımsal girdiler dışa bağımlılığın başlangıcını oluşturmuştur. Neoliberal politika tercihleri ise devletin tarıma desteğini azaltmış, bu durum, üreticilerin piyasa dalgalanmalarına karşı korunmasız kalmasına neden olmuştur. Türkiye’de tarım arazilerinin parçalanması, küçük üreticilerin maliyetlerle baş edememesi gibi faktörler, kırsal göçün artmasına ve tarımsal üretimin düşmesine neden olmuştur. Kırsaldan kente göç, tarım sektöründeki işgücü kaybının önemli bir sonucudur. Tarımsal üretimde çalışan nüfusun azalması, tarım sektörünün kariyer olarak tercih edilmemesi, gıda ürünlerinde ithalat artışı, tarım politikalarının yetersizliğiyle ilişkilidir. Kırsal kalkınmayı destekleyecek politikalar, göçün önlenmesi ve gıda güvencesinin sağlanması açısından kritik rol oynamaktadır. Tarımsal üretimin artırılması, üreticilerin sosyal ve ekonomik açıdan desteklenmesi, üretici örgütlerinin güçlendirilmesi ve uluslararası piyasadaki rekabet koşullarına karşı korunması, ithalat yerine yerli üretimin teşviki bu sürecin anahtarıdır. Tarım politikaları, gıda güvenliği ve kırsal göç arasında sebep sonuç ilişkisi bulunmaktadır. Tarım politikalarının kırsal üreticiyi desteklemesi, gıda güvenliğinin sağlanması, kırsal göçün önlenmesi için stratejik bir öneme sahiptir.

Anahtar Kelimeler: Tarım Politikaları, Göç, Gıda Güvenliği

¹ Bu çalışma Doç. Dr. Ali Özkan danışmanlığında hazırlanmakta olan “1975-1995 Yılları Arasında Kırdan Kente Göçün Ve Tarım Politikalarındaki Dönüşümün Gıda Güvenliği Ve Gıda Güvencesine Etkisi” başlıklı tezden üretilmiştir.

**THE RELATIONSHIP BETWEEN AGRICULTURAL POLICIES, FOOD SECURITY
AND MIGRATION**

Abstract

The study was conducted to determine the impact of agricultural policies implemented between 1950-2000 on rural-urban migration and food security. It is a qualitative research and information was obtained through literature review. The main source of livelihood of the people in rural areas is agricultural production; therefore, agricultural policies directly affect the lives of the rural population. While production increases with the state's regulatory and supportive policies towards producers, agricultural production declines otherwise. Wrong policies cause the rural population to migrate to cities in search of other jobs. When the rural population moves away from agricultural production and becomes consumers instead of producers, it makes it difficult to ensure food security. Food security is directly related to a country's agricultural policies. Agricultural policies should aim to increase food production and supply and make agricultural production continuous and sustainable. Agricultural policies in developing countries such as Turkey have been shaped by the pressure of international organizations. Although the Marshall Plan of 1950 and the international agreements signed increased production through mechanization and expanded the cultivated agricultural lands, machinery and agricultural inputs constituted the beginning of foreign dependency. Neoliberal policy preferences have reduced state support to agriculture, leaving producers vulnerable to market fluctuations. In Turkey, factors such as the fragmentation of agricultural land and the inability of small producers to cope with costs have led to an increase in rural migration and a decline in agricultural production. Rural-urban migration is an important consequence of the loss of labor force in the agricultural sector. The decrease in the population working in agricultural production, the lack of preference for agriculture as a career, and the increase in imports of food products are related to the inadequacy of agricultural policies. Policies to support rural development play a critical role in preventing migration and ensuring food security. Increasing agricultural production, supporting producers socially and economically, strengthening producer organizations and protecting them against competition in international markets, and encouraging domestic production instead of imports are key to this process. There is a cause and effect relationship between agricultural policies, food security and rural migration. It is of strategic importance for agricultural policies to support rural producers, to ensure food security and to prevent rural migration.

Keywords: Agricultural Policies, Migration, Food Security

**EXPLORING THE THERAPEUTIC POTENTIAL OF ACEFYLLINE DERIVATIVES
AS MAO-B INHIBITORS**

Ali IRFAN

Department of Chemistry, Government College University Faisalabad, Faisalabad, Pakistan.

Ameer Fawad ZAHOOR*

Department of Chemistry, Government College University Faisalabad, Faisalabad, Pakistan.

Email:fawad.zahoor@gcuf.edu.pk

Irum SHAHZADI

Department of Chemistry, Government College University Faisalabad, Faisalabad, Pakistan.

Muhammad HAROON

Department of Chemistry, Government College University Faisalabad, Faisalabad, Pakistan.

Abstract

This study focuses on the computational screening of acefylline derivatives (B14-B21) as anti-MAO-B inhibitors (monoamine oxidase B). For this purpose, different acefylline derivatives were subjected to molecular docking by using GOLD software and all targeted derivatives exhibited good docking scores. Among all targeted compounds, B14-16, B20 and B21 displayed exceptional bindings even better than standards safinamide and istradefylline. All these potent derivatives established important hydrogen bonding interactions. Furthermore, the ADMET properties of potent analogs were determined, and all exhibited a favorable pharmacokinetic profile with no toxicity. Consequently, this study suggested that these acefylline derivatives (B14-B21) may be considered as a promising candidate against Parkinson's disease.

Keywords: Parkinson's disease, Computational screening, MAO-B inhibitors, Docking, ADMET

ROLE OF DRIP IRRIGATION IN CLIMATE RESILIENCE

Akinleye, Abiodun OLAMILEKAN (ORCID:0009-0004-2939-5066)

Department of Computer Engineering, School of Engineering, Federal Polytechnic Ilaro,
Ogun State, Nigeria.

Email: akinleyeao@gmail.com

Adaramola, Ojo JAYEOLA (ORCID:0000-0002-2959-0361)

Department of Computer Engineering, School of Engineering, Federal Polytechnic Ilaro,
Ogun State, Nigeria.

Email: ojo.adaramola@federalpolyilaro.edu.ng

Abstract

By reducing water waste and facilitating fertigation—the process of delivering fertilizer, water, and nutrients straight to plant roots —drip irrigation, which conserves water and enhances food security, was specifically highlighted in this study on climatic adaptation strategies. Drip irrigation has several advantages, but many farmers find it difficult to implement because of large upfront costs, ignorance, technical difficulties, and infrastructure constraints. A standardized questionnaire was utilized in a research with 401 farmers to collect information about their experiences and how drip irrigation affects climate resilience. The results highlight the need for easily obtainable alternatives to get beyond obstacles to adoption, particularly for nearby farms.

Keywords: Climate Resilience, Drip Irrigation, Fertigation, Food Security, Plant Root

**KIRSALDA YERLEŞİM ÖZELLİKLERİNİN KIRSAL ALANLARIN
KALKINMASINA ETKİLERİNİN İNCELENMESİ**

Dr. Adayı, Ziraat Yük. Müh. Osman İNAN (ORCID:0000-0001-7306-5516)
Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Ekonomisi Anabilimdalı,
Tekirdağ, Türkiye.
Email:osmaninan.2025@gmail.com

Dr. Öğr. Üyesi Sema KONYALI (ORCID:0000-0002-6049-495X)
Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Ekonomisi Bölümü, Tekirdağ,
Türkiye.
Email:skonyali@nku.edu.tr

Özet

Kırsal alanlar, ekonomik ve sosyal nedenlerle ilginin azaldığı kentlere göre yaşamanın daha zorlu olduğu alanlar olmuştur. Kırsal kesimin ekonomik yapısı ve sorunları daha çok tarıma dayalı olduğu bilinerek tarımsal açıdan desteklenerek çözülmek istenmektedir. Oysaki kalıcı bir politika aracı olarak tarımsal desteklemeler yanında, kırsal alanların ekonomik olarak kendi içerisinde döngüsel yaşamasını sağlayacak diğer ekonomik faaliyetlerle geliştirilmesi, kırsal kesimde sosyal iyileştirmeler yapılması, kırsala hizmet getirme kalitesinin artırılması ile kırsal yerleşimlerin dayanıklılığının güçlendirilmesi zorunludur. Temelde, kırsal alanların kendi içlerinde ekonomik ve sosyal kırılmalıklarını azaltarak bir döngü oluşturabilmeleri ile dışarıdan ilgi görebilmelerinin sağlanması; memur, turist, öğrenci, emekli vb. kesimleri yöreye çekip kendi ekonomik ve sosyal alt yapılarını desteklemeleri aranmaktadır. Bu araştırmada, kırsal yerleşimlerin özelliklerinin anlaşılması, kırsal kesimin sorunlarının ve kırılmalıklarının tanımlanması, kırsal alanların geçmişte ve günümüzde planlanması ve idaresi konusu incelenmiştir. Araştırma sonucunda, kırsal yerleşmelerin eskiden gelen ve devam eden altyapı ve temel hizmetlere ilişkin dayanıksızlıkların günümüzde farklı bir boyutta ele alınması gerektiği belirlenmiştir. Söz konusu bu dayanıksızlıklar, genelde kamu hizmetlerindeki eksikliklerden kaynaklanmaktadır. Nüfusun az olması kamu hizmetlerinin yapılabilmesini azaltmakta ve böylece hizmetlerin kalitesinin düşmesi ve nüfusun göç etmesi kaçınılmaz olmaktadır. Kırsal yerleşmelerin planlanmasında tek bir yerleşimde bütün bir hizmet unsurlarının bulundurulması değil, temelde kümelenme şeklinde kır yerleşimlerinin birbirleriyle daha sıkı irtibatlandırılmaları sağlanabilir. Geçmişte uygulanan bazı örneklerden yola çıkılarak ya da bunlardan ilham alıp geliştirilerek birbirlerine yakın köylerden birinin ibadethane, birinin sağlık ocağı, birinin eğitim kurumu, birinin sosyal donatı, birinin ekonomik bir birim vd. ile hizmet alması sağlanabilir. Bu şekilde kırsal kesimde irtibatı, haberleşmeyi ve ticaretin artırması hedeflenerek kırsal yerleşim nüfus yönünden büyütülüp, yerleşim içerisinde bir ekonomik ve sosyal döngü oluşturabilir. Bu araştırmada ayrıca, kırsal yerleşim düzeninin en iyi biçimde sağlanması ve kırsal alanların kendilerini ekonomik ve sosyal açıdan güçlendirmesi ile dışarıdan ilgi görebilmesi hususunda öneriler getirilmiştir. Bu çalışmanın konuyla ilgili araştırmacılara, karar vericilere, kırsal alanlara ve kırsal kalkınmaya katkı sağlaması hedeflenmektedir.

Anahtar Kelimeler: Kırsal Yerleşme, Kalkınma, Kırsal Alan Planlaması, Kırsal Alan Yönetimi, Kırsal Kalkınma

**INVESTIGATION OF THE EFFECTS OF RURAL SETTLEMENT
CHARACTERISTICS ON THE DEVELOPMENT OF RURAL AREAS**

Abstract

Rural areas have become areas where it is more difficult to live compared to the cities where interest has decreased due to economic and social reasons. Knowing that the economic structure and problems of the rural areas are mostly based on agriculture, it is aimed to be solved by supporting agriculture. However, in addition to agricultural subsidies as a permanent policy instrument, it is imperative to develop rural areas with other economic activities that will enable rural areas to live economically in a circular way, to make social improvements in rural areas, to increase the quality of service delivery to rural areas and to strengthen the resilience of rural settlements. Basically, it is sought to ensure that rural areas can create a cycle by reducing their economic and social vulnerability within themselves and to attract external interest; to attract civil servants, tourists, students, retirees, etc. to the region and to support their own economic and social infrastructure. In this research, understanding the characteristics of rural settlements, defining the problems and vulnerabilities of rural areas, planning and management of rural areas in the past and present are analysed. As a result of the research, it has been determined that the old and continuing vulnerabilities of rural settlements regarding infrastructure and basic services should be addressed in a different dimension today. These vulnerabilities are generally caused by deficiencies in public services. The low population reduces the availability of public services and thus the quality of services decreases and migration of the population becomes inevitable. In the planning of rural settlements, it can be ensured that rural settlements are more closely linked to each other in the form of clustering, rather than having all service elements in a single settlement. Based on or inspired by some examples applied in the past, one of the villages close to each other can be provided with a place of worship, one with a health centre, one with an educational institution, one with social facilities, one with an economic unit and so on. In this way, the rural settlement can be enlarged in terms of population by aiming to increase contact, communication and trade in rural areas, and an economic and social cycle can be created within the settlement. In this study, suggestions have also been made to ensure the best rural settlement organisation and to strengthen rural areas economically and socially and to attract external interest. This study is aimed to contribute to researchers, decision makers, rural areas and rural development.

Keywords: Rural Settlement, Development, Rural Area Planning, Rural Area Management, Rural Development

MAINTAINING ENVIRONMENTAL BALANCE: CHALLENGES AND SOLUTIONS

Heru aji SANTOSO (ORCID: 0000-0002-7416-3828)
UIN KH. Abdurrahman Wahid Pekalongan, Indonesia
Email:heru.aji.santoso.mhs@uingusdur.ac.id

Abstract

the environment is a place where living things can live. environmental changes triggered by human activities have become an urgent global issue. various negative impacts, such as global warming, air pollution, decreased water quality, and ecosystem damage, increasingly threaten environmental balance. this research aims to analyze the main factors that contribute to environmental degradation and their impact on human life. the methods used include analysis of literature related to environmental change as well as case studies regarding practices that worsen or improve environmental conditions. the research results show that industrial activities, urbanization and unsustainable resource consumption are the main causes of environmental damage. mitigation efforts, such as the use of renewable energy, efficient waste management, and environmental awareness campaigns, have proven effective in reducing the rate of damage. environmental conservation efforts, through sustainable policies, education and community participation, are very important to reduce these negative impacts and maintain ecosystem balance for the survival of future generations. so having a clean environment will provide comfort for all of us. this concern and involvement should be based on a reflection of faith in the relationship between nature and its creator, this involvement must be visible in maintaining the divinity and preservation of nature, repairing what is damaged while preventing further damage.

Keywords: environment, pollution, comfort

**TECHNOLOGICAL INNOVATION IN AGRICULTURAL MODERNIZATION:
STRATEGIES TOWARD SUSTAINABLE AGRICULTURAL SYSTEMS**

Muhammad Luthfi Al ABSHOR (ORCID:0009-0001-6913-3990)
UIN K.H Abdurrahman Wahid Pekalongan, Indonesia

Hendri Hermawan ADINUGRAHA (ORCID:0000-0002-8394-5776)
UIN K.H. Abdurrahman Wahid Pekalongan, Indonesia

Abstract

Agriculture is a vital sector in global food security that continues to face modern challenges. Technological developments and climate change have had significant impacts on both traditional and modern agricultural practices. This research aims to analyze the transformation of the agricultural sector and its adaptation strategies in the face of contemporary challenges. The methods used include a comprehensive literature study on agricultural innovation and analysis of case studies of technology implementation in sustainable agricultural systems. The results show that the integration of digital technologies, precision farming practices, and smart farming systems contribute positively to production efficiency and sustainability. The use of IoT sensors, drones for crop monitoring, and automated irrigation systems are proven to increase productivity while optimizing resource use. Efforts to develop sustainable agriculture through the implementation of environmentally friendly practices, crop rotation, and integrated pest management are essential to maintain soil fertility and biodiversity. Improving farmers' capacity through training and access to modern technology is also key in facing the challenges of climate change and growing food demand, so that the creation of a resilient and sustainable agricultural system can ensure future food security.

Keywords: agriculture, technology, sustainability

**MATHEMATICAL MODELING OF AN AUTOMATED SOLAR PANEL CLEANING
PROTOTYPE**

Muhammad SUFIAN

Abstract

This paper proposes a mathematical model for an automated solar panel cleaning prototype to resolve dust accumulation efficiency losses, which can lower solar panel output by 10-40% depending on environmental conditions. In areas with little water, existing cleaning procedures are challenging, expensive, and environmentally harmful. The paper evaluates worldwide cleaning models and proposes an optimised, regionally appropriate robotic cleaning system using sensors and control algorithms to enhance efficiency, water usage, and prices. Key mathematical equations manage cleaning mechanism power. The model calculates efficiency loss from dust using $P_{\text{dust}} = (1 - D) \times P_{\text{max}}$, where D is the dust percentage and P_{max} is the panel's initial output. Dust reduction enhances panel efficiency by 30%, increasing output from 210 W to 300 W. Sensors analyse dust and humidity to determine when to clean depending on sunlight patterns and minimise energy use during peak sunshine hours. An energy balancing equation uses dry-cleaning and limited water-based cleaning cycles to preserve resources. The model, which employs microfiber brushes, humidity sensors, and NIR-based dust detection, showed real-time flexibility and 25% efficiency increases in various settings. Environmental monitoring and adaptive control algorithms decrease manual labour and water usage, making the cleaning system economically feasible and sustainable. This model will be extended to various solar panel types and improved to adapt to changing climatic circumstances to improve solar power generating efficiency and sustainability.

Keywords: Automated Solar Panel Cleaning; Control Algorithms; Dust Accumulation; Efficiency Optimization; Mathematical Modeling; Renewable Energy

**THE MICROCLIMATE OF SCREEN HOUSE: AN OPTIMAL ENVIRONMENT FOR
GROWTH, DISEASE RESISTANCE, AND QUALITY FRUIT DEVELOPMENT IN
SOLANACEOUS CROPS (cherry tomato and chili)**

Farhan AHMAD

Department of Agronomy, Agricultural Faculty. Universitas Padjadjaran. Jl. Bandung-
Sumedang km 21 Jatinangor, Sumedang. West Java. Indonesia

Kusumiyati KUSUMIYATI*

Department of Agronomy, Agricultural Faculty. Universitas Padjadjaran. Jl. Bandung-
Sumedang km 21 Jatinangor, Sumedang. West Java. Indonesia

Email:kusumiyati@unpad.ac.id

Mochamad ARIEF SOLEH

Department of Agronomy, Agricultural Faculty. Universitas Padjadjaran. Jl. Bandung-
Sumedang km 21 Jatinangor, Sumedang. West Java. Indonesia

Muhammad Rabnawaz KHAN

Department of Agronomy, Faculty of Crop Production Sciences, The University of
Agriculture Peshawar, Peshawar. Khyber Pakhtunkhwa, Pakistan

Ristina SITI SUNDARI

Department of Agribusiness, Faculty of Agriculture, Universitas Perjuangan. Jl. PETA No.
177 Tasikmalaya, West Java. Indonesia

Abstract

For solanaceous crops like cherry tomatoes and chili, screen houses offer a regulated microclimate that protects plants from harmful environmental stresses and infections, improving development, production, and fruit quality. Since these crops are susceptible to light, humidity, and temperature changes, screen buildings provide a better-growing environment than open fields. This systematic review investigates the effects of screen house microclimate on solanaceous crop growth, fruit quality, and disease resistance. Data comparing fruit quality, production, and the occurrence of pests and diseases between screen houses and other farming systems—like open fields and greenhouses—were gathered from multiple peer-reviewed research. The crops produced in screen houses were regularly found to have higher levels of disease resistance, enhanced fruit firmness, and greater marketability. The incidence of diseases, especially fungal infections, was considerably lower in screen house circumstances because of the controlled environment, which makes it less favorable for the growth of pathogens. Additionally, cherry tomatoes and chili cultivated in screen houses produced superior commercial yields due to increased fruit quality metrics like size, color, and antioxidant levels. A meta-analysis of disease incidence and yield from multiple studies is also included in the paper, offering statistical support for the advantages of screen house cultivation. The economic ramifications for farmers are covered in the conclusion, focusing on the enhanced profitability even with the early setup expenditures.

Keywords:Screen house microclimate, disease resistance, fruit quality, marketable fruits, protected cultivation

**IMPACT OF MANGROVE LAND CONVERSION ON COASTAL ECOSYSTEM
BALANCE**

Tia Rinjani

UIN K.H Abdurrahman Wahid Pekalongan, Indonesia

Abstract

This research examines the impact of mangrove land conversion on the balance of coastal ecosystems, which is becoming an increasing concern due to excessive human activity. Mangroves serve important functions in coastal ecosystems, such as preventing abrasion, reducing wave impacts, and providing habitat for various marine life. However, the conversion of mangrove land into ponds, settlements and industrial areas has caused significant ecosystem degradation. This research uses a qualitative approach with literature study method and secondary data analysis to understand the relationship between mangrove forest loss and coastal ecosystem changes. The results show that the conversion of mangrove land causes a decrease in the quality of the coastal environment, such as increased coastal abrasion, loss of important habitat for biodiversity, and decreased water quality. In addition, the decline in mangrove area also affects the welfare of coastal communities that depend on these natural resources. Therefore, appropriate conservation and rehabilitation measures are needed, including policies that regulate sustainable coastal land use. In conclusion, mangrove land conversion has a negative impact on the balance of coastal ecosystems and requires serious mitigation efforts to maintain the sustainability of the ecosystem and the welfare of local communities.

Keywords: land conversion, mangrove, coastal ecosystem, coastal abrasion, biodiversity

**POTENTIAL FOR BROILER CHICKEN FARMING BUSINESS DEVELOPMENT
IN KEDUNGWUNI DISTRICT, PEKALONGAN REGENCY**

M. Hadi ASFARI

Universitas Islam Negeri K.H. Abdurrahman Wahid Pekalongan

Email:m.hadi.asfari@mhs.uingusdur.ac.id

Abstract

The goal of this study is to determine the Pekalongan district's potential for developing broiler chicken farms. The survey method was employed in this study. Locacion Cuetiont (LQ), the analysis used in this study, indicates 1.89 for the base sector, which means that broiler farms in Pekalongan Regency can be developed to fulfill the demands of the region as a whole as well as those of the surrounding area or to be exported. Growth research reveals that the production sector as a whole obtained 13.32% of the data in 2022-2023, compared to 6.42% in 2020-2021. According to share research, broiler in Kec Kedungwuni Kab Pekalongan has a low contribution rate, with a mean value of 0.61%.

Keywords: Potential Development Of Broiler Chickens

**ANALYSIS OF THE WAGE SYSTEM FOR LIVA STREAMING HOST TIKTOK
SHOP ON KOKO SHIRT PRODUCTS IN PEKALONGAN DISTRICT ACCORDING
TO AN ISLAMIC ECONOMIC PERSPECTIVE**

Andhita Rahmatika ICHSAN

State Islamic University K.H. Abdurrahman Wahid Pekalongan, Indonesia

Abstract

This study analyzes the TikTok Shop live streaming host wage system on koko shirt products in Pekalongan Regency from an Islamic economic perspective. The rapid development of e-commerce platforms, especially TikTok Shop, has given rise to a new job, namely live streaming host. This study aims to evaluate whether the wage system applied has fulfilled the principles of Islamic economics. The method used is a qualitative approach with descriptive methods through observation, interviews and documentation. Data analysis was carried out through the stages of data reduction, data presentation and conclusion drawing. The results showed that the two online shops of koko clothes have implemented wages for live hosts in accordance with the perspective of Islamic economics, because they have implemented the principles of justice and feasibility in providing wages. Although there are some aspects that need to be improved again as sharia-based business practices develop in the context of the digital economy.

Keyword: Wages, Host Live Streaming, Islamic Economics

BİNGÖL İLİ'NDE KOYUN YETİŞTİRİCİLİĞİNİN YAPISAL ÖZELLİKLERİ

Arş. Gör. Dr. Tuğba TANMAN YÜKSEL (ORCID:0000-0003-1897-0630)
Bingöl Üniversitesi, Veteriner Fakültesi
Email:ttanman@bingol.edu.tr

Veteriner Hekim, Mehmet KARABACAK (ORCID:0009-0004-3278-4492)
Veteriner Hekim, Konya
Email:mehmet.21karabacak@gmail.com

Özet

Bu çalışma, Bingöl ilinde koyunculukla uğraşan yetiştiricilerin işletmelerinin yapısal özelliklerini belirlemek amacıyla yapılmıştır. Bu amaçla 126 koyun yetiştiriciliği yapılan işletme sahibi ile yüz yüze anket çalışması uygulanmıştır. Elde edilen veriler frekans analizi yapılarak değerlendirilmiştir. Yapılan bu çalışmada koyun yetiştiriciliğiyle yoğun olarak ilgilenen yetiştiricilerin büyük çoğunluğunun 36-55 yaş aralığında olduğu belirlenmiştir. İşletme sahiplerinin % 68'i ilkokul veya ortaokul mezunu; %7'lik kısmı ise üniversite mezunudur. Yetiştiricilerin büyük çoğunluğu 21 yıldan uzun bir süredir koyunculukla uğraştığını belirtmiştir. İlde koyunculuk faaliyeti büyük oranda göçer şekilde yapılmakta olup, düşük oranda da olsa yerleşik ve yaylacılık tarzında üretime de yer verilmektedir. Yetiştiricilerin büyük çoğunluğu koyunculuk faaliyetini geleneksel bir alışkanlık olarak sürdürdüklerini ve tek geçim kaynağı olarak yaptıklarını belirtmiştir. Koyun sürülerinin çoğunlukla Morkaraman ırkından, az miktarda da Akkaraman ırkından oluştuğu belirlenmiştir. Yetiştiriciler bu ırkları, verim olarak daha çok yalnızca et ya da et ve süt beraber elde etmek amaçlı tercih ettiklerini bildirmişlerdir. Ağıl tipi genellikle kapalı şekilde olup, barınak tabanı topraktır. İlde koyunların genellikle 18 aylık yaşta, koçların ise 24 aylık yaşta ilk defa çiftleştirildiği belirlenmiştir. Koç katım döneminde sürüde 7 baş ve daha az sayıda koç kullanıldığı ve koç katım dönemi olarak Ağustos ve Eylül aylarının tercih edildiği bildirilmiştir. Sağımı yapılan sürülerde genellikle elle sağım yapılmakta ve kuzu emerken sağım yapılmamaktadır. Koyunların tırnak bakımları ile kuzuların göbek bakımları yapılmamaktadır. Aşı uygulamalarının çoğunlukla yetiştiriciler tarafından yapıldığı belirtilmiştir. İşletmelerde en fazla ayak-tırnak hastalıkları, yavru atma problemleri ve paraziter hastalıklarla ilgili sorunlar yaşadıklarını belirtmişlerdir. Koyun yetiştiricileri en fazla yem fiyatları ve mera kiralalarının yüksek olmasına karşılık, pazarda bekledikleri kârı elde edemediklerinden yakınmıştır. Hayvancılık faaliyetlerini sürdürebilmeleri için devletten yem desteği, veteriner hizmeti, damızlık temini ve çoban desteği talep ettiklerini belirtmişlerdir. Ayrıca meraya dayalı yetiştiricilik yaptıklarından, meraları iyileştirmeye yönelik uygulamaların özellikle genç bireylerin koyunculuk faaliyetinden kopmaması adına faydalı olacağını bildirmişlerdir.

Anahtar Kelimeler: Koyun yetiştiriciliği, yapısal analiz, Bingöl.

**STRUCTURAL CHARACTERISTICS OF SHEEP BREEDING IN BINGOL
PROVINCE**

Abstract

This study was conducted to determine the structural characteristics of the enterprises of sheep breeders in Bingöl province. For this purpose, a face-to-face survey was conducted with 126 sheep breeding enterprise owners. The data obtained were evaluated by frequency analysis. In this study, it was determined that the majority of the breeders who were intensively engaged in sheep breeding were between the ages of 36-55. 68% of the owners are primary or secondary school graduates and 7% of them are university graduates. The majority of the breeders stated that they have been engaged in sheep farming for more than 21 years. In the province, sheep breeding is mostly carried out in a nomadic way, and there is also a low rate of settled and transhumance production. The majority of the breeders stated that they continue sheep breeding as a traditional habit and that it is their only source of livelihood. It was determined that the sheep flocks consisted mostly of Morkaraman breed and a small amount of Akkaraman breed. Breeders reported that they prefer these breeds for meat only or for obtaining meat and milk together. The sheep fold type is generally closed and the shelter floor is made of soil. It was determined that ewes are usually mated for the first time at the age of 18 months and rams at the age of 24 months in the province. It was reported that 7 or less rams were used in the flock and August and September months were preferred as the ram siring period. In the milking flocks, milking is generally done by hand and milking is not done while the lamb is suckling. Nail care of ewes and navel care of lambs are not performed. It was stated that vaccination was mostly done by the breeders. The breeders reported that the most common problems in the enterprises were foot and nail diseases, problems with puppy dropping and parasitic diseases. Sheep breeders complained that they could not obtain the profit they expected in the market despite the high feed prices and pasture rents. They stated that they demanded feed support, veterinary service, breeding supply and shepherd support from the government in order to continue their livestock activities. In addition, since they are engaged in pasture-based breeding, they stated that practices aimed at improving pastures would be beneficial especially for young individuals not to break away from sheep breeding activities.

Keywords: Sheep Breeding, structural analysis, Bingol

**ANALYSIS OF THE IMPACT OF FINTECH ON IMPULSIVE BUYING BEHAVIOR
OF GEN Z IN PEKALONGAN REGENCY**

Nailil Mufidah QOSIM

Abstract

This study aims to analyze the impact of financial technology (Fintech) on impulsive buying behavior among Generation Z in Pekalongan Regency. With technological advancement, Fintech services in Indonesia have significantly increased, enabling easy access to digital payments through applications such as OVO, GoPay, and Dana. Generation Z, known as “digital natives,” tends to be influenced by the convenience of these platforms for impulsive purchases, especially with the presence of promotions and quick transaction accessibility. This study employs a qualitative approach to gain a deeper understanding of the psychological and social factors influencing impulsive buying behavior associated with Fintech usage. The research findings are expected to provide new insights into the relationship between Fintech and consumption patterns in local communities and its impact on the economic behavior of Generation Z.

Keyword: Fintech, Impulsive buying, Generation Z

**KIZILDAĞ YENİYAPAN VE BAZLAMAÇ (Kırşehir/mucur) KÖYLERİNDE GIDA
TÜKETİMİNDE KULLANILAN BİTKİLER**

Doç. Dr. Hakkı DEMİRELMA (ORCID:0000-0002-1098-1899)

Selçuk Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü

Email:demirelma@gmail.com

Müzeyyen DEMİR (ORCID:0009-0003-3378-8500)

Selçuk Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Yüksek Lisans Öğrencisi

Email:muzeyyenayr@gmail.com

Özet

Bu çalışma 2022-2023 yılları arasında Kırşehir'in Mucur ilçesine bağlı Kızıldağ Yeniyapan ve Bazlamaç köylerinde etnobotanik üzerine yapılmıştır. Kırşehir Davis'in Grid kareleme sistemine göre B5 karesinde yer almaktadır. Çalışma alanımızdaki bitkilerin özellikle vejetasyon dönemleri göz önüne alınarak arazi çalışmaları yapılmış, alandan toplanan bitki örneklerinin kullanım amacı ve yöntemleri hakkında yöre halkından bilgi edinilmiştir. Çalışmada 28 kişi ile görüşülmüştür. Görüşme yapılan kişilerden kadınların yaş aralığı 18-63 olup, erkeklerin yaş aralığı ise 30-70'tir. Yöre halkına bitkileri nasıl ve hangi amaçla kullandıkları sorulduğunda, yemek, salata, çay ve baharat olarak kullandıklarını, bitkilerin bir kısmını çiğ olarak tüketirken bir kısmını da kavurma, börek ve sulu yemek şeklinde tükettiklerini ifade etmişlerdir. Ayrıca yöre halkı bazı bitki türlerinin hayvanlarda süt verimini artırdığı için yem bitkisi olarak da kullandıklarını belirtmişlerdir. Yapmış olduğumuz çalışmada 74 bitki taksonunun gıda olarak kullanıldığı tespit edilmiştir. Bu bitkilerin büyük çoğunluğunu Asteraceae (Compositae) familyasına ait bitki taksonları oluşturmaktadır. Yöre halkı tarafından en yüksek kullanım oranına sahip olan cinsler Asteraceae familyasına ait olan *Carduus* ve *Centaurea*'dır. Kullanım yoğunluğu bakımından Asteraceae familyasını sırasıyla Caryophyllaceae, Lamiaceae (Labiatae) ve Brassicaceae (Cruciferae) familyaları takip etmektedir. Çalışma alanımızda yer alan bitki örnekleri yöre halkıyla birlikte doğal yaşam alanlarından toplanmış olup, bitkilere vermiş oldukları yöresel adlar ve bitkilerin toplandığı lokaliteler kayıt altına alınmıştır. Periyodik dönemlerde doğal habitatlarında bitki taksonlarının fotoğrafları çekilmiş, bitkiler bitki toplama prensiplerine göre toplanmış, uygun şekilde preslenip, kurutulmuştur. Daha sonra bitki taksonlarının teşhisinde "Flora of Turkey and the East Aegean Island" adlı eserden faydalanılmıştır. Teşhisi yapılan bitki örnekleri Selçuk Üniversitesi Fen Fakültesi Herbariumu'nda saklanmak üzere kayıt altına alınmıştır. Bu çalışma, üzerinde çalışmakta olduğumuz 'Kızıldağ Yeniyapan ve Bazlamaç (Kırşehir/Mucur) Köylerinin Etnobotanik Özellikleri' adlı tez çalışmamızın bir bölümüdür.

Anahtar Kelimeler: Etnobotanik, Gıda olarak tüketilen bitkiler, Kırşehir, Kızıldağ Yeniyapan köyü , Bazlamaç köyü

**PLANTS USED IN FOOD CONSUMPTION IN KIZILDAĞ YENIYAPAN AND
BAZLAMAC (KIRŞEHİR/MUCUR) VILLAGES**

Abstract

This study was carried out on ethnobotany in the villages of Kızıldağ Yenyapan and Bazlamaç in Mucur district of Kırşehir between 2022 and 2023. Kırşehir is located in the B5 square according to Davis' Grid grid system. Field studies were carried out, especially considering the vegetation periods of the plants in our study area, and information was obtained from the local people about the purpose and methods of use of the plant samples collected from the field. 28 people were interviewed in the study. Among the interviewees, the age range of women is 18-63, and the age range of men is 30-70. When the local people were asked how and for what purpose they used the plants, they stated that they used them as food, salad, tea and spices, and that they consumed some of the plants raw, while others were consumed in the form of roasting, pastries and stews. Local people also stated that they use some plant species as fodder plants because they increase milk yield in animals. In our study, it was determined that 74 plant taxa were used as food. The majority of these plants are plant taxa belonging to the Asteraceae (Compositae) family. The genera with the highest usage rate by the local people are *Carduus* and *Centaurea*, which belong to the Asteraceae family. In terms of usage intensity, the Asteraceae family is followed by the Caryophyllaceae, Lamiaceae (Labiatae) and Brassicaceae (Cruciferae) families, respectively. The plant samples in our study area were collected from natural habitats together with the local people, and the local names they gave to the plants and the localities where the plants were collected were recorded. Photographs of plant taxa in their natural habitats were taken periodically, the plants were collected according to the principles of plant collection, and after being pressed and dried appropriately, the work titled "Flora of Turkey and the East Aegean Island" was used to identify the plant taxa. The identified plant samples were recorded to be kept in the Herbarium of Selçuk University Faculty of Science. This study is a part of our thesis titled 'Ethnobotanical Characteristics of Kızıldağ Yenyapan and Bazlamaç (Kırşehir/Mucur) Villages' that we are working on.

Keywords: Ethnobotany, Plants consumed as food, Kırşehir, Kızıldağ Yenyapan village, Bazlamaç village

**DNA ESASLI İMPEDİMETRİK BİYOSENSÖR İLE
SİLİNDROSPERMOPSİN TAYİNİ**

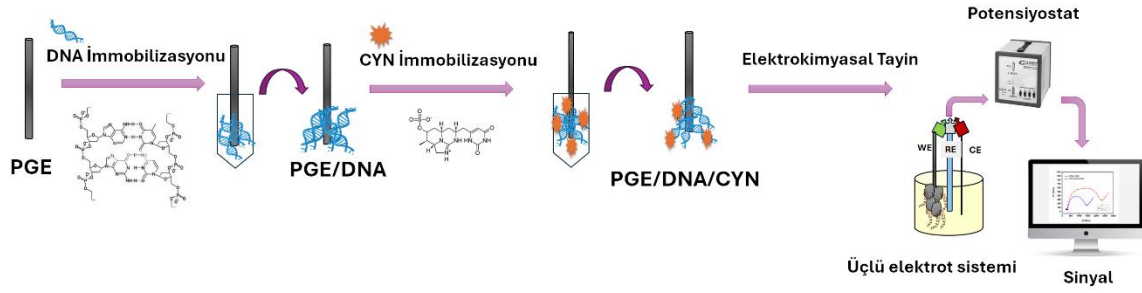
PhD. Candidate Ece KESİCİ MECO*(ORCID:0000-0003-4616-5284)
Bursa Technical University, The Institute of Natural and Applied Sciences,
Department of Biotechnology
Email:e.kesici93@gmail.com

Prof. Dr. Ece ÜNÜR YILMAZ (ORCID:0000-0001-5807-633X)
Bursa Technical University, Faculty of Engineering,
Department of Chemistry
Email:ece.unur@btu.edu.tr

Prof. Dr. Mete YILMAZ (ORCID:0000-0002-0982-727X)
Bursa Technical University, Faculty of Engineering,
Department of Bioengineering
Email:mete.yilmaz@btu.edu.tr

Özet

Sürdürülebilir tarım, günümüzde çevresel etkiyi azaltmak ve kaynak verimliliğini optimize etmek için hayati öneme sahiptir. Silindrospermopsin (CYN) gibi siyanotoksinler, mavi-yeşil algler tarafından üretilir ve tarımsal su kaynaklarına ciddi bir tehdit oluşturmaktadır. Tarımsal sulama amaçlı kullanılan su kaynaklarında CYN gibi kirleticilerin tayini, su kalitesinin izlenmesi ve tarımsal ürünlerin güvenliğinin sağlanması için önem arz etmektedir. CYN ile DNA arasındaki etkileşimin incelenmesi, bu kirleticinin tarımda etkin bir şekilde tayin edilebilmesi ve su kalitesinin korunması için potansiyel bir uygulama alanı sunmaktadır. CYN'nin DNA ile olan elektrokimyasal etkileşiminin belirlenmesi, CYN'nin genotoksik özelliklerinin anlaşılmasına katkı sağlamakla birlikte tarım uygulamalarında kullanılan su kalitesini iyileştirecektir. Bu çalışma, CYN'nin DNA üzerindeki genotoksik etkilerini araştırmak ve aynı zamanda CYN tespitini gerçekleştirmek için elektrokimyasal yöntemler kullanmaktadır. CYN ile DNA arasındaki etkileşimi incelemek amacıyla çalışma elektrotları olarak tek kullanımlık kurşun grafit elektrotlar (PGE) kullanılmıştır. CYN ile etkileşimi gözlemlemek ve elektrokimyasal ölçümleri yapmak için DNA immobilize edilmiş PGE (PGE/DNA) yüzeyi CYN çözeltisine daldırılmıştır (Şekil 1). Etkileşim, elektrokimyasal impedans spektroskopisi (EIS) kullanılarak değerlendirilmiştir. Ardından, DNA konsantrasyonu ($10 \mu\text{g mL}^{-1}$) olarak optimize edilmiştir, CYN konsantrasyonu ve DNA-CYN etkileşim süresi gibi deneysel koşulların optimizasyonu gerçekleştirilmiştir. 30 dakikalık bir CYN etkileşiminden sonra en belirgin düşüşü gösteren yük transfer direnci, yöntemin duyarlılığını ortaya koymuştur. PGE/DNA elektrotları kullanılarak CYN için tespit sınırının 0.12 ng mL^{-1} olduğu bulunmuştur.



Şekil 1. PGE yüzeyinde CYN ve DNA arasındaki etkileşimin şematik gösterimi.

Sonuç olarak, PGE/DNA elektrotlarla impedimetrik yöntemle CYN-DNA etkileşiminin incelenmesi, siyanotoksinlerin hızlı ve doğru tayini için umut vericidir. Bu çalışma, tek kullanımlık elektrokimyasal biyosensörlerle biyomoleküler etkileşimlerin algılanmasıyla duyarlı ve tekrarlanabilir sonuçların elde edildiğini göstererek, gelecekte çeşitli siyanotoksin analizlerinin güvenle yapılabilme potansiyelini ortaya koymaktadır. Ayrıca, ekonomik açıdan uygun, tek kullanımlık ve yüksek duyarlılığa sahip biyosensör sistemlerinin geliştirilmesi, çevre ve gıda dostu sürdürülebilir tarım uygulamalarının teşvik edilmesine olanak sağlamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Elektrokimyasal Biyosensör, Sürdürülebilir Tarım, Siyanotoksin Tayini, Toksin-DNA Etkileşimi

DNA-BASED IMPEDIMETRIC BIOSENSOR FOR CYLINDROSPERMOPSIN DETECTION

Abstract

Sustainable agriculture is essential in today's world to reduce environmental impact and optimise resource efficiency. Cyanotoxins, such as cylindrospermopsin (CYN), are produced by certain aquatic blue-green algae and pose a significant threat to agricultural water sources. Detecting contaminants such as CYN in these water sources is crucial for monitoring water quality and ensuring the safety of agricultural products. Investigating the interaction between CYN and DNA holds potential for efficient management of this contaminant in agriculture and preservation of water quality. Moreover, electrochemically demonstrating CYN's interaction with DNA promises to unveil its genotoxic properties, thereby offering invaluable insights for enhancing agricultural practices and safeguarding water integrity. This study employs electrochemical methods to investigate the genotoxic effects of CYN on DNA while simultaneously detecting CYN. Disposable pencil graphite electrodes (PGEs) were used as working electrodes to study the interaction between CYN and DNA. The DNA immobilized PGE surface (PGE/DNA) was immersed in a CYN solution to observe the interaction and perform electrochemical measurements (Figure 1). The interaction was evaluated using electrochemical impedance spectroscopy (EIS). Then, optimization of the experimental conditions, including DNA concentration (optimized at $10 \mu\text{g mL}^{-1}$), CYN concentration, and DNA-CYN interaction time was conducted. The charge transfer resistance showed the most significant decrease after a 30-minutes interaction with CYN. The detection limits for CYN using PGE/DNA electrodes were found to be 0.12 ng mL^{-1} .

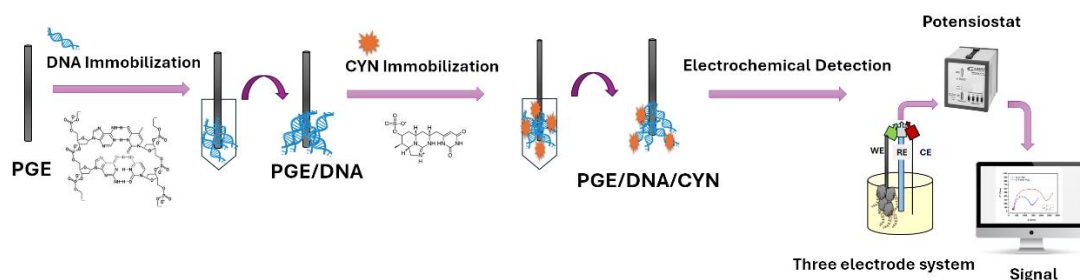


Figure 1. Schematic illustration of the interaction between CYN and DNA at PGE surface. In conclusion, the investigation of CYN-DNA interactions using PGE/DNA electrodes with impedimetric methods is promising for the rapid and accurate detection of cyanotoxins. The potential applications of disposable electrochemical biosensors in biomolecular interaction analysis are highlighted by their demonstrated effectiveness in providing sensitive and consistent results, underscoring their potential applications in environmental monitoring, public health and food safety. Furthermore, the prospect of developing affordable, single-use and highly sensitive toxicity sensors offers the opportunity to promote environmentally and food friendly sustainable agricultural practices.

Keywords: Electrochemical Biosensor, Sustainable Agriculture, Cyanotoxin Detection, Toxin-DNA Interaction

**EFFECT OF WEEDING FREQUENCY ON THE GROWTH AND YIELD OF RED
SORREL (*hibiscus sabdariffa* L.) IN FEDERAL POLYTECHNIC BALI**

Hassan ABDULMUMINI

Department of Crop Production, School of Agric/Agricultural Technology
Federal Polytechnic Bali, Taraba State
Email: Hassanabdulmumingawu@gmail.com

Abstract

This study investigated the effect of weeding frequency on the growth and yield of red sorrel (*Hibiscus sabdariffa* L.) in Federal Polytechnic Bali. The trial was laid out in randomized complete block design (RCBD) and Four treatments were applied: T1 (control with no weeding), T2 (weeding once), T3 (weeding twice), and T4 (weeding thrice). Data were collected on key growth parameters, including germination percentage, plant height, number of leaves, stem diameter, and yield. The results were analyzed using ANOVA, and the findings indicated that increased weeding frequency positively influenced all growth and yield parameters. Key findings include: Germination Percentage: T4 (weeding thrice) had the highest germination percentage (88%), followed by T3 (85%) and T2 (82%), with the control (T1) having the lowest germination rate (78%). Plant Height: At 8 weeks after sowing (WAS), T4 recorded the highest plant height (49.3 cm), followed by T3 (45.9 cm), T2 (41.2 cm), and T1 (35.7 cm). Number of Leaves: At 8 WAS, T4 produced the highest number of leaves (51.9), followed by T3 (47.8), T2 (42.3), and T1 (35.6). Stem Diameter: T4 had the largest stem diameter at 8 WAS (2.5 cm), while T1 had the smallest (1.4 cm). Yield Parameters: T4 produced the highest fresh biomass (7.5 kg/plot), number of flowers per plant (31.2), number of fruits per plant (15.7), and yield (3.8 kg/plot), while the control (T1) had the lowest values in all yield parameters. The results suggest that frequent weeding significantly enhances the growth and yield of red sorrel by reducing competition for resources such as water, light, and nutrients.

Keywords: Effects, weeding, frequency, red sorel, Growth, Yield

**ASSESSING THE LINK BETWEEN AIR POLLUTION AND ACNE PREVALENCE
AMONG YOUNG ADULTS IN LAHORE: A STUDY ON THE EFFECTS OF
ENVIRONMENTAL STRESSORS.**

Dr Mah-ru-nisa ATIF

M.Hamza Amna WAQAR

Zonia MEHMOOD

Sana RASHEED

Abdullah ZAFAR

Habiba TAYYABA

Abstract

This study examines the relationship between air pollution and the increasing prevalence of acne among young adults in Lahore, a city known for its high levels of pollution. As one of Pakistan's most densely populated urban areas, Lahore experiences severe environmental challenges, including poor air quality, which may act as a contributing factor to skin-related issues like acne. The research seeks to explore how different environmental pollutants—such as particulate matter (PM_{2.5} and PM₁₀), sulfur dioxide (SO₂), nitrogen oxides (NO_x), and volatile organic compounds (VOCs)—affect the skin health of individuals aged 18-30, focusing specifically on the frequency and severity of acne outbreaks. Using a mixed-methods approach, the study combines quantitative data from air quality monitoring systems and dermatological assessments with qualitative insights from surveys and interviews conducted with dermatologists and young adults experiencing acne. Participants were selected from various high-pollution areas of Lahore to ensure that the impact of environmental stressors could be accurately assessed. Statistical analyses were performed to evaluate the association between air quality indices and the reported cases of acne, taking into account other factors such as lifestyle, diet, and genetics. The results demonstrate a strong correlation between increased exposure to air pollution and the incidence of acne, with higher levels of pollutants corresponding to more frequent and severe acne flare-ups. In particular, fine particulate matter (PM_{2.5}) and nitrogen oxides were found to be significant contributors to skin inflammation and acne development. Additionally, the study highlights the psychological toll of acne among young adults, further exacerbated by environmental factors, as stress related to skin conditions can lead to a vicious cycle of worsening skin health. These findings underscore the urgent need for public health interventions and policies aimed at improving air quality in urban environments like Lahore. The research not only draws attention to the dermatological impacts of environmental stressors but also emphasizes the broader implications for urban planning, healthcare, and public awareness. By identifying air pollution as a key factor in the rise of acne cases, this study contributes to the growing body of evidence linking environmental degradation with public health concerns, advocating for integrated strategies to protect vulnerable populations from both physical and psychological harm.

SİLAJLIK SORGUM YETİŞTİRİCİLİĞİNDE BİTKİ SIKLIĞI VE YABANCI OT REKABETİ

Doç. Dr. Şule ERKOVAN (ORCID:0000-0001-6235-6000)

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü
Email:serkovan@ogu.edu.tr

Rabia GÜLER (ORCID:0009-0007-6579-2888)

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü
Email:gulerrabia@yahoo.com

Özet

Artan sıcaklık ve kuraklık şartlarına kültür bitkileri arasında en fazla dayanabilen sorgum, mısırdan sonra yetiştirilebilecek önemli bitkilerdendir. Kısıtlı sulama imkanlarında mısırdan daha yüksek verim sağlamaktadır. Bazı sorgum çeşitleri, buğdaydan sonra ekilerek tekrar yetiştirilebilmektedir, böylece ikinci bir hasat imkanı sağlamaktadır. Sorgum bitkisinin hastalık ve zararlılara karşı dayanıklı olması ve kimyasal mücadele uygulamalarının azaltılmasına katkı sağlamaktadır. Bu özellik sorgum bitkisinin kurak ve yarı kurak alanlarda daha sürdürülebilir olmasını sağlamaktadır. Bu özelliği nedeniyle sorgum bitkisi çok çeşitli amaçlar için kullanılmaktadır. Yabancı otlarla mücadelede sorgum bitkisi ekstraktları, yabancı ot kontrolünde başarıyla kullanılabilen allelokimyasallar içermektedir. Bunun yanı sıra hızlı büyümesi ve yabancı otları baskılama özelliği nedeniyle yazlık örtü bitkisi olarak yetiştirilen önemli bir sıcak iklim tahılıdır. Araştırma Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Ziraat Fakültesi deneme alanında Tesadüf Bloklar deneme desenine göre 3 tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Farklı ekim zamanı ve farklı ekim sıklıklarında (30 cm, 40 cm, 50 cm, 60 cm ve 70 cm) yetiştirilen silajlık sorgumun (Rox) yabancı ot (*Amaranthus retroflexus*, *Chenopodium album*, *Solanum nigrum*, *Setaria verticillata*, *Sorghum halepense*) arasındaki rekabeti belirlenmiştir. Ele alınan çalışmada yaş ot verimi, kuru madde oranı, bitki boyu, bitki çapı, yaprak oranı, sap oranı, yabancı ot yaş ot verimi, yabancı ot kuru madde oranı ve yabancı ot rekabeti incelenmiştir. İncelenen özellikler bakımından yaş ot verimi, yabancı ot yaş ot verimi, yabancı ot kuru madde oranı ve yabancı ot rekabeti üzerine ekim zamanı, sıra arası ve bunların interaksiyonunun etkisi istatistiksel olarak çok önemli bulunmuştur ($p < 0.0001$). Ekim zamanı bitki boyunu etkilerken, sıra arası ve bunların interaksiyon önemsiz bulunmuştur. Sıra arası ve ekim zamanı bitki çapı üzerine önemli farklılık gösterirken, bunların interaksiyonun ise önemsiz olduğu belirlenmiştir. Yaprak oranı ve sap oranı üzerine ise sıra arası mesafenin etkisi önemsiz, ekim zamanı ve bunların interaksiyonu % 5 seviyesinde önemli olmuştur. Yabancı ot kuru madde oranı üzerine sıra arasının önemli, ekim zamanı ve interaksiyonun önemsiz olduğu tespit edilmiştir. Silajlık sorgum çeşidinin yaş ot verimi 1535,1 ile 4841,7 kg/da arasında olup ortalama yaş ot verimi 3071,4 kg/da olarak belirlenmiştir. Bitki boyu ortalama 167,3 cm olup, en uzun bitki boyu (221,7 cm) II. Ekim zamanında, 60 cm sıra aralığında, en kısa bitki boyu (92,3 cm) I. Ekim zamanında, 40 cm sıra aralığında ölçülmüştür. Ana sap kalınlığı 77,2 mm, yaprak oranı % 22,8 ve sap oranı % 77,2 olarak tespit edilmiştir. Yabancı ot yaş ot verimi en yüksek 3238,3 kg/da, en düşük 916 kg/da olarak bulunmuştur. Yabancı ot kuru madde oranı ortalaması %26,7 olarak belirlenmiştir. Yabancı otların sorgum üzerine rekabet etkisi I. Ekim

zamanında 70 cm sıra aralığında negatif, diğer ekim zamanlarında ve sıra aralıklarında pozitif etkileşim gözlemlenmiştir. İncelenen özellikler arasında, Eskişehir ve benzeri ekolojilerde silajlık sorgum yetiştiriciliğinde en yüksek verimi elde etmek ve bitkinin yabancı otlarla rekabet edebilmesini sağlamak için sorgum bitkisini buğday hasadından sonra 40 cm sıra aralığında II. ürün olarak yetiştirilmesi tavsiye edilmektedir. Tarımsal üretimde tek yıllık veriler sonuçları tam olarak yansıtmaması nedeniyle daha fazla araştırma yapılması gerekmektedir.

Anahtar Kelimeler: Sorgum, bitki sıklığı, rekabet, yabancı ot

PLANT DENSITY AND WEED COMPETITION IN SILAGE SORGHUM CULTIVATION

Abstract

Sorghum, which can withstand increasing temperature and drought conditions the most among cultivated plants, is one of the important plants that can be grown after corn. It provides higher yields than corn in limited irrigation opportunities. Some sorghum varieties can be planted and grown again after wheat, thus providing a second harvest opportunity. The sorghum plant is resistant to diseases and pests and contributes to the reduction of chemical control applications. This feature makes the sorghum plant more sustainable in arid and semi-arid areas. Due to this feature, the sorghum plant is used for a wide variety of purposes. Sorghum plant extracts contain allelochemicals that can be used successfully in weed control in combating weeds. In addition, it is an important warm climate cereal grown as a summer cover crop due to its fast growth and weed suppression feature. The research was carried out in the experimental area of Eskişehir Osmangazi University Faculty of Agriculture with 3 replications according to the Randomized Blocks experimental design. The competition between weeds (*Amaranthus retroflexus*, *Chenopodium album*, *Solanum nigrum*, *Seteria verticillata*, *Sorghum halepense*) grown at different planting times and different planting densities (30 cm, 40 cm, 50 cm, 60 cm and 70 cm) was determined. In the study, fresh grass yield, dry matter ratio, plant height, plant diameter, leaf ratio, stem ratio, weed fresh grass yield, weed dry matter ratio and weed competition were examined. In terms of the examined traits, the effects of planting time, row spacing and their interaction on fresh grass yield, weed fresh grass yield, weed dry matter ratio and weed competition were found to be statistically very significant ($p < 0.0001$). While planting time affected plant height, row spacing and their interaction were found to be insignificant. While row spacing and planting time showed significant differences on plant diameter, their interaction was determined to be insignificant. The effect of row spacing on leaf ratio and stem ratio was insignificant, but planting time and their interaction were significant at 5% level. It was determined that row spacing was important on weed dry matter ratio, but planting time and their interaction were insignificant. Fresh grass yield of silage sorghum variety was between 1535.1 and 4841.7 kg/da and the average fresh grass yield was determined as 3071.4 kg/da. The average plant height was 167.3 cm, the longest plant height (221.7 cm) was measured at II. planting time, at 60 cm row spacing, and the shortest plant height (92.3 cm) was measured at I. planting time, at 40 cm row spacing. The main stem thickness was determined as 77.2 mm, leaf ratio was 22.8% and stem ratio was 77.2%. The highest weed fresh grass yield was found as 3238.3 kg/da and the lowest as 916 kg/da. The average weed dry matter ratio was determined as 26.7%. Competition effect of weeds on sorghum Negative interaction was observed at 70 cm row spacing at the first planting time and positive interaction was observed at other planting times and row spacings. Among the examined traits, in order to obtain the highest yield in silage sorghum cultivation in Eskişehir and similar ecologies and to ensure that the plant can compete with weeds, it is recommended to grow sorghum as a second crop at 40 cm row spacing after wheat harvest. Since single-year data do not fully reflect the results in agricultural production, more research is required.

Keywords: Sorghum, plant density, competition, weed

ROLE OF DRIP IRRIGATION IN CLIMATE RESILIENCE

Akinleye, Abiodun OLAMILEKAN (ORCID:0009-0004-2939-5066)

Department of Computer Engineering, School of Engineering, Federal Polytechnic Ilaro,
Ogun State, Nigeria.

Email: akinleyeao@gmail.com

Adaramola, OJO JAYEOLA (ORCID:0000-0002-2959-0361)

Department of Computer Engineering, School of Engineering, Federal Polytechnic Ilaro,
Ogun State, Nigeria.

Email: ojo.adaramola@federalpolyilaro.edu.ng

Abstract

By reducing water waste and facilitating fertigation—the process of delivering fertilizer, water, and nutrients straight to plant roots —drip irrigation, which conserves water and enhances food security, was specifically highlighted in this study on climatic adaptation strategies. Drip irrigation has several advantages, but many farmers find it difficult to implement because of large upfront costs, ignorance, technical difficulties, and infrastructure constraints. A standardized questionnaire was utilized in a research with 401 farmers to collect information about their experiences and how drip irrigation affects climate resilience. The results highlight the need for easily obtainable alternatives to get beyond obstacles to adoption, particularly for nearby farms.

Keywords: Climate Resilience, Drip Irrigation, Fertigation, Food Security, Plant Root

**VERİM, VERİM BİLEŞENLERİ VE TEKNOLOJİK ÖZELLİKLER BAKIMINDAN
İLERİ ÜMİTVAR FASULYE HATLARININ SELEKSİYONU**

Zir. Müh. Ahmet Furkan PINAR (ORCID:0009-0008-0006-3745)

Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi
Email:ahmetfurkanpinar2807@gmail.com

Zir. Müh. Abrorkhon SAİTMURATOV (ORCID:0009-0006-2786-3852)

Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi
Email:abrorkhonsaitmuratov94af@gmail.com

Zir. Müh. Ayşe Nur KAFALI (ORCID:0009-0007-5331-9428)

Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi
Email:kafalinur6@gmail.com

Arş. Gör. Orkun EMİRALİOĞLU (ORCID:0000-0001-8021-2844)

Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi
Email:orkunemiralioglu@gmail.com

Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Zahit YEKEN (ORCID:0000-0003-0490-371X)

Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi
Email:yekenmehmetzahit@gmail.com

Özet

Fasulye, insan beslenmesi için önemli bir gıda kaynağıdır. Ülkemizin çeşitli coğrafi bölgeleri fasulye üretimi için oldukça uygun olup her bölgeye özgü önemli yerel fasulye genotiplerini barındırmaktadır. Bu nedenle, yerel genetik kaynakların etkin bir şekilde kullanılması ıslah programları açısından büyük önem taşımaktadır. Yüksek verimli kuru fasulye çeşitlerinin geliştirilmesi, bu çeşitlerin özel sektör tarafından tanınması ve tohum üretim ağına entegrasyonu, fasulye ekim alanlarını genişletecek ve üretimi artıracaktır. Bu çalışmanın amacı, Türkiye'de üreticiler tarafından uzun yıllardır yetiştirilen yerel fasulye popülasyonlarından yüksek verimli ve üstün kalite özelliklerine sahip yeni kuru fasulye çeşitleri elde etmektir. Bu amaçla, Batı Anadolu Bölgesi'nden toplanmış ve tek bitki seleksiyon yöntemiyle seçilmiş 8 sarılıcı kuru fasulye hattı bu çalışmada verim, verim bileşenleri ve teknolojik özellikler açısından iki standart çeşit ile karşılaştırılmıştır. Araştırmada, çiçeklenme gün sayısı, bakla bağlama gün sayısı, bitkide dal sayısı, baklada tane sayısı, bitkide bakla sayısı, bitki boyu, fizyolojik olum, 100 tane ağırlığı ve bitki başına verim değerleri sırasıyla 34.00-51.33 (gün), 37.67-55.33 (gün), 2.87-4.13 (dal/bitki), 5.20-7.33 (tane/bakla), 21.21-59.50 (bakla/bitki), 141.25-278.08 (cm), 82.67-116.67 (gün), 32.67-62.00 (g) ve 40.67-107.86 (g/bitki) elde edilmiştir. Teknolojik özellikler bakımından hat ve çeşitlerde su tutma kapasitesi (0.39-0.92 g/tane), su tutma indeksi (0.82-1.76%), şişme kapasitesi (0.38-0.70 ml/tane), şişme indeksi (1.96-2.82%), pişme süresi (30.67-46.00 dak) ve protein içeriği (30.16-34.98%) tespit edilmiştir. Sonuç olarak, Blksr-19, Brs-24, Brs-4 ve Ylv-14 hatları üstün ümitvar hatlar olarak seçilmiş ve bölge verim denemelerine aktarılmasına karar verilmiştir.

*Bu çalışma 1919B012304488 numaralı TÜBİTAK 2209-A projesi ile desteklenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Fasulye, seleksiyon ıslahı, verim

**SELECTION OF ADVANCED PROMISING COMMON BEAN LINES IN TERMS
OF YIELD, YIELD COMPONENTS AND TECHNOLOGICAL TRAITS**

Abstract

Common bean is a crucial food source for human nutrition. Various geographic regions in our country are highly suitable for bean production, each harboring significant local common bean genotypes specific to the region. Therefore, the effective utilization of local genetic resources is of great importance for breeding programs. The development of high-yielding common bean varieties, their recognition by the private sector, and their integration into the seed production network will expand bean cultivation areas and increase production. The aim of this study is to obtain new high-yielding common bean varieties with superior quality traits from local common bean populations that have been cultivated by producers in Türkiye for many years. For this purpose, 8 climbing common bean lines, previously collected from the Western Anatolia Region and selected through the single plant selection method, were compared with two standard varieties in terms of yield, yield components, and technological traits in this study. In this research, the number of days to flowering, number of days to pod formation, number of branches per plant, number of grains per pod, number of pods per plant, plant height, physiological maturity, 100-grain weight and yield per plant values were obtained as 34.00-51.33 (days), 37.67-55.33 (days), 2.87-4.13 (branch/plant), 5.20-7.33 (grain/pod), 21.21-59.50 (pod/plant), 141.25-278.08 (cm), 82.67-116.67 (days), 32.67-62.00 (g) and 40.67-107.86 (g/plant), respectively. In terms of technological traits, the lines and varieties exhibited water absorption capacity (0.39-0.92 g/seed), water absorption index (0.82-1.76%), swelling capacity (0.38-0.70 ml/seed), swelling index (1.96-2.82%), cooking time (30.67-46.00 min), and protein content (30.16-34.98%). As a result, the lines Blksr-19, Brs-24, Brs-4, and Ylv-14 were selected as superior promising lines, and it was decided to transfer them to regional yield trials.

*This study was supported by TUBITAK 2209-A project number 1919B012304488.

Keywords: Common bean, selection breeding, yield

**ASSESSING OSTEOPOROSIS AND ITS AGGRAVATING PHARMACEUTICAL
ASSOCIATED ADVERSE EFFECTS IN LAHORE PUNJAB, PAKISTAN**

Mudassir Hafeez

Hajvery University Euro Campus, Lahore

Email: mudassirhafeez42@gmail.com

Muhammad Hashaam

Hajvery University Euro Campus, Lahore

Kashif Zubair

Hajvery University Euro Campus, Lahore

Aamir Sohail

Hajvery University Euro Campus, Lahore

Sumaira Younus

Hajvery University Euro Campus, Lahore

Supervisor: Dr. Mah-Ru-Nisa Atif

Email: mahrunisa.atif@hup.edu.pk

Abstract

Osteoporosis is a prevalent and often underdiagnosed condition that significantly increases the risk of fractures and deteriorates quality of life, particularly among older adults. In Pakistan, osteoporosis incidence is rising, yet there is limited understanding of its aggravating factors, especially those tied to pharmaceutical side effects. This study explores the incidence of osteoporosis and the impact of medication-related adverse effects in Lahore, Punjab, Pakistan, where lifestyle, dietary habits, and genetic predispositions are unique compared to Western populations. By examining factors such as medical history, family history of osteoporosis, diagnostic timelines, and medication usage, this research aims to identify patterns that contribute to bone density reduction and heightened fracture risk. The study emphasizes medications known to influence bone health adversely, such as corticosteroids, proton pump inhibitors, and antidepressants, offering insights into how these agents may worsen osteoporosis outcomes in the local context. To gather comprehensive data, a detailed questionnaire was administered, covering aspects like diagnostic history, symptoms, lifestyle choices, and preventive measures among osteoporosis patients in Lahore. Key areas of interest included the duration and frequency of medication use, family history, lifestyle factors like smoking and alcohol use, and dietary habits impacting bone health. The study also explores patients' perceptions of symptom severity, satisfaction with treatment, and the effects of osteoporosis on daily life and mobility. Findings from this research aim to inform healthcare providers about the pharmaceutical risk factors that may exacerbate osteoporosis and emphasize the need for patient-centered care that includes awareness of adverse medication effects. By shedding light on these relationships, the study contributes to developing targeted management and prevention strategies, potentially reducing the osteoporosis burden in Lahore and similar populations.

Keywords: Osteoporosis, Bone health, Fracture risk, Medication causing osteoporosis, Bone mineral density, Family history of osteoporosis, Diagnostic assessment, Preventive measures

ROLE OF PROBIOTICS IN LIVESTOCK PRODUCTION: AN OVERVIEW

Dr. Maria MUSHTAQ

University of the Punjab, Lahore, Pakistan
Superior Campus for University Programs, Mandi Bahauddin, Pakistan

Abstract

Research has shown that incorporating feed additives, whether nutritional or non-nutritional, into livestock diets benefits the microbial ecosystem by helping maintain a balanced gut microbiome, which in turn enhances nutrient absorption, boosts productivity, and supports animal health. The use of probiotics has become increasingly popular in the livestock industry, particularly since restrictions on antimicrobial growth promoters were implemented due to concerns about antibiotic resistance affecting both animals and consumers of animal products. Their use has been associated with maintaining microbial balance in the intestines and enhancing performance in animals. While single-strain probiotics can be beneficial, multi-strain probiotics that include two or more species or strains have gained significant interest. Combining different strains is thought to offer greater health benefits than single strains, as each isolate contributes uniquely and creates positive synergistic effects that enhance animal health and performance. However, the literature has shown inconsistencies in the effects of probiotic complexes. This review analyses multi-strain probiotics, highlights selected studies on their impact on the productivity of ruminants, poultry and swine, and explores the underlining different mechanisms.

Keywords: probiotics; feed additives; growth performance; cattle; chicken

**PERCEPTION AND PRACTICES OF COASTAL COMMUNITIES IN PLASTIC
WASTE MANAGEMENT: A CASE STUDY ON THE PEKALONGAN COASTAL
BEACH**

Abstract

This research aims to explore the perceptions and practices of coastal communities in managing plastic waste in their environment. The main focus of the study is to understand how the communities in the Pekalongan Beach Coast interpret the plastic waste problem and what actions they take to address it. Using a qualitative approach with a case study method, this research involved in-depth interviews with 20 local residents, participant observation, and community document analysis. The research results show that although most participants are aware of the negative impact of plastic waste on coastal environments, there is a gap between awareness and actual actions in waste management. Factors influencing this include limited waste management infrastructure, lack of practical education, and prevailing social norms. However, the research also revealed the presence of innovative local initiatives in plastic recycling and beach cleanup efforts led by local youth groups. These findings provide valuable insights into the complexity of environmental issues at the community level and the importance of understanding the socio-cultural context in designing effective waste management interventions. This research suggests a collaborative approach involving the community, local government, and environmental organizations to develop sustainable solutions in addressing the plastic waste problem in coastal areas.

Keywords: Plastic waste, environmental perception, waste management

**PRELIMINARY SURVEY ON FISH SPECIES DIVERSITY OF WOLEKA, BETO,
AND BLUE NILE RIVERS, SOUTH WOLLO ZONE, ETHIOPIA**

Associate Professor of fisheries , Assefa Tessema TECKLIE
Aquatic sciences and Wetland management
Department of Biology, Wollo University, Dessie, Ethiopia
Email: atecklie2018@gmail.com

Abstract

Wolleka, Beto, and Abay Rivers are located in Wogdi, Kelala, and Borena Districts, 182, 162, and 180 km distance from Dessie, respectively. The three districts are found in South Wollo Zone, Ethiopia. The rivers are part of the newly established Woleka Beto Abay Valley National Park. Wolleka and Beto are tributary rivers of the Abay River. The objectives of the study were to identify the fish species composition and document baseline information for the National Park. The survey was conducted in six selected sites (two for each river) located only in the delineated National Park between June 2022 and February 2023. Gillnets with different mesh sizes, 4, 6, 8 and 10 cm were used to sample fish specimens. Immediately after the fish were captured, the fish were identified to species level using standard identification keys. A total of 13 fish species were recorded from the three rivers. The fish species composition was 4, 7 and 11 in Woleka, Beto and Abay Rivers, respectively. The dominant fish species were *Labeobarbus intermedius*, *Labeobarbus nedgia* and *Labeo forskalii* in Woleka, Beto and Abay Rivers, respectively. Five commercially important fish species, *Oreochromis niloticus*, *Bagrus docmak*, *Labeobarbus intermedius*, *Labeo hori* and *Labeobarbus beso* were recorded from these rivers. These fish species can be used to improve the income and nutrition of the communities living in the vicinity. The other fish species which have ecological importance can also be preserved and put in the National Park and used for research and education. The number of fish species could be more if the sampling intensity and the number of sampling sites increased. Further fish diversity investigation should be done.

Keywords/phrases: commercially important fish species, fish species diversity, tributary rivers, Woleka Beto Abay Valley National Park.

**CORRELATION STUDY ON ETIOLOGICAL FACTORS OF HEART DISEASE IN
DIABETIC PATIENTS**

Dr. Mah-Ru-Nisa ATIF (Lecturer)

The Hajvery University Euro Campus Gulberg III Lahore.

Email: mahrunisa.atif@hup.edu.pk

Taskeen FATIMA (Research Scholar)

Mehran Majeed, Mahna Fatima, Areeba Arif, Raheela Muqadua

Email: taskeen-219-1433@hup.edu.pk

Abstract

Diabetes is a chronic disorder and inability to process and regulate blood glucose levels. This disorder may arise from excessive secretion of insulin by pancreas in our body. Type I diabetes is a chronic autoimmune disease characterized by deficiency of insulin, resulting in an increase in blood glucose level in body. This dysfunction includes autoimmune destruction of beta cells in pancreas leads to complete lack of insulin production. Type 2 diabetes is most prevalent metabolic disorder characterized by inadequate insulin production and impaired response of tissues to insulin. Global burden of diabetes mellitus represents a significant public health challenge. Heart disease is a serious health condition that affects millions of people. Heart diseases includes coronary artery disease (CAD), myocardial infarction, angina, heart failure, congenital heart disease, atrial fibrillation and heart valve disorder. Etiological factors of heart disease are modifiable factors, conventional factors, environmental factors, non- traditional factors and psychological factors that collectively contribute to diabetes prevalence. Modifiable factors include high blood pressure, obesity and metabolic syndrome while conventional factors include age, gender and family history. Complications related to diabetes like liver cirrhosis, alcohol related liver disease and renal disease also promote cardiovascular disorders. Different risk factors show different level of correlation with each other. Age limit, duration of diabetes and high level of cholesterol has significant level of positive correlation. Moreover, high level of cholesterol in diabetic patients correlate with normal systolic blood pressure which is also an indication of prevalence of heart disease in diabetic patients. Treatment and preventions focus on stress management, lifestyle interventions and balanced diet.

Keywords: Diabetic Heart Disease, cardiovascular complications, Etiological Factors , Correlation Study

**DEVELOPMENT OF SUSTAINABLE AGRICULTURAL SYSTEMS TO ACHIEVE
FOOD SUSTAINABILITY**

Khusnul KHOTIMAH (ORCID:0000-0002-9102-6251)

Faculty of Economics and Islamic Business, State Islamic University K.H. Abdurrahman
Wahid Pekalongan Indonesia

Email:Khusnul.khotimah22194@mhs.uingusdur.ac.id

Abstract

This research aims to determine the development of sustainable agricultural systems to achieve food sustainability. The method in this article uses library research, namely a method of collecting data by understanding and studying theories from various literature related to the research. This data collection uses the method of searching for sources and constructing them from various sources, for example books, journals and research that has already been carried out. The results of this research are that sustainable agricultural systems are very important to achieve food sustainability, especially amidst various challenges such as population growth and climate change. This system focuses on resource conservation, use of environmentally friendly technology, and crop diversification to reduce negative impacts on the environment. Education and counseling for farmers is also very necessary so that they can implement sustainable practices effectively. In addition, collaboration between government, farmers, researchers and the private sector is crucial to facilitate the exchange of knowledge and resources. With these steps, it is hoped that we can increase food security, protect the environment and create a more sustainable future.

Keywords: Sustainable, Farmers, Food sustainability.

**NIAOULI UÇUCU YAĞININ RHODOCOCCUS EQUI'YE KARŞI İN VITRO
ANTİMİKROBİYAL ETKİNLİĞİ**

Dr. Öğr. Üyesi Ömer DENİZ (ORCID:0000-0002-2981-2032)
Kastamonu Üniversitesi, Veteriner Fakültesi
Email: odeniz@kastamonu.edu.tr

Özet

Son yıllarda *Rhodococcus equi* (*R. equi*) suşlarının giderek artan oranda antimikrobiyal direnç göstermesi sebebiyle alternatif tedavi yöntemleri üzerinde yoğun araştırmalar yapılmaktadır. Bu çalışmanın amacı Niaouli uçucu yağının, *R. equi* üzerine antibakteriyel etkisini araştırmaktır. Kastamonu Üniversitesi Veteriner Fakültesi Hayvan Hastanesine solunum problemi şikayetiyle getirilen bir tayın bronchoalveolar lavaj örneğinden yapılan kültür ve PCR analizleri sonucunda *R. equi* enfeksiyonu teşhis edildi ve bakteri izole edildi. Sonrasında disk difüzyon tekniği kullanılarak Niaouli uçucu yağının *R. equi*'ye karşı antimikrobiyal etkinliği değerlendirildi. Disk difüzyon testi sonucunda Niaouli uçucu yağı, *R. equi*'ye karşı 10 mm'lik bir inhibisyon zonu oluşturdu. Elde edilen bu sonuç, Niaouli uçucu yağının *R. equi*'ye karşı belirli bir antimikrobiyal etkiye sahip olabileceğini göstermektedir. Ancak bu bulgunun daha geniş kapsamlı in vitro ve in vivo çalışmalarla desteklenmesi gerektiği düşünülmektedir. Niaouli uçucu yağı gibi esansiyel yağlar, gelecekte artan antimikrobiyal direnç karşısında alternatif tedavi seçenekleri olarak değerlendirilebilir.

Anahtar Kelimeler: Antimikrobiyal Direnç, Disk Diffüzyon, *Rhodococcus equi*, Niaouli Uçucu Yağı

**IN VITRO ANTIMICROBIAL ACTIVITY OF NIAOULI ESSENTIAL OIL AGAINST
RHODOCOCCLUS EQUI**

Abstract

Recent years have seen extensive investigation on alternate treatment methods owing to the rising antibiotic resistance of *Rhodococcus equi* (*R. equi*) strains. This study aimed to examine the antibacterial efficacy of Niaouli essential oil against *R. equi*. An *R. equi* infection was detected, and bacteria were isolated from the bronchoalveolar lavage sample of a foal presented to Kastamonu University Veterinary Faculty Animal Hospital with respiratory issues, after culture and PCR studies. The antibacterial efficacy of Niaouli essential oil against *R. equi* was subsequently assessed via the disc diffusion method. The disc diffusion test indicated that Niaouli essential oil produced an inhibitory zone of 10 mm against *R. equi*. This finding suggests that Niaouli essential oil may possess an antibacterial activity against *R. equi*. Nevertheless, it is believed that this discovery requires validation through more comprehensive in vitro and in vivo investigations. Niaouli essential oil may serve as an alternate therapy option in response to the escalating issue of antibiotic resistance in the future.

Keywords: Antimicrobial Resistance, Disc Diffusion, Niaouli Essential Oil, *Rhodococcus equi*

**ANALYSIS CLIMATE CHANGE IMPACTS ON AGRICULTURAL PRODUCTION
AND FARMER ADAPTATION**

Ni'mah MU'ALIYAH (ORCID:0000-0002-3150-1786)
UIN K.H. Abdurrahman Wahid Pekalongan, Indonesia

Abstract

Climate change has become a significant global issue and has a wide impact on various sectors, including the agricultural sector. This study aims to analyse the impact of climate change on agricultural production and adaptations made by farmers. By using a literature approach method sourced from journals and other literature related to the impact of climate change on agricultural production and farmer adaptation. The results showed that climate change has caused a decrease in crop yields in many areas, increased frequency of pests and plant diseases, and changes in cropping patterns. Farmers are responding to these challenges with various adaptation strategies, including crop diversification, the use of more efficient agricultural technologies, and shifts in planting times. However, farmers' adaptive capacity is often limited by economic factors, access to information and policy support. This research emphasises the importance of comprehensive adaptation planning and policies to support the resilience of the agricultural sector to climate change. Policy recommendations include improving farmers' access to climate technology and information, and strengthening sustainable research support systems. The results of this study are expected to serve as a reference for policy makers and practitioners in developing effective adaptation strategies to face the challenges of climate change in the agricultural sector.

Keywords: climate change, agricultural production, adaptation

**NEGLECTED AND UNDERUTILISED SPECIES (nus) AND SUSTAINABLE
DEVELOPMENT**

Dr. Hamid EL BILALI*(ORCID:0000-0002-0322-2034)

International Centre for Advanced Mediterranean Agronomic Studies (CIHEAM-Bari), Via
Ceglie 9, 70010 Valenzano (Bari), Italy
Email:elbilali@iamb.it

Prof. Dr. Lawali DAMBO

Department of Geography, Faculty of Letters and Human Sciences, Abdou Moumouni
University, P.O. Box 237, Niamey, Niger
Email:lawali.dambo@gmail.com

Prof. Dr. Jacques NANEMA

Programme Agrinovia, Joseph Ki-Zerbo University, 03 BP, 7021 Ouagadougou, Burkina
Faso
Email:jacquesnanema@yahoo.fr

Dr. Filippo ACASTO

Italian Agency for Development Cooperation (AICS), Ouaga 2000 - Secteur 54,
Arrondissement n. 12, Ouagadougou, Burkina Faso
Email:filippo.acasto@aics.gov.it

Abstract

Neglected and underutilized species (NUS) – also called ‘orphan’, ‘minor’, ‘abandoned’, ‘lost’, ‘traditional’, ‘alternative’ or ‘niche’ crops – include thousands of crops to which little attention is paid or which are entirely ignored by plant breeders, agricultural researchers and policymakers. However, NUS seems to have a huge potential that is largely unexploited. This review analyses the relationship between crop NUS and sustainable development. Evidence shows that crop NUS can help addressing many environmental and socio-economic challenges facing humanity such as climate change, livelihoods vulnerability and poverty, malnutrition and food insecurity, biodiversity loss and ecosystem degradation. Therefore, NUS can also represent a significant contributor to the 2030 Agenda for Sustainable Development (cf. Sustainable Development Goals) and Paris Climate Agreement. However, despite the noted potential and benefits of NUS, gaps in knowledge, research and development hinder their promotion and exploitation. Therefore, there is an urgent need to strengthen research on NUS within the Agricultural Knowledge and Innovation Systems (AKIS) and develop their value chains. Multi-stakeholder efforts (public, private, civil society) are needed in different arenas (policy, research and practice) and at all levels (local, national, regional, international). They must adopt a food chain approach and address production (cf. breeding, fertilisation and soil fertility management, pest management), processing, distribution and marketing, and consumption. Initiatives such as SUSTLIVES project in Burkina Faso and Niger represent a promising contribution to these multifaceted and integrated efforts to promote NUS in order to bring about transition to sustainability agri-food systems and contribute to sustainable rural development in the Sahel.

Keywords: Orphan crops, Sustainable food systems, Sustainable Development Goals, Food security, Climate change.

**“ICTAL-INDUCED CARDIOVASCULAR DISEASE AND ASSOCIATED
NEUROLOGICAL COMORBIDITIES: A META-ANALYTICAL APPROACH”**

Bismillah IFTIKHAR

Hajvery University , Euro campus,Lahore , Pakistan
Email:Caduceuspharma12@gmail.com

Sumbal IMRAN

Hajvery University , Euro campus,Lahore , Pakistan

Asifa JAVAID

Hajvery University , Euro campus,Lahore , Pakistan

Saim NASEER

Hajvery University , Euro campus,Lahore , Pakistan

Dr. Mah Ru Nisa ATIF

Hajvery University , Euro campus,Lahore , Pakistan
Email:Mahrunisa.atif@hup.edu.pk

Abstract

Epilepsy, impacting over 50 million individuals globally, poses a substantial risk of sudden unexpected death, with SUDEP. Notably, a history of epilepsy is associated with a 21% incidence of heart disease, significantly higher than the 12% observed in those without epilepsy. Heart disease is 2.4 times more prevalent among epilepsy patients aged 18-44 years, reaching 25.6% compared to 11.5% in those without epilepsy. Research into the "Epileptic Heart" syndrome reveals structural and autonomic changes in the heart linked to chronic epilepsy, leading to increased susceptibility to fatal arrhythmias. Studies using electrocardiography (ECG) and heart rate variability (HRV) assessments have identified significant abnormalities, including elevated QTc and QTd values, particularly among refractory epilepsy patients, suggesting heightened SUDEP risk in this subgroup. Autonomic dysfunction, characterized by sympathetic overactivity, has been implicated in cardiac fibrosis and arrhythmogenesis, contributing to cardiovascular complications in epilepsy. The concept of an "ictal-Heart Syndrome" is supported by data showing that nearly 9% of epilepsy patients experience cardiovascular events (CVEs) within 30 days following ictal episodes, with rates varying across age groups. Those who suffer early CVEs face elevated long-term risks of hospitalization and mortality compared to individuals without epilepsy-related CVEs. Moreover, individuals with epilepsy have a 2–3 times higher risk of premature death, with SUDEP accounting for 2–18% of epilepsy-related deaths. The integration of routine cardiac evaluations, including resting 12-lead EKG and ambulatory EKG patch recording, into epilepsy management is crucial for detecting and managing cardiac issues associated with seizures. This multidisciplinary approach aims to optimize outcomes and reduce premature mortality by addressing cardiac comorbidities in epilepsy patients. These findings underscore the urgent need for comprehensive care strategies tailored to mitigate cardiovascular risks and improve long-term prognosis in this vulnerable population.

Keywords: Epilepsy, SUDEP, Cardiovascular disease, Ictal-Heart Syndrome, Autonomic dysfunction, Sudden cardiac death, Electrocardiography (ECG), Heart rate variability (HRV), Cardiac evaluation, Multidisciplinary care.

**KONYA YÖRESİ TOPRAKLARININ FARKLI FORMLARDA AZOT İÇERİKLERİ
İLE TEKSTÜR VE ORGANİK MADDE ARASINDAKİ İLİŞKİLER**

Dr. Öğr. Üyesi Fatma GÖKMEN YILMAZ (ORCID:0000-0001-8523-1825)

Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi

Email:fgokmen@selcuk.edu.tr

Özet

Bu çalışmada, Konya Şeker Sanayi ve Ticaret A.Ş.'nin şeker pancarı üretim alanları olan Altınekin, Beyşehir, Cihanbeyli, Çumra, Kulu, Seydişehir, Konya–Merkez ilçeleri (Meram, Karatay, Selçuklu), Şarkıkaraağaç ilçesi yanında, bölgedeki diğer şeker fabrikalarının üretim alanları içerisine giren Karapınar, Akşehir ve Ilgın ilçelerinin şeker pancarı ekim alanlarındaki çiftçi tarlalarından toplam 200 adet toprak örneği toplanmıştır. Alınan toprak örneklerinde organik madde, tekstür ve farklı formlarda azot içerikleri (KCl ile ekstrakte edilebilir $\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$ ve $\text{NH}_4\text{+NO}_3\text{-N}$ ve fenoldisülfonik asit metodu ile belirlenen $\text{NO}_3\text{-N}$) belirlenmiştir. Toprak örneklerinin organik madde içerikleri %0.46-2.34, KCl ile ekstrakte edilebilir $\text{NH}_4\text{-N}$ içerikleri 10.36-51.07 mg kg^{-1} , KCl ile ekstrakte edilebilir $\text{NO}_3\text{-N}$ içerikleri 9.83-37.79 mg kg^{-1} , KCl ile ekstrakte edilebilir inorganik N ($\text{NH}_4\text{+NO}_3\text{-N}$) içerikleri 20.68-79.70 mg kg^{-1} , fenoldisülfonik asit metodu ile belirlenen $\text{NO}_3\text{-N}$ içerikleri 0.49-3.09 kg da^{-1} arasında değişmektedir. Toprakların hidrometre yöntemine göre belirlenen kum, silt ve kil yüzdelere göre %38'i killi tın, %17'si tın, %16'sı killi, %19'u kumlu killi tınlı, %6'sı siltli tın, %2'si kumlu tınlı ve %2'si kumlu kil tekstüre sahiptir. Toprakların organik madde içeriği ile KCl ile ekstrakte edilebilir $\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$, inorganik N içerikleri ve fenoldisülfonik asit metodu ile belirlenen $\text{NO}_3\text{-N}$ içerikleri arasında sırasıyla $r=0.2592^{**}$, $r=0.2533^{**}$, $r=0.2855^{**}$ ve $r=0.1520^*$ önemli ilişkiler belirlenmiştir. Toprakların silt, kil ve kum yüzdeleri ile farklı formlarda azot içerikleri arasında pozitif ancak önemli olmayan ilişkiler belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: azot formları, fenoldisülfonik asit metodu ile belirlenen $\text{NO}_3\text{-N}$, organik madde

**RELATIONSHIPS BETWEEN DIFFERENT FORMS OF NITROGEN CONTENT,
TEXTURE AND ORGANIC MATTER IN SOILS OF KONYA REGION**

Abstract

In this study, a total of 200 soil samples were collected from farmers fields in the sugar beet cultivation areas of Altınekin, Beyşehir, Cihanbeyli, Çumra, Kulu, Seydişehir, Konya-Central districts (Meram, Karatay, Selçuklu), Şarkıkaraağaç district, which are the sugar beet production areas of Konya Sugar Industry and Trade A.Ş., and Karapınar, Akşehir and Iğın districts, which are the production areas of other sugar factories in the region. Organic matter, texture and nitrogen contents in different forms (extractable $\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$ and $\text{NH}_4\text{+NO}_3\text{-N}$ with KCl and $\text{NO}_3\text{-N}$ determined by phenoldisulfonic acid method) were determined in the soil samples. The organic matter contents of soil samples ranged between 0.46-2.34%, KCl extractable $\text{NH}_4\text{-N}$ contents ranged between 10.36-51.07 mg kg^{-1} , KCl extractable $\text{NO}_3\text{-N}$ contents ranged between 9.83-37.79 mg kg^{-1} , KCl extractable inorganic N ($\text{NH}_4\text{+NO}_3\text{-N}$) contents ranged between 20.68-79.70 mg kg^{-1} , and $\text{NO}_3\text{-N}$ contents determined by phenoldisulfonic acid method ranged between 0.49-3.09 kg da^{-1} . According to the percentages of sand, silt and clay determined by the hydrometer method, 38% of the soils have clay loam, 17% loam, 16% clay, 19% sandy clay loam, 6% silty loam, 2% sandy loam and 2% sandy clay texture. Significant relationships were determined between the organic matter content of the soils and the extractable $\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$, inorganic N contents with KCl and $\text{NO}_3\text{-N}$ contents determined by phenoldisulfonic acid method with $r=0.2592^{**}$, $r=0.2533^{**}$, $r=0.2855^{**}$ and $r=0.1520^*$, respectively. Positive but not significant relationships were determined between the percentages of silt, clay and sand of the soils and their nitrogen contents in different forms.

Keywords: nitrogen forms, $\text{NO}_3\text{-N}$ determined by phenoldisulfonic acid method, organic matter

HALAL MSME PRODUCTIVITY IN ADDRESSING SOCIAL ISSUES

Rizqi Putri SOLINA

UIN K.H. Abdurrahman Wahid Pekalongan

Abstract

Study This discuss the role of halal MSMEs in overcome issue social in the District Focus issue discussion is about equalization economy and empowerment public producers and processors industry textiles. The method used in study This use studies field. Research This aiming For understand contribution of halal MSMEs in overcome problem social, such as equalization economy and empowerment society. Research This expected give benefit theoretical for academic and practical for society. The halal industry in Indonesia has the potential big in increase production and creation field work, with estimate opening 170,000-330,000 fields work. Research this will also explore impact social from halal MSMEs that uses digital technology in marketing. Although MSME actors have good literal halal knowledge However Not yet everything Can apply with good. There are still some implementations obstructed halal knowledge reality on the ground. However MSMEs activities of course give effect social in society around area business. Empowerment public done shaped field Work as power production, live host, and affiliate marketer on TikTok and also Shopee. So in a way No direct happen equalization economy through expansion provision field work. Besides That understanding MSME actors also play a role in zakat in equalization economy.

Keyword: Halal,MSMEs,Social

**ANALYSIS OF CHANGE OF LAND COVER IN THE AREA OF THE
MUNICIPALITY OF ILIDŽA**

Associate Professor , Ph.D. Edin HRELJA (ORCID:0000-0002-2454-2141)

Department of Geography, Faculty of Science, University of Sarajevo
33-35., Zmaja Od Bosne, Sarajevo 71 000, Bosnia and Herzegovina
Email:edinhrelja@pmf.unsa.ba

Assistant Professor , Ph.D.Amina SIVAC (ORCID:0000-0002-7795-086X)

Department of Geography, Faculty of Science, University of Sarajevo
33-35., Zmaja Od Bosne, Sarajevo 71 000, Bosnia and Herzegovina
Email:amina.sivac@pmf.unsa.ba

Abstract

The subject of the research is the analysis of the change in land cover in the area of the municipality of Ilidža. In the period after 1995, throughout the entire Bosnia and Herzegovina, a visible spontaneous spatial planning contributed to significant changes in the land cover. The research aims to determine how many changes have taken place in the last few decades in the researched area when it comes to land cover. The analysis is based on Google Earth images and Corina Land Cover images from 2000 and 2018. Land cover changes were compared with thematic maps: the thematic map of soil types and the thematic map of soil quality categories. Research on the topic was conducted through several phases. The first part of the paper refers to determining the geographical location of the research area and defining all its components. The second part of the paper deals with a detailed analysis of all categories of land cover in the last twenty years. The third part of the paper involves a comparative analysis of quantitative and qualitative indicators of land cover in the municipality of Ilidža. The complete procedure of the analysis was performed using GIS, where the corresponding databases were created and a cartographic visualization for the investigated area was performed.

Keywords: Bosnia and Herzegovina, municipality of Ilidža, planning, area, land cover, change, GIS.

YAPAY ET

Dr.Öğr. Üyesi Çiğdem AŞÇIOĞLU (ORCID:0000-0001-6407-8104)

Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü
Email:cozgunlu@aku.edu.tr.com

Dr. Öğr. Üyesi Senem GÜNER (ORCID:0000-0002-6697-5535)

Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü
Email:sguner@aku.edu.tr.com

Dr. Öğr. Üyesi Mehmet KILINÇ (ORCID:0000-0003-4037-7614)

Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü
Email:mkilinc@aku.edu.tr.com

Özet

Artan Dünya nüfusu, çok büyük bir gıda ihtiyacını beraberinde getirmektedir. 2050 yılında et tüketiminin şu andakinin iki katı olacağı öngörülmektedir. Ulaşım, endüstriyel aktiviteler, hayvancılık faaliyetleri; sera gazı oluşumunun başlıca sebebi olan küresel ısınmayı teşvik etmektedir. Sera gazı oluşumunun yanısıra, hayvancılık sektöre fazla miktarda su, fosil yakıtlar ve arazi kullanımına da sebebiyet vermektedir. Yapay et, gıda endüstrisi için alternatif bir gıdadır. Ayrıca yapay et, hayvanların öldürülmesi, hayvan refahı gibi konularda hassas olan tüketiciler için de alternatif bir protein kaynağı durumundadır. Yapay et; kültür eti ve et ikameleri olarak gruplara ayrılır. Kültür etinde hayvan yağ hücreleri ile kas fibrilleri, hayvandan alınan kök hücreler ile kültür ortamında çoğaltılır. Scaffold ve self-organize teknikleri ile üretilir. Diğer grup olan et ikamelerinde ise çok çeşitli fermente gıdalar ile bitki bazlı türevler, soya türevleri sözkonusudur. Bunların üretiminde wet-spin, elektro spin, ekstrüzyon, hücre tekniği gibi üretim metodları söz konusudur. Et benzeri tat, koku ve tekstürü yakalayabilmek için çeşitli katkıların kullanılması gerekir. Üründeki tüm bu içeriklerin, koruyucuların vb. etikette belirtilmesi tüketicilerin bilgilendirilmesi gerekir. Anketlere katılan tüketicilerin yarıya yakını yapay eti deneme konusunda istekli olmasına rağmen, pek çoğunun yapay etin doğal olmadığı hususunda ortak görüşte olduğu tespit edilmiştir. Müşteri memnuniyeti için halka gerekli bilgilendirmelerin yapılması elzemdir.

Anahtar Kelimeler: Kültür eti, bitki bazlı, protein, scaffold tekniği

ARTIFICIAL MEAT

Abstract

Expanding world population brings about a giant food demand. The increasing population may cause the world's meat consumption to double by 2050. Transportation, industrial activities, animal farming induce global warming which is the main cause of excessive greenhouse gas emissions. Besides greenhouse gas emissions, livestock sector causes much consumption of fresh water, fossil fuels and also land uses. Artificial meat become a solution offer as a new type of food in global food industry. It also supplies alternative protein product for the consumers are who are sensitive about ethical concerns for animal welfare. It can be classified into two groups as cultured meat and meat analogues. Cultured meat is comprised of animal adipose cells and muscle fibers are cultured from muscle stem cells and satellite cells. Scaffold-based technique and self-organizing technique are used for cultured meat. The other group of artificial meat is meat analogues that consists of various kinds of fermented foods and soya derivatives. These plant-based meats are produced wet-spinning, electrospinning, extrusion and shear cell technique. To obtain meat-like flavour and texture, some additives are required. Clean labeling is essential for these ingredients, preservatives etc. Nearly half of the participants are willing to try artificial meat in various surveys, most of them still perceive it as unnatural. Briefing about the benefits of artificial meat is essential for consumer acceptance.

Keywords: Cultered meat, plant-based, protein, scaffolding

**PRELIMINARY INVESTIGATIONS TO IDENTIFY SEVEN NEONICOTINOID
INSECTICIDES IN HONEYBEE SAMPLES**

Prof. Dr. Serenella SECCIA (ORCID:0000-0002-7070-0964)

University of Naples Federico II, Dept. of Pharmacy

Email:kmkongresi@gmail.com

Prof. Dr. Irene DINI (ORCID:0000-0003-1418-1431)

University of Naples Federico II, Dept. of Pharmacy

Email:kmkongresi@gmail.com

Abstract

Neonicotinoids (NEOs) are widely used pesticides aimed at controlling harmful insects but can pose significant risks to human health, including potential links to cancer, infertility, and congenital disabilities. Consequently, monitoring NEOs residues in food is critical to safeguard public health and support ecological stability. This study presents a newly developed and validated method to measure residues of clothianidin, acetamiprid, imidacloprid, dinotefuran, nitenpyram, thiamethoxam, and thiacloprid in honeybee samples. The method uses a STRATA XPRO (Solid-Phase Extraction) prepacked column for efficient removal of interferents and concentration of NEOs. Quantification was conducted with a reverse-phase high-performance liquid chromatography (HPLC) system equipped with a Kinetex C18 column and a Diode Array Detector (DAD). This approach, leveraging STRATA XPRO cartridges, enabled faster processing and delivered high recovery rates. To validate the method, we applied the accuracy profile strategy endorsed by the Commission of the Société Française des Sciences et Techniques Pharmaceutiques (SFSTP) to assess the entire analytical procedure. Results demonstrated recoveries between 70% and 110%, a strong linear correlation between observed and predicted values ($R^2 = 0.999$), a quantification limit exceeding the target NEO concentrations, accuracy below 10% (complying with European Commission standards), and over 95% of results falling within $\pm 15\%$ of the acceptance limits. The method's low cost, speed, and operational simplicity support its use for routine analysis.

Keywords: Neonicotinoids, Honeybee, Reverse phase HPLC/DAD, STRATA XPRO cartridge

**SYSTEMATICS AND DISTRIBUTION OF THE GENUS LAUDAKIA GRAY, 1845
(sauria: agamidae): A REVIEW**

Milad YUSEFI

Department of Biology, Faculty of Science, Razi University, 6714967346 Kermanshah, Iran

Nasrullah RASTEGAR-POUYANI*

Department of Biology, Faculty of Science, Razi University, 6714967346 Kermanshah, Iran

Email:nasrullah.r@gmail.com

Rasoul KARAMIANI

Department of Biology, Faculty of Science, Razi University, 6714967346 Kermanshah, Iran

Abstract

In this review, systematics and distribution of the inclusive genus *Laudakia* throughout the range are discussed. We have tried to organize the species of the genus *laudakia* in an orderly form and in one piece. The genera *Laudakia* and *Paralaudakia* are treated as a single genus (e.g. *Laudakia*). In terms of taxonomy, the genus *Laudakia*, as an old world clade, belong to the Order Squamata and the Family Agamidae. Several species of this genus are also present in Iran, but we have tried to check all the existing species and this issue is not related to a specific geography. In this study, the geographical distribution of the species has been investigated. It has been tried to provide a general view of this genus by studying the species and their distribution. Unfortunately, only a few molecular studies have been done on this genus, but all available taxonomic data have been used to make a general and complete summary of *Laudakia*.

Keywords: Iranian Plateau, Central Asia, Agamidae, Systematics, Distribution

**SUSTAINABILITY AND GREENWASHING: LEGAL RESPONSES AND
TECHNOLOGICAL INNOVATIONS IN THE EU AGRI-FOOD SECTOR.
THE ITALIAN-WINE CASE LAW.**

Dr. Beatrice LA PORTA (ORCID:0000-0001-9931-0073)
Fellowship Researcher Università degli Studi di Palermo (Italy),
Email:beatrice.laporta@unipa.it

Themes, Topics, and Sub-Topics: Political Science, Agricultural Policies and Food.

Abstract

This work investigates the interplay between sustainability and greenwashing, focusing on the evolving legal responses and technological innovations designed to combat misleading environmental claims within the EU's agri-food sector. With increasing consumer demand for eco-friendly products, greenwashing threatens genuine sustainability efforts. The EU has responded with regulatory frameworks, notably through updates to the Directive on unfair business practices, to safeguard consumer rights and ensure environmental claims are transparent, substantiated, and credible. This work examines advanced technologies as essential tools to monitor, track, and validate sustainability claims within agricultural supply chains. Standardized assessment methodologies underscore the EU's commitment to providing consumers with reliable, measurable environmental impact data. The agri-food sector, with its complex supply chains, faces unique challenges in substantiating eco-sustainability claims; thus, technologies ensuring traceability from field to table are pivotal. Italian regulatory practices in sustainable agri-food certification serve as a case study, highlighting how national standards and certifications for the wine industry exemplify effective strategies against greenwashing, with special reference to the PRIN PNRR 2022 project "In-Wine – Innovation in the Wine Sector," coordinated by the Author. Ultimately, this work shows how legal measures and technology foster reliable communication of eco-sustainable choices, strengthening consumer trust. By positioning the EU agri-food sector at the forefront of the green transition, this work offers a model inspiring similar global initiatives, paving the way for a sustainable and transparent future in food production and consumption.

Keywords: Sustainability; Greenwashing; EU Agri-food Sector; Consumer Protection; Internet of Things; Supply Chain Traceability; IN-WINE.

**LITERATURE REVIEW: IMPLEMENTATION AND CHALLENGES OF GREEN
BUILDING DEVELOPMENT IN DEVELOPING COUNTRIES**

Naeli SILFANA (ORCID:0000-0002-7416-3828)
UIN K.H. Abdurrahman Wahid Pekalongan, Indonesia
Email:naelisilfana32@gmail.com

Abstract

The concept of green building has become a global concern as an effort to reduce negative impacts on the environment and improve people's quality of life. However, the implementation of green building in developing countries faces various challenges, such as financial limitations, lack of regulatory support, low access to environmentally friendly technology, and lack of public and stakeholder understanding of the benefits of green buildings. This research aims to assess the status of green building implementation in developing countries, identify key challenges, and formulate strategies to overcome these obstacles. Using a literature review approach, this research highlights the potential benefits of green building and examines strategies such as policy incentives, increased international cooperation, and public education to encourage its adoption. The results of this study are expected to support the sustainable development of green buildings to reduce carbon emissions, increase resource efficiency, and improve quality of life in developing countries.

Keywords: green building, developing countries, sustainability

**EPIDEMIOLOGICAL AND PHYLOGENETIC STUDY OF ESCHERICHIA COLI
AND STAPHYLOCOCCUS AUREUS ISOLATED FROM DAIRY COWS, WORKERS
AND SHARED FARM ENVIRONMENTS IN KARBALA GOVERNORATE- IRAQ**

Saleh Abed ALWAHED

Institute of Genetic Engineering and Biotechnology for Postgraduate Studies- University of
Baghdad-Iraq

Mahdi Kamil M AL-JOBORI

Institute of Genetic Engineering and Biotechnology for Postgraduate Studies- University of
Baghdad-Iraq

Wafaa S. M. MOHSEN

Institute of Genetic Engineering and Biotechnology for Postgraduate Studies- University of
Baghdad-Iraq ,College of Science,University of Karbala

Abstract

Staphylococcus aureus and Escherichia coli are a major cause of various humans and animals infections, are recognized as an important pathogens that causes serious problems in community, hospitalized patients, and animals. A total of 400 samples were collected. Ten cows from each farm were selected for sampling, as well as, all workers who consented and could be sampled during a field visit. Environmental sampling based on taking at least two samples for each area. At least total 50 samples of cow's milk, 50 swabs from cows' noses, 50 swabs from udder teat , 50 swabs from the noses and 50 swabs from hands of farm workers and environmental samples (50 swabs from milking tools, 50 swabs from the feeding place and 50 swabs from the cows' shelter).during the period started from June 2021 to October 2021at five farms located in different regions of the Karbala Governorate. The occurrence of both bacteria had significant difference among animals having different age groups and frequency of antibiotic use, also having significant difference among human by epidemiologic risk factors studied. Results of DNA sequencing analysis found genetically relate *E. coli* or *S. aureus* isolates and showed a high degree of similarity between the human, cows and environment , suggesting contagious transmission between animals, humans and the environment within and between cow farms.

Keywords: Epidemiology, phylogenetic , *E. coli* and *S. aureus* , cows, workers , shared farm environments

TRADE BETWEEN KOSOVO AND TURKEY

Prof.Asoc.Dr. Liridon DALIPI

Faculty of Law, University ‘‘Kadri Zeka’’ Gjilan, Kosovo

Prof.Ass.Dr. Arben SAHITI

Faculty of Economics, University ‘‘Kadri Zeka’’ Gjilan, Kosovo

Abstract

Kosovo and Turkey have strong economic relations, where Turkey is among the most important trading partners for Kosovo. The two countries have reached the free trade agreement, which entered into force in 2019. The partnership between Kosovo and Turkey also shows the cultural and historical connection between the two peoples. The purpose of this research is to analyze the trade between Kosovo and the Republic of Turkey.

Keywords: Turkey; Kosovo; trade; partnership.

**HEPATOPROTECTIVE EFFECT OF SANDFISH “SCINCUS SCINCUS” EXTRACT
ON CADMIUM-INDUCED HEPATOTOXICITY IN RATS**

Ramzi LAMRAOUI*

Departement of Biology of Living Organisms, faculty of Natural and Life Sciences,
University of Batna 2, Batna (05110)
Email:r.lamraoui@univ-batna2.dz

Djelal Eddine GHERISSI

Laboratory of Animal Productions, Biotechnologies and Health, in institute of Agronomic and
Veterinary Sciences, University of Souk-Ahras, BP 41000

Fayçal CHACHA

Biotechnology Research Center, PO E73 .NU No° 03 Constantine Algeria

Abstract

Hepatotoxicity is defined as injury to the liver or impairment of the liver function after exposure to various risk factors. This study was planned to investigate hypothesis of hepatoprotective effect of sandfish (*Scincus scincus*) consumed for its health virtuous by local Saharan peoples from Algeria. For this purpose, sandfish extract benefits against cadmium chloride (CdCl₂)-induced liver toxicity in rats was evaluated. The rats (n=23) were divided into 4 groups; the control group (n= 5) received a vehicle, the extract group (n= 5) received via gavage sandfish extract (100mg/kg), Cadmium group (n= 6) received CdCl₂ (1 mg/kg, intraperitoneal injection), cadmium +extract group(n= 7) received after the single injection of CdCl₂(1mg/kg) the sandfish extract (100 mg/kg, orally).The experimentation was performed over 56 days. Body weight, relative liver weight (LW) and biochemical parameters namely glucose, triglycerides, cholesterol, alanine aminotransferase (ALT), aspartate aminotransferase (AST), total bilirubin (TB) and direct bilirubin (DB) were measured. Glutathione (GSH) and Malondialdehyde (MDA) activities were measured to evaluate the changes in antioxidative system and lipid peroxidation activity in liver tissues. Relative LW, MDA, ALT and TB were significantly increased by CdCl₂ treatment. The treatment with sandfish extract after CdCl₂ injection reduced significantly ALT, AST and TB. The GSH level was significantly altered (0.19±0.05 mg/g) by Cd treatment, which was recovered (0.43±0.08 mg/g) after that by sandfish extract gavages. In conclusion, inclusion of sandfish in rat diet showed significant evidences of hepatoprotective effect in response to acute Cd hepatotoxicity.

Keywords: Biochemical parameters, Cadmium, GSH, Hepatoprotective effect, Scincus scincus

**CLIMATE CHANGE AND PRODUCTION EFFICIENCY OF CHICKPEA
KHAIRPUR DISTRICT**

Professor , Dr.Faiz Muhammad Shaikh

University of Larkano -Sindh

Email:faizs045@gmail.com

Rasool Bux Junejo

Director Agri.Extension-Government of Sindh

Muhammad Zafar Wassan

Conservator Forest -Larkana

Email:zafarwassan@gmail.com

Syed Mujeeb Hyder Shah

Toronto-Canada

Syed Mehtab Ali Shah

Progressive Grower-Saleh Pat

Abstract

This research investigates Climate Change and production efficiency of Chickpea khairpur District. A total of 300 genome-wide simple sequence repeat (SSR) markers were initially screened, out of which 89 were found polymorphic which generated 317 polymorphic alleles with an average of 3.56 alleles per SSR locus. The number of alleles at each locus varied from 2 to 7. The population genetic structure analysis grouped different genotypes in three major clusters and three genetically distinct subpopulations (SPs) (i.e., SP-1, SP-2, and SP-3) with one admixture subpopulation (SP-4). Both cluster and population genetic structure analysis categorized the advanced mung bean genotypes in a single group/SP and the released varieties in other groups/SPs, suggesting that the studied genotypes may have common ancestral history at some level. The population genetic structure was also in agreement with the genetic diversity analysis. The estimate of the average degree of linkage disequilibrium (LD) present at the genome level in 80 mung bean genotypes unveiled significant LD blocks. Over the four seasons, 10 marker-trait associations were observed significant for YMD and four seed yield (SY)-related traits viz., days to flowering, days to maturity, plant height, and number of pods per plant using the mixed linear model (MLM) method. These associations may be useful for marker-assisted mung bean yield improvement programs and YMD resistance

**SÜRDÜRÜLEBİLİR SU YÖNETİMİ İÇİN ÇÖZÜMLER VE EKO ŞEHİR
DIYARBAKIR ÖRNEĞİ**

Seyhmus TUMUR (ORCID.0000-0001-7589-8941)

Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Dicle University

Email:Stumur@dicle.edu.tr

Özet

Kentler, tarihsel süreç içerisinde insanlığın sosyal, ekonomik ve kültürel faaliyetlerinin yoğunlaştığı merkezler olarak evrimleşmiş, karmaşık ve dinamik ekosistemler oluşturmuşlardır. Ancak, son yıllarda yaşanan hızlı kentleşme ve buna bağlı olarak ortaya çıkan çevresel sorunlar, kentsel ekosistemlerin sürdürülebilirliğini tehdit etmektedir. Bu durum, doğal kaynakların tükenmesi, çevre kirliliği ve iklim değişikliği gibi küresel çaptaki sorunları tetikleyerek, kentsel ekosistemlerin sürdürülebilirliğini tehdit etmektedir. Bu bağlamda, "eko şehir" modeli, kentsel yaşamın çevresel etkilerini azaltarak sürdürülebilir bir gelecek inşa etme potansiyeli sunmaktadır. İnsan, doğa ve kent arasındaki dengeyi yeniden kurmayı hedefleyen bu model, sürdürülebilir kalkınma ilkelerine uygun olarak gelecek nesillere yaşanabilir bir çevre bırakmayı amaçlamaktadır. Bu araştırma, Diyarbakır ili için sürdürülebilir su yönetimi stratejileri geliştirmek amacıyla, kent içi yağmur suyu hasadı uygulamalarının farklı alternatiflerini incelemektedir. Bu çalışma, dünya genelindeki eko şehir uygulamalarını incelemekle birlikte, bu modelin Türkiye'deki bir vaka çalışması olan Diyarbakır ilinde uygulanabilirliğini değerlendirmeyi amaçlamaktadır. Araştırma, dünya genelindeki eko şehir projelerini referans alarak, Diyarbakır ilinin eko şehir dönüşümü için belirli hedefler belirlemiştir. Bu hedeflerin gerçekleştirilmesi, hem Diyarbakır ilinin sürdürülebilir kalkınmasına katkı sağlayacak hem de diğer benzer şehirler için bir yol haritası sunacaktır.

**DIYARBAKIR AS AN ECO-CITY: A CASE STUDY IN SUSTAINABLE
WATER MANAGEMENT SOLUTIONS**

Abrascct

Cities have evolved into complex and dynamic ecosystems, serving as the epicenter of human social, economic, and cultural activities throughout history. However, rapid urbanization and its associated environmental issues have jeopardized the sustainability of urban ecosystems. These challenges, including resource depletion, pollution, and climate change, have escalated global problems and further threatened the sustainability of urban ecosystems. In this context, the "eco-city" model offers a promising approach to build a sustainable future by mitigating the environmental impacts of urban life. Aiming to restore the balance between humans, nature, and cities, this model seeks to create a livable environment for future generations in line with sustainable development principles. This research explores various alternatives of in-city rainwater harvesting applications to develop sustainable water management strategies for Diyarbakır province. While examining global eco-city practices, this study also aims to evaluate the applicability of this model in Diyarbakır, a case study in Turkey. By referencing global eco-city projects, the research sets specific goals for Diyarbakır's eco-city transformation. Achieving these goals will contribute to the sustainable development of Diyarbakır and provide a roadmap for other similar cities.

**THE ROLE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN RURAL DEVELOPMENT:
TRANSFORMING ECONOMIES AND ENHANCING LIVELIHOODS.**

Dr Amit JOSHI

Wilson Dhana MARTHEN

Shorya JAISWAL

Abstract

Artificial Intelligence (AI) is increasingly recognized as a transformative force in rural development, addressing agriculture, healthcare, education, infrastructure, and local governance challenges. This research article examines the role of AI in rural development, analyzing its applications, potential, and limitations. Through case studies and evidence-based analysis, we explore how AI-driven solutions can enhance productivity, improve service delivery, and promote sustainable development in rural areas. This study emphasizes the need for inclusive AI policies and infrastructure investments to ensure equitable access to technology and maximize the potential of AI to contribute to rural development.

**MITIGATING LOW PRODUCTIVITY IN GOAT ANIMAL AGRIPRENEURSHIP IN
NIGERIA WITH FOCUS ON CLIMATE AND ECONOMIC UNCERTAINTIES IN
SOUTH EAST, NIGERIA**

Onwumere, J. C.

Department of Agribusiness and Management

J.C. Nwaru.

Department of Agricultural Economics;
Michael Okpara University of Agriculture Umudike, Abia State Nigeria

R. O Mejeha.

Department of Agricultural Economics;
Michael Okpara University of Agriculture Umudike, Abia State Nigeria

F.O. Onwukwe.

Department of Agribusiness and Management

H.C. Ene.

Department of Agribusiness and Management

C.O. Eluwa

Department of Agribusiness and Management

Abstract

This study investigated strategies to address low productivity in goat agribusiness in Nigeria's South East, focusing on climate and economic uncertainties. Objectives included analyzing goat production responses to climate change, assessing growth trends, and evaluating adaptation strategies. Two sets of data were collected involving secondary sources like NIMET and FAO and second was primary data elicited using structured questionnaire. Data analysis was via descriptive statistics, farm budgeting, and co-integration methods. Findings showed climate variables—temperature, rainfall, carbon emissions, humidity, and sunlight—negatively impact goat production, with both short- and long-term decreases in returns (example a rate of return of -0.482 in the long run). Growth analysis indicated a deceleration in goat production from 1970 to 2017, disproving assumptions of acceleration or stagnancy. Key adaptation strategies recommended included infrastructure improvements, intensive production, ranching, and access to climate and market data. The study concluded that climatic and economic factors significantly affect goat production, recommending that farmers adopt intensive production systems and leverage government and NGO resources for climate adaptability, production, and market growth.

Keywords: Goat-production, Climatic-factors, Low-productivity, South-East, Nigeria

**COMPOSTING AS AN ECOLOGICAL WAY TO MANAGE ORGANIC WASTE
AND REDUCE THE EFFECTS OF CLIMATE CHANGE**

Prof. Dr. Natalija ATANASOVA-PANCEVSKA (ORCID:0000-0002-7358-3935)

Ss. Cyril and Methodius University in Skopje, Faculty of Natural Sciences and Mathematics,
Institute of Biology, Arhimedova no.5, 1000 Skopje, North Macedonia

Email:natalijaap@gmail.com

Abstract

The process of turning organic waste into a nutrient-rich soil supplement is called composting. It can benefit the environment in many ways and is a sustainable and environmentally beneficial method of managing organic waste. Composting can save water, enhance soil quality, and lower greenhouse gas emissions. Additionally, it can lessen the quantity of garbage that ends up in landfills, protecting both the environment and human health. Food scraps, yard debris, and other organic materials are examples of waste inputs for composting. Decomposition is the process by which microbes break down these materials. The compost pile should be turned frequently to guarantee that there is adequate oxygen present because there are several decomposition technologies, including but not limited to aerobic decomposition, which needs oxygen. Depending on the size of the business, different composting techniques may be employed. Nonetheless, the following procedures are included in all composting techniques: After organic waste is collected, it is prepared (e.g., by shredding and chopping), mixed with other materials (e.g., soil, sand, and microorganisms), turned, the compost pile is monitored (e.g., temperature and moisture content), and finally the compost is harvested. Compost, a nutrient-rich soil additive, is the result of composting. Compost can boost agricultural yields, enhance soil quality, and lessen the need for chemical fertilizers. By lowering the demand for imported topsoil, compost can also be used to produce a more sustainable environment.

Keywords: Climate change, Waste, Reduction, Organic, Eco-friendly

**IMPROVING AGRICULTURE, ANIMAL SCIENCES, AND RURAL
DEVELOPMENT IN PAKISTAN: A SUSTAINABLE WAY FORWARD BY DR
FAISAL**

MUHAMMAD FAISAL (ORCID:0000-0002-5797-766X)

MIS/IT Specialist in Ministry of Safron Pakistan

Email:dr.faisalshabbir88@gmail.com

Abstract

Dr Faisal has been presented a comprehensive idea of Agriculture, animal sciences, and rural development are important pillars of Pakistan's economy and food security, yet they are facing challenges that hinder their growth potential. This paper outlines a holistic approach in terms of transforming these sectors through sustainability, technological innovation, policy reforms, and community empowerment. Focus areas include precision agriculture, climate-resilient crops, smart irrigation, and Green AI to make resource use optimal and ensure increased yield. It further recommends better veterinary care systems and management of livestock with a view to improving health and productivity of animals in the interest of rural livelihoods. Moreover, rural infrastructure associated with transportation networks, cold storage, and digital connectivity should be provided for easy market access as well as reduction in post-harvest losses. Access to microcredit as well as crop insurance schemes will make them more financially resilient. Education programs among the women and youth will enhance skill development and speed up economic independence through models of cooperative farming. Integration of digital platforms for information dissemination, market trends, and disease management further strengthens the decision-making and resource allocation in agriculture. In this way, Pakistan would be on a sustainable path to improving food security, economic growth, and rural welfare, thereby fostering a resilient agricultural ecosystem.

Keywords: comprehensive, potential, sustainability, livestock, post-harvest.

**CROP DIVERSIFICATION IN MAIZE-BASED PRODUCTION SYSTEMS AMONG
SMALL-SCALE FARMERS IN KWARA STATE, NIGERIA**

Fatodu, P. A.*

Department of Agricultural Extension and Rural Development,
University of Ilorin, PMB 1515 Ilorin, Nigeria
Email:donfat2003@gmail.com

Omotesho, K. F.

Department of Agricultural Extension and Rural Development,
University of Ilorin, PMB 1515 Ilorin, Nigeria

Adamson M.O.

Department of Agricultural Extension and Rural Development,
University of Ilorin, PMB 1515 Ilorin, Nigeria

Abstract

The problem of risk and uncertainty in production occasioned by crop failure, seasonality, unstable labor markets, and the need to respond to changing consumer demands necessitate crop diversification as a coping mechanism. This study analyzed crop diversification in maize-based production systems among small-scale farmers in Kwara State, Nigeria. Specifically, it described the socioeconomic characteristics of farmers; crop diversification; determinants of crop diversification and drivers of farmers' choices of crop for production in a Maize-based production system. A multi stage sampling procedure was used to select 172 respondents to whom an interview schedule was administered. Data were analysed using descriptive statistics, Simpson's diversification indexing and multiple regression analysis. Findings reveal that, farmers were aged (48) years, married (84.3%), had 10 years farming experience, average of 10 years formal education, household size of five and average annual income of (₦277,318); level of diversification was high ($\bar{x}=0.89$); climatic, cultural and market related factors ($\bar{x}=3.38$, 3.36 and 3.34) were drivers of farmers' choices of crop for production. The study concluded that level of crop diversification was high and determined by primary occupation ($\beta= 0.042$), annual income ($\beta=4.451E-007$) and household size ($\beta=0.020$) at $p<0.05$. This study recommends a multidimensional approach to the provision of resources to drive farmers' choices of diversification and increase awareness on crop diversification.

Keywords: Crop diversification, maize-based production system, and small-scale farmers.

**WATERQ AI – AN INNOVATIVE ARTIFICIAL INTELLIGENCE FOR
IRRIGATION WATER QUALITY ANALYSIS**

Lykhovyd P.V.

Doctor of Agricultural Sciences, Senior Researcher
Institute of Climate-Smart Agriculture of NAAS, Odesa, UKRAINE

Abstract

Artificial intelligence is an important branch of current science and technology providing new opportunities for the improvement of management decisions in agriculture. One of the relevant tasks of current agriculture is to provide for sustainable development of crop production in the changing environmental conditions, which are greatly affected by global warming. In this regard, careful use of natural soil and water resources is a key for sustainability in crop production. Artificial intelligence is widely implemented in various decision support systems, developed to assist farmers and scientists in their practical work and scientific research. In order to satisfy the requirements for rational freshwater use in agriculture and provide necessary level of soil fertility preservation under the irrigated croplands, it is crucial to conduct robust analysis of water quality for irrigation. This task requires much time and efforts, and not every agricultural specialist can perform operational water sample analysis and draw scientifically substantiated conclusions on the suitability of irrigation water for certain soil and certain crops. That is why the development of specialized artificial intelligence assistant to automatize comprehensive irrigation water analysis is relevant. WaterQ AI is a rule-based artificial intelligence chat-bot written on Python, which provides comprehensive water quality analysis by agronomic criteria, using as guidelines Ukrainian national standards and international methodologies for water quality assessment in agriculture. The chat-bot has a console interface, provides robust tools for water analysis considering soil parameters. All the methodology has related references, and users are free to access them and dive deeper into the peculiarities of the algorithms, used in the program. The output results could be saved in the txt file for further use in scientific or practical work. The program was tested by the specialists and scientists of the Institute of Climate-Smart Agriculture of NAAS, and the Institute of Water Problems and Land Reclamation of NAAS and received positive feedback. The program is distributed free of charge on reasonable requests to the developers or to the Institute of Climate-Smart Agriculture of NAAS.

Keywords: agronomic criteria, information technologies, national standard, Python, water suitability.

**AFGHAN REFUGEE INFORMATION SYSTEM INTEGRATION OF VOICE
SEARCH IMPROVING THE ACCESSIBILITIES OF AFGHAN REFUGEES IN
PAKISTAN**

Muhammad FAISAL (ORCID: 0000-0002-5797-766X)
MIS/IT Specialist in Ministry of Safron Pakistan
Email: dr.faisalshabbir88@gmail.com

Abstract

Dr Faisal have been proposed a comprehensive idea of integrating voice search within the Afghan Refugee Information System, which is set up for the support of Afghan refugees and host communities within Pakistan. The integration of voice search may greatly improve accessibility as well as the user experience for those refugees who do not possess any literacy skills or do not have even little expertise in digital use of technology in order to interact with the system through natural spoken language. Such features of this integration will be multilingual voice recognition in Dari, Pashto, Urdu, and English, along with AI-powered Natural Language Processing, which will understand user intent and provide accurate responses. This will make voice-activated navigation, speech-to-text for simplified form-filling, and real-time translation for cross-language communication easily accessible to vital information regarding health, education, and employment services. The voice search would further allow personalization, with responses being adapted based on individual profiles and past interactions, further refining the user experience. This approach to voice use would ensure inclusivity, enabling refugees of all backgrounds to navigate ARIS effectively, increasing engagement and accessibility to services. This feature will, through the collaboration of an expert IT consultancy, design, develop, and implement, ensuring that ARIS becomes an exemplary model of accessible, responsive, and inclusive digital services for refugees in Pakistan. Voice search is an opportunity to make access easier for the Afghan refugees through this information system-ARIS, especially by enhancing usability and accessibility for individuals who cannot read or be conversant with digital tools. It should have four languages such as voice in Dari, Pashto, Urdu, and English in order to cope with major languages being conversed among Afghan refugees across Pakistan. The accent variations and different regional dialects should also be recognizable and trained on the system, which could help achieve great accuracy in speech input to text processing. Such more advanced models of NLP should enable understanding about users' intention from queries through conversational language as examples of "where can one find a nearby health center? Or Search for teaching jobs in my locality. The application with voice search may offer a user personalized results considering profile and history. When an individual has a track of frequent search on training activities the application will provide them answer relevant to schoolings as well as vocational courses navigation. Provide voice-based control throughout ARIS that makes it easy for people to find their way while finding services. Voice search will allow them to apply for services, track the status of complaints, or seek particular programs. Implement voice search with the AI chatbot so that the users can ask common questions verbally and receive answers. This will be helpful in general

information on rights of refugees, documentation procedures, and social services available. Speech-to-text functionality would ease form filling. This would allow refugees to fill up forms for health services, enrollments in educational institutions, or job applications through voice commands rather than keyboard inputs. Offer options for senior citizens or technology natives like slowing down the responses or repeating the information, thereby making ARIS inclusive to all age groups and literacy levels. Implement real-time translation within the voice search system, where users are able to inquire in their native language, and the system will translate responses if necessary. This would better the interactions with service providers or even enhance emergency response. Voice search eliminates problems concerning easy and immediate finding of services for illiterate or audio-accepting refugee recipients. This functionality will make ARIS more easily accessible and user-friendly and enhance the provision of resources offered to Afghan refugees and host communities in Pakistan. A specialist IT consultancy might be able to design, develop, and test a voice search feature that is accurate and culturally relevant as well as user-friendly.

Keywords: integrating, communities, accessibility, voice-activated, inclusivity, illiterate.

**EFFECT OF YELLOW OLEANDER (*Thevetia neriifolia* Tuss.) SEED POWDER ON
HEMATOLOGY AND SERUM BIOCHEMISTRY IN WILD FEMALE AFRICAN
GIANT RAT (*Cricetomys gambianus* W.)**

Dr Hafiz Ayinde BADMUS (ORCID:0000-0001-7444-9722)

Department of Crop Protection and Environmental Biology, University of Ibadan, Ibadan,
Nigeria

Email:badmus.hafiz@gmail.com

Toluwani Jesutofunmi ADEYANJU

Department of Crop Protection and Environmental Biology, University of Ibadan, Ibadan,
Nigeria

Email:adetolu197@gmail.com

Abstract

Rodents are known to cause economic damage to agricultural crops. One of the most destructive rodent pest species known is African giant rat (AGR). Controlling them with chemicals usually causes environmental pollution due to residues of the chemical used. *Thevetia neriifolia* seed has been discovered to have rodenticidal potential in the laboratory rodents. However, its humaneness as a rodenticide has not been evaluated in wild rodent species. Therefore, this study was aimed at evaluating effect of *Thevetia neriifolia* seed powder on hematology and serum biochemistry in wild female AGR. Twenty wild female AGR were acclimatized for 4 weeks and randomly allocated into 4 groups (A, B, C, and D) (5 animals per group) including control. The *T. neriifolia* seed was sundried, blended into powder, and mixed with commercial feed at 20%, 40%, 60%, and 0% (control), and then turned into pellet. The formulated feeds were administered to the animals for 8 weeks. At termination, the blood samples of the animals were collected for hematology and serum biochemistry analysis. Data were analyzed using ANOVA and means separated using DMRT at significance level of 0.05. The results showed no behavioral changes between treated group and control. All the hematological parameters showed no significant difference except red blood cell and haemoglobin. There was significant difference in Na⁺, HCO₃⁻, urea, and albumin among the groups compared with the control ($p < 0.05$). *Thevetia neriifolia* seed powder did not seriously affect the hematology and serum biochemistry of the wild female AGR within the exposure time.

Keywords: African giant rat, *Thevetia neriifolia*, Rodents, Economic damage, hematology, serum biochemistry

**METABOLOMIC ANALYSIS OF ZEA MAYS RESPONSE TO BIOSTIMULANT
PROTEIN HYDROLYSATES DERIVED FROM OLIVE SUPPLY CHAIN WASTE**

Eleonora CALZONI*(ORCID:0000-0002-2876-952X)

Department of Chemistry, Biology and Biotechnology, University of Perugia, Italy, Centro di
Eccellenza Materiali Innovativi Nanostrutturati (CEMIN), University of Perugia, Italy
Email:eleonora.calzoni@unipg.it

Ciro TOLISANO

Department of Agricultural, Food and Environmental Sciences, University of Perugia, Italy

Agnese BERTOLDI

Department of Chemistry, Biology and Biotechnology, University of Perugia, Italy

Nicolò MONTEGIOVE

Department of Civil and Environmental Engineering, University of Perugia, Italy

Alessio CESARETTI

Department of Chemistry, Biology and Biotechnology, University of Perugia, Italy, Centro di
Eccellenza Materiali Innovativi Nanostrutturati (CEMIN), University of Perugia, Italy

Dario PRIOLO

Department of Agricultural, Food and Environmental Sciences, University of Perugia, Italy

Daniele DEL BUONO

Department of Agricultural, Food and Environmental Sciences, University of Perugia, Italy

Carla EMILIANI

Department of Chemistry, Biology and Biotechnology, University of Perugia, Italy, Centro di
Eccellenza Materiali Innovativi Nanostrutturati (CEMIN), University of Perugia, Italy

Abstract

Agro-industrial activities generate large amounts of waste that must then be disposed of. Significant research is currently being conducted to improve these wastes in order to turn them into high-value goods, which will guide agriculture toward a circular economy system. Growing olives and producing oil are two of the Mediterranean region's main industries, and they are significant both socially and economically. However the process of extracting olive oil produces a lot of by-products, like pomace, olive stone, and wastewater from olive mills, which can have serious negative effects on the environment and the economy. As a result, treating these biomasses to recover important compounds allows for the development of novel products that can also be utilized in agriculture, as well as the reduction of issues related to their disposal. In particular, olive mill wastewater and pomace have a considerable content of bioactive molecules that can be recovered by applying or developing appropriate technologies. This work aimed to produce protein hydrolysates (PHs) from by-products of olive oil production, using an innovative, eco-friendly technology based on mild thermal hydrolysis. Unlike conventional

chemical hydrolysis, this process operates under mild pH and temperature conditions, yielding high-quality hydrolysates with an abundant content of peptides and free amino acids. The obtained PHs were tested on *Zea mays* seeds to evaluate their effect on the crop in the early stages of development and on *Zea mays* leaves to test the foliar growth. A metabolomic analysis was also performed in order to evaluate the alteration in some characteristic metabolic pathways. Among the different type of PHs, those derived from pomace showed stimulating effects on the development of maize seedlings at the aerial and root level and on some physiological parameters. On the other hand, hydrolysates obtained from olive mill wastewater showed limited or no significant effects. These results are justified by the different composition in terms of peptides and amino acids of the PHs, in relation to the starting biomass. However, the stimulating and beneficial effects of PHs from pomace on corn are entirely encouraging.

**THIS WORK HAS BEEN FUNDED BY THE EUROPEAN UNION -
NEXTGENERATIONEU WITHIN THE ITALIAN MINISTRY OF UNIVERSITY
AND RESEARCH (mur) NATIONAL INNOVATION ECOSYSTEM GRANT
ECS00000041 – VITALITY PROMOTED BY THE MINISTRY OF UNIVERSITY
AND RESEARCH (mur). WE WOULD LIKE TO THANK THE UNIVERSITY OF
PERUGIA AND THE MUR FOR THEIR SUPPORT IN THE VITALITY PROJECT.**

Obaniyi, K.S.

Adoption of climate change adaptation strategies by agricultural stakeholders in Cocoa industry in Nigeria

Awotunde, G. J

Adoption of climate change adaptation strategies by agricultural stakeholders in Cocoa industry in Nigeria

Dashaolu P.D

Adoption of climate change adaptation strategies by agricultural stakeholders in Cocoa industry in Nigeria

Abstract

The effect of climate change on agricultural production has been established with diverse set back as the negative impact is more visible on agricultural growth and production with less adoption of climate change adaptation strategies. Therefore, this study examines cocoa farmers' adoption of climate change adaptation strategies in , Nigeria. with aim of identifying those with less adaptation among the farmers in Nigeria.. This was carried out by examines socio economics characteristics of the farmers in the study area, climate change adaptation strategies used by farmers in the study area, level of adoption of climate change adaptation strategists and constraints associated with the usage of these methods.A multi-stage sampling technique was used to select 150 respondents from selected local government from North central (Kwara State The data was collected using a well-organized questionnaire. We utilized descriptive statistics, . means, frequency distribution, inferential statistics, and Spearman's rank.The results indicated that the respondent has applied different adaptation methods like planting hybrid seedlings, altering the date of planting, using fertilizer, and applying fungicide. They also harvest infected cocoa pods and apply pesticides. Strategies such as soil erosion control, agro-forestation, irrigation use on farms farm insurance policy along creating fire terracing around the cocoa farm have not yet been implemented by farmers in the study area. The main constraints faced by farmers through the use of adaptation strategies are financial constraints, the high cost of fungicides and pesticides, poor information about climate change, limited access to information from extension agents, and lack of technological know-how.In conclusion, the findings revealed high adoption with an adoption index of 84% of some climate change adaptation strategies while other practices were not yet adopted. Therefore, farmers should be encouraged to adopt other climate change adaptation strategies like irrigation, farm insurance policy, and soil erosion among others to improve their productivity.The government should also give loans to the farmers and partially cover the cost of inputs through subsidy programs to encourage the farmers to adopt climate adaptation strategies.

Keywords: Adoption, Climate Change Adaptation strategies, Cocoa Farmers.

**CFD ANALYSIS OF LEAD PARTICLES FILTRATION EFFICIENCY BY USING
CYCLONE SEPARATOR**

Muhammad Abdul MOEED SHAHID (ORCID:0009-0002-7079-2464)

Govt. Islamia Graduate College, Civil Lines Lahore, 54000, Pakistan

Department of Physics

Email:moeedshahid7@gmail.com

Muhammad TALHA KHAN (ORCID:0009-0000-8490-2340)

Govt. Islamia Graduate College, Civil Lines Lahore, 54000, Pakistan

Department of Physics

Email:mtalhakhan9t@gmail.com

Muhammad JAVAID AFZAL (ORCID:0000-0003-2786-3765)

Govt. Islamia Graduate College, Civil Lines Lahore, 54000, Pakistan

Department of Physics

Email:javaidphy@gmail.com

Sadia SHAHID

University of Engineering and Technology, Lahore, 54000, Pakistan

Department of Chemistry

Email:sadiaghauri2@gmail.com

Farah JAVAID

Govt. APWA College (W) Lahore, 54000, Pakistan

Department of Physics

Email:farahjavaid71@gmail.com

Abstract

Environmental pollution is an alarming global issue. Every year, over 5.5 million people die prematurely due to the air pollution caused by these heavy metals. Reducing exposure to air pollution by heavy metals could save several lives. Some heavy metals like Iron (Fe) and Zinc (Zn) are vital and positively affect human health. While some heavy metals like Lead (Pb) and cadmium (Cd) have adverse effects on human health. Different research confirmed that lead is egregious for human health. Lead particles are non-biodegradable and can lead to many severe diseases like cancer, kidney, and liver damage, anemia, gastrointestinal damage, decreased IQ levels, creativity among children, and nervous system disorder. The cyclone separators are brilliant devices used for the separation of material particles from fluids. They are widely used in industries for the separation of many solid particles. In this research, the computational fluid dynamics (CFD) technique of ANSYS is used to observe the efficiency of lead particle filtration of a cyclone separator. For this research, the cyclone separator is designed of height of 0.11m with outlet height of 0.0626m, inlet height of 0.151m with depth of 0.11m using ANSYS Fluid Flow. For filtration, the net particles used is ranged from 4 μm to 7 μm with an inlet velocity of 3 m/s. The cyclone separator shows the minimum efficiency of 21.68% for the particle size of 4 μm . The maximum filtration efficiency achieved in this research work is 99.29% for the particle size of 7 μm . These simulations show that the filtration efficiency of the cyclone separator directly depended on the size of the lead particle. This research concluded that the cyclone separator has proved to be an excellent device for the filtration of lead particles from the air.

Keywords: ANSYS, Lead Particles, CFD, Efficiency, Cyclone Separator

**KUZULARIN BESLENMESİNDE KULLANILAN MISIR, RYEGRASS VE
SORGHUM SİLAJLARININ PERFORMANS, ET KALİTESİ VE BAZI KAN
PARAMETRELERİ ÜZERİNE ETKİSİ**

Dr. Alparslan Mutluhan TÜREDİ (ORCID:0000-0002-7614-3003)

Afyon Kocatepe Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Hayvan Besleme ve Beslenme Hastalıkları
Email:alparslanturedi@hotmail.com

Prof. Dr. İ. Sadi ÇETİNGÜL (ORCID:0000-0002-7608-6176)

Afyon Kocatepe Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Hayvan Besleme ve Beslenme Hastalıkları
Email:sadicet@yahoo.com

Özet

Bu çalışma, Sakarya ilinde yetiştirilen Ile de France ırkı erkek kuzularda *ad libitum* tüketilen farklı silaj kaynaklarının büyüme performansı, kan parametreleri, karkas verimleri ve etin duyuşal özellikleri üzerindeki etkilerini belirlemek için yapılmıştır. Deneme, 24 erkek kuzudan oluşan 4 ana grup ve her bir grupta 6 alt grup ile 70 gün boyunca yürütülmüştür. Gruplar, silaj içermeyen kontrol grubu ve mısır, sorghum ve ryegrass silajı ile beslenen deneme grupları olarak belirlenmiştir. Besleme dönemi sonunda mısır silajı grubunun en yüksek ağırlığa ulaştığı belirlenmiştir. Kuru madde bazında yem tüketimi de mısır silajı grubunda en yüksek düzeyde gerçekleşmiş olup, bu bulgu mısır silajının kuzu beslenmesinde etkili bir kaynak olduğunu işaret etmektedir. Ancak, gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmaması, diğer silaj kaynaklarının da mısır silajına alternatif olabileceğini göstermektedir. Kan gazı ve biyokimyasal analizler sonucunda farklı silaj grupları arasında anlamlı bir fark olmadığı tespit edilmiştir, bu da biyokimyasal dengenin korunduğunu ve silajların fizyolojik işlevlere zarar vermediğini ortaya koymaktadır. Karkas verileri açısından mısır silajı grubunun kesim canlı ağırlığı, karkas randımanı ve sıcak-soğuk karkas ağırlıkları bakımından diğer gruplardan daha yüksek değerlere sahip olduğu belirlenmiş; ancak bu farkların istatistiksel olarak anlamlı olmadığı görülmüştür. Farklı silaj kaynaklarının *ad libitum* tüketimiyle elde edilen karkaslarda etin renk, su aktivitesi, tekstür ve duyuşal özellikleri üzerinde de anlamlı bir fark bulunmamıştır. Ryegrass silajı grubunun duyuşal analizlerde en yüksek beğeni puanına sahip olmasına rağmen, bu farkın da istatistiksel olarak anlamlı olmadığı belirlenmiştir. Sonuç olarak, *ad libitum* silaj tüketiminin kuzularda önemli bir olumsuzluk göstermediği gibi mısır silajının bazı üstünlükler sağladığı, ancak sorghum ve ryegrass silajının da yerel koşullara ve hedeflere bağlı olarak yeterli alternatifler olabileceği sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Karkas parametreleri, Kan parametreleri, Kuzu besleme, Performans parametreleri, Silaj

Bu tez çalışması, Afyon Kocatepe Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi (BAPK) tarafından "22.SAĞ.BİL.06" numaralı proje kapsamında desteklenmiştir.

**EFFECTS OF MAIZE, RYEGRASS AND SORGHUM SILAGES ON
PERFORMANCE, MEAT QUALITY AND SOME BLOOD PARAMETERS OF
LAMBS**

Abstract

This study was conducted to evaluate the effects of *ad libitum* consumption of different silage sources on growth performance, blood parameters, carcass yields, and sensory characteristics of meat in Ile de France male lambs raised in Sakarya province. The experiment involved 24 male lambs, divided into 4 groups of 6 lambs each, and lasted for 70 days. The groups consisted of a control group with no silage and experimental groups fed maize, sorghum, and ryegrass silages. At the end of the feeding period, the maize silage group achieved the highest body weight. Dry matter intake was also highest in the maize silage group, suggesting that maize silage is an effective feed source for lambs. However, the lack of statistically significant differences among the groups indicates that other silage sources could also serve as viable alternatives to maize silage. Blood gas and biochemical analyses revealed no significant differences among the silage groups, indicating that the biochemical balance was maintained and the silages did not adversely affect physiological functions. In terms of carcass data, the maize silage group had higher slaughter live weight, carcass yield, and hot-cold carcass weights compared to the other groups; however, these differences were not statistically significant. Additionally, no significant differences were found in meat color, water activity, texture, or sensory characteristics among the carcasses obtained from *ad libitum* silage consumption. Although the ryegrass silage group received the highest sensory evaluation scores, this difference was also not statistically significant. In conclusion, while maize silage showed certain advantages, sorghum and ryegrass silages also appeared to be suitable alternatives depending on local conditions and production objectives.

Keywords: Blood parameters, Carcass parameters, Lamb feeding, Performance parameters, Silage

VETERİNER CERRAHİDE VİTAMİN, ENZİM VE HORMON KULLANIMI

Arş. Gör. Dr. Nahit SAYLAK (ORCID:0000-0003-2008-5403)

Dicle University, Faculty of Veterinary Medicine, Department of Surgery, Diyarbakir-
Türkiye

Email: nsaylak@gmail.com

Dr. Öğr. Üyesi Berna ERSOZ KANAY (ORCID:0000-0001-5165-0618)

Dicle University, Faculty of Veterinary Medicine, Department of Surgery, Diyarbakir-
Türkiye

Email: bersoz@dicle.edu.tr

Özet

Veteriner cerrahide vitamin, enzim ve hormon kullanımı, cerrahi operasyonlar sonrası iyileşme sürecini hızlandırmak ve komplikasyonları azaltmak amacıyla tedavi yöntemleri arasında önemli bir yer almaktadır. Bu biyolojik ajanlar, vücut sistemlerine olan destek etkileri göz önünde bulundurulduğunda cerrahi müdahalelerin başarısını artırmak için dikkatle seçilip sıklıkla uygulama alanı bulunur. Vitaminler, özellikle antioksidan özelliklere sahip olan C ve E vitaminleri, serbest radikallerin canlı vücudundaki zararlarını önleyerek doku iyileşmesini desteklemek amacıyla kullanılabilir. C vitamini, kollajen sentezi için hayati öneme sahiptir ve yara dokusunun yeniden yapılandırılmasını sağlar. E vitamini ise anti-inflamatuar etkisiyle inflamasyonu azaltır ve yara bölgesindeki hücresel onarımı hızlandırır. Ayrıca, A vitamini epitelizasyonu destekler ve bağışıklık sistemini güçlendirir, bu da enfeksiyon ve komplikasyon riskini azaltır. Enzimler, cerrahi operasyon sonrası iyileşmeyi destekleyen biyolojik katalizörlerdir. Proteolitik enzimler, cerrahi travma sonucu oluşan ödemi ve inflamasyonu azaltarak doku rejenerasyonunu hızlandırır. Tripsin ve bromelain gibi enzimler, nekrotik dokuların temizlenmesini sağlayarak yara iyileşmesini hızlandırır ve doku hasarını azaltır. Aynı zamanda, bu enzimler postoperatif dönemde doku şişliğini en aza indirir ve ağrıyı azaltıcı gibi oldukça önemli etkilerinden faydalanılır. Hormonlar, cerrahi sonrası doku iyileşmesini ve genel homeostazi korumada önemli bir rol oynar. Kortikosteroidler, anti-inflamatuar etkileriyle inflamasyonu baskılayarak yara iyileşmesini hızlandırır, ancak dikkatli kullanılmaları gerekmektedir çünkü aşırı kullanım bağışıklık yanıtını baskılayarak enfeksiyon riskini artırabilir. Büyüme hormonu (GH) ve insülin benzeri büyüme faktörü-1 (IGF-1) ise doku rejenerasyonunu teşvik ederek, yara dokusunun yeniden yapılanmasını destekler. Bu hormonlar, özellikle komplike cerrahi müdahaleler sonrasında kas ve doku kayıplarının hızla yenilenmesine yardımcı olur. Veteriner cerrahide bu biyolojik ajanların doğru kullanımı, tedavi protokolünün bir parçası olarak büyük önem taşır. Her hastanın ihtiyaçları ve durumu göz önüne alınarak, vitamin, enzim ve hormon ek tedavilerinin dikkatlice canlıya uygun doz aralıklarında uygulanması gerekir. Aksi takdirde, yanlış veya aşırı doz uygulamaları istenmeyen komplikasyonlara yol açabilir, bu nedenle bu tedavilerin uygulanması konusunda yeterli bilgi ve tecrübeye dayalı olarak yapılmalıdır.

Anahtar Kelimeler: Enzim, Hormon, Vitamin

USE OF VITAMINS, ENZYMES AND HORMONES IN VETERINARY SURGERY

Abstract

In veterinary surgery, the use of vitamins, enzymes and hormones is an important additional treatment method to accelerate the healing process of surgical operations and to integrate the complex. These biological agents are often selected and applied to increase surgical interventions by considering support products for body systems. Especially vitamins with antioxidant properties, vitamins C and E, can be used to support tissue healing by preventing free radical damage in living organs. Vitamin C is vital for collagen synthesis and provides restructuring of wound tissue. Vitamin E reduces anti-inflammatory care and accelerates repair in wound areas. In addition, regulation of epithelization and regulation of vitamin A, which reduces encryption and latency. Enzymes are biological dimensions that combine healing after surgical operations. Proteolytic enzymes accelerate tissue destruction, and the application of edema caused by surgical trauma. Trypsin and bromelain enzymes accelerate wound healing by clearing necrotic tissues and reduce tissue damage. At the same time, these enzymes minimize tissue swelling in the postoperative period and are used for very important effects such as reducing pain. Hormones play an important role in maintaining tissue healing and general homeostasis after surgery. Corticosteroids accelerate wound healing by applying pressure with their anti-inflammatory effects but should be used with caution as excessive use can suppress stability and increase the risk of change. Growth hormone (GH) and insulin-like growth factor-1 (IGF-1) promote tissue regeneration, allowing the reconstruction of the wound mass. These hormones help to rapidly regenerate muscle and tissue losses, especially after complex surgical interventions. The correct use of these biological agents in veterinary surgery is of great importance as part of the protocol. The characteristics and condition of each plant should be considered, and vitamin, enzyme and hormone supplementary treatments should be in the appropriate dose ranges for the detailed organism. Otherwise, incorrect or excessive dose applications may lead to undesirable changes, so these treatments should be performed based on sufficient knowledge and experience regarding their capacities.

Keywords: Enzyme, Hormone, Vitamin

ATLARDA KARPAL TOPALLIK

Dr. Öğretim Üyesi Emine ÇATALKAYA (ORCID:0000-0001-7884-5407)
Dicle Üniversitesi, Veteriner Fakültesi
Email:eminecatalkaya21@gmail.com

Özet

Atın karpusu 2 sıra kemik şeklinde 7 (veya bazen 8) karpal kemikten ve radyokarpal (antebrakiyokarpal), interkarpal ve karpometakarpal eklemlerinden oluşur. Karpusu oluşturan kemikler bağımsız olarak hareket eder. Ancak hareket sırasında oluşan aksel stresleri dağıtmaya yardımcı olan güçlü interkarpal bağlarla birlikte hareket eder. Karpus atletik atlarda “yüksek hareketli” bir eklem olarak kabul edilir. Ayrıca karpus, özellikle performans atlarında travmaya ve ilerleyici artrit karşı hassas olan karmaşık bir eklemdir. Lezyonlar topallık, şişlik, sinovyal efüzyon, palpasyonda ve fleksiyonda ağrıya neden olur. Karpal topallık, ayağın yerden kaldırılamaması, adım boyunda kısalma, yürüyüş ve egzersizlerde tökezleme ve karpal eklemden şişlik veya lokal sıcaklık artışı ile karakterizedir. Karpal topallığının çeşitli nedenleri vardır. Karpustaki hastalıklar çoğunlukla stres kaynaklı yorgunluğun bir sonucudur ve bu da özellikle yarış ve spor atlarında karpusta osteokondral (kemik ve kırık) hasara yol açar. Bununla birlikte, yaralanmalar doğrudan travmadan kaynaklanabilir. Akut travmatik hasar, hasarlı yumuşak doku ve çoğunlukla kollateral veya askı bağlarına ikincil olarak da meydana gelebilir. Karpal topallığı olan atlarda eklem hareketlerinin ve karpusun normal işlevini korumak için dikkatli olmak ve erken müdahale etmek çok önemlidir. Karpal topallığının ilk belirtisi genellikle düşük performanstır, bu da erken müdahale için anahtardır. Karpus lezyonlarının belirlenmesi, kapsamlı bir klinik muayene ve doğrudan palpasyon sırasında tespit edilmesi nispeten kolaydır; atlar ayrıca genellikle eklem fleksiyon testlerinde azalmış hareket aralığı ve ağrı tepkisi gösterir. Eklem içi analjezi (sinir blokları) karpusta ağrının yerini belirlemek için kullanılabilir. Görüntüleme radyografi çoğu zaman iyi bilgiler verir, ancak ultrason, sintigrafi ve/veya MRI/BT taramasından da faydalanılabilir. Bu görüntüleme tekniklerinin hepsi mevcut hastalık sürecine, bulunabilirliğe, maliyetlere ve sahibinin beklentilerine bağlı olarak değişen sınırlamalar ve faydalar sunar. Osteokondral parçalar ve kırıklar genellikle kaliteli radyografilerle kolayca teşhis edilebilir. Erken müdahale ve uygun tedavi ile karpal topallık önlenir. Ayrıca atın vücut ağırlığının dengeli olması ve eklem sağlığının korunması için dengeli beslenmesi de önemlidir. Bu çalışmada atlarda ön bacak topallıklarının önemli nedenlerinden biri olan karpal eklem topallıkları hakkında bilgi verilmesi amaçlandı.

Anahtar kelimeler: At, Karpus, Topallık

CARPAL LAMENESS IN HORSES

Abstract

The carpus of the horse consists of 7 (or sometimes 8) carpal bones in 2 rows of bones, and the radiocarpal (antebrachiocarpal), intercarpal, and carpometacarpal joints. The bones that make up the carpus move independently. However, they move together with strong intercarpal ligaments that help distribute the axial stresses generated during movement. The carpus is considered a “high-mobility” joint in athletic horses. Additionally, the carpus is a complex joint that is particularly susceptible to trauma and progressive arthritis in performance horses. Lesions cause lameness, swelling, synovial effusion, pain on palpation and flexion. Carpal lameness is characterized by the inability to lift the foot off the ground, shortening of the stride length, stumbling during gait and exercise, and swelling or localized warmth in the carpal joint. There are several causes of carpal lameness. Diseases of the carpus are often the result of stress-induced fatigue, which leads to osteochondral (bone and cartilage) damage to the carpus, particularly in racing and sport horses. However, injuries can result from direct trauma. Acute traumatic injury can also occur secondary to damaged soft tissue, often collateral or suspensory ligaments. In horses with carpal lameness, vigilance and early intervention are essential to preserve normal joint movement and function of the carpus. The first sign of carpal lameness is usually poor performance, which is key to early intervention. Carpus lesions are relatively easy to identify during a thorough clinical examination and direct palpation; horses also often show reduced range of motion and pain response on joint flexion tests. Intra-articular analgesia (nerve blocks) can be used to localize the pain in the carpus. Imaging radiography is often good, but ultrasound, scintigraphy and/or MRI/CT scanning may also be useful. All of these imaging techniques have varying limitations and benefits depending on the current disease process, availability, costs and owner expectations. Osteochondral fragments and fractures can usually be easily diagnosed with quality radiographs. Early intervention and appropriate treatment can prevent carpal lameness. In addition, it is important for the horse to have a balanced body weight and a balanced diet to maintain joint health. The aim of this study was to provide information about carpal joint lameness, which is one of the important causes of front leg lameness in horses.

Keywords: Horse, Carpus, Lameness

**EVALUATION OF SESAME PRODUCTION AMONG SMALL SCALE FARMERS
FOR SUSTAINABLE LIVELIHOOD IN AGAIE LGA NIGER STATE, NIGERIA**

Mohammed, U.

Department of Agricultural Economics and Extension Services, Ibrahim Badamasi Babangida
University, Lapai. Niger State. Nigeria

Email: mohammedusman.usmanou@gmail.com

Umar, I.S.

Department of Agricultural Extension and Rural Development, Federal University of
Technology, Minna. Niger State

Ubandoma, G.A.

Department of Agricultural Economics and Extension Services, Ibrahim Badamasi Babangida
University, Lapai. Niger State. Nigeria

Abstract

This study evaluate sesame production among small-scale farmers for sustainable livelihood in Agaie Local Government Area of Niger State. It also assessed the socio-economic characteristics of sesame producers, income realized, livelihood benefited from sesame production and the constraints faced by sesame producers as well as offering useful suggestions. Data were collected through the use of structured questionnaires supplemented with oral interviews that were randomly distributed in Agaie LGA. A total of one hundred and eight (108) questionnaires were administered randomly to three wards and of which twelve (12) respondents from three (3) villages of each ward in the local government. Analytical tool used was descriptive statistics. The findings revealed that (30%) of the respondents in the study area were within the age of 26-35 years with male respondents scaling (60%) of the total population, (50%) grow sesame and other crops with (35%) of sampled population who had 11-20 years of farming experience. (40%) produced 100-500Kg/ha and about (50%) earning the sum of 1000-2000 per Kg of sesame sold and (30%) earning between ₦ 10000 – 100000 as total income realized per hectare. Majority of the respondents (80%) report that sesame production contributes to their household food security whereby (45%) of the respondents live in semi-permanent or permanent housing, while (30%) with climate change, soil degradation with (25%), pest and diseases (20%), lack of technology (15%) and (10%) labour related cost were the primary constraints identified. The study recommended that provision of extension services, access to market and adoption of proven and improved technologies for sesame production should be provided by the government and Non-governmental organization, for sustainable livelihood.

Keywords: Evaluation, Sesame, Production, Farmers, Livelihood, Sustainable.

**DRY MATTER, PROXIMATE AND MINERAL PROPERTIES OF BREAD MADE
FROM CASSAVA FIBRE FLOUR AND ITS COMPOSITE FLOUR**

Ohuoba, A. N.

National Root Crops Research Institute, Umudike P.M.B 7006 Umuahia, Abia State. Nigeria
Email: aliceohuoba@gmail.com

Kukwa R. E.

Centre for Food Technology and Research (CEFTER), Benue State University P.M.B 102119
Makurdi, Nigeria

Pil, B. T.

Department of Chemical Sciences, Bamidele Olumilua University of Education Science and
Technology Ikere-Ekiti

Abstract

Dry matter, proximate and mineral properties of bread prepared from cassava fibre and its blend with wheat flour (composite flour) were evaluated. Cassava roots varieties used were TMS30572, NR87184 white fleshed and Umucass 45 yellow fleshed. Residue fibres were obtained during the sieving operation of processing cassava roots into *gari*. The fibres were processed into flour. Each fibre flour were blended with wheat, using 90% fibre flour + 10% wheat flour and 80% fibre flour + 20% wheat flour. 100% fibre flour and its blends were used to produce bread. Dry matter, proximate and mineral properties of the cassava fibre bread investigated shows significant differences ($p > 0.05$). Dry matter content ranged from 81.31 to 88.54% with the highest in 100% TMS 30572 (72100), while the lowest value was obtained in 100% wheat (W100). The moisture content ranged from 11.46 (72100) to 18.69 (W100). Bread sample W100 had the highest value of 12.47% fat content, while sample 72100 had the lowest value of 1.34%. The protein content ranged from 3.02 (87100) to 9.94 % (W100). Ash content were from 1.39 (W100) to 1.80 % (72100), crude fibre content from 2.33(W100) to 3.20% (87100 100% 87184) and carbohydrate content from 54.76 (W100) to 80.02% (72100). In mineral contents; iron were from 0.09mg/Kg (72100) to 0.50 mg/Kg (4580W20), Calcium from 1.39 mg/Kg (72100) to 2.07 mg/Kg (4580W20), Sodium (Na) from 4.50 mg/Kg (45700) to 5.65 mg/Kg (4580W20), Potassium (K) from 7.29 (45100) to 9.26mg/Kg (8780W20) and Phosphorus from 65.74 mg/L in sample 721 to 81.08 mg/Kg in sample 4580W20. This work has shown that fibre bread that contain nutrient higher than 100% wheat bread could be prepared from cassava fibre flour. There by providing bread for persons that desires little or no wheat in their bread.

Keyword: Cassava varieties, fibre, bread, Proximate properties, Minerals.

**FACTORS INFLUENCING THE DECLINE OF COCOYAM PRODUCTION IN
OGO-OLUWA LOCAL GOVERNMENT AREA OF OYO STATE, NIGERIA**

Oke Olanrewaju OLUWASEUN (ORCID:0000-0002-6649-8820)

Department of Agricultural Extension and Rural Development, Faculty of Agricultural
Science, University of Ilorin, Ilorin, Kwara State, Nigeria

Email:okelanre@gmail.com

Abstract

Cocoyam is an essential food crop with significant nutritional and economic value, yet its production in the Ogo-Oluwa Local Government Area of Oyo State—primarily known for cocoyam cultivation—is in decline. This trend poses serious implications for local food security. This study investigates the key factors contributing to this decline, drawing insights from local farmers. Findings reveal production challenges linked to socioeconomic conditions and market fluctuations, underscoring the need for strategic interventions. To promote the sustainability of cocoyam, farmers suggest improving access to resources, developing resilient varieties, and engaging younger generations in farming. Addressing these issues is crucial for preserving cocoyam's role in local diets and livelihoods. The study aims to guide policymakers and stakeholders in revitalizing cocoyam production, ultimately strengthening food security and supporting rural economies.

Keywords: Cocoyam production, Food security, Rural development, Sustainable agriculture, Nigeria.

**CONSUMER TASTE PERCEPTION AND WILLINGNESS TO PAY FOR THE
LOCAL RICE VARIETIES IN EKITI STATE, NIGERIA**

Mr. Oke Olanrewaju OLUWASEUN (ORCID:0000-0002-6649-8820)

Department of Agricultural Extension and Rural Development, Faculty of Agricultural
Science, University of Ilorin, Ilorin, Kwara State, Nigeria

Email:okelanre@gmail.com

Mrs. Olanrewaju Busayo FOLASHADE

Department of Agricultural Economics, Faculty of Agriculture, Obafemi Awolowo, Ile-Ife,
Osun State, Nigeria.

Email:olanrewajubusayof@gmail.com

Dr. Mrs. Adesiyan O.F.

Department of Agricultural Extension and Rural Development, Faculty of Agricultural
Science, University of Ilorin, Ilorin, Kwara State, Nigeria.

Abstract

Even though rice is a leading staple food crop in Nigeria, there has been a significant decline in demand for local rice varieties due to taste differences compared to imported rice. This study aims to describe the socioeconomic characteristics of local rice consumers, identify existing rice varieties, examine consumer taste perception of rice varieties, and analyze the factors influencing consumers' Willingness to Pay (WTP) for local rice. The study was conducted in Ekiti State using a multi-stage sampling technique to collect primary data from 80 respondents via structured questionnaires. Data were analyzed using descriptive statistics and a logistic regression model. The results showed that the existing local rice varieties in the study area were Igbimo, Gboko, and Ofada rice, each with distinct attributes. It was found that taste, aroma, price, food safety, and absence of foreign materials were the top five attributes consumers perceived as most important. Furthermore, the absence of foreign materials was a common factor affecting WTP across the three local rice varieties.

Keywords: Taste Preference, Local Rice varieties, Perception, Consumers, and Willingness to pay.

**ENVIRONMENTAL ETHICS AND POLITICS: NAVIGATING THE PATH
TOWARD SUSTAINABLE FUTURES**

Dr. Jobin SEBASTIAN

Guest Faculty, Alphonsa College Pala

Abstract

Environmental ethics, emerging prominently in the 1970s, challenges anthropocentric views, advancing ecocentric and biocentric approaches that acknowledge the intrinsic value of ecosystems and non-human life. The political implications of these ethical shifts are profound, demanding frameworks of justice, equity, and intergenerational responsibility, while advocating for approaches such as the rights of nature and the precautionary principle. Global environmental politics, particularly through climate agreements and sustainable development goals, illustrates the ethical commitment necessary for international cooperation. However, integrating environmental ethics into politics faces challenges from economic priorities, cultural diversity, and enforcement issues. This article explores the intersection of environmental ethics and politics, focusing on how moral principles and governance frameworks shape responses to critical environmental issues in the 21st century. Further it examines future pathways, emphasizing the roles of environmental education, green governance, and technology as means to harmonize ethical principles with political practices, ultimately aiming to create a sustainable, equitable, and environmentally resilient future.

Keywords: Environmental ethics, environmental policy, Environmental Politics, Sustainable development

**USE OF ETHNOVETERINARY MEDICINE IN RUMINANT FARMING IN
NIGERIA**

Yekinni O.T.

Department of Agricultural Extension and Rural Development, University of Ibadan

Olatoye I.O.

Department of Veterinary Public Health & Preventive Medicine, University of Ibadan

Abegunrin O.O.

Department of Agricultural Extension and Management, Federal College of Forestry Ibadan

Email:abegunrinopeyemi52@gmail.com

Abstract

The use of ethnoveterinary medicine (EvM) as a cheaper alternative practice among ruminant farmers in Nigeria is gaining popularity in the recent time. Though, there had not been sufficient evidence in the literature to establish its intensity of use. Therefore, this concern necessitated the need to investigate the use of EvM in ruminant farming in Nigeria. A five-stage sampling procedure was used to select 340 respondents in the study area. Interview schedule was used to collect the data while the inferential statistics such as Chi-square and Pearson Product Moment Correlation (PPMC) analysis were used to analyse the hypotheses. Most (90.6%) respondents were male with mean age of 44.2±12.3 years, 81.8% of the respondents practiced Islamic religion. Majority (63.5%) of the respondents had low access to EvM information sources whereas oral means through previous generation (268.2), family members (217.1) and friends and neighbours (215.4) were prominent sources identified by respondents. Also, most (72.6%) of the respondents derived high benefits of EvM use in the aspect of serving as alternative to public veterinary service (261), accessible to farmers (252) and ease of preparation and administration (247). Disease conditions such as agalactia, diarrhoea, bloat and trypanosomosis were predominantly treated with *Calotropis procera* (56.5%), *Mangifera indica* (53.5%), *Carica papaya* (60.6%) and palm-oil (60.0%) respectively. Also, 52.4% of the respondents had low use of ethnoveterinary medicine while 47.6% had high use of the practices. Result of the Chi-square and PPMC analysis showed that marital status ($\chi^2 = 12.880$, $p=0.005$), adult education ($\chi^2 = 8.188$, $p=0.004$), vocation training ($\chi^2 = 13.786$, $p=0.000$), Islamic education, tribe ($\chi^2 = 52.803$, $p=0.000$), age ($r = 0.392$, $p=0.000$) and benefits derived ($r = 0.263$; $p= 0.000$) significantly influenced the use of EvM. Therefore, it is recommended that Intervention programmes on the use of EvM should seek to deploy effective information sources that will promote the intensive use of EvM among the ruminant livestock farmers.

Keywords:Ethnoveterinary medicine, Ruminant farming, Alternative medicine, Local knowledge

**PERCEIVED EFFECTS OF WEATHER SHOCK ON MAIZE FARMING AND
ADAPTATION STRATEGIES USED BY FARMERS IN ONA-ARA, OYO STATE**

Abegunrin O.O.

Department of Agricultural Extension and Management, Federal College of Forestry Ibadan
Email:abegunrinopeyemi52@gmail.com

Yekinni O.T.

Department of Agricultural Extension and Rural Development, University of Ibadan

Abstract

Shock as result of weather variation has high impact on maize farming and food security because of its sensitivity and vulnerability to high temperature and rainfall fluctuation. Therefore, this study was conducted to examine the perceived effects of weather shock on maize farming and adaptation strategies used by farmers in Ona Ara local government area of Oyo state. Multi-stage sampling technique was used to select 120 respondents. Data were analysed using descriptive statistics tools such as frequency and percentage while inferential statistics (Chi square and Pearson Product Moment Correlation) were used to analyse hypotheses. The result revealed that majority (61.7%) of the respondents were male, 81.7% household size fell between 1-5 and 29.5% fell between age range of 41-50 years and 51.7% engaged in trading as their secondary occupation. The result further revealed that radio (2.53), friend and family (2.25) and fellow farmers were prominent among the information sources mostly accessed. The result also revealed that reduced agricultural productivity (2.75), reduced crop yield (2.74), infestation of pests and diseases (2.57) were predominant perceived effects of weather shock identified by farmers. Also, timely weeding (2.77), crop rotation (2.44), intercropping with cover crop (2.17) were mostly embraced as adaptation strategies against weather shock used by the respondents. Chi square analysis revealed that sex ($\chi=5.360$, $p=0.000$), secondary occupation ($\chi=14.892$, $p=0.001$), farm size ($\chi=21.502$, $p=0.000$), were significantly related to adaptation strategies used. Also, PPMC analysis revealed that sources of information ($\chi=0.649$, $p=0.000$) and perceived effects of weather shock ($r=0.380$, $p=0.014$) had significant relationship with adaptation strategies used. It is therefore recommended that stakeholders should give training support to empower farmers on effective use of adaptation strategies against weather shock.

Keywords: perceived effects, adaptation strategies, weather shock, farming

**PRODUCTION AND MARKETING INFORMATION NEEDS AMONG POULTRY
FARMERS IN OYO STATE, NIGERIA**

Akinbile, L. A

Department of Agricultural Extension and Rural Development,
University of Ibadan, Nigeria
Email:lakinbile@yahoo.com

Alonge, F. E

Department of Agricultural Extension and Rural Development,
University of Ibadan, Nigeria

Olakukan, O. O

Department of Agricultural Extension and Rural Development,
University of Ibadan, Nigeria

Abstract

Access to information among actors in the poultry industry affect the productivity achieved by farmers. Restricted access leads to information needs that need to be satisfied. Knowledge of the needs by farmers is essential as it determines productivity. The production and marketing information needs of poultry farmers were therefore assessed. Multistage sampling was used to select 120 respondents for the study through random sampling. Questionnaire was used to obtain information and data was subjected to descriptive analysis, Chi square and Pearson's product moment correlation. Agricultural extension agents (mean = 1.66) and peers (mean = 1.16) were major sources of information. Production information needs were in areas of brooding exercise (mean = 1.91), accessing improved feed (mean = 1.78), disease control (mean = 1.69), sourcing improved breeds (mean = 1.65) and value addition techniques (mean = 1.62). Marketing information were needed on best period to sell birds (mean = 1.95), efficient pricing (mean = 1.84), management of egg glut (mean = 1.81), efficient transporting of birds and eggs (mean = 1.79). Major constraints to production were high cost of facilities (82.5%) and low access to resources (78.7%). Information needs were affected by size of enterprise ($X^2 = 11.54$), farming experience ($r = 0.42$) and years of formal education ($r = 0.22$). Provision of information on brooding and sale of poultry products should be of topmost priority to improve the productivity of poultry farmers.

Keywords: Poultry production, Poultry marketing, Information needs

FUSARIUM WILT OF A TOMATO: A REVIEW

AJIWE, S.T.

Department Of Crop And Animal Science, Ajayi Crowther University, Oyo, Nigeria

Email:st.ajiwe@acu.edu.ng

LAWAL, I.T

Department Of Crop And Animal Science, Ajayi Crowther University, Oyo, Nigeria

Abstract

Tomato is one of the most significant commercial crops. All across the world, tomatoes are grown commercially. This crop has higher chances of disease attack. One of the most significant diseases of tomato crops is *Fusarium* wilt, which is caused by *Fusarium oxysporum* f sp. *lycopersici*. Tomato yield is greatly reduced by this disease. The pathogen *Fusarium oxysporum* f sp. *lycopersici* is a soil borne pathogen and can transmit disease through soil in tomato plants. This fungus firstly enters the vascular plant tissues of the roots through the soil, where it causes wilting of the plant and eventually causes the plant death. The major symptoms of *Fusarium* wilt include plant wilting, discolouration of the lower leaves, and drying of the leaves. The use of suitable management approaches is essential in field and greenhouse settings to prevent *Fusarium* wilt. This review paper provides a comprehensive overview of the main diseases of tomato crop that is *Fusarium* wilt, its symptoms, cause of infection, disease development, life cycle of the pathogen, disease epidemiology, disease ecology and novel methods in the control of the pathogen. The study of *Fusarium* wilt is very important mainly in the tomato crop because it causes great loss in the commercial production of tomato crop.

Keywords: Crop, disease, *Fusarium*, infection, tomato, wilting and pathogen.

**THE ROLE OF FUNCTIONAL HOOF PROCESSING IN CATTLE
PRODUCTION**

MSc , Ivanka HADZIC (ORCID:0009-0005-3032-0173)

Association of Trimmers, Care and Therapy of Cattle Foot of Serbia

Email:revanjai@gmail.com

Academician , Prof , Dr , Ivan PAVLOVIC (ORCID:0000-0003-4751-6760)

Scientific Institute of Veterinary Medicine of Serbia, Belgrade, Serbia

Email:dripavlovic58@gmail.com

Abstract

Hoof diseases represent a major problem of modern intensive and extensive cattle production from the aspects of zootechnics, animal health protection and agro-economics. The causative agents of hoof disease can be diverse, both in intensive and extensive cattle breeding, regardless of age, sex and purpose of the cattle. Functional treatment of paws takes place in three segments: regular trimming and shortening of paws to a functional length, control and therapy of diagnosed diseases and measures to prevent paw diseases; Functional treatment of the paws is performed on average twice a year. The functional length of the hooves in adult female cattle is 7.5-8.0 cm measured from the edge of the crown edge. (Fixed dimensions do not apply to adult male cattle or to young cattle). The height of the hoof should be on average 0.5 cm and the angle between the cornus and the sole should be 45° - 50°. The work phase during hoof correction is the correction of the inner hooves of the rear legs in terms of length, thickness and height (front legs: correction of the outer hooves); correction of the outer hoof of the hind legs equalization in length, thickness and height with the inner hoof; creating a hollow profile of the inner and outer hoof with the relief of the main pressure points; control, correction of the lower surface of the damaged and color deviating parts of the horn of the hoof, removal of loose horn and control of the inter-hoof phalangeal, carpal and tarsal joints. To maximally neutralize the influence of negative paragenetic factors on the keeping and breeding of cattle in order to increase the defensive abilities of each cattle in the herd, reduce treatment costs and raise the level and quality of production.

Keywords: hoof diseases, functional hoof processing, cattle production,

**THE PROXIMATE, MINERAL AND ANTI-NUTRITIONAL CONTENTS OF
CELOSIA LAXA SEEDS**

Pii, Barizomdu TINA

Affiliating Institution: Bamidele Olumilua University of Education Science and Technology
Ikere-Ekiti, Ekiti State Nigeria

Email: pii.barizomdu@bouesti.edu.ng

Ajibulu, Kehinde EZEKIEL

Affiliating Institution: Bamidele Olumilua University of Education Science and Technology
Ikere-Ekiti, Ekiti State Nigeria

Ohuoba, Alice NWANYIONA

National Root Crops Research Institute, Umudike, PMB 7006, Umuahia Abia State Nigeria

Abstracts

Celosia laxa is a member of the Amaranthaceae family, though less popular, but a nutritionally rich plant commonly found in tropical and subtropical regions. Known for its resilience in diverse environmental conditions, Celosia laxa has historically been valued as a source of leafy greens and seeds, used both as food and in traditional medicine. While other species in the Celosia genus, like Celosia argentea, have been extensively studied and incorporated into diets in various cultures, Celosia laxa remains relatively underutilized. This is despite its potential as an affordable source of nutrients for communities where food security is a concern. The Celosia laxa seeds have gained attention for their nutritional properties. Preliminary research indicates that they contain a favorable profile of macronutrients, minerals, and essential amino acids, suggesting their potential as a dietary supplement. Besides their basic nutritional contents, Celosia laxa seeds are also reported to possess bioactive compounds that may offer health benefits. Anti-nutritional factors, often present in seed-bearing plants, are also of interest in Celosia laxa as they can impact nutrient bioavailability. However, levels of these factors in Celosia laxa seeds are reported to be within safe limits, making them suitable for consumption when prepared properly. This study analyzed the proximate, mineral and anti-nutritional contents of celosia laxa seeds. The result showed that, the seed contained 0.025±0.006% residual moisture, 5.55± 0.014% ash, 9.52 ±0.02% crude protein, 3.51 ±0.014% crude lipid, 17.1±0.14% crude fibre and 64.31± 0.18% available carbohydrate. Study on the ant-nutritional factors revealed that the seed contains 5.34g±0.4 oxalate, 27.54g± 1.79 phytate, 16.1mg/100g± 0.14 hydrogen cyanide, 22.42±mg/100g±0.03 nitrate which are considerably below the limit. Results for mineral analysis indicate that the seeds have significantly higher amount of magnesium and calcium. Comparing the results with recommended dietary intake allowances (RDA), it demonstrated that celosia laxa seeds could be a good source of mineral elements particularly the micro elements. By exploring its nutritional profile, we can better understand the potential of Celosia laxa as a functional food that could enhance dietary diversity and improve nutritional outcomes in resource-limited settings.

**UTILISATION OF DIGITAL COMMUNICATION TOOLS AMONG LIVESTOCK
FARMERS IN OSUN STATE, NIGERIA**

Afolabi, C. O.

Agriculture Programme of Bowen University, Iwo. Osun State.
Email:christiana.afolabi@bowen.edu.ng

Olamipejo, D.

Agriculture Programme of Bowen University, Iwo. Osun State.

Olaniran, O. O.

Computer Science Programme of Bowen University, Iwo. Osun State.

Abstract

This study examined the use of digital communication tools (DCTs) among livestock farmers in Osun State, Nigeria, focusing on factors influencing adoption and the constraints faced in utilising DCTs for agricultural innovation. A multistage sampling procedure was employed to select 184 respondents. In the first stage, a random sample of 25% of the Local Government Areas (LGAs) in Osun State was drawn, yielding eight LGAs. The second stage involved purposive sampling, selecting 30% of livestock farmers who use DCTs in each zone, resulting in 220 respondents. Data were collected through a structured questionnaire. Results revealed that over half (53.0%) of respondents had limited access to DCTs, while 58.6% encountered significant barriers to using DCTs for livestock management. Major constraints included lack of electricity (127.4), high internet costs (113.7) and high device costs (111.9). Additionally, 52.2% of respondents demonstrated a low extent of DCTs usage. Key factors influencing DCT adoption included age ($\beta = -0.275$), information needs ($\beta = 0.265$), accessibility ($\beta = 0.285$), and perceived constraints ($\beta = 0.188$). These findings suggest that accessibility, alongside barriers such as high costs and infrastructure limitations, significantly affects DCT adoption and usage among livestock farmers. The study highlights the need for improved digital infrastructure, affordable internet access, and capacity-building initiatives to enhance DCT usage and support innovation in livestock farming in Osun State.

Keywords: Digital Communication Tools, Livestock Farmers, Agricultural Innovation

**DETERMINANTS OF PUPURU PRODUCTION AMONG PRODUCERS IN ONDO
STATE, NIGERIA**

Oluwafunmilayo Olarewaju AMINU

Department of Agricultural Economics and Extension, Faculty of Agriculture, Food and
Natural Resources, Olusegun Agagu University of Science and Technology, Ondo State,
Nigeria

Email:funmiaminu83@gmail.com

Oluwasegun Samuel ADEDOYIN

Department of Agricultural Economics and Extension, Faculty of Agriculture, Food and
Natural Resources, Olusegun Agagu University of Science and Technology, Ondo State,
Nigeria

Abstract

Pupuru is a common traditional food product in Ondo State, Nigeria made from cassava and has the potential for commercialisation and livelihood sustainability if production is maximised. The study assessed the determinants of *pupuru* production among producers in Ondo state, Nigeria. Purposive and snowball sampling was used to select 147 *pupuru* producers from three local government areas in Ondo State, Nigeria. Data were collected using a structured interview schedule in 2023. Means, percentages, Chi-square, Pearson's Product Moment Correlation and regression were used for data analysis. The average years of experience in *pupuru* production was 9 ± 7 years. The average monthly income was $\text{₦}58,027.21 \pm \text{₦}16,438.74$. Cassava tuber for *pupuru* production was either owned (58.5%), bought (25.9%) or gifted (15.6%). The other cassava products produced were *garri* (93.9%), starch (25.6%) and *lafun* (12.9%). The major sources of labour were family (44.2%) and hired labour (41.5%). The sources of credit for *pupuru* production include family (40.1%), 'Ajo' (34.7%), friends (27.2%), and personal savings (25.2%). Only a few (14.3%) of the *pupuru* producers have access to extension services. Also, only 14.3% indicated access to training. The average *pupuru* produced was $2,399.66 \pm 1,167.69$ kg in a year and the average quantity sold was $2,309.53 \pm 1,678.93$ kg. The average quantity of *pupuru* consumed, given out and not yet sold were 61.18 ± 22.50 , 238.46 ± 1304.40 and 276.56 ± 1552.62 kg, respectively. The annual average income from *pupuru* sold was $\text{₦}498,971.43 \pm \text{₦}211,889.30$. Primarily, *pupuru* is produced because of local/community market demand (67.3%). The major perceived factors influencing *pupuru* production include unavailability of subsidies, incentives, or support programs ($\bar{x}=1.96$), access to finance ($\bar{x}=1.92$), technical knowledge and skills ($\bar{x}=1.85$), employment generation ($\bar{x}=1.82$), and presence of production infrastructure ($\bar{x}=1.79$). There was a significant relationship between the level of education, secondary occupation, source of labour (family), source of credit (personal savings), access to extension services, frequency of access to extension services, training on *pupuru* production, length of stay in the community, years of experience in *pupuru* production, income from *pupuru* production and the level of *pupuru* produced. The determinants of *pupuru* production were years of experience in *pupuru* production, use of owned land, use of gifted land, source of labour (self), source of labour (friends), source of labour (hired), source of credit (self), source of credit (family) and income from *pupuru* production. The study concluded that access to resources would enhance *pupuru* production. The study recommends that policymakers make provision for subsidies, incentives, and support programs to fortify the *pupuru* production sector, fostering growth and long-term sustainability.

Keywords: *Pupuru*, production level, Cassava, Factors, Income, Extension services

**GROUNDNUT TREATED PLOTS RESIDUAL EFFECT ON GROWTH AND YIELD
PERFORMANCE OF MAIZE CROP IN SUDAN AND GUINEA SAVANNA ZONES
IN NORTHERN NIGERIA**

Abdulkadir N. A.

Department of Soil Science, Kano University of Science and Technology, Wudil Kano State,
Nigeria.

Ewusi-Mensah, N.

Department of Crop and Soil Sciences, Kwame Nkrumah University of Science and
Technology, Kumasi,
Ghana.

Logah, V.

Department of Crop and Soil Sciences, Kwame Nkrumah University of Science and
Technology, Kumasi,
Ghana.

Muhammad, N. A

Department of Education, Bayero University Kano

Bapetel, U.

Department of Soil Science Modibbo Adama University Yola Adamawa State, Nigeria.

Almu, H.

Department of Soil Science, Kano University of Science and Technology, Wudil Kano State,
Nigeria.

Sani, A.

Department of Soil Science, Kano University of Science and Technology, Wudil Kano State,
Nigeria.

Ringim, Z. A.

Department of Biological Sciences, Federal College of Education Kano

Ahmad, U. B.

Department of Soil Science, Kano University of Science and Technology, Wudil Kano State,
Nigeria.

Email: nasiruahmad19@gmail.com

Adam, I.

Department of Soil Science, Kano University of Science and Technology, Wudil Kano State,
Nigeria.

Muhammad, A. A.

Department of Soil Science, Kano University of Science and Technology, Wudil Kano State,
Nigeria.

Hayatu, B

Department of Soil Science, Kano University of Science and Technology, Wudil Kano State,
Nigeria.

Lamido, A. K.

Department of Soil Science, Kano University of Science and Technology, Wudil Kano State,
Nigeria.

Moussa SOULE

Department of Biology University Dan Dicko Dankoulodo, Maradi, Niger

Abstract

This experiment was conducted in the year 2016 to evaluate residual effect of groundnut treated plots on maize crop yield at the fields that were used for groundnut the preceding year at the two agroecological zones (Sudan savanna and Guinea savanna). The experimental plots were delineated after land preparations. The size of the plots was 4 by 4.5m. There were seven treatments replicated four times for groundnut experiment. Maize grain yield showed significant difference between various treatments in the Sudan savanna experimental plots ($P = 0.049$). As for harvest index, there is significant difference ($P = 0.002$) between treatments. Result obtained from Guinea savanna groundnut field showed no significant difference between treatments in terms of maize yield and harvest index. However, Biofix treatment recorded highest yield (2250 kg ha^{-1}). Result for major nutrients uptake in maize shoot showed no any significant difference between all the treatments observed in groundnut fields at both Sudan and Guinea savanna. From the finding of this study it can be concluded that residual effect of leguminous crop treatments influenced yield performance of maize in Sudan savanna but no significant difference was observed in Guinea savanna. The residues left on the ground enhanced carbon sequestration and reduce carbon emission to the atmosphere.

Keywords: Groundnut, residual, maize, yield and savanna

**MARKETABILITY OF INDIGO DYED COTTON FABRICS AT NIKE ART
GALLERY, OSOGBO, OSUN STATE, NIGERIA.**

Ibeto Fabian ONYEBUCHI

Human Ecology Unit, Department of Agricultural Extension and Rural Development
University of Ibadan
Email: fo.ibeto@ui.edu.ng

Osungbaro, Charles OYEBAMIJI

Human Ecology Unit, Department of Agricultural Extension and Rural Development
University of Ibadan

Abstract

A vast trade network for indigo dyed fabrics otherwise called adire in spread across West Africa in the early decades of the twentieth century. Indigo dyed fabric wrappers were sold as far away as Ghana, Senegal, and The Congo. At the height of its production in the 1920s, Senegalese merchants came to Edwardian Nigeria to buy as many as 2,000 wrappers in one day from the female traders. In the 1960s, while rural people were still wearing the indigo-dyed wrappers, urban dwellers considered it "a poor people's cloth". Nike arts gallery has been in the fore front of revitalising the production and marketing of adire in Nigeria and beyond. The study looked at marketability of indigo dyed cotton fabrics at Nike art gallery, Osogbo, Osun state, Nigeria. Primary data were collected using In-Depth Interviews, from 5 members of the management and 15 attendants. The same research questions were asked to all of them with a total number of 480 of their responses taken and analysed and their claims were verified with newspapers' publications. Osogbo gallery has the largest workshop of the organization, therefore its role, serving as the major distributor of the fabrics in and around the country and the globe, through the other branches and network of the organization. The result showed that the fabrics attract markets in relative terms of demand and supply. Although to a lesser extent, merchandising and demand exist for the fabrics at the research metropolis but very high at urban centres of Nigeria and beyond. Attributes of the fabrics attracts markets and consumers are generally those of the fabrics' physical characteristics like quality, durability and aesthetic values and those of social characteristics such as social identification and social class. All are evident as contributory factors of its marketability. The consumers of indigo dyed cotton fabrics of the gallery are mainly foreigners therefore, the fabrics could be considered as veritable source of foreign exchange earnings. The study recommend that the fabrics' marketability should be enhanced, with public awareness through advertisements on radio and television channels, print media and social media channels using Google adverts, Facebook adverts, Websitepop-ups and related tools.

**BIOREMEDIATION OF PETROLEUM POLLUTANTS BY ENTEROBACTER
CLOACAE AND THE ABILITY TO USE AS BIOLOGICAL CONTROL AGENT**

Prof. Dr. Essam Fadel AL-JUMAILI

Genetic Engineering and Biotechnology Institute for Postgraduate Studies / University of Baghdad

Nadia Zuhair Mohamed HASSAN

Genetic Engineering and Biotechnology Institute for Postgraduate Studies / University of Baghdad

Abstract

Nineteen bacterial isolates were obtained having the ability to degrade the hydrocarbon waste from different sample at Al - Daura refinery which included: tanks, soils, refinery operation stages and waste accumulation area. The microbial flora were isolated on agar medium and choose the active isolate in analysis and grown on hydrocarbon waste and identified by biochemical tests, API 20 E system and VITEK 2 system. The results showed that the active isolate in degradation is *Enterobacter cloacae*. The *Enterobacter cloacae* strain showed a higher degradation for the oily sludge in broth media and low concentrations of heavy metals were detected. The qualified strains were inoculated in a designed aseptic field and the cultured seeds showed a well developing plants which the heavy metal analysis were detected in their roots and leafs to evaluate the microbial decomposing process. The ability of the isolate *Enterobacter cloacae* to emulsifying and degradation of certain hydrocarbons cuts was studied . The produced bioemulsifier was extracted and identified using Thin Layer Chromatography TLC , Gas Chromatography GC and Fourier Transform Infrared FTIR . Result showed that two different compounds identified as carbohydrate exopolysaccharide (EPS) and lipid found in bio emulsifier by TLC and FTIR, the polysaccharide was composed of fucose , galactose and glucose .

**THE EXPLORATION OF GENDER NORMS ON FEMALE ENTREPRENEURSHIP;
IT'S IMPACTS ON RURAL ECONOMY IN NORTH WEST, NIGERIA.**

Olufunke Comfort OLATUNJI

Federal University of Technology, Akure, Ondo-State

Oluwatosin Oluwasegun FASINA

Federal University of Technology, Akure, Ondo-State

Oye-Ekiti, NIGERIA

Federal University of Technology, Akure, Ondo-State

Abstracts

The role of women's entrepreneurship for rural economic viability in the Nigeria context cannot be overemphasized. However, focusing only on economic viability and women's contribution to the economy, Welter (2020) suggested that we need different view of what business success is and the effects of gender norms on female entrepreneurship. There's need to study the number of women entrepreneurs, their earnings, industry, distribution, legal form, and size of business and to also analyse how gender norms influence the size of business, family and industry in Nigeria. Gender norms are the societal expectations and stereotypes about how men and women behave in the society. They are deeply rooted in culture, and they can have major impacts on people's lives. In many rural communities, there are strong gender norms that limit women's ability to participate in the workforce. These norms can include expectations about women's roles as caregiver, or beliefs that women are not capable as men in certain fields. This has a great limit on women accessing education and training, which can make it difficult for them to start their own businesses. Gender norms can influence the types of businesses that women are able to start and the resources they have access to. The objective of the study is to explore the specific way that gender norms influence female entrepreneurship and to identify potential solutions to overcome these barriers in North-West, Nigeria. Design/Methodology/Approach In other to gain an in-depth understanding of this research, semi-structured interview was conducted for this study to check the effect of gender norms on female entrepreneurship and identify possible solution to overcome these barriers. 150 female's entrepreneurs from 3 different rural communities in Kaduna-State, Chukun community, Igabi community, and Kagarko community were selected for the study in other to get their first –hand perspectives on the challenges they face. Also, data were analysed on the number of female-owned businesses in rural communities, to see if there are patterns or trends to be considered for rural economic development. Result and Discussion The result shows that all the respondents are female. Interviews with the female entrepreneurs revealed that 35% of the respondents has completed secondary education, this shows a low level of education of the respondents. 65% of the respondents are into agribusiness, 85% of the respondent's business were affected by gender norms in their community. 82.7% of the respondents were exposed to abused and assault in their business community. The result therefore shows that female gender in the community have limited access to education and training, this has a great influence on

the type of businesses that those women can do, and restrict access to financial resources. The interview reveals several important findings. The implication of gender norms on the female entrepreneurs has limit the women access to education and training opportunities, making it difficult for women to acquire the skills and knowledge needed to start and grow their own business. Secondly, gender norms also influence the types of businesses that women chose to start with many opting for businesses that align with traditional gender role, such as childcare or home-based businesses. Thirdly, gender norms have restricted women to access of financial resources, such as loans and credit, which are often essential for starting a business. These findings suggest that policies and programs are needed to reduce the impact of gender norms and support female entrepreneurship in rural communities. Recommendation The result shows that women access to entrepreneurship, workforces, education and training can help boost rural economy. it is therefore recommended and suggested that policies should be put in place to ensure equal access to education and training, and funding should be made available to support female entrepreneurs in the rural communities. In addition, the study found out that raising awareness of gender norms and their impact in female entrepreneurship is crucial for addressing the issue. The limitation of the study is that the findings may not be generalized for all rural communities, as the study was conducted in only one region and the interview may not capture the full range of experiences and perspectives of female entrepreneurs. The findings of this study add to the impact of gender norms on women's participation in the workforce, and this further highlight the need for further research on this topic. Conclusion The study explores the impacts of gender norms on female entrepreneurship on rural economy in North- West, Nigeria. 150 female entrepreneurs were selected from 3 communities in Kaduna State, North-West, Nigeria. The result shows that gender norms limit female entrepreneurs' access to education and training in the rural communities, and also influence the types of businesses that women do, and restrict access to financial resources. It is however suggested that policies should be put in place to ensure equal access to education and training, and funding should be made available to support female entrepreneurs in the rural communities. In addition, the study found out that raising awareness of gender norms and their impact in female entrepreneurship is crucial for addressing the issue as regards to gender norms.

**RESPONSE OF GROWING YANKASA RAMS FED SORGHUM (*Sorghum bicolor* L.
moench) STOVER SUPPLEMENTED WITH VARYING LEVELS OF WITH DRIED
POULTRY DROPPING BASED DIETS**

Dr. Abdulwaheed Adeyemi Bello (ORCID:0000-0002-5355-1039)

Department of Animal Health and Production Technology, College of Agriculture, Mokwa,
P.M.B 109, Niger State, Nigeria
Email: aabello2003@yahoo.co.uk

Abstract

This experiment was carried out to evaluate the effects of dried Poultry dropping based diets on feed intake, live weight changes and nutrient digestibility of Yankasa rams. Thirty growing Yankasa rams aged between 9 – 12 months weighing 11.5 – 15.5 kg were used in a completely randomized design experiment. The experimental animals were randomly allotted to 5 treatments (T1-T5). T1 were rams fed with 0 % dried poultry droppings (DPD), T2 were 20 % dried poultry droppings (DPM), T3 were 40 % dried poultry droppings (DPD), T4 were 60% dried poultry droppings (DPM), T5 were 80% dried poultry droppings (DPM). Mean feed intake increased significantly ($P<0.05$) as the level of inclusion increases T1 (2.9 kg), T2 (14.8 kg), T3 (18.2 kg) T4 (18.3 kg) and T5 (24.0 kg). The final live weight gain was significantly ($P<0.05$) higher in T5 (17.8) than T1 (12.8) T2 (15.3) T3 (15.6) and T4 (16.9). Similarly in the mean average weekly gain T2 and T5 performed significantly ($P<0.05$) better compare to other treatments. Nutrient digestibility was generally significantly higher ($P<0.05$) in T5 in all the parameters measured except in Nitrogen free extract. The results of this study suggests that inclusion of dried poultry dropping up to 80% in a sorghum Stover basal diet would give satisfactory performance in growing Yankasa rams.

Keywords: Dried Poultry Droppings: Sorghum Stover: Yankasa Rams

SOIL SCIENCE AND PLANT NUTRITION

G.AISHWARYA (ORCID:0009-0005-4260-7737)

R.M.K College of Engineering , Kavaraipettai, Thiruvallur District, TamilNadu ,India.

Email:240229.EC@rmkec.ac.in

Abstract

Soil science and plant nutrition are interconnected fields essential for understanding agricultural productivity and ecosystem health. Soil serves as a dynamic medium that supplies essential nutrients, water, and physical support to plants. The study of soil properties—including texture, structure, pH, and organic matter content—reveals their influence on nutrient availability and retention. Healthy soils are characterized by balanced nutrient cycling, which is critical for sustaining plant growth. Plant nutrition examines the requirements of various essential elements, divided into macronutrients (such as nitrogen, phosphorus, and potassium) and micronutrients (like iron and zinc). Each nutrient plays a specific role in plant physiological processes, including photosynthesis, respiration, and growth regulation. Deficiencies or imbalances can lead to reduced crop yields and compromised plant health. The interaction between soil microorganisms and plant roots is also vital, as beneficial microbes enhance nutrient uptake and contribute to soil fertility. Sustainable agricultural practices, such as crop rotation, cover cropping, and the use of organic amendments, are increasingly emphasized to maintain soil health, prevent degradation, and support biodiversity. With rising concerns over food security and environmental sustainability, ongoing research in soil science and plant nutrition seeks to develop innovative strategies that promote efficient nutrient use and soil conservation. This holistic understanding not only supports agricultural productivity but also enhances ecosystem resilience, ensuring a sustainable future for food systems and natural habitats.

Keywords: Nutrient Availability Macronutrients Micronutrients

**AWARENESS AND PERCEPTION OF TERMITES INFESTATION AND THEIR
MANAGEMENT ON WOOD STRUCTURES AMONG SAWMILL WORKERS IN
OGBOMOSO, NIGERIA**

ADELEKE, O.J.

Department of Crop and Environmental Protection, Ladoke Akintola University of
Technology, Ogbomoso, Nigeria

AKINTONDE, J.O.

Department of Agricultural Extension and Rural Development, Ladoke Akintola University of
Technology, Ogbomoso, Nigeria

ALAMU, L.O

Department of Forestry Resources Management, Ladoke Akintola University of Technology,
Ogbomoso, Nigeria

OLANIRAN, O.A.*

Department of Crop and Environmental Protection, Ladoke Akintola University of
Technology, Ogbomoso, Nigeria

Email: oaolaniran@lautech.edu.ng

Abstract

Background: The damage caused by termites on wood structures is of global economic concern due to the fact that many of its activities often go unnoticed early on. Awareness of their activities goes a long way in efficient management of this destructive pest. Total reliance on chemical control is detrimental to both environment and human health. Traditional management of termites is proving to be a credible and reliable alternative to synthetic chemicals. The study therefore aimed at assessing the awareness and different management strategies adopted in termite control in the Ogbomoso, Nigeria. The study was conducted using a structured questionnaire distributed among sawmill workers in Pakiotan sawmill in Ogbomoso North Local Government Area (LGA) of Oyo State, Southwestern Nigeria. A total of 120 questionnaires were administered to collect data on awareness, traditional and conventional methods of termites' control. Data collected were analyzed using descriptive statistics. All the wood dealers are aware of termites attack on wood structures with considerable number of years of experience. **Results:** All the respondents are aware of termites infestation and the damage it can cause and as such, they make use of at least one conventional control method with the use of exterior solignum (100.0%) the commonest method. Among the traditional termites control methods identified by the wood dealers, 57.5 % among them adopt spent torch light battery as a traditional control method and this ranks the highest. This is followed by those that uses waste waters from locust been processing (27.5%) with only few (1.7%) adopting the destruction of mounds as the least used traditional method. **Conclusion:** It was concluded that the use of conventional method remains the most widely used termite control method in the study area with varying degree of traditional control methods.

Keywords: termites, wooden structures, awareness, traditional methods, conventional methods

**ADAPTION STRATEGIES OF POULTRY FARMERS TO CLIMATE CHANGE IN
ODOGBOLU LOCAL GOVERNMENT AREA OF OGUN STATE, NIGERIA**

Aina, Abiona SUNDAY

Department of Agricultural Education,
Sikiru Adetona College of Education, Science and Technology, Omu-Ijebu, Ogun State,
Email: ainaabiona0@gmail.com

Abstract

Poultry production is one of the most important agriculture enterprises vulnerable to climate change. The study therefore examines poultry farmers adaptation strategies to climate change in Odogbolu local government area of Ogun state. A total of sixty (60) farmers were selected through a multistage sampling procedure and data were collected through the use of a well-structured interview schedule. Frequency counts, percentages and logit regression model were used to analyze the collected data. Results revealed that majority (60.0%) of the poultry farmers were within the age range of 30-40 years. Majority (72%) of the respondents were male and literate (74.0%). About 37% of the respondents had household size of between 1 to 5 persons with (50%) having farming experience above 6 years. The most common adaptation strategies among the farmers are building pen house against the wind (40%), Construction of wind break (22%) and Increase in water intake (22%) given to the birds during dry season. The Logit regression model analysis results revealed that the significant and positive variables are education ($p < 0.05$), extension contacts ($p < 0.05$) and farming experience ($p < 0.01$). However, the level of adaption strategies among poultry farmers in the study area was low; suggesting that farmers in the study area are not well abreast of climate change information. The study recommended that Government and NGO agencies should provide adequate information on climate change at the rural farm level extension education, media awareness and public awareness campaign

Keywords: Climate Change, Adaptation Strategies, Farmer, Poultry farmers

**USE OF ADAPTATION STRATEGIES TO CLIMATIC CHANGE AMONG
LIVESTOCK FARMERS IN ODOGBOLU LOCAL GOVERNMENT AREA OF
OGUN STATE, NIGERIA**

AINA, A.S.

Department of Agricultural Education, Sikiru Adetona College of Education, Science and
Technology, Omu-Ijebu, Ogun State, Nigeria
Email:ainaabiona0@gmail.com

Abstract

Livestock production is one of the most important agriculture enterprises vulnerable to climate change. Several studies have assessed the climate change impact on different livestock and other livelihood in Ogun state, but information on adoption strategies employed by livestock farmers to climate change in Odogbolu local government area of Ogun State has not been adequately documented. The study therefore examines livestock adaptation strategies to climate change in Odogbolu local government area of Ogun state. A total of 120 farmers were selected through a multistage sampling procedure and data were collected through the use of a well-structured interview schedule. Descriptive statistics such as frequency count and percentage and inferential statistics such as logit regression model were used to analysed the collected data at $p=0.05$. The results revealed that the majority were within the age range of 30 – 40 years (61.0%), Male (71.0%), Married (52.0%), and Education (92.0%), Many (42.0%) were small scale farmers, had a household size of (1 - 5) members (37.0%), (100%) were engaged in farming as their primary occupation with (51.0%) having 6-20 years of farming experience and practice Christianity (56.0%). The logit regression model analysis revealed that the adaption strategies of respondents to climate change were significantly influenced by farming experience (0.382), Extension Advise (0.607), Education (0.27) ***. The level of adaption strategies of livestock farmers in the study area was low; it shows that farmers in the area are not well abreast of what climate change is all about. Government and NGO agencies should provide adequate information on climate change at the grass root through extension education and road campaign.

Keywords: Climate Change, Adaptation Strategies, Farmer, Livestock.

FIRST 2 FIX: LOW-COST HOME REPAIR & RESTORATION

Nur Qamariah HASMEDDY

Construction Technology, Keningau Vocational College, Keningau, Sabah, Malaysia

Ara Billa BITON

Construction Technology, Keningau Vocational College, Keningau, Sabah, Malaysia

Mellyvonny MARIUS

Construction Technology, Keningau Vocational College, Keningau, Sabah, Malaysia

Charles John, AHMAD

Construction Technology, Keningau Vocational College, Keningau, Sabah, Malaysia

Fahmi Ali HASSAN

Construction Technology, Keningau Vocational College, Keningau, Sabah, Malaysia

Email: Sirhaj87@gmail.com

Abstract

This study was intended to assess condition and damages of a stilt wooden house located in Keningau, Sabah, in order to develop a proper home repair and restoration plan that can be scaled up to other houses of similar design in areas that are susceptible to flood and other environmental factors which can affect the structural integrity. The findings revealed that the chosen stilt wooden house has decayed severely that many parts of the house mainly the roof, the floors, the railing and stairs were in decrepit condition which could pose danger to the occupants. The results also implied that there were various factors that led to the condition of the house namely termite infestation and moist and weakened wood which could be due to the damaged zinc roof that caused rainwater to leak into the house, direct contact with floodwater and possibly leaky plumbing. A repair and restoration work was done by focusing on the parts of the house that needed immediate fix in order to ensure comfort and safety of the household. This study may shed more light on how to repair and restore as well as redesign wooden homes in order to be more resilient towards damaged caused by environmental variables.

Keywords: stilt house, flood prone areas, termite infestation, sustainable home

**ADAPTING TO VOCATIONAL EDUCATION: SUPPORTING STUDENTS'
TRANSITION FROM MAINSTREAM SCHOOLS**

Dexter Erwinn DARMAWAN

Keningau Vocational College, Psychology and Counselling Unit, Keningau, Sabah
Email: sirhaj87@gmail.com

Abstract

This study examines the adaptation process of students transitioning from mainstream schools to vocational schools, focusing on factors that support their sense of comfort and belonging in a specialized learning environment. Moving to a vocational school presents unique challenges and opportunities, as students must adjust not only to a new school culture but also to hands-on, skill-focused curricula that differ from traditional academic settings. The research analyzes support systems such as peer mentorship, instructor guidance, and structured orientation programs, assessing their impact on students' social and academic adjustment. Using a mixed-methods approach, data was gathered through surveys and interviews with students, teachers, and counselors from several vocational institutions. Findings reveal that students with access to peer mentorship and hands-on orientation activities experience a faster and smoother integration. Practical support, alongside encouragement from instructors and experienced peers, fosters a sense of belonging and eases the transition to skill-based learning. The study highlights the role of structured induction programs and a supportive school culture that emphasizes inclusivity and adaptability, which are crucial in helping students navigate both the academic and social transitions unique to vocational education. Recommendations include implementing tailored orientation and mentorship initiatives to improve the transition experience and enhance student engagement and motivation. This research offers valuable insights for vocational educators and policymakers aiming to strengthen support structures for new students in specialized educational settings.

Keywords: Student transition, vocational education, mainstream schools, adaptation, peer mentorship, orientation programs, school support systems, student engagement, educational adjustment

**ENVIRONMENTAL ETHICS AND POLITICS: NAVIGATING THE PATH
TOWARD SUSTAINABLE FUTURES**

Dr. Jobin SEBASTIAN

Guest Faculty, Alphonsa College Pala

Abstract

Environmental ethics, emerging prominently in the 1970s, challenges anthropocentric views, advancing ecocentric and biocentric approaches that acknowledge the intrinsic value of ecosystems and non-human life. The political implications of these ethical shifts are profound, demanding frameworks of justice, equity, and intergenerational responsibility, while advocating for approaches such as the rights of nature and the precautionary principle. Global environmental politics, particularly through climate agreements and sustainable development goals, illustrates the ethical commitment necessary for international cooperation. However, integrating environmental ethics into politics faces challenges from economic priorities, cultural diversity, and enforcement issues. This article explores the intersection of environmental ethics and politics, focusing on how moral principles and governance frameworks shape responses to critical environmental issues in the 21st century. Further it examines future pathways, emphasizing the roles of environmental education, green governance, and technology as means to harmonize ethical principles with political practices, ultimately aiming to create a sustainable, equitable, and environmentally resilient future.

Keywords: Environmental ethics, environmental policy, Environmental Politics, Sustainable development

BOOSTING YOUR CONFIDENCE FOR A BETTER YOU

Vitavenicea LAYUN

Keningau Vocational College, Early Childhood Education Department, Keningau, Malaysia

Email: Sirhaj87@gmail.com

Abstract

This project was designed as a self-help pep talk aimed at encouraging participants to build their confidence and composure in public speaking. The primary objective was to enhance participants' self-esteem and self-efficacy, crucial elements for effective communication. By focusing on public speaking, the project provided practical guidance and motivational support to help individuals overcome common anxieties and develop a more assured presence in front of an audience. The initiative included a series of interactive workshops and discussions that equipped participants with essential public speaking skills. Techniques covered included managing nervousness, organizing thoughts clearly, and delivering presentations with poise. Participants were also encouraged to practice regularly and receive constructive feedback, which contributed to their growth and confidence. By addressing both the psychological and practical aspects of public speaking, the project aimed to empower individuals to speak with greater confidence and clarity. The ultimate goal was to bolster participants' self-esteem and self-efficacy, enabling them to approach public speaking opportunities with a positive and resilient mindset. Through this project, participants were expected to gain the tools and confidence needed to succeed in various public speaking situations, enhancing their overall personal and professional development.

Keywords: Self-esteem, self-efficacy, public speech

EDUCATING THE PUBLIC ON SIGN LANGUAGE

Haizet BENJAMIN

Keningau Vocational College, Construction Technology Department, Keningau, Malaysia

Email: Sirhaj87@gmail.com

Abstract

Creating an inclusive society that meets the needs of individuals with special needs is essential for fostering equality and compassion. This project focuses on educating the public about sign language to empower them to communicate effectively with people who have hearing impairments. By promoting sign language awareness, the initiative aims to break down the barriers that often isolate the hearing-impaired community, limiting their access to social interactions, job opportunities, and a better quality of life. Through workshops and practical sessions, the project provides participants with essential sign language skills, enabling them to engage with the deaf and hard-of-hearing community. This not only improves social interactions but also enhances job security for individuals with hearing impairments, ensuring they are valued and included in the workforce. The project also highlights the broader benefits of sign language education, fostering a more inclusive society where everyone can communicate and connect. By bridging the communication gap, the initiative helps create a community where individuals with hearing impairments can fully participate in daily life, contributing to a more diverse and cohesive society. Ultimately, the project strives to enhance the quality of life for those with hearing impairments by empowering them and those around them with the tools for effective communication.

Keywords: Inclusive, sign language, hearing impairment

**CLIMATE CHANGE AND ITS COMPLEX EFFECTS ON WOMEN'S HEALTH ARE
ACKNOWLEDGED AS SUBSTANTIAL RISKS TO GLOBAL WELL-BEING**

Assistant Professor, K.R.PADMA (ORCID:0000-0002-6783-3248)

Department of Biotechnology, Sri Padmavati Mahila Visvavidyalayam (Women's
University), Tirupati, AP. India
Email:thulasipadi@gmail.com

Reader, K.R.DON (ORCID:0000-0003-3110-8076)

Department of Oral Pathology and Microbiology, Sree Balaji Dental College and Hospital,
Bharath Institute of Higher Education and Research (BIHER) Bharath University, Chennai,
Tamil Nadu, India
Email:drkrdon@gmail.com

Abstract

Because of differences in biology, socioeconomic status, and cultural norms, men and women are affected by climate change's negative health consequences variously. These effects include increased exposure to heat, poor air quality, extreme weather events, altered vector-borne disease transmission, reduced water quality, and decreased food security. Climate change poses the potential to exacerbate gender-based health inequities already present in India, a country experiencing fast environmental change. Depending on local geographic and socioeconomic factors, men and women are affected differently by the health effects of climate change. These effects include increased exposure to heat, poor air quality, extreme weather events, altered vector-borne disease transmission, reduced water quality, and decreased food security. Gender-based health disparities are already present, but they could get worse due to climate change, particularly in low- and middle-income nations. Gender disparities in the effects on health are mediated by socioeconomic, cultural, and physiological variables. Adopting policies that address these variables, which are frequently adjustable, can reduce adverse health consequences. The climate and environmental changes in the Global South have devastating effects on vulnerable populations, which have been perpetuated by socio-economic and political as well as gender inequalities and non-existent interventions to adapt and mitigate its adverse effects. Underpinned by the Protection Motivation Theory and Social-Cognitive Preparation model, this literature review article depicts how vulnerable populations are impacted by climate change in the Global South. Using the empirical data from credible databases including the Web of Science and Scopus, and several articles published since 2018 were searched, retrieved, coded, and classified with three themes emerging from the synthesised literature. In order to mitigate climate risks, fair stakeholder participation, monitoring of gender-specific targets, data gathering improvements, and multisector cooperation are all necessary. Policy interventions for mitigation and adaptation can be enhanced by empowering women as agents of social change.

Keywords: Socioeconomic status, Vulnerable population, Climate change, Protection, Motivation, Environmental change.

**GOVERNMENT POLICIES MEANT FOR RURAL DEVELOPMENT: A CRITICAL
ANALYSIS IN INDIA**

Sanjaya Kumar SAHOO
SKCG Auto. College, Paralakhemundi
Email: sanjaya86census@gmail.com

Abstract

As per the Census 2011 68.8 percentage of people are living in rural area. So improvement of their standard of living and providing economic security is highly essential. Realizing the importance of Rural area Government of India is taking so many steps like Community Development Programme, Drought Prone Area Development Programme, Integrated Child Development Services programme, Development of Women and Children in Rural Areas programme, several social security programmes such as National Social Assistance Program, National Old Age Pension Scheme, National Family Benefit Scheme, National Maternity Benefit Scheme, Swarna Jayanti Gram Swarozgar Yojana, etc. are implemented in India. Despite that, the benefits of economic development have not been passed to the rural people. So the Paper tries to examine the necessity of rural development and explore the availability of different Government schemes for their upliftment. The study has been carried out using a blended method of literature analysis, informal discussions and questionnaire design. The study finds that development of India requires the development of the rural area. Different policy and programmes meant for rural development needs effective implementation.

Keywords: Rural area, standard of living, economic security, development, Government schemes

**ORGANIC FARMERS' MITIGATION STRATEGIES AMIDST CLIMATE CHANGE
IN EKITI STATE, NIGERIA**

Fanu, A.T.

Department of Agricultural Extension and Rural Development, Federal University Oye -
Ekiti, Ekiti State. Nigeria
Email:abimbola.fanu@fuoye.edu.ng

Amudaniyu, J

Department of Agricultural Extension and Rural Development, Federal University Oye -
Ekiti, Ekiti State. Nigeria

Bamigboye, O.T

Department of Agricultural Extension and Rural Development, Federal University Oye -
Ekiti, Ekiti State. Nigeria

Abstract

Climate change in Nigeria is evident from temperature increase, rainfall variability, drought, desertification, rising sea levels, erosion, floods, thunderstorm, bush fires, landslides, land degradation, and loss of biodiversity. All of which continues to negatively affect human and animal life and also the ecosystems in Nigeria. This study assessed organic farmers' mitigation strategies amidst climate change in Ekiti State. The objectives are to describe the socio-economic variables of organic farmer; evaluate the perception of farmers about climate mitigation strategies; ascertain the extent to which farmers practice climate mitigation strategies due to climate change; examine the benefits of practicing climate mitigation strategies and to describe the constraints faced by organic farmer while mitigating climate change. The population of the study comprised farmers practicing organic farming in Ekiti state. These farmers have being trained by Justice Development and Peace Initiative rural development department on the different organic farming techniques. A multistage random sampling was adopted, in the first stage, six Local government Areas were randomly selected from the three agricultural zones, namely; Ado, Ijero, Ikole, Ise, Ikere and Oye Ekiti. In the second stage, 2 communities were selected from each local government, making a total of 12 communities. In the third stage 10 trained organic farmers were selected from each community. A total of 120 respondents were interviewed. The results shows that the mean age of respondents in the study area was 53.10 years, male respondents had 67%. It also revealed that 71% of the respondents in the study area were married. The mean years of farming experience for the respondents in the study area was 6.78 while the standard deviation was 3.09. Respondents (45%) had farm sizes of 1ha. For farmers' perception of organic farming, majority of the respondents (90%) strongly agreed that their farm organic matter has increased, "it has increased my crop productivity" (52.5%), "since "I started organic farming, I have healthy crops" (87.5%), "organic produce has exposed me to more lucrative market" (52.5%). Statements which majority of the respondents disagree with are "I experience increased pest infestation" (60%), "people are not particular about our healthy foods" (60%). For farmers' practice of organic farming, some of the respondents always practice (52.5%) change in planting season and agro forestry/intercropping (70%) as a method of mitigating climate change. Others practices are occasionally such as: diversification of farming activities (52.5%), Wood, (2023). Increased

farm size (52.5%), improved crop varieties (52.5%), soil & water conservation (72.5%), farmers' group loan (62.5%). Respondent agreed that organic farming practices are highly beneficial to: "It increases soil fertility (92.5%), reduces chemical cost (92.5%) and increases organic matter content (92.5%), effective pest control (90.0%), prevents soil water contamination (87.5%), disrupt disease life cycle (82.5%). The constraints that were indicated as high due to their mean been higher than the weighted mean are ranked in decreasing order, inadequate infrastructure (2.45), no community support (2.43), inadequate farm inputs (2.40), inadequate financial support (2.30) and limited training (2.25). The hypothesis shows a strong positive correlation between perception and extent to which farmers practice climate mitigation strategies. The study recommends the integration of climatic information dissemination in extension, farmer should be encouraged to join more cooperatives for more funds. Further research is encouraged for effective strategies to enhance climate change perception and mitigation practices among farmers.

Keywords: organic farmers, practices, climate mitigation strategies, benefits, constraints

**WHO IS POOR: THE NEXUS BETWEEN LAND RIGHT AND
MULTIDIMENSIONAL POVERTY AMONG RICE FARMING HOUSEHOLDS**

Dr. OBALOLA Tohib Oyeyode (ORCID:0000-0002-2015-431X)

Department of Agricultural Economics, Usmanu Danfodiyo University Sokoto, Sokoto State,
Nigeria / Agricultural Economics and Environmental Policy, CEADESE, Federal University
of Agriculture, Abeokuta, Ogun State, Nigeria
Email:obalola.oyeyode@udusok.edu.ng

Prof. OBAYELU Abiodun Elijah (ORCID:0000-0003-3328-7717)

Department of Agricultural Economics and Farm Management, Federal University of
Agriculture, Abeokuta, Ogun State, Nigeria
Email:obayelu@yahoo.com

Dr. COSTER Adeleke Sabitu (ORCID:0000-0003-0719-9748)

Department of Agricultural Economics and Farm Management, Federal University of
Agriculture, Abeokuta, Ogun State, Nigeria
Email:costeras@funaab.edu.ng

Dr. ALARIMA Cornelius Idowu (ORCID:0000-0002-3732-4311)

Department of Agricultural Extension and Rural Development, Federal University of
Agriculture, Abeokuta, Ogun State, Nigeria
Email:corneliusalarima@yahoo.com

Abstract

Recognising the cause of being poor is crucial to achieving the United Nations Sustainable Development Goal 2 (SDG 2), which seeks to end hunger by 2030. Therefore, this study explores the factors contributing to poverty among rice farming households in Nigeria, with a particular emphasis on land ownership structures. Using a multistage sampling procedure, data were collected from 380 rice farming households in Sokoto, Kebbi, and Zamfara states. For analysis, both descriptive and inferential statistics were used. In order to create the farming households' poverty profile and look into the factors influencing the multidimensional poverty status of rice farming households, respectively, Multidimensional Poverty Index and the Probit Regression Model were employed. The findings reveal that the majority of rice farming households are in their middle age, with large household sizes and limited formal education. Farm sizes are small, predominantly ranging from 1 to 3 hectares. Households with absolute ownership of land through inheritance or purchase exhibit higher incomes and production quantities compared to those with temporary ownership through rent or lease. Moreover, the study identifies high levels of multidimensional poverty among rice farming households, with deprivation in access to basic amenities such as clean water, education, and healthcare. Security and shock, along with standard of living and infrastructure, contribute significantly to poverty intensity. Probit regression analysis indicates that household size, education, and quantity of rice consumed from own production significantly influence poverty status. Additionally, secure land ownership enhances household income and productivity. These findings underscore the importance of tenure security and highlight avenues for poverty alleviation interventions in the rice farming sector.

Keywords: Multidimensional poverty, land right, rice farmers, security, shock, indicators

**STORAGE METHODS AND POST-HARVEST LOSSES AMONG SMALLHOLDER
ONION FARMERS IN SHINKAFI LOCAL GOVERNMENT
AREA OF ZAMFARA STATE – NIGERIA**

Tijjani Salihu SHINKAFI

Department of Business Administration, Faculty of Business and Management, Kampala
International University, Uganda
Email: tjshinkee@gmail.com

Andrew NYAKUNDI

Department of Business Administration, Faculty of Business and Management, Kampala
International University, Uganda

Tukur MUHAMMAD

Department of Business Administration, Faculty of Business and Management, Kampala
International University, Uganda

Eric MABONGA

Department of Business Administration, Faculty of Business and Management, Kampala
International University, Uganda

Abstract

The study focuses on evaluating the effectiveness of different onion storage methods on post-harvest losses among smallholder farmers in Shinkafi, Zamfara State, Nigeria, highlighting the importance of efficient storage and postharvest management in the onion industry. The study was aimed at evaluating traditional, hybrid, and ventilated storage methods on post-harvest losses to smallholder farmers to minimize losses and enhance profitability by maintaining onion quality and prolonging its shelf life during storage. The study was conducted between May and June 2023, the study gathered data from 381 onion farmers using a structured Likert questionnaire. The participant's demographic was predominantly male (98.4%), with the majority aged between 19-30 years, married, Muslim, and having secondary education as their highest level of formal education. The findings revealed that the traditional and ventilated storage methods significantly increase post-harvest losses, as indicated by their respective t statistics and p-values (traditional method: $t=10.227$, $p<0.000$; ventilated method: $t=9.460$, $p<0.000$). In contrast, the hybrid method, which combines features of both the traditional and ventilated methods, showed no significant impact on increasing post-harvest losses ($t=1.566$, $p=0.118$). The study concludes that while both traditional and ventilated methods significantly increase post-harvest losses, while hybrid method reduces post-harvest losses of onion during storage. This insight could guide smallholder farmers in choosing appropriate storage methods to minimize losses and maximize profitability. Correspondence: Tijjani Salihu Shinkafi, Department of Business Administration, Faculty of Business and Management, Kampala International University, Uganda

Keywords: Postharvest losses, Onion, Storage methods, Profitability

**ADVANCEMENTS IN REMOTE SENSING FOR CROP AND SOIL HEALTH
MANAGEMENT IN SUSTAINABLE AGRICULTURE**

Abdul Ahad ANSARI

Interdisciplinary Department of Remote Sensing and GIS Applications, Aligarh Muslim
University, Aligarh, U.P., India PIN-202002
Email: ahad879@gmail.com

Associate Professor, Haris Hasan KHAN

Interdisciplinary Department of Remote Sensing and GIS Applications, Aligarh Muslim
University, Aligarh, U.P., India PIN-202002
Email: hhkhan2005@gmail.com

Abstract

Agricultural sustainability is critical to addressing global food demands while ensuring the conservation of natural resources. Monitoring crop health and soil quality in real time is essential for maximizing agricultural productivity and minimizing environmental degradation. The role of remote sensing technologies in crop monitoring and soil health assessment is to enhance soil nutrition and manage environmental impacts by leveraging multispectral and hyperspectral satellite imagery and GIS-based spatial analysis. The study examines essential factors influencing crop growth, such as soil moisture, nutrient content, and early indicators of crop stress, across various agricultural landscapes. A key focus is employing the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) and Soil-Adjusted Vegetation Index (SAVI) as reliable metrics to assess crop vigour and detect early signs of soil degradation. By integrating these indices with temporal and spatial data, the study provides insights into dynamic crop-soil interactions, allowing for targeted interventions in nutrient management and irrigation practices. Precision agriculture methods informed by these insights, such as site-specific fertilization and efficient water resource allocation, can significantly reduce input usage while optimizing crop yields. The potential of remote sensing is to support sustainable agricultural practices by offering a high-resolution, cost-effective means of monitoring crop conditions and soil health. This approach helps enhance farm management strategies and aligns with global sustainability goals, addressing the urgent need for food security and environmental resilience.

Keywords: Remote Sensing, Crop Monitoring, Soil Health, Sustainable Agriculture, GIS, NDVI, Environmental Resilience

**IMPACT OF ADOPTION OF IMPROVED CASSAVA AND SWEETPOTATO
TECHNOLOGIES ON THE LIVELIHOOD OF WOMEN FARMERS IN
AKWAIBOM STATE, NIGERIA**

Amadi, P.E

National Root Crops Research Institute, Umudike, Umuahia Abia State, Nigeria

Email:pearlamadi@gmail.com

Mgbeahuru, C.C

National Root Crops Research Institute, Umudike, Umuahia Abia State, Nigeria

Okoye, B.C

National Root Crops Research Institute, Umudike, Umuahia Abia State, Nigeria

Abstract

In Nigeria, women are very much involved into cassava and sweetpotato production; therefore, assessing the impact of its adoption on the livelihood of the women farmers becomes imperative. The objectives of the study were; to determine the level of adoption; to access the level of farm income before and after the adoption and to determine the extent to which the technologies positively impacted on their livelihood. A purposive and multistage random sampling procedure was used to select a sample of 50 cassava and 50 sweetpotato women farmers. This is because the technologies have been disseminated in the study area. Data were collected in January, 2024 using interview schedule and was analyzed using descriptive and inferential statistics (Z-test). The level of adoption of cassava technologies was high while sweetpotato was low. The mean annual farm income of the women before and after adopting cassava technologies was ₦86, 000.00 and ₦128, 600.00 with Z-test value of (8.057***) while sweetpotato was ₦21, 480 and ₦45, 000 with Z-test value of (20.4890***). The adoption had positive impact on their livelihood mostly on paying children school fees, good health and nutrition but they are in dare need of stems and vines. In conclusion, most of the women farmers willingly adopted the technologies and it has increased their farm income levels and livelihood to an extent. It is highly recommended that, the women farmers should be encouraged by providing timely information on improved technologies and provision of stem/vines to greatly enhance the production and their livelihood.

Keywords: Impact, Adoption, Cassava, Sweetpotato, Women Farmers and Nigeria

FULL TEXT

**HATAY'DA YETİŞEN TURUNÇGİL ÜRÜNLERİNİN SU AYAK İZİNİN 2012-2021
YILLARI ARASINDAKİ DEĞİŞİMİNİN ANALİZİ**

Dr. Fatma DENİZ (ORCID:0000-0001-6782-8169)

Mersin Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü
Email:fatmadeniz@mersin.edu.tr

Prof. Dr. Mehmet Ali MAZMANCI (ORCID:0000-0003-0219-530X)

Mersin Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü
Email:mazmanci@mersin.edu.tr

Özet

Bir ürünün su ayak izi, tüm tedarik zinciri boyunca ürünü üretmek için kullanılan tatlı su hacmidir. Su ayak izi değeri sadece hacmi değil aynı zamanda çalışmanın kapsamına göre belirli bir zamanı, mekânı, kullanılan suyun kaynağını da içeren çok boyutlu bir parametredir. Tatlı su kaynakları konusunda yaşanan endişeler, tatlı suyu en fazla kullanan tarımsal üretimde su verimliliği çalışmalarına olan ilgiyi arttırmıştır. Tarımsal su ayak izi, çeşitli faktörlere bağlı olarak (iklim, toprak yapısı, ürün çeşidi, tarımsal yönetim uygulamaları, sulama yöntemi vb.) değişen ve tarımsal alanda ürün ve su arasındaki ilişkiyi gösteren değerlerden biridir. Son yıllarda pek çok tarımsal ürün için farklı metotlarla su ayak izi hesaplamaları yapılmıştır. Turunçgiller dünya genelinde Akdeniz iklimine sahip bölgelerde yetişen bir ürün grubu olup Türkiye'nin de önemli tarımsal ürünlerindedir. Hem sağlığa olan faydalarından hem de artan depolama süresi sayesinde uzayan yaşam döngüsünden dolayı uluslararası ticarete önemli bir yere sahiptir. Bu çalışmada Türkiye'de en yüksek miktarda turunçgil üretimi yapılan 3. il olan Hatay ilinde yetiştirilen ürünlerin 2012-2021 yılları arasındaki su ayak izi değerleri hesaplanmıştır. Evapotranspirasyon hesabından Gıda ve Tarım Örgütü'nün geliştirdiği Cropwat 8.0 modeli kullanılmıştır. Günlük meteoroloji verileri Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden ve ürün gelişim katsayıları Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü tarafından hazırlanan "Türkiye'de Sulanan Bitkilerin Bitkisel Su Tüketimi" başlıklı rehberden alınmıştır. Turunçgil için yeşil, mavi ve toplam evapotranspirasyon değerleri hesaplanmıştır. Türkiye İstatistik Kurumu'ndan alınan ürün verim değerleri kullanılarak yeşil, mavi ve toplam su ayak izi değerleri hesaplanmıştır. Bu çalışmada her yıl için aynı toprak tipi seçilmiş olup toprağın tuzluluğu ve besin içeriği gibi faktörler ihmal edilmiştir. Elde edilen bulgularda turunçgilin evapotranspirasyon değeri 10 yıllık süreçte 756 ile 911 mm arasında değişmiş olup ortalama değer 841 mm olmuştur. Mavi evapotranspirasyon 147-614 mm, yeşil evapotranspirasyon 296-740 mm ve ürün verimi değerleri ise 24-41 ton/ha arasında değişmiştir. Toplam su ayak izinin 10 yıllık ortalama değeri 245 L/kg, en düşük ve en yüksek değerleri ise sırasıyla 192 ve 357 L/kg olarak hesaplanmıştır. Mavi su ayak izi 38-181 L/kg, yeşil su ayak izi ise 87-197 L/kg arasında değişmiştir. Bulgular çoğu zaman yeşil su ayak izinin mavi su ayak izinden daha yüksek olduğunu göstermektedir. Ancak diğer yıllarda bu değer ya yaklaşık eşit olmuş ya da mavi su ihtiyacı daha fazla olmuştur. Yeşil su ayak izi değeri yağış miktarından etkilenmektedir. Ancak bu çalışmada artan yağış miktarının her zaman yeşil su kullanımını arttırmadığı görülmüştür. Yağışın ne zaman, ne sıklıkta ve şiddette yağdığı bitki için suyun kullanılabilirliğini etkilemektedir. Yıl içerisinde yağışlı gün sayısı ve yağışın yüzey akışla

kaybedilmeyecek hızda yağması önemlidir. Ancak bunlar kontrol edilecek faktörler olmadığından dolayı değişen yağış rejimi mavi suya olan ihtiyacı bazı yıllarda arttırmakta bazı yıllarda azaltmaktadır. Su ayak izi değeri sulama suyundan farklı olarak verilen su miktarını değil bitkinin kullandığı suyu ifade etmektedir. İkisi arasındaki fark uygun sulama yöntemi ile azaltılabilmektedir. Toprak neminin takip edilmesi ve sulamanın buna göre yapılması kullanılan sulama suyu miktarının en aza indirilmesini sağlayacak ve sulama miktarından kaynaklanan su kaybını azaltacaktır.

Anahtar kelimeler: Su ayak izi, evapotranspirasyon, Cropwat 8.0.

ANALYSIS OF THE CHANGE IN THE WATER FOOTPRINT OF CITRUS GROWN IN HATAY BETWEEN 2012-2021

Abstract

The water footprint of a product is the volume of fresh water used to produce the product throughout the supply chain. The water footprint value is a multidimensional parameter that includes not only the volume but also the specific time, place, and source of the water used, depending on the scope of the study. Concerns about freshwater resources have increased interest in water efficiency studies in agricultural production, which uses freshwater the most. Agricultural water footprint is one of the values that change depending on various factors (climate, soil structure, product variety, agricultural management practices, irrigation method, etc.) and show the relationship between product and water in the agricultural field. In recent years, water footprint calculations have been made for many agricultural products with different methods. Citrus is a product group grown in regions with Mediterranean climates around the world and are also important agricultural products of Turkey. It has an important place in international trade due to both its health benefits and its extended life cycle thanks to the increased storage period. In this study, the water footprint values of products grown in Hatay province, the 3rd province with the highest amount of citrus production in Turkey, between 2012-2021 were calculated. Cropwat 8.0 model developed by Food and Agriculture Organization was used for evapotranspiration calculation. Daily meteorological data were taken from General Directorate of Meteorology and product development coefficients were taken from the guide titled "Crop Water Consumption of Irrigated Crops in Turkey" prepared by General Directorate of Agricultural Research and Policies. Green, blue and total evapotranspiration values were calculated for citrus. Green, blue and total water footprint values were calculated using product yield values taken from Turkish Statistical Institute. The same soil type was selected for each year in this study and factors such as soil salinity and nutrient content were neglected. As a result, evapotranspiration value of citrus varied between 756 and 911 mm in the 10-year period and the average value was 841 mm. Blue evapotranspiration varied between 147-614 mm, green evapotranspiration varied between 296-740 mm and product yield values varied between 24-41 ton/ha. The 10-year average value of the total water footprint was calculated as 245 L/kg, and the lowest and highest values were 192 and 357 L/kg, respectively. The blue water footprint varied between 38-181 L/kg, and the green water footprint varied between 87-197 L/kg. The findings show that the green water footprint is often higher than the blue water footprint. However, in other years, this value was either approximately equal or the blue water requirement was greater. The green water footprint value is affected by the amount of precipitation. It was observed that increasing precipitation does not always increase the use of green water. When, how often precipitation falls affects the availability of water for the plant. The number of rainy days during the year and the fact that precipitation falls at a rate that will not be lost through surface runoff are important. However, since these are not factors to be controlled, the changing precipitation regime increases the need for blue water in some years and decreases it in some years. The water footprint value, unlike irrigation water, does not express the amount of water given but the water used by the plant. The difference between the two can be reduced with the appropriate irrigation method. Monitoring soil moisture and irrigating accordingly will minimize the amount of irrigation water used and reduce water loss resulting from irrigation.

Keywords: Water footprint, evapotranspiration, Cropwat 8.0.

1. GİRİŞ

Turunçgiller dünya çapında yaygın olarak yetiştiriciliği yapılan ve en çok ticareti yapılan bahçecilik ürünüdür (Tu et al., 2021; Turner & Burri, 2013). Turunçgil ürünleri genel olarak portakal, mandalina, limon, greyfurt, bergamot, kamkat, turunç, ağaç kavunu olarak sınıflandırılmaktadır. Bu ürünler taze meyve ve meyve suyu olarak kullanımın yanı sıra marmelat, gıda katkı maddeleri, pektin, sığır yemi (kabuğundan), uçucu yağlar, kozmetik, kimyasallar ve ilaçlar gibi yan ürün olarak da kullanılmaktadır (TEPGE, 2023).

Turunçgiller düşük sıcaklıklara karşı duyarlı bir ürün olup, turunçgil yetiştiriciliğinin büyük bir kısmı subtropikal iklime sahip bölgelerde olmaktadır. Çünkü bu bölgelerde meyve daha uzun süre ağaçta kalabilmektedir. Bu nedenle ürünlerin ömrü daha uzun olmaktadır (TEPGE, 2023). Soğuk iklim koşullarına dayanıksız olan turunçgiller, kısa süreli don olaylarına dayanabilmektedirler. Ancak uzun süreli donlar ağaçların ölmesine neden olmaktadır. Yapraklarını genellikle ilkbaharda döken ağaçlar yılın her döneminde yapraklı olan nadir ağaçlardandır. Yapraklar iki yıl canlı kalabilmektedir (Steduto, Hsiao, Fereres, & Raes, 2012). Türkiye dünya genelinde turunçgil üretiminde önemli ülkelerden biridir. Akdeniz Bölgesi'nde yer alan iller turunçgil ürünlerinin en fazla üretildiği illerdir. 2022 yılı verilerine göre toplam portakal üretiminin %82'si, mandalina üretiminin %87'si, limon üretiminin %91'i ve greyfurt üretiminin %96'sı Akdeniz Bölgesi'nde gerçekleştirilmiştir (TÜİK, 2022).

Tarımsal üretimde çevresel strese neden olan sıcaklık artışı, yağış rejimindeki değişiklikler, su kıtlığı, doğal afetler ve aşırı hava olayları son yılların araştırma konularından olmuştur. İklim değişikliği, gelişmekte olan ülkelerin tarımsal üretiminde sürdürülebilir kalkınmayı olumsuz yönde etkilemektedir. (Bazrafshan, Zamani, Etedali, & Dehghanpir, 2019). İklim değişikliğinin etkisiyle tatlı su kaynaklarındaki azalma, toplam tatlı su tüketiminin yaklaşık %90'ına sahip olan tarım sektöründe su kullanımı ve optimizasyonu ile ilgili çalışmalarda artışa neden olmuştur. Bu çalışmaların amacı, sulama suyu yönetim stratejilerinin iyileştirilmesini sağlayabilmektir. Daha iyi stratejiler için, yapılan çalışmalar bitki su kullanımı hakkında bilgi gerektirmektedir (Jamshidi, Zand-Parsa, Kamgar-Haghighi, Shahsavari, & Niyogi, 2020).

Tarımsal su ayak izi hesaplamaları bitki su kullanımına odaklanan ve iklime uygun tarım çalışmalarında başvurulan yöntemlerden biridir. Su ayak izi hesaplamaları, su tüketim durumunu ve kıtlığını tespit etmeye, üretim ve tüketimde harcanan suyu, ithalat ve ihracatta uluslararası taşınan sanal suyu tedarik zincirinin her aşamasında analiz etmeye yarayan bir yöntem olmuştur (Bazrafshan & Dehghanpir, 2020). Pek çok ülkede tarımsal üretim için su ayak izi hesaplamaları yapıldığı görülmüştür (Bazrafshan et al., 2019; Chapagain, Hoekstra, Savenije, & Gautam, 2006; Chico, Salmoral, Llamas, Garrido, & Martinez-Aldaya, 2010; Ferrero, Araujo, Valdeón, Hun, & Mele, 2022; Munro, Fraser, Snowball, & Pahlow, 2016; Muratoğlu, 2020; Rossi et al., 2019; Salmoral Portillo, Aldaya, Chico Zamanillo, Garrido Colmenero, & Llamas Madurga, 2011).

Bu çalışmanın amacı Türkiye'nin Akdeniz Bölgesi'nde yer alan Hatay ilinde yetiştirilen turunçgil ürünleri için 2012-2021 yılları arasına ait mavi ve yeşil su ayak izi değerlerinin hesaplanması ve su ayak izinin 10 yıllık değişiminin analiz edilmesidir.

2. MATERYAL VE METOD

Bu çalışma Hatay ilinde yetiştirilen turuncğil ürünleri için, 2012-2021 yılları arasındaki bitki su tüketiminin ve mavi ve yeşil su ayak izi değerlerinin hesaplanmasını içermektedir.

Veri

Bitki su tüketimi hesabı için Cropwat 8.0 modeli kullanılmıştır (FAO, 2022). Hesaplamalarda meteorolojik veriler, bitki gelişim katsayıları, ürün verimi değerleri kullanılmıştır. 2012-2021 yıllarına ait günlük meteorolojik veriler Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM)'nden (MGM, 2022), bitki gelişimi ile ilgili veriler Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü (TAGEM)'nden (TAGEM, 2017) ve ekili alan ve üretim miktarı verileri Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK)'nden (TÜİK, 2022) temin edilmiştir.

Cropwat 8.0 modelinde kullanılan veriler Tablo 1'de verilmiştir.

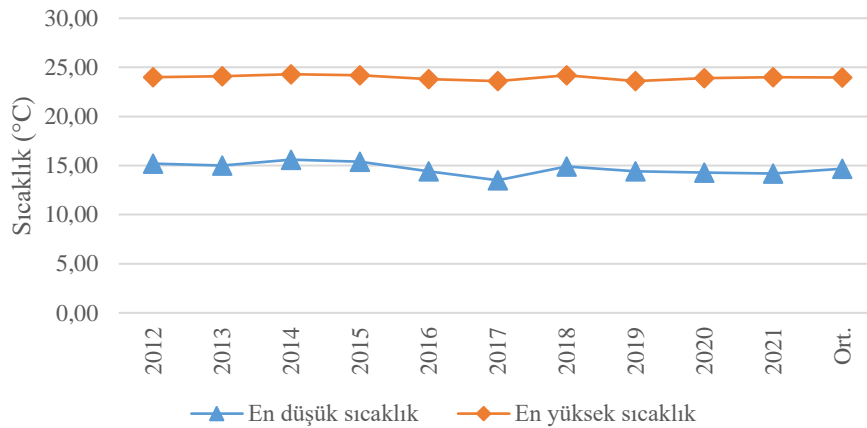
Tablo 1. Cropwat 8.0 modeline girilen mahsul verileri (TAGEM, 2017)

Ekim-dikim tarihi*	Mahsul katsayıları			Gelişim süreleri (gün)				Total
	K _{c1}	K _{c3}	K _{c4}	I	II	III	IV	
Ocak I	0.84	0.53	0.59	60	90	125	90	365

*I, II ve III ifadeleri ayın 10 günlük dönemlerini göstermektedir.

Yukarıdakilere ek olarak, kritik tükenme oranı 0.65, kök derinliği 1.70 m, verim tepki faktörü 0.2 ve bitki boyu 4.00 m olarak modele girilmiştir (FAO, 2022; TAGEM, 2017).

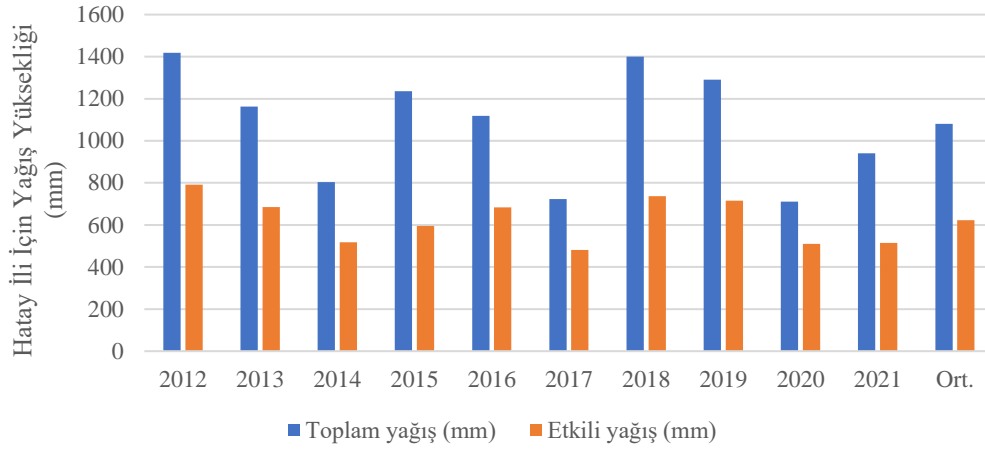
Meteoroloji Genel Müdürlüğünden alınan günlük verilerden hesaplanan en yüksek ve en düşük sıcaklık değerlerinin yıllık ortalamalarının 2012-2021 yılları arasındaki değişimi Şekil 1'de verilmiştir (MGM, 2022).



Şekil 1. Hatay ili için 2012-2021 yılları arasına ait en yüksek ve en düşük sıcaklık değerlerinin yıllık ortalamaları

Metod

Cropwat-8.0 modelinde sulama programı seçeneği uygulanmıştır (Smith, 1992). Etkili yağış miktarı USDA metodu ile hesaplanmıştır (Dastane, 1978). 2012-2021 yılları arasına ait toplam ve etkili yağış yükseklikleri Şekil 2’de verilmiştir (MGM, 2022).



Şekil 2. Hatay ili için 2012-2021 yılları arasına ait yıllık toplam ve etkili yağış yükseklikleri

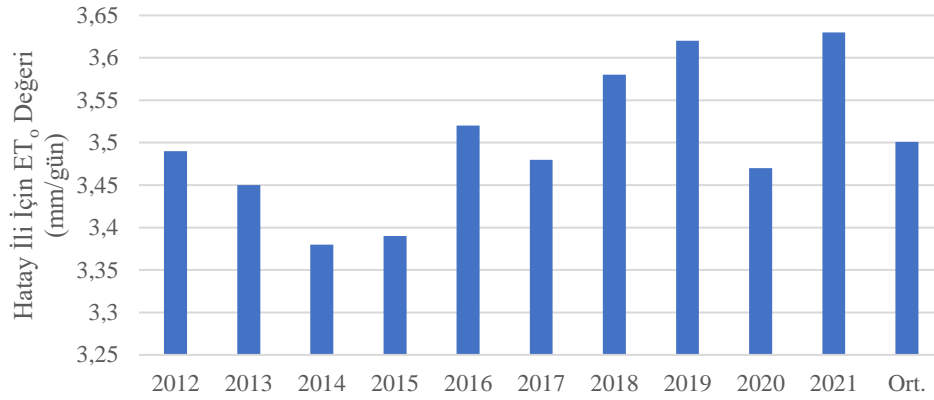
Referans bitki su tüketim miktarı (ET_0) Penman-Monteith metodu (Eşitlik 1) ile hesaplanmıştır (Allen, Pereira, Raes, & Smith, 1998). 2012-2021 yılları arasına ait ET_0 değerleri Şekil 3’te verilmiştir.

$$ET_0 = \frac{0.480\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T+273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1+0.34u_2)}$$

Eşitlik 1

Burada;

- ET_0 : Referans evapotranspirasyon (mm/gün)
- Δ : Buhar basıncı eğrisinin eğimi (kPa/°C)
- R_n : Bitki yüzeyindeki net radyasyon (MJ/m²/gün)
- G : Toprak ısı akısı yoğunluğu (MJ/m²/gün)
- γ : Psikrometrik sabit (kPa/°C)
- T : Günlük ortalama sıcaklık (°C)
- u_2 : Rüzgar hızı (m/s)
- e_s : Doymuş buhar basıncı (kPa)
- e_a : Gerçek buhar basıncı (kPa) ‘nı ifade etmektedir.



Şekil 3. Hatay ili için 2012-2021 yılları arasına ait ET₀ değerleri

Su Ayak İzinin Hesaplanması

Çalışmada su ayak izinin yeşil ve mavi bileşenleri Hoekstra ve ark. (2011) tarafından geliştirilmiş olan su ayak izi metodu ile hesaplanmıştır. Meteoroloji verileri günlük veri olarak girilmiştir. Yeşil su ayak izi SAI_{yeşil} (m³/ton)'i hesaplamak için ürünün kullandığı yağmur suyu (yeşil su) miktarı, mavi su ayak izi SAI_{mavi}'yi hesaplamak için ürünün kullandığı sulama suyu miktarı mm biriminde hesaplanmıştır. Yükseklik (mm) olarak hesaplanan su miktarı ürün verimine (ton/ha) bölünerek m³/kg birimine çevrilmiştir (Eşitlik 2 ve 3). Toplam su ayak izi yeşil ve mavi su ayak izinin toplamı olarak hesaplanmıştır (Eşitlik 4).

$$SAI_{yeşil} = \frac{ET_{yeşil} \times 10 (m^3/ha)}{Verim (ton/ha)} \quad \text{Eşitlik 2}$$

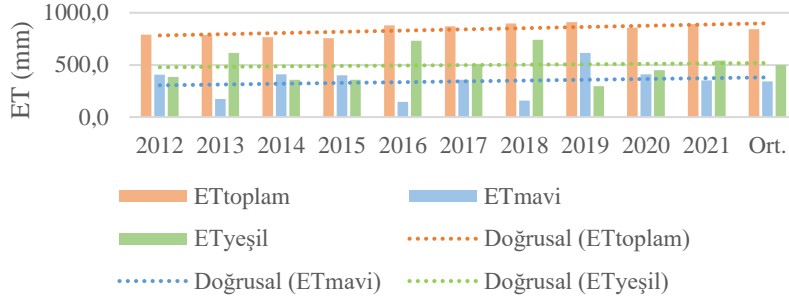
$$SAI_{mavi} = \frac{ET_{mavi} \times 10 (m^3/ha)}{Verim (ton/ha)} \quad \text{Eşitlik 3}$$

$$SAI_{toplam} = SAI_{yeşil} + SAI_{mavi} \quad \text{Eşitlik 4}$$

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

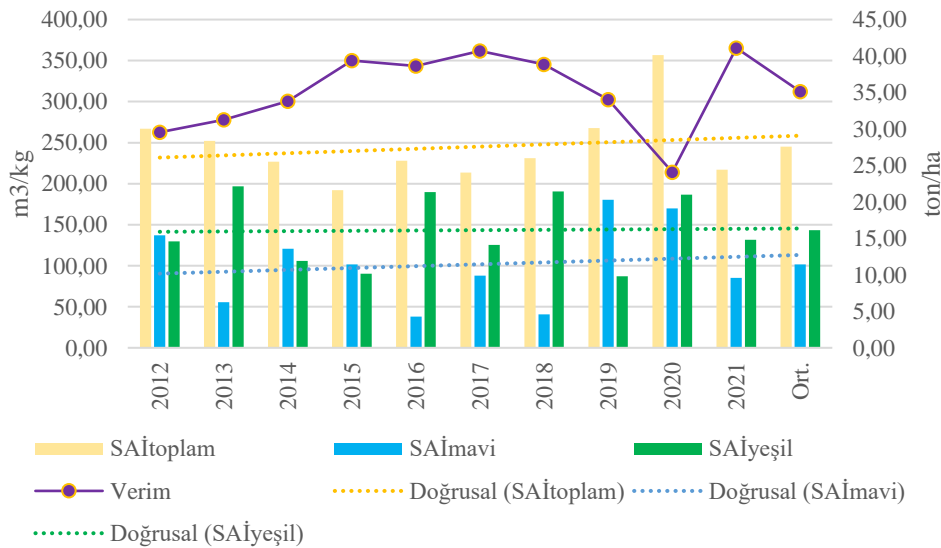
Hatay'da yetiştirilen turunçgil ürünleri için ET değerlerinin 2012-2021 yılları arasındaki değişimi Şekil 4'te verilmiştir. ET_{toplam} değerleri 756.3 – 911.0 mm arasında değişmiş olup, ortalama yıllık değer 841.0 mm olarak hesaplanmıştır. ET_{yeşil} 296.7 – 740.0 mm arasında, ET_{mavi} ise 147.1 – 614.3 mm arasında değişmiş olup ortalama değerleri sırasıyla 498.4 ve 342.6 mm olarak hesaplanmıştır. En yüksek ve en düşük ET_{toplam} değerleri sırasıyla 2019 ve 2015 yılları için, ET_{yeşil} değerleri 2018 ve 2019 yılları için ve ET_{mavi} değerleri ise 2019 ve 2016 yılları için hesaplanmıştır. ET_{toplam}, ET_{yeşil} ve ET_{mavi} değerleri için çizilen doğrusal eğime baktığımızda 10 yıllık süreçte değerlerin arttığı gözlenmiştir. Turunçgil, gelişim süresi tüm yılı kapsayan bir tarımsal ürün grubudur. Bu sayede yıl boyunca gerçekleşen yağışlardan faydalanmaktadır. Yıllık etkili yağış yüksekliklerine ve suyun bitki tarafından kullanılabilirliğine bağlı olarak ET_{yeşil} miktarı değişmektedir. ET_{yeşil}'de gerçekleşen değişim ET_{mavi}'yi etkilemektedir. Sürdürülebilir su kullanımı için tarımsal üretimde yağmur suyundan mümkün olunan en yüksek oranda faydalanmak amaçlanmalıdır. Bu çalışmanın sonuçlarına baktığımızda 2013, 2016 ve 2018 yıllarında ET_{yeşil} miktarının ET_{mavi}'ye göre daha yüksek olduğu görülmektedir. 2018 etkili yağışın yüksek olduğu yıllardandır. Ancak 2013 ve 2016 yıllarında etkili yağışın ortalamaya

yakın olduğu söylenebilir (Şekil 2). Bu durum etkili yağışın yüksek olmasının her zaman yeşil su kullanımını arttırmadığını göstermektedir.



Şekil 4. Hatay'da yetiştirilen turuncğil ürünleri için ET_{toplam} , $ET_{yeşil}$ ve ET_{mavi} değerlerinin değişimi

Hatay'da yetiştirilen turuncğil ürünleri için $SAİ$ değerlerinin 2012-2021 yılları arasındaki değişimi Şekil 5'te verilmiştir. $SAİ_{toplam}$ değerleri 192.1 - 356.6 m^3/kg arasında değişmiş olup, ortalama yıllık değer 245.2 m^3/kg olarak hesaplanmıştır. $SAİ_{yeşil}$ 87.2 - 196.7 m^3/kg arasında, $SAİ_{mavi}$ ise 38.1 - 180.5 m^3/kg arasında değişmiş olup ortalama değerleri sırasıyla 143.4 ve 101.8 m^3/kg olarak hesaplanmıştır. En yüksek ve en düşük $SAİ_{toplam}$ değerleri sırasıyla 2020 ve 2015 yılları için, $SAİ_{yeşil}$ değerleri 2013 ve 2019 yılları için ve $SAİ_{mavi}$ değerleri ise 2019 ve 2016 yılları için hesaplanmıştır. $SAİ_{toplam}$, $SAİ_{yeşil}$ ve $SAİ_{mavi}$ değerleri için çizilen doğruşal eğime baktığımızda ET grafiğinde olduğu gibi 10 yıllık süreçte değerlerin arttığı gözlenmiştir. 2020 yılında $SAİ_{toplam}$ için en yüksek değer hesaplanmıştır. Aynı yıl ürün veriminin düştüğü görülmektedir. 2013, 2016 ve 2018 yılları $SAİ_{yeşil}$ değerlerinin yüksek olduğu yıllardır. Benzer bulgu ET grafiğinde de gözlenmektedir. 2019 yılı en yüksek $SAİ_{mavi}$ değerinin elde edildiği yıl olmuştur. Aynı yıl ET_{mavi} değerinin en yüksek (Şekil 4), ET_o değerinin ikinci en yüksek (Şekil 3) ve etkili yağış değerinin ise üçüncü en yüksek (Şekil 2) olduğu görülmüştür. Etkili yağış miktarı yüksek olmasına rağmen, $SAİ_{yeşil}$ değeri diğer yıllara göre düşük olmuştur.



Şekil 5. Hatay'da yetiştirilen turuncğil ürünleri için $SAİ_{toplam}$, $SAİ_{yeşil}$, $SAİ_{mavi}$ ve verim değerlerinin değişimi

Bitkinin gelişim sürecindeki su tüketimini hesaplamak için kullanılan ET değerleri bölgenin coğrafi ve iklimsel özelliklerinden etkilenmektedir. SAİ değerlerinin yıllara göre değişimi hem ET değerinden hem de ürün veriminden etkilenmektedir. Yeşil suyun bitki tarafından kullanımı etkili yağış miktarından ve yağışın yıl içerisindeki dağılımından etkilenmektedir. Yağış yıl geneline ne kadar çok dağılmışsa ve etkili yağış ne kadar fazla işe yeşil suyun bitki tarafından kullanımı da o kadar fazla olmaktadır. Artan yeşil su kullanımı da mavi su kullanımını azaltmaktadır.

Hatay Türkiye’de mandalina üretiminde 2., limon üretiminde 3. ve portakal üretiminde 4. sırada yer almaktadır (TÜİK, 2022). Deniz ve Mazmancı (2024) tarafından yapılan çalışmada Adana ve Mersin’de yetiştirilen turunçgil için ortalama ET_{toplam} değeri sırasıyla 685 ve 627 mm, ortalama $SAİ_{toplam}$ değeri ise 269 ve 196 L/kg olarak hesaplanmıştır. Ayrıca $SAİ_{yeşil}$ ’in Adana’da $SAİ_{toplam}$ ’ın %63’ünü, Mersin’de ise %55’ini oluşturduğu belirtilmiştir. Bu çalışmanın sonucunda Hatay için ortalama ET_{toplam} değeri 841 mm ve $SAİ_{toplam}$ değeri 245 L/kg olarak hesaplanmıştır. $ET_{yeşil}$ ve ET_{mavi} değerleri ET_{toplam} ’ın sırasıyla %59 ve 41’ini, $SAİ_{yeşil}$ ve $SAİ_{mavi}$ değerleri ise $SAİ_{toplam}$ ’ın sırasıyla %58 ve 42’sini oluşturmaktadır. ET değeri Adana ve Mersin’de yetiştirilen turunçgilden daha yüksek hesaplanmıştır. Bu durum Hatay’da yıllık yağış yüksekliğinin daha yüksek olmasından kaynaklanabilir. SAİ değerinin ise Adana’dan düşük Mersin’den yüksek olduğu görülmektedir.

Bu çalışmada turunçgil ürünlerinin doğrudan su ayak izi değeri hesaplanmış olup, dolaylı su ayak izi kaynakları (personel, taşımacılık, sulama sistemleri vb.) dahil edilmemiştir. Ayrıca gübreleme ile ilgili kayıtlar olmadığından dolayı gri su ayak izi hesaplanamamıştır.

SONUÇ

Bu çalışmada Hatay ilinde yetiştirilen turunçgil ürünlerinin 2012-2021 yılları arasındaki su ayak izi değerleri hesaplanmıştır. Elde edilen bulgularda ET_{toplam} değeri 10 yıllık süreçte 756 ile 911 mm arasında değişmiş olup ortalama değer 841 mm olmuştur. ET_{mavi} değeri 147-614 mm, $ET_{yeşil}$ değeri 296-740 mm ve ürün verimi değerleri ise 24-41 ton/ha arasında değişmiştir. Toplam su ayak izinin 10 yıllık ortalama değeri 245 L/kg, en düşük ve en yüksek değerleri ise sırasıyla 192 ve 357 L/kg olarak hesaplanmıştır. $SAİ_{mavi}$ 38-181 L/kg, $SAİ_{yeşil}$ ise 87-197 L/kg arasında değişmiştir. 10 yıllık süreçte hem ET_{toplam} , ET_{mavi} ve $ET_{yeşil}$ değerlerinin hem de $SAİ_{toplam}$, $SAİ_{mavi}$ ve $SAİ_{yeşil}$ değerlerinin arttığı görülmüştür. Yıl içerisindeki yağışlı gün sayısı arttıkça yeşil su kullanımının arttığı, etkili yağış yüksekliğinin her zaman $ET_{yeşil}$ ’i arttırmadığı, yağış rejimindeki değişimin yeşil su kullanımını etkilediği ve buna bağlı olarak da mavi suya olan ihtiyacı etkilediği görülmüştür. Yağış rejimindeki değişiklik geleceğe yönelik sulama planları yapılmasını zorlaştırmaktadır. Yağış yüksekliğinin yüksek olduğu günlerde yüzey akışla kaybedilen yağmur sularının toplanması, mavi su kaynaklarının kısıtlı olduğu bölgelerde daha da önem kazanmaktadır.

KAYNAKLAR

- Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., & Smith, M. (1998). FAO Irrigation and drainage paper No. 56. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 56(97), e156.
- Bazrafshan, O., & Dehghanpir, S. (2020). Application of water footprint, virtual water trade and water footprint economic value of citrus fruit productions in Hormozgan Province, Iran. *Sustainable Water Resources Management*, 6(6), 114. doi:10.1007/s40899-020-00473-w
- Bazrafshan, O., Zamani, H., Etedali, H. R., & Dehghanpir, S. (2019). Assessment of citrus water footprint components and impact of climatic and non-climatic factors on them. *Scientia Horticulturae*, 250, 344-351. doi:10.1016/j.scienta.2019.02.069
- Chapagain, A. K., Hoekstra, A. Y., Savenije, H. H., & Gautam, R. (2006). The water footprint of cotton consumption: An assessment of the impact of worldwide consumption of cotton products on the water resources in the cotton producing countries. *Ecological Economics*, 60(1), 186-203.
- Chico, D., Salmoral, G., Llamas, M., Garrido, A., & Martinez-Aldaya, M. (2010). The water footprint and virtual water exports of Spanish tomatoes: Fundación Marcelino Botín.
- Dastane, N. (1978). Effective rainfall in irrigated agriculture. *Bulletins FAO d'Irrigation et de Drainage (FAO)-Estudios FAO. Riego y Avenamiento (FAO)*.
- FAO. (2022). Crop Water and Irrigation Requirements Program of FAO (CROPWAT). <https://www.fao.org/land-water/land/land-governance/land-resources-planning-toolbox/category/details/en/c/1026559/>
- Ferrero, L. M. M., Araujo, P. Z., Valdeón, D. H., Hun, A. L. N., & Mele, F. D. (2022). Water footprint of lemon production in Argentina. *Science of The Total Environment*, 816, 151614.
- Hoekstra, A. Y., Chapagain, A. K., Mekonnen, M. M., & Aldaya, M. M. (2011). *The water footprint assessment manual: Setting the global standard*: Routledge.
- Jamshidi, S., Zand-Parsa, S., Kamgar-Haghighi, A. A., Shahsavari, A. R., & Niyogi, D. (2020). Evapotranspiration, crop coefficients, and physiological responses of citrus trees in semi-arid climatic conditions. *Agricultural Water Management*, 227, 105838.
- MGM. (2022). Meteoroloji Genel Müdürlüğü. <https://mgm.gov.tr/>
- Munro, S. A., Fraser, G. C., Snowball, J. D., & Pahlow, M. (2016). Water footprint assessment of citrus production in South Africa: A case study of the Lower Sundays River Valley. *Journal of Cleaner Production*, 135, 668-678.
- Muratoğlu, A. (2020). Üretim su ayak izinin incelenmesi: Diyarbakır ili için bir vaka çalışması. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 35(2), 845-858. doi:https://doi.org/10.17341/gazimmfd.543933
- Rossi, L., Regni, L., Rinaldi, S., Sdringola, P., Calisti, R., Brunori, A., . . . Proietti, P. (2019). Long-term water footprint assessment in a rainfed olive tree grove in the Umbria Region, Italy. *Agriculture*, 10(1), 8.
- Salmoral Portillo, G., Aldaya, M. M., Chico Zamanillo, D., Garrido Colmenero, A., & Llamas Madurga, M. R. (2011). The water footprint of olives and olive oil in Spain. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 9(4), 1089-1104.
- Smith, M. (1992). CROPWAT: A computer program for irrigation planning and management: Food & Agriculture Org.
- Steduto, P., Hsiao, T. C., Fereres, E., & Raes, D. (2012). Crop yield response to water (Vol. 1028): Food and Agriculture Organization of the United Nations Rome.

- TAGEM. (2017). Türkiye’de Sulanan Bitkilerin Bitki Su Tüketimleri. <https://www.tarimorman.gov.tr/TAGEM/Belgeler/yayin/Tu%CC%88rkiyede%20Sulana n%20Bitkilerin%20Bitki%20Su%20Tu%CC%88ketimleri.pdf>
- TEPGE. (2023). Ürün Raporu, Turunçgiller. <https://arastirma.tarimorman.gov.tr/tepge/Belgeler/PDF%20%C3%9Cr%C3%BCn%20 Raporlar%C4%B1/2023%20%C3%9Cr%C3%BCn%20Raporlar%C4%B1/Turun%C3 %A7giller%20%C3%9Cr%C3%BCn%20Raporu%202023-382%20TEPGE.pdf>
- Tu, A., Xie, S., Zheng, H., Li, H., Li, Y., & Mo, M. (2021). Long-term effects of living grass mulching on soil and water conservation and fruit yield of citrus orchard in south China. *Agricultural Water Management*, 252, 106897.
- TÜİK. (2022). Zeytin bitkisinin yıllık üretim verileri. <https://www.tuik.gov.tr/>
- Turner, T., & Burri, B. J. (2013). Potential Nutritional Benefits of Current Citrus Consumption. *Agriculture*, 3(1), 170-187.

**ERDEMLİ'DE YETİŞTİRİLEN DOMATES, SALATALIK, ŞEFTALİ, ELMA VE
LİMONUN TARIMSAL SU AYAK İZİNİN HESAPLANMASI**

Dr. Fatma DENİZ (ORCID:0000-0001-6782-8169)

Mersin Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Mersin
Email:fatmadeniz@mersin.edu.tr

Prof. Dr. Mehmet Ali MAZMANCI (ORCID:0000-0003-0219-530X)

Mersin Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Mersin
Email:mazmanci@mersin.edu.tr

Özet

Su kullanımında verimlilik konusunda yapılan çalışmaların önemi her geçen gün artmaktadır. Tarımsal üretim su kullanımının en fazla olduğu alandır. Bir yandan birim alandan elde edilen ürün miktarı arttırılmaya çalışılırken diğer yandan kullanılan su miktarı optimize edilmeye çalışılmaktadır. Su ayak izi ürün verimi ile bitkinin kullandığı su arasındaki ilişkiyi gösteren parametrelerden biridir ve son yılların ilgi çeken konularındandır. Bu çalışmanın amacı Mersin ilinin Erdemli ilçesinde en fazla yetiştirilen 5 ürün (domates, hıyar, şeftali, elma ve limon) için 2012-2021 yılları arasındaki mavi ve yeşil tarımsal su ayak izinin Gıda ve Tarım Örgütü tarafından geliştirilmiş olan Cropwat 8.0 modeli ile hesaplanmasıdır. Cropwat 8.0 modeli ile bitki su kullanımının hesaplanabilmesi için Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden günlük meteoroloji verileri ve Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü tarafından yayınlanmış olan rehberden bölgeye özel olan bitki gelişim katsayıları alınmıştır. Veriler modele girilerek evapotranspirasyon değeri hesaplanmıştır. "mm" biriminde hesaplanan bitki evapotranspirasyonu ürün verimi değerlerine bölünerek "m³/ton" biriminde su ayak izi değerleri hesaplanmıştır. Mavi ve yeşil su ayak izi sırasıyla şeftali için 273 ve 54 m³/ton, limon için 104 ve 106 m³/ton, elma için 94 ve 23 m³/ton, domates için 43 ve 4 m³/ton ve salatalık için 26 ve 0 m³/ton olarak hesaplanmıştır. Erdemli'de üretilen ve çalışma kapsamında olan ürünler arasında şeftali en yüksek su ayak izine sahiptir. En düşük su ayak izi örtü altı yönetimiyle üretilen hıyar için hesaplanmıştır. Yıllara göre değişimler incelendiğinde her ürün için en yüksek ve en düşük su ayak izinin farklı yıllarda hesaplandığı görülmektedir. Bu durum iklimsel şartlar aynı olsa da verim değişiminden dolayı ürüne göre su ayak izinin değiştiğini göstermektedir. Ürün verimini arttırmak suya olan ihtiyacı arttırmaktadır. Su verimliliği ise daha fazla ürüne karşılık daha az su kullanımını gerektirmektedir. Mavi su kaynaklarımızın sürdürülebilir kullanımı için yağmur suyundan daha fazla faydalanmak gerekmektedir. Pek çok çiftçi bireysel olarak yağmur suyunu toplayabileceği yapılar kullanmaktadır. Yağmur suyu kullanımını arttıracak uygulamalar için tarım politikaları geliştirilmesi ve bu politikaların uygulanması suyun verimliliğini bireysel seviyede gerçekleştirilen uygulamalara göre çok daha fazla arttıracaktır.

Anahtar kelimeler: Su ayak izi, evapotranspirasyon, Cropwat 8.0.

**CALCULATION OF AGRICULTURAL WATER FOOTPRINT FOR TOMATO,
CUCUMBER, PEACH, APPLE AND LEMON GROWN IN ERDEMLI**

Abstract

The importance of studies on water efficiency is increasing day by day. Agricultural production is the area where water use is the highest. While studies are being carried out to increase the product yield, the amount of water used is also being optimized. Water footprint is one of the parameters that show the relationship between product yield and the water used by the crop and is one of the interesting topics of recent years. The aim of this study is to calculate the blue and green agricultural water footprint between 2012 and 2021 years for the 5 products (tomato, cucumber, peach, apple and lemon) in Erdemli district of Mersin province with the Cropwat 8.0 model developed by the Food and Agriculture Organization. In order to calculate evapotranspiration with the Cropwat 8.0 model, daily meteorological data from the General Directorate of Meteorology and crop development coefficients specific to the region were taken from the guide published by the General Directorate of Agricultural Research and Policies. Crop water use was calculated by entering the data into the model. Water footprint values were calculated in “m³/ton” unit by dividing the crop evapotranspiration calculated in “mm” unit by the product yield values. Blue and green water footprint was calculated as 273 and 54 m³/ton for peach, 104 and 106 m³/ton for lemon, 94 and 23 m³/ton for apple, 43 and 4 m³/ton for tomato and 26 and 0 m³/ton for cucumber, respectively. Peach has the highest water footprint among the products within the scope of the study. The lowest water footprint was calculated for cucumber produced with greenhouse method. When the changes by year were examined, it was seen that the highest and lowest water footprint for each product was calculated in different years. This showed that the water footprint values varied depending on the product due to yield changes, even though the climatic conditions are the same. Increasing product yield increases water demand. Water efficiency requires less water usage in return for more product. For sustainable use of blue water resources, more use of rainwater is needed. Many farmers use structures where they can collect rainwater individually. Developing agricultural policies for practices that will increase rainwater use and implementing these policies will increase water efficiency much more than practices implemented at the individual level.

Keywords: Water footprint, evapotranspiration, Cropwat 8.0.

1. INTRODUCTION

In the report published by the United Nations, it was stated that approximately 70% of the total freshwater use worldwide is in the agricultural sector (UNESCO, 2024). This rate may reach up to 95% in some developing countries (TAGEM, 2021). Agricultural production is closely related to the availability of water, especially in arid and semi-arid regions. Decrease in the amount of precipitation and change in the precipitation regime due to climate change reduces the agricultural production opportunities and this can cause food insecurity (UNESCO, 2024). Considering future climate scenarios, water use studies in agricultural production gain importance in order to adapt to changing conditions and ensure security and sustainability in agricultural production. In recent years, the calculation of water footprint (WFP) has gained attention due to its use in understanding the relationship between water and products in agricultural production (Ferrero, Araujo, Valdeón, Hun, & Mele, 2022; Mekonnen & Hoekstra, 2020). Agricultural WFP is calculated by dividing crop water use by crop yield. It is divided into three groups. These are green (refers to rainwater consumption) and blue (refers to surface and groundwater consumption) WFP, according to the source of the water used, and gray WFP, according to the volume of water polluted (Hoekstra, Chapagain, Mekonnen, & Aldaya, 2011; Karlı & Artar, 2021). Gray WFP expresses the amount of fresh water polluted by wastewater to reach the current quality standards of the water source (Hoekstra et al., 2011; Mekonnen & Hoekstra, 2011). Agricultural WFP calculations are used both to determine the current situation in agricultural water consumption, and also to determine sustainable agricultural strategies (Ferrero et al., 2022; Mekonnen & Hoekstra, 2020). Studies have increased recently and it can be said that they are being done more, especially in countries that are successful in data recording. (Chapagain & Hoekstra, 2004; Chapagain, Hoekstra, Savenije, & Gautam, 2006; Chico, Salmoral, Llamas, Garrido, & Martinez-Aldaya, 2010; De Leo & Miglietta, 2012; Romero, Dukes, Baigorria, & Cohen, 2009; Rossi et al., 2019; Salmoral Portillo, Aldaya, Chico Zamanillo, Garrido Colmenero, & Llamas Madurga, 2011). Agricultural WFP studies have started to increase in recent years in Turkey, which has a rich product diversity in agricultural production. (Alper, 2015; Avanoz, 2020; Boyacıoğlu, 2018; Bulut, 2023; Muratoglu, 2019; Muratoğlu, 2020; Yapıcıoğlu & Yeşilnacar, 2022; Yerli, Şahin, Kızıloğlu, Tüfenkçi, & Örs, 2019). In addition, its agricultural diversity makes Turkey a rich source for agricultural WFP studies. The total agricultural area in Turkey is 23.1 million hectares and 77% of water consumption is used in agricultural irrigation (TAGEM, 2021). Erdemli has an area of 877 644 da for agricultural production. The most grown product is lemon with an area of 108 500 da and the total citrus cultivated area is 111 653 da. In the greenhouse area of 21 526 da, fruit, ornamental plants and vegetables are grown (Erdemli Municipality, 2024). In this study, blue and green WFP calculations were made for tomato, cucumber, peach, apple and lemon grown in Erdemli district of Mersin between 2012 and 2021 years. The calculation was carried out according to Hoekstra's Method using Cropwat 8.0 model developed by Food and Agriculture Organization (FAO). With this study, it is aimed to examine the change in the agricultural WFP of Erdemli and the findings to be a source for studies to be carried out in regions with similar climates/crops. The calculations include direct WFP sources.

2. MATERIAL AND METHOD

In this section, information was given about the study area, studied crops and method for WFP calculation.

Study Area

This study includes agricultural WFP calculations for the five most produced agricultural products (tomato, cucumber, peach, apple and lemon) in Erdemli district of Mersin.

Erdemli is the 3rd district in terms of surface area and 6th in terms of population of Mersin province, located in the Mediterranean Region of Turkey.

Climate

The plain part of Erdemli is hot and humid in summers, and warm and rainy in winters. The mountainous region is cool and rainy in summer, and snowy and cold in winter. The hottest months are July and August (average 28 °C), and the coldest months are January and February (average 15.5 °C) (MGM, 2022).

Agriculture

Agricultural production is carried out in 877 644 decares of the district, which has a surface area of 2863 km². Approximately 25 500 decares of land is left fallow, 48 decares of land is grown as ornamental plants, and 157 411 decares of land is used as pasture for animal grazing. Citrus fruit cultivation is carried out on an area of 111 653 decares along the coastline of the district. Lemon ranks first in agricultural production with an area of 108 500 decares (Erdemli District Governorship, 2024).

Method

The Cropwat 8.0 model developed by FAO was used in evapotranspiration (ET) calculations. The WFP was calculated by dividing the ET values obtained with the model by the product yield (Hoekstra et al., 2011). The climatic data for the years 2012-2021 were obtained from the General Directorate of Meteorology (MGM, 2022), cultivated area and production amount data for products were obtained from Erdemli Municipality, and data on crop development were obtained from the General Directorate of Agricultural Research and Policies and Food and Agriculture Organization (FAO, 2022; TAGEM, 2017). The irrigation program option was applied in the CROPWAT 8.0 model. The USDA method was used to calculate the effective rainfall amount, and the Penman-Monteith method was used to calculate the reference evapotranspiration (ET₀). The Penman-Monteith equation was given in Equation 1 (Allen, Pereira, Raes, & Smith, 1998).

$$ET_0 = \frac{0.480\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34u_2)} \quad \text{Equation 1}$$

- ET₀ : Reference evapotranspiration (mm/day)
Δ : Slope of vapor pressure curve (kPa/°C)
R_n : Net radiation on the plant surface (MJ/m²/day)
G : Soil heat flux density (MJ/m²/day)
γ : Psychrometric constant (kPa/°C)
T : Daily average temperature (°C)
u₂ : Wind speed (m/s)
e_s : Saturated vapor pressure (kPa)
e_a : Actual vapor pressure (kPa)

Crop coefficients, development stages, and sowing/planting date data used in the CROPWAT 8.0 model were given in Table 1.

Table 1. Crop data used in the CROPWAT 8.0 model (TAGEM, 2017)

Crop	Sowing-planting time	Crop coefficient			Development stages (days)				
		K _{C1}	K _{C3}	K _{C4}	I	II	III	IV	Total
Tomato	April I	0.46	1.11	0.75	30	30	54	24	138
Cucumber	March III	0.52	0.97	0.71	20	30	50	20	120
Peach	February III	0.56	0.88	0.71	30	50	115	40	235
Apple	March III	0.52	0.87	0.68	20	41	118	49	228
Lemon	January I	0.87	0.53	0.61	60	90	120	95	365

The expressions I, II and III indicate the 10-day periods of the month.

Product yield data obtained from Erdemli Municipality to be used in WFP calculation were given in Table 2.

Table 2. Production data of products between 2012-2021 (Erdemli Municipality, 2024)

Year	Yield (ton/ha)				
	Tomato	Cucumber	Peach	Apple	Lemon
2012	135	150	21.88	65	26
2013	135	150	21.93	59	25
2014	135	150	22.63	67	26
2015	135	150	23.1	73	27
2016	135	150	26	70	45
2017	135	150	26	70	45
2018	125	170	24	82	39
2019	135	170	24	75	29
2020	135	170	24	75	29
2021	135	170	28	87	41

Effective rainfall is used in green WFP calculation. Total rainfall and effective rainfall data calculated by the USDA method by year were given in Figure 1.

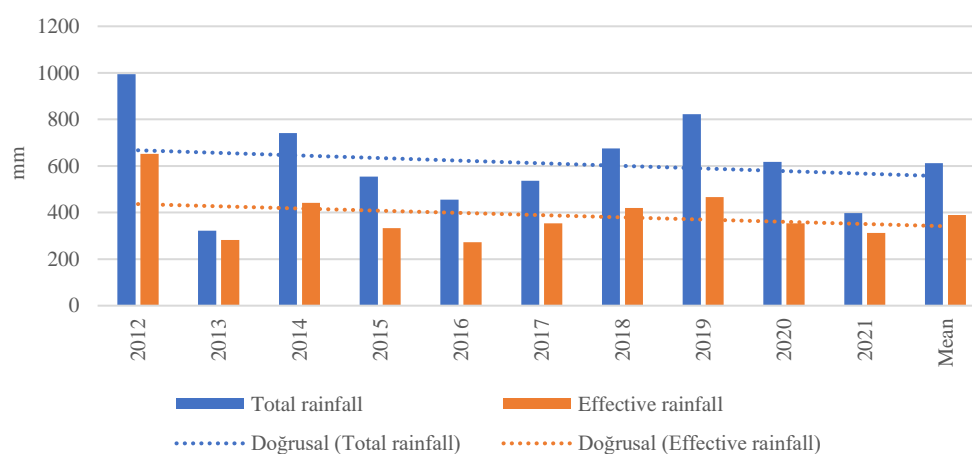


Figure 1. Total and effective rainfall for Erdemli (MGM, 2022)

3. RESULTS AND DISCUSSION

Water footprint for tomato

Tomatoes consume approximately 400-800 mm of water from planting to harvest. Water consumption varies depending on the physical conditions of the environment where the crop grows (climate, soil type, irrigation, etc.). Tomato is resistant to drought up to a certain point. This shows that it is resistant to climate change (Steduto, Hsiao, Fereres, & Raes, 2012). Tomato yield varies depending on climate and soil conditions (Öztürk & Engindeniz, 2019). To obtain a high yield, soil moisture levels must be maintained during the planting phase and from flowering to fruit setting. This moisture is provided primarily by rainfall. In humid regions, the amount and distribution of precipitation is generally at a level that meets plant water needs. However, in arid and semi-arid climate regions, rainfall is insufficient and the moisture deficit in the plant root zone is filled with irrigation water (Gürgülü & Ul, 2017). In order to maintain the root zone humidity the amount of water that must be given to the plant varies depending on the humidity of the atmosphere of the region. While 7-8 mm/day of water should be applied in arid regions at the peak of growth, this value is 4-7 mm/day in more humid regions (Steduto et al., 2012).

In Erdemli, tomato is grown with the traditional and greenhouse method. In greenhouse method, green WFP is zero and total WFP is equal blue WFP. In this study the average value was given. The annual total WFP changed between 44-53 m³/ton (Figure 2). The total WFP was highest in 2018 (53 m³/ton) and lowest in 2019 (44 m³/ton). The blue and green WFP changed 40-46 m³/ton and 1-7 m³/ton, respectively. The ET value varied between 563-608 mm. There has been a decrease from 2012 to 2021.

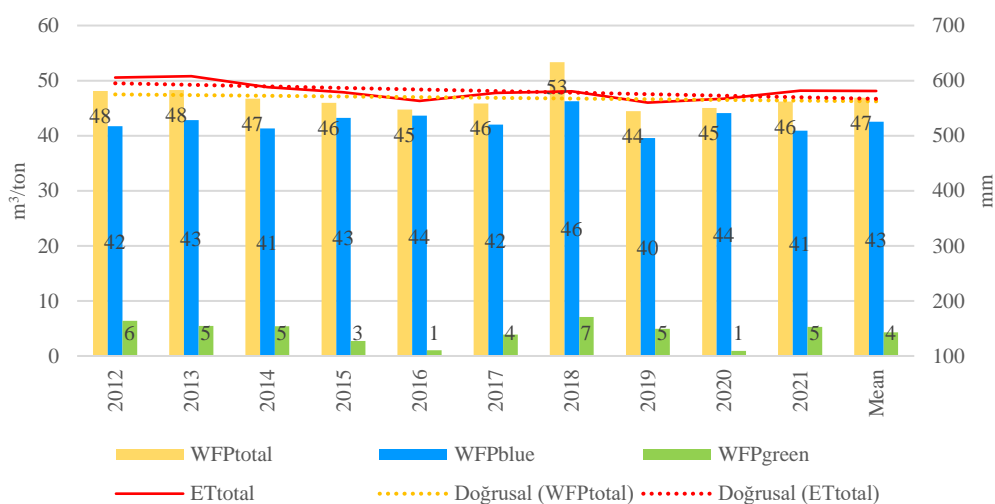


Figure 2. Agricultural water footprint and ET change for tomato

Similar study was carried out by Chico et al. (2010). Researchers investigated the blue, green and gray WFP of tomatoes grown with rainfed, blue water irrigation and greenhouse cultivation practices in Spain between 1997 and 2008. It was reported that an average of 236 L of water was consumed for 1 kg of tomatoes in Spain, and this value varied between 216 and 306 L throughout the country. It was emphasized that the most important effects of this change are regional climate changes, tomato production amount and production system. 5% of the total

WFP was found to be blue, 36% green and 69% grey. Differences in WFP values were observed depending on the applied production system (rainfed production, irrigation with blue water, greenhouse cultivation). The highest WFP value (966 L/kg) was obtained in the rainfed production system where low efficiency was achieved, and 84% of it was gray WFP (Chico et al., 2010).

Water footprint for cucumber

Cucumber is a product grown by the greenhouse method in Erdemli. The average annual production amount is approximately 160 ton/ha. Since it is grown only under cover the total WFP is equal to the blue WFP. The change in total/blue WFP over the years was given in Figure 3. It is thought that if green water is not used in irrigation, the WFP change is not affected by rainfall. For this reason, the change in WFP over the years is directly affected by yield and indirectly by temperature, humidity, wind speed change. Within the scope of the study, the highest WFP was observed in 2016 and 2017 (28 m³/ton) and the values are approximately same in the other years (25-26 m³/ton). The ET value changed between 374-435 mm. It was seen that the ET value increased from 2012 to 2021.

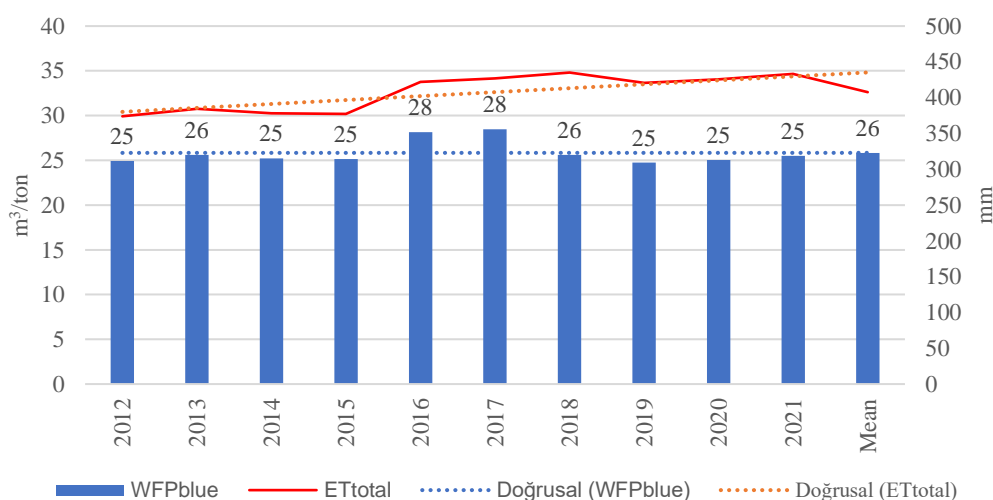


Figure 3. Agricultural water footprint change for cucumber

Water footprint for peach

Peach is a perennial plant and both green and blue water are used in the irrigation process. The development period begins in spring and continues until the end of autumn. Since it develops in hot and low rainfall periods, approximately 90% of the total water use consists of blue water. The change in WFP over the years was given in Figure 4. The highest total and blue WFP was observed in 2013 (374 m³/ton) and in 2012 (311 m³/ton), respectively. The lowest values were obtained in 2021 (278 and 241 m³/ton). The year with the lowest total WFP is also the year with the highest product yield value. The green WFP was highest in 2013 (123 m³/ton) and lowest in 2019 (27 m³/ton). Although 2012 was the year with the highest effective rainfall, it was the year with the low green water usage. It is thought that this situation is due to the distribution of precipitation throughout the year. The ET values changed between 754-820 mm.

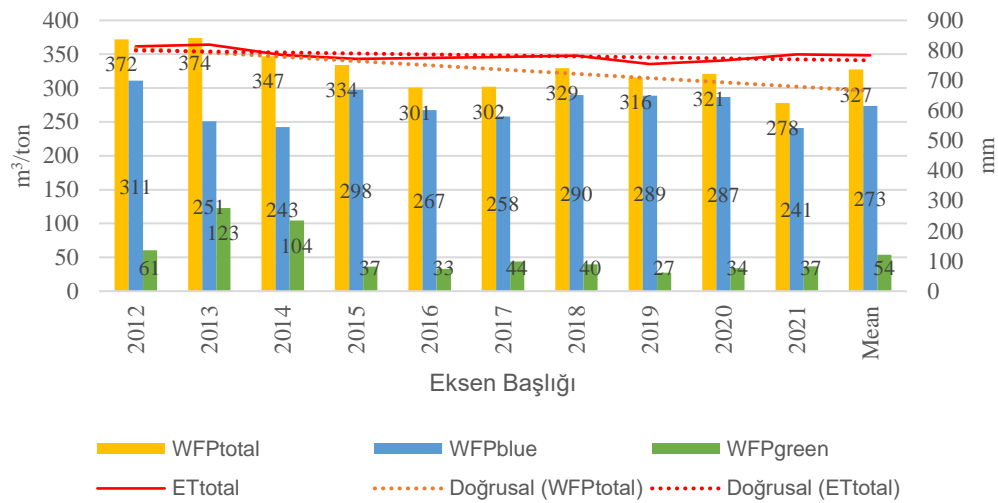


Figure 4. Agricultural water footprint and ET change for peach

Water footprint for apple

Temperate regions are suitable for rainfed apple trees. However, apple orchards located in arid and semi-arid regions require irrigation to survive. Irrigation amount and irrigation method affect crop yield, size, and quality (Steduto et al., 2012). The amount of water to be given to the trees varies depends on the total annual rainfall, the distribution of the rainfall, the size of the tree, and the type of soil. Since apple trees have a fringe root system, they require a lot of water and high humidity. For this reason, it needs irrigation in summer to avoid being affected by drought. Summer irrigation starts in May, depending on the rainfall, and continues throughout the summer (Ministry of Agriculture and Forestry, 2024).

The change in WFP for apples was given in Figure 5. The highest total and blue WFP was observed in 2013, and the lowest was observed in 2021. The green WFP was the highest in 2014 and the lowest in 2019 and 2021. The ET values changed between 799-876 mm.

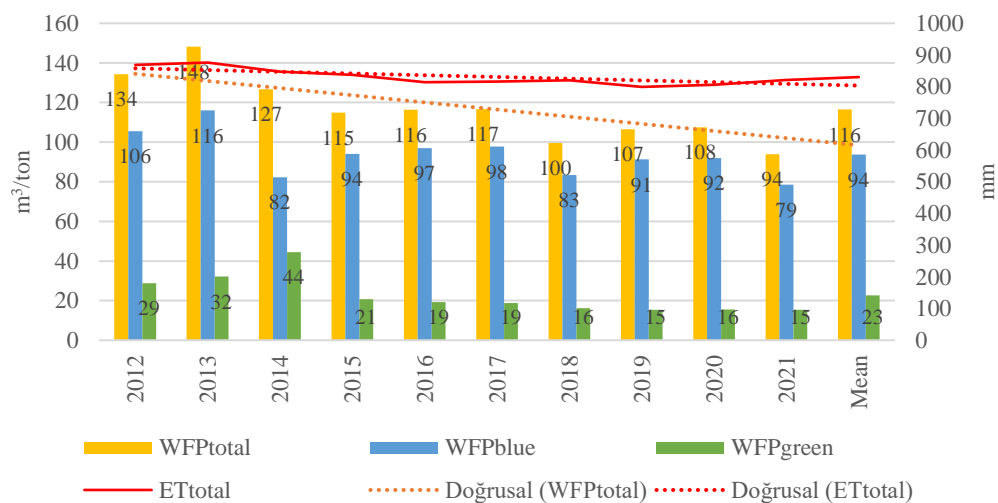


Figure 5. Agriculture water footprint and ET change for apple

Novoa et al. (2023) studied WFP calculations for 21 crops grown in Chile. Researchers have reported that the group with the highest blue and green crop water use is fruits (Novoa et al., 2023). Apple is the fruit with the highest yield grown in Erdemli. This reduces the amount of water used per unit amount of apple production. It was found to have the lowest WFP in the fruit group.

Water footprint for lemon

Annual water needs of citrus fruits vary between 800-1200 mm depending on soil, climate, and crop characteristics. The water needs of the crop are met by irrigation and rainfall water. Citrus is one of the rare plants that remain green throughout the year, and since it does not shed its leaves, the evapotranspiration process continues throughout the year. The amount of irrigation varies depending on the irrigation method applied and varies between 650-750 mm with flood irrigation, 500-600 mm with sprinkler irrigation, and 300-400 mm with drip irrigation in the period from May to October (Uzun, 2012).

The change in agricultural WFP for lemon over the years was given in Figure 6. The highest total and blue WFP was observed in 2013 (281 and 153 m³/ton), and the lowest was observed in 2017 (147 m³/ton) and 2014 (30 m³/ton), respectively. The highest green WFP was observed in 2014 (226 m³/ton) and the lowest was observed in 2016 (70 m³/ton). Lemon is a plant that uses green water all year round. 2012 is the year with the highest rainfall. The green WFP is higher in 2014 when there was less effective rainfall. This situation shows the effect of the distribution of precipitation throughout the year. The ET values changed between 635 and 700 mm.

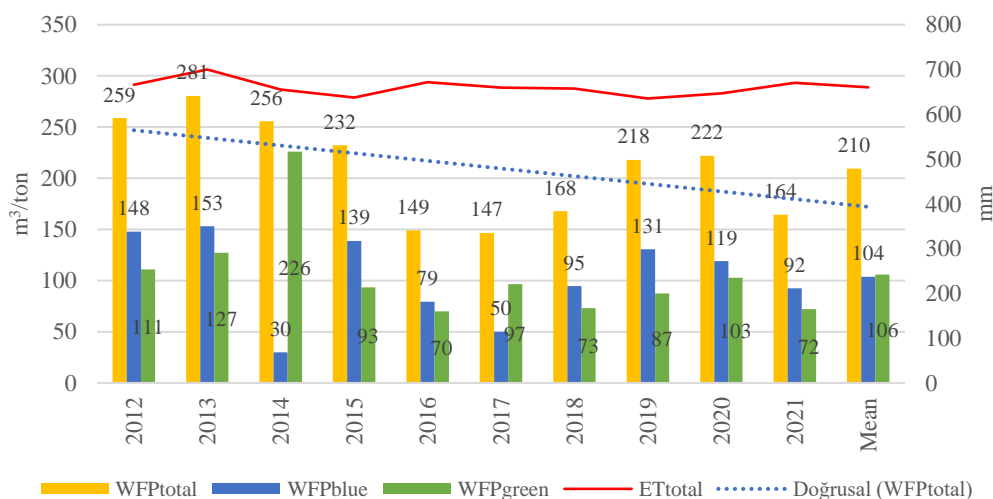


Figure 6. Water footprint changes for lemon

Ferrero et al. (2022) conducted a green, blue and gray WFP study for lemons grown in Argentina between 2012 and 2018. Researchers studied the Cropwat model for both rainfed and irrigation methods. It was reported that the total WFP was 344.2 m³/ton in case of rainfed and 347.5 m³/ton in case of irrigation, and the average of both cultivation methods was 345.4 m³/ton (Ferrero et al., 2022).

There have been increases and decreases in WFP values over the years. Since the amount of crop water consumption (ET) is divided by the product yield, WFP values increase or decrease according to the product yield and ET. When product yield data was examined, it was seen that the WFP is high in years when yield is low, and the WFP value is low in years when yield is high. The average WFP values of all products between 2012 and 2021 were given in Figure 7, and the average product yield values were given in Figure 8. When the average values were examined, it was seen that the increase in product yield reduces the WFP, as in annual changes. Within the scope of the study, the highest WFP was calculated for peaches.

When the 10-year change in product yield, ET and WFP was examined; It could be said that although ET decreased in tomatoes, WFP did not change much. In cucumber, ET increased, but WFP remained at the same levels because the yield also increased. In peaches and apples, ET decreased and yield increased. This also reduced the WFP. When lemon data was examined, it was seen that there was not much change in ET value and the WFP decreased thanks to the increased yield. Since apples and peaches are crops that have a long growth period and need to be irrigated in the summer, their use of blue water is higher than green water. A similar situation can be said for tomatoes, which is summer crop. Since the development process of lemon continues all year round, it is the plant with the highest green water usage. It can be seen that the use of blue and green water is close to each other.

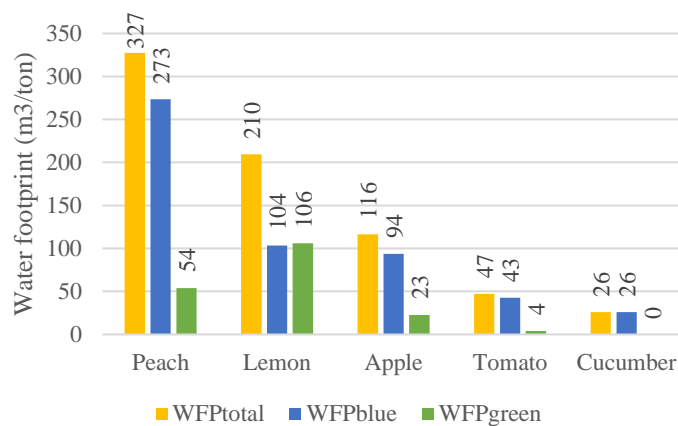


Figure 7. Average water footprint values of products

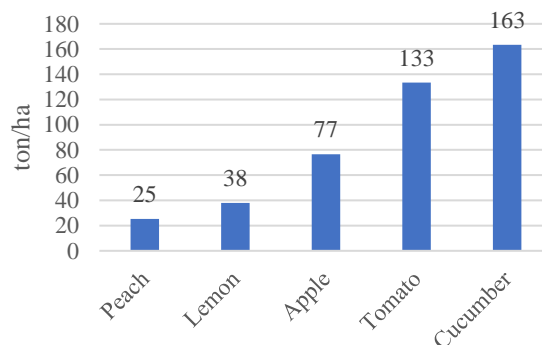


Figure 8. Product yield values

CONCLUSION

In this study, blue and green WFP calculations were made for tomato, cucumber, peach, apple and lemon grown in Erdemli district of Mersin between 2012 and 2021 years. As a result of the study, the total WFP was calculated from high to low as 327 m³/ton for peach, 210 m³/ton for lemon, 116 m³/ton for apple, 47 m³/ton for tomato and 26 m³/ton for cucumber. Peach, which has the highest WFP, also has the lowest crop yield. The lowest WFP was obtained for cucumbers produced with greenhouse management. When the changes by year are examined, it is seen that the highest and lowest WFP for each product was calculated in different years. The use of green water by crops is affected by the distribution of rainfall throughout the year. Changes in the precipitation regime, one of the most important effects of climate change, negatively affect agricultural production. The decrease in the use of green water increases the need for blue water. Since blue water resources are under threat due to drought, it has become necessary to develop strategies that will reduce the need for water for a unit amount of product in the agricultural sector, that is, the WFP. Changing irrigation methods, trying climate-smart agriculture methods, making soil analyses and fertilizing according to the missing nutrient element, and developing agricultural policies to be implemented at the national level (such as controlling irrigation, fertilization, and pesticide use) can be given as examples of these strategies.

It can be said that the change in ET and WFP values over the 10-year period for the products within the scope of the study is not scary. However, in order to see the impact of climate change more clearly, studies covering a longer period of time need to be carried out. In this study, water consumption of 5 agricultural products in a 10-year period was examined. In the next stages of the study, it is aimed to investigate the effects of different scenarios for the coming years.

ACKNOWLEDGEMENT

This study was carried out within the scope of the project titled "Partnership on Sustainable Agriculture and Mitigation to Climate Change" and numbered "TR2020/DG/01/A2-01/089".

REFERENCES

- Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., & Smith, M. (1998). FAO Irrigation and drainage paper No. 56. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 56(97), e156.
- Alper, F. (2015). Sürdürülebilirlik kavramı içerisinde su ayak izi: tekstil sektörü örneği. (Yüksek Lisans Tezi), İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye.
- Avanoz, Z. (2020). Türkiye’de tarımsal üretimin su ayak izinin hesaplanması. (Yüksek Lisans Tezi), Batman Üniversitesi Batman, Türkiye.
- Boyacıoğlu, H. (2018). Internal (blue) water footprint of municipal consumption: a case study for Turkey. *Environmental monitoring and assessment*, 190(7), 1-10.
- Bulut, A. P. (2023). Determining the water footprint of sunflower in Turkey and creating digital maps for sustainable agricultural water management. *Environment, Development and Sustainability*, 25(1), 11999–12010. doi:<https://doi.org/10.1007/s10668-022-02903-5>
- Chapagain, A. K., & Hoekstra, A. Y. (2004). Water footprints of nations.
- Chapagain, A. K., Hoekstra, A. Y., Savenije, H. H., & Gautam, R. (2006). The water footprint of cotton consumption: An assessment of the impact of worldwide consumption of cotton products on the water resources in the cotton producing countries. *Ecological economics*, 60(1), 186-203.
- Chico, D., Salmoral, G., Llamas, M., Garrido, A., & Martinez-Aldaya, M. (2010). The water footprint and virtual water exports of Spanish tomatoes: Fundación Marcelino Botín.
- De Leo, F., & Miglietta, P. P. (2012). Water footprint and virtual water trade of olive oil. Paper presented at the Proceedings of the 18th IGWT Symposium of Technology and innovation for a sustainable future: A commodity science perspective, Roma, Italy.
- Erdemli District Governorship. (2024, November 19). Agriculture. <http://www.erdemli.gov.tr/tarim-ve-sanayi>
- FAO. (2022). Crop Water and Irrigation Requirements Program of FAO (CROPWAT). Retrieved from <https://www.fao.org/land-water/land/land-governance/land-resources-planning-toolbox/category/details/en/c/1026559/>
- Ferrero, L. M. M., Araujo, P. Z., Valdeón, D. H., Hun, A. L. N., & Mele, F. D. (2022). Water footprint of lemon production in Argentina. *Science of The Total Environment*, 816, 151614.
- Gürgülü, H., & Ul, M. A. (2017). İzmir’de yetiştirilen bazı bitkiler için bitki su tüketimi değerleri ve sulama programları. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 54(3), 311-317.
- Hoekstra, A. Y., Chapagain, A. K., Mekonnen, M. M., & Aldaya, M. M. (2011). The water footprint assessment manual: Setting the global standard: Routledge.
- Karlı, R. G. Ö., & Artar, M. (2021). Kentsel su yönetiminde araç olarak su ayak izi ve mavi-yeşil altyapı. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 58(1), 145-162.
- Mekonnen, M. M., & Hoekstra, A. Y. (2011). National water Footprint accounts: the green, blue and grey water Footprint of production and consumption. Volume 1: Main Report.
- Mekonnen, M. M., & Hoekstra, A. Y. (2020). Sustainability of the blue water footprint of crops. *Advances in water resources*, 143, 103679.
- MGM. (2022). Meteoroloji Genel Müdürlüğü. from Meteoroloji Genel Müdürlüğü <https://mgm.gov.tr/>
- Ministry of Agriculture and Forestry. (2024, November 19). Elma Yetiştiriciliği. https://adana.tarimorman.gov.tr/Belgeler/SUBELER/bitkisel_uretim_ve_bitki_sagligi_sube_mudurlugu/meyve_yetistirciligi_ve_mucadelesi/Elma.pdf

- Erdemli Municipality. (2024). Agricultural production data. Erdemli Municipality.
- Muratoglu, A. (2019). Water footprint assessment within a catchment: A case study for Upper Tigris River Basin. *Ecological Indicators*, 106(1), 105467.
- Muratoğlu, A. (2020). Üretimin su ayak izinin incelenmesi: Diyarbakır ili için bir vaka çalışması. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 35(2), 845-858. doi:<https://doi.org/10.17341/gazimmfd.543933>
- Novoa, V., Rojas, O., Ahumada-Rudolph, R., Arumí, J. L., Munizaga, J., de la Barrera, F., . . . Rojas, C. (2023). Water footprint and virtual water flows from the Global South: Foundations for sustainable agriculture in periods of drought. *Science of The Total Environment*, 869, 161526.
- Öztürk, G., & Engindeniz, S. (2019). Muğla ilinde örtüaltı domates üretiminin ekonomik analizi üzerine bir araştırma. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 56(3), 345-358.
- Romero, C. C., Dukes, M. D., Baigorria, G. A., & Cohen, R. (2009). Comparing theoretical irrigation requirement and actual irrigation for citrus in Florida. *Agricultural Water Management*, 96(3), 473-483. doi:<https://doi.org/10.1016/j.agwat.2008.09.021>
- Rossi, L., Regni, L., Rinaldi, S., Sdringola, P., Calisti, R., Brunori, A., . . . Proietti, P. (2019). Long-term water footprint assessment in a rainfed olive tree grove in the Umbria Region, Italy. *Agriculture*, 10(1), 8.
- Salmoral Portillo, G., Aldaya, M. M., Chico Zamanillo, D., Garrido Colmenero, A., & Llamas Madurga, M. R. (2011). The water footprint of olives and olive oil in Spain. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 9(4), 1089-1104.
- Steduto, P., Hsiao, T. C., Fereres, E., & Raes, D. (2012). Crop yield response to water (Vol. 1028): Food and Agriculture Organization of the United Nations Rome.
- TAGEM. (2017). Türkiye’de Sulanan Bitkilerin Bitki Su Tüketimleri. Retrieved from <https://www.tarimorman.gov.tr/TAGEM/Belgeler/yayin/Tu%CC%88rkiyede%20Sulanan%20Bitkilerin%20Bitki%20Su%20Tu%CC%88ketimleri.pdf>
- TAGEM. (2021). Tarımsal Sulama Sektör Politika Belgesi 2021-2025. Ankara: T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü.
- UNESCO. (2024). The United Nations World Water Development Report 2024. France: United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization.
- Uzun, A. (2012). Turunçgillerde Sulama. Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü Alata Bahçe Kültürleri Araştırma İstasyonu.
- Yapıcıoğlu, P., & Yeşilnacar, M. İ. (2022). Grey water footprint assessment of groundwater resources in southeastern Turkey: effect of recharge. *Water Supply*, 22(1), 615-627.
- Yerli, C., Şahin, Ü., Kızıloğlu, F. M., Tüfenkçi, Ş., & Örs, S. (2019). Van ilinde silajlık mısır, patates, şeker pancarı ve yoncanın su ayak izi. *Yuzuncu Yıl University Journal of Agricultural Sciences*, 29(2), 195-203.

**ÇAY SİRKESİ KATRANI UYGULAMALARININ BOTRYTIS CINEREA VE
SCLEROTINIA SCLEROTIORUM ÜZERİNE ETKİLERİ**

Dr. Öğr. Üyesi Raziye KOÇAK*(ORCID:0000-0002-8221-0452)

Selçuk Üniversitesi, Çumra Meslek Yüksekokulu, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü,
Konya **Email:**rkocak@selcuk.edu.tr

Dr. Öğr. Üyesi Özden SALMAN (ORCID:0000-0002-7871-4105)

Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Konya
Email:ozdensalman@selcuk.edu.tr

Prof. Dr. Muhammet KARAŞAHİN (ORCID:0000-0001-8586-0701)

Selçuk Üniversitesi, Çumra Uygulamalı Bilimler Yüksekokulu, Organik Tarım İşletmeciliği
Bölümü
Email:Konya mkarasahin@selcuk.edu.tr

Özet

Geri dönüşüm ile odun atıkları çevresel tehlikeleri azaltmakta ve aynı zamanda organik tarım içinde kimyasal pestisitlerin yerini alabilmektedirler. Bu çalışma çay bitkisinden elde edilen odun sirkesi katranının *in vitro* şartlarda *Botrytis cinerea* ve *Sclerotinia sclerotiorum*'a karşı antifungal etkisini tespit etmek amacıyla yapılmıştır. Uygulamada öncelikli olarak %0.5 mL, %1.5 mL ve %2 mL'lik konsantrasyonlar denenmiş ve minimum inhibitör konsantrasyonu (MIC) tespit edilinceye kadar bu dozların arası ve üstü değerler çalışılmıştır. Odun sirkesi katranının dahil edildiği Patates Dekstroz Agar (PDA)'a fungusların 5 mm çapındaki miselyum diskleri inoküle edilmiş ve sonrasında 24±1 °C'de 7 gün boyunca inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyonun sonunda koloni çapları ölçülerek odun sirkesi katranının % engelleme oranları hesaplanmıştır. *S. sclerotiorum*'un gelişimini tamamen inhibe ettiği doz %1.65 mL olarak belirlenmiştir. Odun sirkesi katranının *B. cinerea* (%2.15 mL)'nin gelişimini ise nispeten daha yüksek konsantrasyonlarda inhibe ettiği tespit edilmiştir. Yapılan varyans analizi sonucunda dikkate alınan uygulamalar arasında istatistiksel olarak önemli farkların bulunduğu görülmüştür ve bu çalışma çay sirkesi katranının biyofungisit olarak kullanılabilir potansiyelde olduğunu göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Odun sirkesi katranı, Fungistatik etki, *Botrytis cinerea*, *Sclerotinia sclerotiorum*.

**THE EFFECTS OF TEA VINEGAR TAR APPLICATIONS ON BOTRYTIS CINEREA
AND SCLEROTINIA SCLEROTIURUM**

Abstract

Through recycling, wood waste reduces environmental hazards and can also replace chemical pesticides in organic farming. This study was conducted to determine the antifungal effect of wood vinegar tar obtained from the tea plant against *Botrytis cinerea* and *Sclerotinia sclerotiorum* under in vitro conditions. In the application, concentrations of 0.5% mL, 1.5% mL and 2% mL were initially tested and values between and above these doses were studied until the minimum inhibitory concentration (MIC) was determined. Mycelium discs with a diameter of 5 mm from fungi were inoculated onto Potato Dextrose Agar (PDA) containing wood vinegar tar, and then incubated at $24\pm 1^{\circ}\text{C}$ for 7 days. At the end of the incubation period, colony diameters were measured, and the percentage inhibition rates of wood vinegar tar were calculated. The dose that completely inhibited the growth of *S. sclerotiorum* was determined to be 1.65% mL. It was found that wood vinegar tar inhibited the growth of *B. cinerea* at relatively higher concentrations (2.15% mL). The variance analysis showed statistically significant differences among the treatments considered, and this study demonstrated that wood vinegar tar has the potential to be used as a biofungicide.

Keywords: Wood vinegar tar, Fungistatic effect, *Botrytis cinerea*, *Sclerotinia sclerotiorum*

1. GİRİŞ

Günümüze kadar tanımlanan fungus türlerinin büyük bir çoğu saprofitik olup, neredeyse %10'unundan azı bitkilerde kolonize olabilmektedir. Bitkiyi kolonize eden fungusların da çok daha küçük bir kısmı bitki patojenidir. Ancak, fitopatojen funguslar, bitki patojenleri arasında epidemilere yol açan en yıkıcı etmenlerdir ve her yıl ürün veriminde kalıcı ve önemli kayıplara yol açmaktadır. Bu nedenle, ekonomik nedenlerden dolayı bilim insanları, bitki yetiştiricileri ve çiftçiler bitki patojeni funguslar ile mücadele etmektedir. Fungal hastalıklarla mücadelenin en yaygın ve genel yolu ise fungusitlere dayanmaktadır. Ancak, bu ürünlerin kolay uygulanabilirliği ve düşük maliyetleri, aşırı kullanıma veya tekrar eden uygulamalara yol açmaktadır. Fungisitlerin bu aşırı kullanımı veya yanlış kullanımı, faydalı yaşam birliklerini, insan ve hayvan sağlığını, çevreyi olumsuz yönde etkilemektedir. Ayrıca, fitopatojen fungusların dirençli suşlarının ortaya çıkması, bitki fungal hastalıkları ile mücadeleyi giderek daha da zor hale getirmektedir. Bu nedenle, kimyasal ve sentetik fungusitlere sağlıklı, toksik olmayan ve çevre dostu alternatif yaklaşımların (yeşil stratejilerin) geliştirilmesi, bu etmenlerden kaynaklı enfeksiyonların kontrolünde son derece faydalı olacaktır (Zaker, 2016; El-Baky ve Amara, 2021). Bitki fungal hastalıklarına karşı bu güvenli, etkili ve pratikte de kullanılabilir alternatif kontrol yöntemleri, biyolojik kontrol, mikrobiyal kökenli fungusitler, botanik fungusitler olarak ele alınan bitki ekstraktları ve yağlar, agronanoteknolojidir (Yoon, 2013; Nega, 2014; Moreno-Gavira ve ark., 2021). Son yıllarda odun artıklarının geri dönüşümüne kazandırılması ile elde edilen odun sirkesi, bitki hastalıklarına karşı kimyasal pestisit kullanımını azaltabilecek bir alternatif sunmaktadır. Bu konu ile ilgili yapılan çalışmalar da her geçen gün artmaktadır (Abdel-Wahed ve Abdel-Rahman, 2022). Patojenin antifungal etkisi Yatagai (2004)'e göre odun sirkesinin fenolik ve kreozol bileşenlerinden, Baimark ve arkadaşlarına (2008) göre ise asetik asit ve fenolik bileşenler arasındaki etkileşimden kaynaklanabileceğini belirtmişlerdir. Ayrıca odun sirkesi bitki için yararlı 15 makro ve mikro besin elementi (kalsiyum, kadmiyum, krom, bakır, demir, potasyum, manganez, sodyum, çinko, arsenik, molibden, fosfor, kurşun ve brom gibi) içermekte olup, bu elementlerin çoğu fotosentez gibi bitkinin önemli metabolik faaliyetlerinde rol oynarlar (Zulkarami ve ark., 2011). Asetik asit, bu maddelerle reaksiyona girerek, kalsiyum ve demir katyonları ile birlikte bulunur ve iyonik bağların kovalent bağları değiştirdiği bir kompleks oluşturur. Sonuç olarak, asetik asit sayesinde topraktaki besin elementlerinin yıkanması ve demirin çökmesi engellenerek besin elementleri bitki tarafından alınabilir hale gelir. Böylece bitki daha sağlıklı ve verimli hale gelir (Taiz ve Zieger, 2006).

Mısır'da yapılan bir araştırmada hem süs bitkisi olarak hem de tıbbi bitki olarak önemli olan *Tagetes minuta* ve *Tagetes erecta*'da kök çürüklüğü ve çökerten etmenlerine (*Alternaria alternata*, *Fusarium oxysporum*, *Fusarium semitectum*, *Fusarium solani*, *Rhizoctonia solani* ve *Sclerotinia sclerotiorum*, *Pythium splendens*) karşı *in vitro* ve *in vivo* koşullarda bazı fungusit, biyofungisit ve odun sirkesinin etkililikleri belirlenmiştir. Bu araştırmada, kök çürüklüğü hastalıklarının kontrolünün yanı sıra bitki gelişimi bakımından en etkili mücadele yöntemi fungusitler olup bunu odun sirkesi takip etmiştir. Tüm test edilen tedaviler, kontrol grubuna kıyasla enfeksiyon oranlarını önemli ölçüde azaltmış ve bitki büyüme parametrelerini artırmıştır (Abdel-Wahed ve Abdel-Rahman, 2022).

Saberi ve arkadaşları (2013) odun sirkesinin *R. solani* ve *Sclerotinia sclerotiorum*'un miselyal gelişimi üzerine etkilerini araştırmışlardır. Bu araştırmada farklı konsantrasyonlarda kullanılan odun sirkesi bileşenlerinin her iki patojenin miselyal gelişimini önemli düzeyde azalttığı

bildirilmiştir. Ayrıca aynı araştırmacılar salatalık bitkilerinde hastalıklara karşı 3 farklı doz (%0.125, %0.25 ve %0.50) kullanmış ve odun sirkesi ile yapılan uygulama gruplarında pozitif kontrol grubuna kıyasla *R. solani*'nin miselyal gelişiminin azaldığı tespit edilmiştir.

Koç ve Namlı (2017) farklı konsantrasyonlardaki odun sirkesinin *Aspergillus niger* ve *Penicillium digitatum*'a karşı antimikrobiyal etkilerini araştırmışlardır. Sonuç olarak her iki fungusun da miselyal gelişiminin engellendiği ve fungal mikroorganizmalara karşı kullanılabilirliği tespit edilmiştir. Bir başka araştırmada odun sirkesi şeker pancarında yaprak lekeli hastalığı etmeni *Cercospora beticola*'ya karşı kullanılmıştır. Yapılan *in vitro* denemelerde %0.5 uygulama dozu hariç patojen gelişimi dikkat çekici seviyede azalmıştır (Namlı ve ark., 2014).

Yapılan araştırmalar göz önünde bulundurulduğunda, odun sirkesinin antifungal özelliğinin yüksek olduğu ve bitki fungal hastalıklarının mücadelesinde alternatif bir yaklaşım olarak kullanılabilirliği görülmektedir ancak konu ile ilgili daha fazla araştırmaya ihtiyaç olduğu dikkat çekmektedir. Bu araştırmanın amacı, *in vitro* koşullarda çay sirkesi katranının, önemli bitki patojenlerinden *Sclerotinia sclerotiorum* ve *Botrytis cinerea* üzerindeki antifungal etkilerini belirlemektir.

2. MATERYAL VE METOD

2.1. Fungal patojenler ve odun sirkesi

Denemede kullanılan patojenlerden *B.cinerea* domatesten, *S. sclerotiorum* ise ayçiçeklerinden izole edilmiştir. Hastalık etmenlerinin çoğaltılması ve antimikrobiyal etkinin belirlenmesinde, Patates Dekstroz Agar (PDA) besi ortamı kullanılmıştır. Çay odun sirkesi katranı, yaş çay yapraklarının fabrikalarda işlenerek siyah çaya dönüştürülmesi sırasında ortaya çıkan lif ve çöpten oluşan kaba atıkları gazlaştırma makinesi aracılığıyla biyokömür, odun sirkesi ve katranı ürünlerine dönüştüren Ribel firmasından temin edilmiştir.

2.2. Odun sirkesinin antifungal etkisinin belirlenmesi

Başlangıçta çay sirkesi katranı Wattman filtre kağıdı No. 1 (Maidston, İngiltere) kullanılarak süzülüş ve sonra antifungal aktivite değerlendirmesinden önce 0.22 µm filtre (Sartorius AG, Göttingen, Almanya) kullanılarak sterilize edilmiştir.

121 °C'de 15 dakika otoklavda sterilize edilen PDA besi ortamları 45-50 °C'ye kadar soğutulmuş ve içerisine çay sirkesi katranından %0.5 mL, %1.5 mL ve %2 mL'lik konsantrasyonları dahil edilmiştir. *B.cinerea* ve *S.sclerotiorum* 7-10 günlük kültürlerinden 5 mm'lik agar diskleri kesilmiş hazırlanan konsantrasyonları içeren petri kaplarının merkezlerine yerleştirilmiştir. Kültürler inokulasyondan sonra 25°C'de 7 gün inkübe edilmiştir. Kontrol olarak patojen diskleri çay sirkesi katranı içermeyen PDA besiyeri içeren petri kaplarına yerleştirilmiştir. Çalışma 3 tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Miselyum gelişmesi ölçülmüş ve % inhibisyon oranı Abbott formülü kullanılarak hesaplanmıştır. Buna göre;

$$GI (\%) = \frac{dc-dt}{dc} \times 100$$

GI= Miselyum gelişimi engelleme oranı (%);

dc= Kontroldeki miselyum gelişimi (mm);

dt=Uygulamadaki miselyum gelişimi (mm) (Koç ve ark., 2018).

2.3. İstatistiksel Analiz

Veriler SPSS istatistik programı (SPSS Inc., versiyon 17.0) kullanılarak tek yönlü ANOVA ile analiz edilmiş ve dozlar arasındaki farklılıklar Tukey testi ile karşılaştırılmıştır ($p \leq 0.05$).

3. SONUÇLAR

3.1. Odun sirkesinin kimyasal bileşimi

Genel olarak odun sirkesi katranı asetik asit, metanol, aseton, fenol ve pH'ı 3.4 olan katran içerir. Çay sirkesi katranının organik madde miktarları Tarım ve Orman Bakanlığı Toprak, Gübre ve Su Kaynakları Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü'nün yaptığı analizden faydalanarak değerlendirilmiş ve buna göre toplam organik madde miktarı % 36.15 olarak belirlenmiştir. Bu verilere dayanarak pH'ı 5.73, organik karbonun %16.14 oranında olduğu buna göre toprağın biyolojik aktivitesini artırarak toprak verimliliğini destekleyebileceği, toplam azot (%0.94), fosfor (%0.25) ve potasyum (%0.05) oranlarının kimyasal gübrelere (%10-30) kıyasla oldukça düşük olduğu görülmektedir (Anonim 2022). Toplam humik ve fulvik asit ise %60,39 oranlarında tespit edilerek toprak yapısını düzenleyen ve kök gelişimini artıran çok yüksek oranlarda olduğu belirlenmiştir. Ayrıca mikro elementler (Mn, Fe, Zn, Cu, B gibi) bakımından çeşitlilik içerdiği ancak bunların ppm seviyelerinde bulunduğu görülmektedir. Ayrıca alınan analiz sonuçlarında asetik asit miktarı %53,43 oranında ve fenollerin ve türevlerinin içeriklerinin ise %12,17 oranında olduğu tespit edilmiştir (TGSKMAE 2022). Özetle, çay sirkesi katranı organik madde ve humik asit bakımından zengin yapısı nedeniyle toprak yapısının uzun vadeli iyileştirilmesini sağladığı için organik gübre kullanımını kimyasal gübreye kıyasla sürdürülebilir tarım için daha avantajlı hale getirmektedir.

3.2. Çay sirkesi katranının misel büyümesi üzerindeki antifungal aktiviteleri

Çalışmada, çay sirkesi katranının önemli bitki patojenlerinden *S.sclerotiorum* ve *B. cinerea*'ya karşı biyofungisidal etkileri araştırılmıştır. Bitki patojenlerinin çay sirkesi katranına karşı göstermiş oldukları antifungal aktivite Tablo 1 ve Tabla 2'de verilmiştir. *B. cinerea*'nın misel büyümesi üzerindeki etkileri doz artışına bağlı olarak değişiklik göstermiştir. Çay sirkesi katranının farklı dozları (sırasıyla %1,5 mL ve %2,15 mL) *B. cinerea*'ya karşı %64,88 ile %100 oranında miselyal gelişimi engellerken, test edilen dozlar arasında %2,15 mL konsantrasyon patojenin büyümesini tamamen (MIC) durdurmuştur.

Tablo 1. Çay sirkesi katranının *in vitro* *B. cinerea*'nın miselyal gelişimi üzerindeki etkisi.

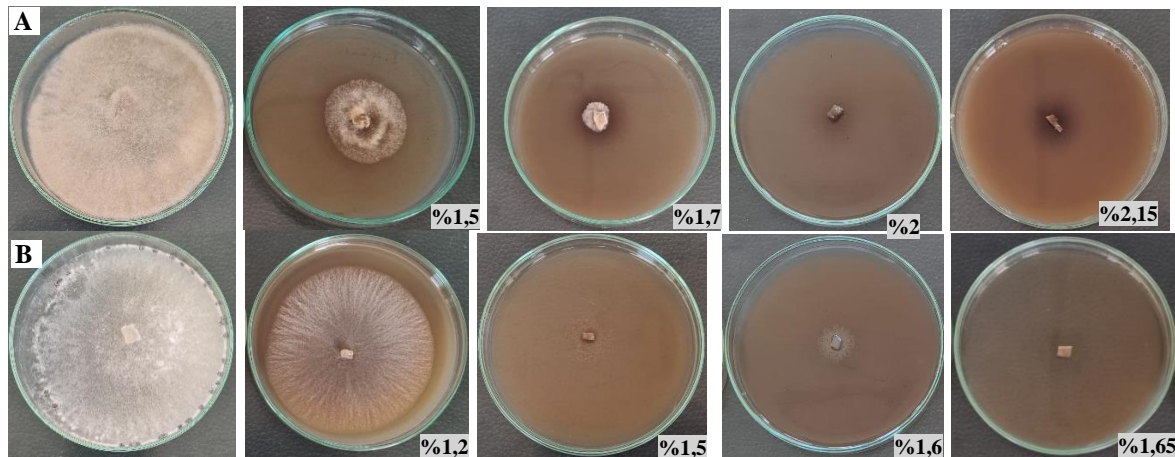
Uygulama dozu	<i>B. cinerea</i>	
	Miselyal gelişim (mm)	%İnhibasyon
0 (Kontrol)	90	0d
%0.5mL	90	0d
%1,5 mL	31.6	64.88c
%1,7 mL	8	91.11b
%2 mL	4.6	94.88b
%2,1 mL	2.8	96.88b
%2.15 mL (MIC)	0	100a

Aynı sütun içerisinde yer alan ortalama değerlerin yanındaki benzer küçük harfler dozlar arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli olmadığını göstermektedir (Tukey Test, $P \leq 0.05$). *S. sclerotiorum*'un misel gelişimi çay sirkesi katranının farklı dozlarında önemli ölçüde sınırlanmıştır (Tablo 2). Katranın %2 mL konsantrasyonu *S. sclerotiorum*'un gelişimini tamamen baskılamakta, uygulamanın %1.5 mL ve %1.6 mL konsantrasyonları önemli bir miselyal gelişimi önemli düzeyde (sırasıyla %97.11 ve %97.22) engellemiştir (Tablo 2). Maksimum inhibisyon %1.65 mL konsantrasyonda gözlenmiş ve bu doz minimum inhibisyon konsantrasyonu olarak belirlenmiştir (Tablo 2).

Tablo 2. Çay sirkesi katranının *in vitro S. sclerotiorum*'un miselyal gelişimi üzerindeki etkisi.

Uygulama dozu	<i>S. sclerotiorum</i>	
	Miselyal gelişim (mm)	%İnhibisyon
0 (Kontrol)	90	0d
%0.5mL	90	0d
%1,2 mL	47.6	47.11c
%1,5 mL	5.3	94.11b
%1,6 mL	2.5	97.22b
%1,65 mL (MIC)	0	100a
%2 mL	0	100a

Aynı sütun içerisinde yer alan ortalama değerlerin yanındaki benzer küçük harfler dozlar arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli olmadığını göstermektedir (Tukey Test, $P \leq 0.05$).



Şekil 1. Çay sirkesi katranının farklı dozlarda (mL) *in vitro* testlerinde *B. cinerea* (A)(Kontrol) ve *S. sclerotiorum* (B)(Kontrol) fungal etmenlerinin misel gelişimini engelleme potansiyelleri.

Çay sirkesi katranının patojenlerin misel gelişimi üzerindeki antifungal etkisi *in vitro* da belirtilen yönteme göre belirlenmiş ve kullanılan doza bağlı olarak patojenleri inhibe etmesi aşamalı olarak Şekil 1' de verilmiştir. *B. cinerea*'yı önlemede en etkili uygulama dozu %2.15 mL çay sirkesi konsantrasyonu ile tanımlanırken, *S. sclerotiorum*'un misel gelişimini ise nispeten daha düşük dozda (%1.65 mL) inhibe etmiştir. Çay sirkesi katranının antifungal aktivitesinin misel gelişimini (MIC) tamamen inhibe eden dozlarda fungisidal etki gösterdiği bulunmuştur.

4. TARTIŞMA

Fungal patojenler hem tarlada hem de depolamada üretim ve kalitenin düşmesine neden olmaktadır. Bu tür hastalıklar için uygun kontrol yöntemlerinin bulunması, sürdürülebilir tarımın önündeki en önemli zorluklardan biri olarak karşımıza çıkmaktadır. Çünkü toprakta uzun süre kalan pestisitler, faydalı mikroorganizmaların faaliyetlerini engellemekte, kısmen veya tamamen yok olmasına sebep olmaktadır (Boşgelmez ve ark., 2000). Günümüzde, bitki patojenlerine karşı çevre dostu antimikrobiyal bileşiklerin araştırılması bitkiler, insan sağlığı ve çevre için önemlidir (Pertile ve ark., 2023). Doğal pestisit potansiyelindeki odun sirkesi, ısıl işlem ile elde edilen (pyrolysis liquids) bir üründür ve uzun zamandan beri doğal organik pestisit olarak kullanılmaktadır (Yin, 2008; Tiilikale ve ark., 2010, Koç ve ark., 2018). Odun sirkesi biyolojik olarak aktif bir ürün olarak geliştirilme potansiyeli göstermekte olup, çeşitli organik bileşikler içerir (Mungkunkamchao ve ark., 2013). Odun sirkesinde su oranı %80-%90 arasında değişmektedir. Sudan sonra en baskın bileşen asetik asit (30.45-70.60 mg mL⁻¹) olup metanol, fenol, ester, asetal, keton, formik asit ve diğer pekçok organik olmak üzere 200'den fazla kimyasal içermektedir (Mu ve ark., 2003; Kadota ve Niimi, 2004). Bileşiminden de çözülmüş katran içeriğinin %0.23-%0.89 arasında değiştiği rapor edilmiştir (Birol ve Günel, 2022). Farklı bitki kaynaklarından elde edilen odun sirkesinin çeşitli gıda, insan ve bitki patojenlerine ve zararlılarına karşı antimikrobiyal aktivite gösterdiği ortaya konmuştur (Wei ve ark. 2010; Suresh ve ark. 2019). Günümüzde 128'i Çin'den olmak üzere 189 odun sirkesi ürünü ticari olarak pazarlanmaktadır. Odun sirkesi bazı pestisit, Japonya'da ve Tayland, Kamboçya ve Çin gibi diğer birçok Asya ülkesinde yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (Birol ve Günel, 2022).

Bu çalışmada, çay sirkesi katranının *B. cinerea* ve *S. sclerotiorum*'un misel büyümesi üzerindeki inhibitör etkileri değerlendirilmiştir. Katranın etkilerini incelemek için, *B. cinerea* ve *S. sclerotiorum*'un taze misel diskleri *in vitro* ve farklı konsantrasyonlarda katran içeren petri kaplarına yerleştirilmiştir (%0.5 mL, %1.5 mL, ve %2 mL). İki konsantrasyonda (%0.5 mL hariç) her iki patojenin misel büyümesini önemli ölçüde inhibe etmiştir. Kontrol petrilere kıyasla tüm konsantrasyonlarda çay sirkesi katranının antifungal etkisi % 47.11-%100 oranında değişmiştir. Benzer bir çalışmada farklı konsantrasyonlarda (0.75, 0.5, 0.37, 0.25, 0.125, 0.05, 0.025 ve %0) odun sirkesinin, *in vitro* *R. solani* ve *S. sclerotiorum*'un misel gelişimini önemli oranda azaltırken, kontrole kıyasla patojenin patojenite oranını da %87 oranında azaltmıştır (Mahin ve diğerleri, 2015). Bambu sirkesi (%1,5) ve şeftali zıncı (%2) uygulamalarının tek başlarına veya birlikte kullanıldığında *Botrytis cinerea*'nın hastalık şiddetini ve lezyon çapını azalttığı tespit edilmiştir (Zhengjun ve ark., 2019). Sonuçlarımız yapılan çalışmalar ile benzerlik göstermektedir. Odun sirkesinin içermiş olduğu tek bir elementin özel bir etkisi yerine içermiş olduğu pek çok element sinerji oluşturarak birlikte etki etmektedir. Bu yüzden odun sirkesinin kullanım dozu etkinliğini belirleyen önemli faktörlerdendir. Uygun dozda kullanılmadığında patojenlerin yaygınlaşmasına, bitki gelişiminin de gerilemesine neden olabildiğine yönelik düşünceler bulunmaktadır (Rakmai, 2009). Odun sirkesinin antimikrobiyal özellikleri farklı bitki patojenlerinde de çalışılmıştır (Kadota ve Niimi, 2004; Qiaozhi ve ark.,

2009). Yagi ve Tsukomato (2002) odun sirkesinin *Fusarium* sp., *Phytium* sp. ve *Rhizoctonia* sp. gibi patojen etmenlerinin gelişmesini engellediğini belirlemişlerdir.

Yodthong ve ark. (2008), odun sirkesinin antifungal özelliklerinin, bileşik içinde bulunan asetik asit ve fenolik bileşikler arasındaki bir etkileşimden kaynaklanabileceğini öne sürmektedir. Odun sirkesinin ana bileşenlerinden fenollerin (guaiacol, fenol ve syringol gibi) antimikrobiyal özelliklerinin bitki patojeni fungus ve bakterileri baskılayabildiği bildirilmiştir (Grewal ve ark. 2018; Gao ve ark. 2021; Sivaram ve ark. 2022). Yashimoto, (1994), odun sirkesinin etki şekli üzerine yaptığı çalışmalarda temel kimyasallarının hormon görevi üstlendiğini ve uygun konsantrasyonlarda toprağı ve patojeni olumlu yönde etkilediğini belirtmiştir.

Sonuçlarımızda, diğer çalışmalara göre daha yüksek antifungal aktivite görülmesinin büyük olasılıkla daha yüksek organik asit ve fenolik bileşik içeriğı ile ilişkili olduğu ve odun atığı geri dönüşümünün çevresel tehlikeleri azaltmanın yanı sıra organik tarımda kimyasal pestisitlerin yerini alabileceğı görülmektedir.

5. KAYNAKLAR

- Abdel-Wahed, G.A. and Abdel-Rahman, T.F. (2022). Evaluation the activities of wood vinegar and some commercial bio-products in management of soil-borne fungi of two tagetes varieties. *Egyptian Journal of Phytopathology*, 50(2), 104-123.
- Baimark, Y., Threeprom, J., Dumrongchai, N., Srisuwan, Y., and Kotsaeng, N. (2008). Utilization of wood vinegars as sustainable coagulating and antifungal agents in the production of natural rubber sheets. *Journal of Environmental Science and Technology*, 1(4): 157-163.
- Biol, M. ve Günal, E. (2022). Odun Sirkesinin Tarımda Kullanımı. *Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 9(1): 596-608. <https://doi.org/10.35193/bseufbd.1004736>.
- Boşgelmez, A., Boşgelmez, İ.İ., Paşlı, N., Savaşçı, S., Kaynaş, S. (2000). Ekoloji I. (2. Baskı) Ispartalılar Eğitim Kültür Sağlık Turizm Yardımlaşma ve Dayanışma Vakfı (ISVAK), 6 : 884.
- El-Baky, N. A. and Amara, A.A.A.F. (2021). Recent approaches towards control of fungal diseases in plants: An updated review. *Journal of Fungi*, 7(11): 900.
- Gao, T., Zhang, Y., Shi, J., Mohamed, S.R., Xu, J., Liu, X. (2021). The antioxi dant guaiacol exerts fungicidal activity against fungal growth and deoxynivalenol production in *Fusarium graminearum*. *Front Mi crobiol* 12:762844. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.762844>.
- Grewal, A., Abbey, L., Gunupuru, L.R. (2018). Production, prospects and potential application of pyrolygneous acid in agriculture. *J. Anal Appl Pyrolysis* 135:152–159. <https://doi.org/10.1016/j.jaap.2018.09.008>.
- Kadota, M., Niimi, Y. (2004). Effects of cytokinin types and their concen trations on shoot proliferation and hyperhydricity in *in vitro* pear cultivar shoots. *Plant Cell Tissue Organ Cult*, 72:261–265.
- Koç, İ., Yardım, E. N., Yıldız, Ş. (2017). *In Vitro* şartlarında küf etmenlerine karşı tavuk gübresinden elde edilmiş odun sirkesinin antifungal etkisi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 27(4):516-520.
- Koç, İ., Yardım, E.N.A., Çelik, Mendeş, M. Mirtağoğlu, H. ve Namlı, A. (2018). Fındık kabuklarından elde edilmiş odun sirkesi' nin *in-vitro* şartlarında küf etmenlerine karşı antifungal etkisinin belirlenmesi. *Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 7: 2, ss. 296–300, doi: 10.17798/bitlisfen.425809.
- Mahin, S.; Abolfazl, S., Hassan, A. and Flora, R. (2015). The effectiveness of wood vinegar in controlling *Rhizoctonia solani* and *Sclerotinia sclerotiorum* in green house cucumber. *Int. J. Agric. Sci.*, 5(5): 849-853.
- Moreno-Gavira, A., Diánez, F., Sánchez-Montesinos, B., Santos, M. (2021). Biocontrol effects of *Paecilomyces variotii* against fungal plant diseases. *J. Fungi*, 7: 415.
- Mu, J., Uehara, T., Furuno, T. (2003). Effect of bamboo vinegar on regula tion of germination and radicle growth of seed plants. *J Wood Sci*, 49:262–270.
- Mungkumchao, T., Kesimal, T., Pimratch, S., Toomsan, B., Jothityangkoon, D. (2013). Wood vinegar and fermented bioextracts: Natural products to enhance growth and yield of tomato (*Solanum lycopersicum* L.). *Scientia Horticulturae*, 154:66-72, 10.1016/j.scienta.2013.02.020.
- Namlı, A., Akça, M. O., Turgay, E. B. ve Soba, M. R. (2014). Odun sirkesinin tarımsal kullanım potansiyelinin araştırılması. *Toprak Su Dergisi*, 3(1): 44-52.

- Nega, A. (2014). Review on concepts in biological control of plant pathogens. *J. Biol. Agric. Healthc.* 4: 33–35.
- Pertile, G., Frac, M. (2023). The Antifungal effect of pyroligneous acid on the phytopathogenic fungus *Botrytis cinerea*. *Int J Mol Sci.* 24:3080. <https://doi.org/10.3390/ijms24043080>.
- Qiaozhi, M., Zhong, Z., XiHan, M. (2009). Preparation, toxicity and components analysis of apricot branch wood vinegar. *J. Northwest Agr & For Uni. Nat. Sci.* 37(10): 91-96.
- Rakmai, J. (2009). Chemical Determinations, Antimicrobial and Antioxidant Activities of Thai Wood Vinegars. Thesis of Master. Prience of Songkla University, Thailand.
- Saberi, M., Sarpeleh, A., Askary, H. And Rafiei, F. (2013). The effectiveness of wood vinegar in controlling *Rhizoctonia solani* and *Sclerotinia sclerotiorum* in green house-cucumber. *International Journal of Agricultural Research and Natural Resources*, 1(4): 39-43.
- Sivaram, A.K., Panneerselvan, L., Mukunthan, K., Megharaj, M. (2022). Ef fect of pyroligneous acid on the microbial community composi tion and Plant Growth-Promoting Bacteria (PGPB) in soils. *Soil Syst* 6:10. <https://doi.org/10.3390/soilsystems6010010>.
- Suresh, G., Pakdel, H., Roussi, T., Brar, S.K., Fliss, I., Roy, C. (2019). *In vitro* evaluation of antimicrobial efficacy of pyroligneous acid from softwood mixture. *Biotechnol Res Innov* 3(1):47–53. <https://doi.org/10.1016/j.biori.2019.02.004>
- Anonim. (2022) T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Toprak, Gübre ve Su Kaynakları Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Ankara. Bitki ve Organik Gübre Laboratuvarı. file:///C:/Users/HP/Desktop/%C3%A7aydal%C4%B1%20odun%20sirkesi%20tob%20gsk%20merkezi%20i%C3%A7erik.pdf.
- Taiz, L. and Zeiger, E. (2006). *Plant Physiology*. 4th ed.
- Tiilikkala, K., Fagnäs, L., Tiilikkala, J. (2010). History and use of wood pyrolysis liquids as biocide and plant protection product. *The Open Agriculture Journal*, 4 (1): 111-118.
- Wei, Q., Ma, X., Dong, J. (2010) .Preparation, chemical constituents and antimicrobial activity of pyroligneous acids from walnut tree branches. *J. Anal Appl Pyrolysis*, 87:24–28. <https://doi.org/10.1016/j.jaap.2009.09.006>.
- Yagi, T., Tsukamoto, S. (2002). Influence of wood vinegar on phy topathogen. Development of phytopathogenic fungi on the media containing wood vinegar. In: *Proc Assoc Plant Prot*, pp 93–98.
- Yashimoto, T. (1994). Present status of wood vinegar studies in Japan for agricultural usage. In: *Toward enhanced and sustainable agricultural productivity in the 2000's: Breeding Research and Biotechnology. Proceedings of The 7th International Congress of the Society for the Advancement of Breeding Researches in Asia and Oceania (SABRAO)* 3:811-820.
- Yatagai, M. (2004). Production and utilization of wood carbonization. Makalah pada seminar Penggalaka Pengembangan Arang dan Cukakayu, 27 Juli 2007.
- Yin, A.L. (2008). Isolation and characterization of antioxidant compounds from pyroligneous acid of *Rhizophora apiculata* (Thesis Doctor of Philosophy). Sains University, Malaysia.
- Yodthong, B., Jirasak, T., Nuethip, D., Yaowalak, S., Nuanchai, K. (2008). Utilization of wood vinegars as sustainable coagulating and antifungal agents in the production of natural rubber sheets. *J. Environ. Sci. Tech.* 1:157-163.
- Yoon, M.Y., Cha, B., Kim, J.C. (2013). Recent Trends in studies on botanical fungicides in agriculture. *Plant Pathol. J.* 29: 1-9.
- Zaker, M. (2016). Natural plant products as eco-friendly fungicides for plant diseases control- a review. *The Agriculturists*, 14(1): 134-141.
- Zhengjun, S., Jia, D., Fang ,W., Yun., L., Junying, J., Lianchun, W., Jiayan, Z. (2019). Individual and combined effects of bamboo vinegar and peach gum on postharvest grey

mould caused by *Botrytis cinerea* in blueberry, *Postharvest Biology and Technology*, 155: 86-93. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2019.05.016>.

Zulkarami, B., Ashrafuzzaman, M., Husni, M. O., & Ismail, M. R. (2011). Effect of pyroligneous acid on growth, yield and quality improvement of rockmelon in soilless culture. *Australian Journal of Crop Science*, 5(12), 1508-1514.

**VETERİNER FAKÜLTESİ'NDE YETİŞTİRİLEN HAYVANLAR VE ÇEVRESEL
ÖRNEKLERDEN METİSİLİN DİRENÇLİ STAPHYLOCOCCUS AUREUS (mrsa)
İZOLATLARININ EPİDEMİYOLOJİK YÖNDEN İNCELENMESİ**

Sibel KIZIL*

Kırıkkale Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Mikrobiyoloji Anabilim Dalı
Email:sibelkizil@kku.edu.tr

Alperen YÜCEL

Kırıkkale Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Mikrobiyoloji Anabilim Dalı
Email:alperenyuceel@hotmail.com

Özet

Birçok bakteri kendisine karşı kullanılan antibiyotiklere direnç geliştirerek, tedavide zorluklara ve dirençli bakterilerin ortaya çıkmasına sebep olmaktadır. Bu bakterilerden birisi de dünyada oldukça yaygın olan ve tedavisi güçleşen *Staphylococcus aureus* (*S. aureus*)'dur. *S. aureus* enfeksiyonlarında ve salgınlarında, hayvan hastanelerinde çalışan insanlar dahil, hayvanlarda tür farketmeksizin geçiş yapabilen *S. aureus* klonları saptanmış ve kısa sürede bulaşma ve türler arası geçiş tespit edilmiştir. Bu araştırmada Kırıkkale Üniversitesi, Veteriner Fakültesi'nde yetiştirilen hayvanlar (at, koyun, kanatlı) ve çevresel örneklerden European Union Antimicrobial Resistance Reference Laboratory (EURL-AR) ve The European Committee on Antimicrobial Susceptibility Testing (EUCAST) protokolleri kullanarak MRSA izole ve tanımlanmıştır. Hayvanlardan ve çevresel örneklerden 4 at, 19 koyun, 9 tavuk, 4 bildircin olmak üzere, toplam 36 adet hayvanın üst solunum yolundan (memelilerden burun deliklerinden; kanatlılarda koanadan) ve deriden (memelilerden burun çevresinden; kanatlılardan kanat altından), hayvan başına 2 numune olmak üzere, toplam 72 numune ile 28 çevresel örnek (hayvanların yemlik ve suluklarından) steril svap ile alınmıştır. Hayvanlardan ve çevresel örneklerden alınan svaplar, steril olarak hazırlanmış, 10 ml % 6.5 NaCl'li Mueller-Hinton Broth içeren tüplere alınarak 35-37°C'de, 16-24 saat inkübasyona bırakılmıştır. Ön zenginleştirme sonrasında, her tüpten 10 µl bir öze dolusu örnek alınıp, Metisilin Dirençli *S. aureus* (MRSA) Chromogenic Modified Agar'a yayılarak ekilmiş ve 35-37°C'de 16-24 saat inkübasyona bırakılmıştır. Ekim sonrasında *Staphylococcus epidermidis* mavi-yeşil S tipli koloniler; *Staphylococcus aureus* ise magenta renkli S tipli koloniler meydana getirmiştir. Elde edilen magenta renkli koloniler kanlı agara pasajlanıp, hemoliz özelliği gösteren 217 adet izolatın 71 adedi (%32.70) gram pozitif ve üzüm salkımı şeklinde görülmüştür. Katalaz ve oksidaz testleri yapıldıktan sonra, 26 adet (%36.61) katalaz pozitif ve oksidaz negatif izolat elde edilmiştir. İzolatlara koagülaz testi yapılarak 8 adet koagülaz pozitif bakteri elde edilmiştir. Biyokimyasal testler sonucunda 8 adet (%8) *S. aureus* izole ve tanımlanmıştır. Hayvanların üst solunum yolu, derileri ve çevresel örneklerden: 1 adet tavuk derisinden, 1 adet tavuk ağızından 3 adet farklı koyunun burnundan, 1 adet tavuk yemliğinden, 1 adet at suluğundan, 1 adet at yemliğinden izole ve tanımlanmış *S. aureus* suşlarına disk difüzyon yöntemi ile antibiyogram yapılmış; cefoxitin ve oxacilline karşı dirençlilik tespit edilmiştir. *S. aureus* izolatlarının antibiyotiklere göre duyarlılık oranları şu şekildedir: cefoxitine, oxacilline

ve linezolidde %100, rifampine ve amikacine %75, eritromisine %62.5, gentamisin, tobramisin, trimethoprim/sulfamethoxazole ve tetracycline %37.5 duyarlı; ciprofloxacin %100, tobramisine ve trimethoprim/sulfamethoxazole ve tetracycline %62.5, gentamisine ve eritromisine %37.5, amikacine ve rifampine %25 dirençli tespit edilmiştir. Çeşitli hayvan türlerinde ve çevresel örneklerde animikrobiyal dirençleri yüksek *S. aureus*'lar bulunmaktadır. PCR sonucunda koyun burnundan izole edilen 1 (KB8-15) numaralı izolat, pta_up ve tpi_up; koyun burnundan izole edilen 2 (KB10-1) numaralı izolat, tpi_up; tavuk yemliğinden izole edilen 8 (TY1-2) numaralı izolat, Arc_up genler yönünden pozitif tespit edilmiştir. MLST analizi sonucunda pozitif tespit edilen 3 izolatın klonlarının farklı olduğu saptanmıştır. Gerek hayvan sağlığı gerekse insan sağlığı açısından ciddi hastalık ve kontaminasyona sebep olan *S. aureus* rutin olarak takip edilmeli ve hayvanlar arasında ve insanlara bulaşmasının önlenmesi için gerekli olan tedbirler alınmalıdır.

Anahtar kelimeler: Staphylococcus aureus, at, koyun, kanatlı, antibiyotik direnci

**EPIDEMIOLOGICAL INVESTIGATION OF METHICILLIN-RESISTANT
STAPHYLOCOCCUS AUREUS (mrsa) ISOLATES FROM ANIMALS RAISED IN
THE FACULTY OF VETERINARY MEDICINE AND ENVIRONMENTAL
SAMPLES**

Abstract

Many bacteria have developed resistance to the antibiotics used against them, causing difficulties in treatment and the emergence of resistant bacteria. One of these bacteria is *Staphylococcus aureus*, which is quite common in the world and has become difficult to treat. In *S. aureus* infections and outbreaks, *S. aureus* clones that can pass between animals, including people working in animal hospitals, regardless of species have been detected, and transmission and interspecies transmission have been detected in a short time. In this study, MRSA was isolated and identified from animals (horses, sheep, poultry) raised at Kırıkkale University, Faculty of Veterinary Medicine, and environmental samples using the protocols and data of the European Union Antimicrobial Resistance Reference Laboratory (EURL-AR) and The European Committee on Antimicrobial Susceptibility Testing (EUCAST). From the animals and environmental samples: 4 horses, 19 sheep, 9 chickens, 4 quails, a total of 36 animals were taken with sterile swabs from the external respiratory tract (nostrils in mammals; choana in poultry) and skin (around the nose in mammals; under the wing in poultry), 2 samples per animal, a total of 72 samples and 28 environmental samples (from feeders and waterers of animals). Swabs taken from animals and environmental samples were placed in sterile tubes containing 10 ml of 6.5% NaCl Mueller-Hinton Broth and incubated at 35-37° C for 16-24 hours. After pre-enrichment, a 10 µl loopful of sample was taken from each tube and spread onto MRSA Chromogenic Modified Agar and incubated at 35-37° C for 16-24 hours. After cultivation, *Staphylococcus epidermidis* produced blue-green S type colonies; *Staphylococcus aureus* produced magenta S type colonies. The obtained magenta colonies were passaged onto blood agar and 217 isolates showing hemolysis properties were taken for Gram staining. After staining, 71 (32.70%) isolates were seen as Gram positive and in the form of grape clusters. After catalase and oxidase tests, 26 (36.61%) catalase positive and oxidase negative isolates were obtained. Coagulase test was performed on the isolates and 8 coagulase positive bacteria were obtained. As a result of biochemical tests, 8 (8%) *S. aureus* were isolated and identified. Antibiogram was performed by disk diffusion method for *S. aureus* strains isolated and identified from the external respiratory tract, skin of animals and environmental samples: 1 chicken skin, nostrils of 3 different sheep, 1 chicken feeder, 1 horse waterer and 1 horse feeder; resistance was detected against cefoxitin and oxacillin antibiotic disks. The susceptibility rates of *S. aureus* isolates according to antibiotics are as follows: 100% sensitive to cefoxitin, oxacillin and linezolid, 75% to rifampin and amikacin, 62.5% to erythromycin, 37.5% to gentamicin, tobramycin, trimethoprim/sulfamethoxazole and tetracycline; resistant to ciprofloxacin 100%, tobramycin and trimethoprim/sulfamethoxazole and tetracycline 62.5%, gentamicin and erythromycin 37.5%, amikacin and rifampin 25% were detected. *S. aureus* with high antimicrobial resistance has been found in various animal species and environmental samples. As a result of PCR, isolate number 1 (KB8-15) isolated from sheep nose, pta_up and tpi_up; isolate number 2 (KB10-1) isolated from sheep nose, tpi_up; isolate number 8 (TY1-2) isolated from chicken feeder, Arc_up were detected positive for genes. As a result of MLST analysis, it was determined that the clones of the 3 isolates detected positive were different. *S. aureus*, which causes serious disease and contamination in terms of both animal health and human health, should be routinely monitored and necessary measures should be taken to prevent it.

Keywords: *Staphylococcus aureus*, horse, sheep, poultry, antibiotic resistance

1.GİRİŞ

Antibiyotiğin keşfinden günümüze kadar geçen sürede birçok bakteri antibiyotiklere direnç geliştirmiştir; bu durum günümüzde tedavisi olmayan ve inatçı mikroorganizmaların ortaya çıkmasına sebep olmuştur. Bu bakterilerden birisi de dünyada oldukça yaygın ve tedavi edilemez hale gelen MRSA'dır. MRSA, dünyada üzerinde durulan ve sürekli mercek altında tutulan, güncel olarak takip edilen ve bildirilen bir etkidir. Dünyada yapılan çalışmalar sonucunda meydana gelen MRSA enfeksiyonlarında ve salgınlarında, hayvan hastanelerinde çalışan insanlar dahil hayvanlarda tür fark etmeksizin geçiş yapabilen MRSA klonları saptanmış ve kısa sürede bulaşma ve türler arası geçiş tespit edilmiştir. Günümüze kadar yapılan çalışmalarda tespit edilen MRSA, cerrahi operasyon sonrası yara bölgesinde iyileşmeyen enfeksiyonlara, entübe edilen hayvan ve insanlarda pnömonilere, spesifik olarak atlarda artritise, çiftlik hayvanlarında mastitise, metritise eden olmuş ve çeşitli enfeksiyonlarda primer ve sekonder etken olarak rol almıştır. MRSA, konakçı hayvanda herhangi bir klinik enfeksiyona sebep olmadan burun ve deride kolonize olmaktadır. Hastalık belirtisi göstermeyen konakçı hayvandan immün sistemi zayıflamış veya doğal direnç mekanizmaları zayıflamış hayvanlara bulaşıp ciddi enfeksiyonlara sebep olmaktadır. İnsanlarda MRSA kolonizasyonu için en yaygın bölgeler burun boşluğu, saç, tırnaklar, deri, koltuk altı ve genital bölge derisidir. Buna karşılık, atlarda MRSA kolonizasyonu için en yaygın bölgeler burun boşluğudur (4).MRSA kaynaklı enfeksiyonlar epidemiyolojik olarak; Hastane İlişkili MRSA (Hospital Associated-MRSA, HA-MRSA), Toplum İlişkili MRSA (Community Associated-MRSA, CA-MRSA) olmak üzere iki grupta kategorize edilmektedir. Hayvancılıkla İlişkili MRSA (Livestock-Associated-MRSA, LA-MRSA) olmak üzere üçüncü bir grup daha diğerlerine katılmıştır (1).Hayvancılıkla İlişkili MRSA (Livestock-Associated-MRSA, LA-MRSA) ilk olarak 1989'da atlarda keşfedilmiştir. O zamandan beri LA-MRSA, insanlarda LA-MRSA enfeksiyonuna ve kolonizasyonuna neden olabilen halk sağlığı üzerinde etkileri olan ve atlarda önemli bir patojenik bakteri türü olarak kabul edilmiştir (2). Burun delikleri (solunum sisteminin başlangıç kısmı), hayvanlarda (atlarda, koyunlarda, kanatlılarda, köpeklerde) LA-MRSA kolonizasyonunun birincil bölgesidir; ancak LA-MRSA kolonizasyonu atlarda gastrointestinal sistemde de meydana gelebilmektedir (2). Atlarda LA-MRSA enfeksiyonuna bağlı klinik bir semptom, LA-MRSA saptanmasından sadece günler ya da haftalar sonra ortaya çıkabilmektedir (3).MRSA, *S. aureus*'un hemen hemen tüm β -laktam antibiyotiklere dirençli ve genellikle diğer antibiyotiklere karşı da dirençli bir suşudur (5). Bu direnç reaksiyonu, *Staphylococcal* cassette kromozom *mec* (SCC*mec*) (6, 7) üzerinde yer alan *mecA* ve *mecC* genleri tarafından kodlanan, penisilin bağlayıcı proteinin aktivitesi nedeniyle oluşmaktadır. HA-MRSA'nın hastane ortamında yayıldığı dünya çapında bilinmektedir (5, 8, 9). Hayvanlarda MRSA ilk olarak 1972'de mastitis vakaları olan süt ineklerinde tanımlanmıştır (10); ardından çeşitli hayvanlarda sporadik MRSA enfeksiyonları gözlemlenmiştir. İlk olarak 1989'da atlarda tanımlanan MRSA enfeksiyonları da dahil olmak üzere (11), günümüzde son olarak bilinen MRSA enfeksiyonlarına dönüşmeye başlamıştır. Çiftlik hayvanlarında (12, 13) ve evcil hayvanlarda (14, 15) oluşan MRSA, çiftlik hayvanlarıyla ilişkili MRSA (LA-MRSA) (16, 17) olarak bilinmektedir. Avrupa, Kuzey Amerika ve Asya'daki çok sayıda hayvanın klonal kompleks 398 (CC398) ile LA-MRSA suşuna sahip olduğu bulunmuştur (18). Ayrıca, atlarda ilk LA-MRSA'nın 1989'da bulunmasından bu yana (19), yakın zamanda ortaya çıkan LA-MRSA CC398, at popülasyonlarında tanımlanmıştır. LA-MRSA, atlarda enfeksiyona ve LA-MRSA kolonizasyonuna neden olabilen önemli bir patojenik bakteri türü olarak kabul edilmeye başlanmıştır. LA-MRSA ile enfekte hayvanlar deri enfeksiyonları, yumuşak doku enfeksiyonları, septik artrit, bakteriyemi, osteomyelit, omfalit, metritis ve pnömoni gibi klinik

hastalıklar ortaya çıkabilir ve bunlar MRSA'nın yapabileceği hastalıklardan sadece bazılarıdır (20). LA-MRSA izolatları çoğunlukla ahır duvarları, saman, yem kutuları ve su kovaları gibi atın burnuyla sık temas halinde olan alanlardan izole edilmiştir (21). Hayvan hastaneleri ve çiftliklerinin çevresi, LA-MRSA bulaşmasının önemli bir kaynağı olarak kabul edilmez; ancak hayvan hastaneleri ve çiftliklerinin ortamı, biyogüvenlik kurallarına uygun şekilde yönetilmezse, LA-MRSA bulaşmasının bir kaynağı olabilir (22). Bu nedenle, veteriner hastanelerinde ve çiftliklerde, özellikle at burunlarıyla sıklıkla temas eden alanlarda temiz bir ortamın sağlanması çok önemlidir (21, 23). Sağlıklı atların yaklaşık %10'unun burun boşluklarında LA-MRSA bulunur (24). Klinik semptom göstermeyen rezervuar enfekte atlar, LA-MRSA'nın at popülasyonu içerisinde gizlice yayılmasına sebep olmaktadır (25).

1999 yılında ABD, Michigan'daki bir veteriner hastanesinde 13 ay boyunca 11 atta LA-MRSA görülmüştür (26), hastanedeki üç sağlık personelinin bu atlardan kaynaklanan LA-MRSA ile enfekte olduğu tespit edilmiştir. Avrupa'da LA-MRSA ST398 klonlarının yanı sıra atlarda CA-MRSA ST1 ve CA-MRSA ST254 klonları da tanımlanmıştır (27, 28, 29).

İngiltere'de yapılan bir çalışmada 152 attan sadece üçünde MRSA tespit edilmiş; MRSA suşları, LA-MRSA CC398, HA-MRSA CC8 ve HA-MRSA CC22 klonlarına dahil edilmiştir (30). Almanya'da, insanla ilişkili bir CA-MRSA klonundan bir LA-MRSA CC398 klonuna geçiş 2006 yılında bildirilmiştir (31). 2008'de spa tipi t011 (n = 12), t2123 (n = 4) ve t064'ün (n = 1) 17 at MRSA izolatının bulunduğu başka bir salgın meydana gelmiştir. Yapılan çalışmalar sonucunda 16/170 personel, spa tipi t011 (n = 11) ve t2123 (n = 5) ile MRSA için pozitif çıkmıştır ve atlarla yakın temas halinde olan ama personel olmayan insanlara (1/64) göre daha fazla MRSA pozitifliği gözlenmiştir. Hayvan hastanesine atların kabulü sırasında gerçekleştirilen MRSA taraması sonucunda, %9.3'ünün ağırlıklı olarak spa tipi t011 ile MRSA-pozitif olduğu görülmüştür. Hastanede yatan tüm atlardan, 5 hafta boyunca haftalık kesitsel örneklemeyle, atların %42'sinin, en az bir kez MRSA-pozitif olduğu gösterilmiştir. Ağırlıklı olarak spa tipi t011 ile nozokomiyal bulaşmanın gerçekleştiğini düşündürmüştür (33). Chen ve ark. (2021), işçiler ve veteriner hekimler arasında hayvancılıkla ilişkili metisiline dirençli *S. aureus* (LA-MRSA) kolonizasyonu ve enfeksiyonu konusunda sistematik bir inceleme yapmış ve meta-analizine almıştır. MRSA dünya çapında giderek artan bir halk sağlığı problemidir. Aynı araştırmacılar, çiftlik hayvanlarıyla ilişkili MRSA kolonizasyonu ve insanlardaki enfeksiyonunun olasılık oranını (OR) hesaplamak ve çiftlik hayvanı üretiminde MRSA kolonizasyonuna sebep olan belirli risk faktörlerini belirlemişlerdir (34).

Stull ve ark (2012), solunum zorluğu şikayeti ile veteriner hastanesine getirilen 6 saatlik bir alpakayı, rutin gözetim kapsamında, hastaneye yatışı sırasında burun sürüntüsü almışlar ve MRSA tespit etmişlerdir (35). Feuer ve ark. (2021), Almanya'daki kedi ve köpeklerde MRSA vakalarının geniş çaplı bir genel görünümünü sunarak, sürekli gözetim için bir temel oluşturmaktadır. Bu çalışmada, Ocak 2019 ile Aralık 2021 arasında veteriner kliniklerinden alınan köpeklere ve kedilere ait örnekler, laboratuvarında tüm sonuçlarıyla analiz edilmiştir. Örneklerin epidemiyolojik olarak MRSA yaygınlığı karşılaştırılmıştır. Örnekler, Almanya'daki 3491 veteriner muayenehane ve veteriner kliniklerinin %33,1'ini temsil eden 175.171 adet örnekten alınan bakteriyel muayene sonuçları analiz edilmiş ve bu örneklerin 5526'sında *S. aureus* tespit edilmiştir (%3,2 izolasyon oranı). Klinik örneklerdeki *S. aureus*, köpeklerde (%2,0), kedilerde (%5,6) daha yaygın olduğu gözlemlenmiştir. *S. aureus* örneklerinin %17,8'inde metisiline direnç bulunmuş olup köpeklerde (%20,4, %95CI 18,9-22,0) kedilere göre (%15,6, %95CI 14,3-17,0) daha yüksekti. En yüksek MRSA yaygınlığı, sırasıyla deri/yumuşak doku, solunum yolu ve diğerlerine (<%23) kıyasla köpek yara örneklerinde

(%32) bulunmuştur. Ek olarak, veriler Almanya'daki insan MRSA gözetim verileriyle karşılaştırılmıştır. Çalışma, insan ayakta tedavi MRSA yaygınlığından (%5,4) daha yüksek olan %17,8'lik bir MRSA oranı ortaya koymuştur. Veteriner hekimlik ve insan hekimliğinde antibiyotik kullanımının kısıtlanması ve düzenlenmesi antimikrobiyal direnç gözetimi ile doğrulanması gerekmektedir (36). Özen ve ark (2011) yaptığı bu çalışmada Akdeniz Üniversitesi Merkez Laboratuvarı'na gönderilen klinik örneklerden izole edilen toplam 163 *S.aureus* suşunun tanımlanması Gram boyama, katalaz, lam ve tüp koagülaz yöntemleri ve BD Phoenix otomatize identifikasyon ve antimikrobiyal duyarlılık sistemi kullanarak yapmıştır. Suşlarda *nuc* ve *mecA* genlerinin varlığı ve 16S RNA, özgül primerler kullanılarak polimeraz zincir reaksiyonu (PZR) yöntemiyle saptanmıştır. *S.aureus* olarak tanımlanan tüm suşların MRSA ID kromojenik agar besiyerine ekimi yapılarak plaklar 35°C'de aerobik ortamda inkübe edilmiş ve sonuçlar koloni renklerine göre değerlendirilmiştir. Bu çalışmada MRSA ID besiyerinin performansının değerlendirilmesi amaçlanmıştır. MRSA saptanmasında, MRSA ID besiyerinin 24 saatlik inkübasyon sonrasında duyarlılığı %85.4, özgüllüğü ise % 53.7 olarak bulunmuştur. Sonuç olarak MRSA ID, 18-24 saatlik inkübasyon sonucunda MRSA saptanmasında duyarlılığının yüksek olması nedeniyle kullanılabilir bir besiyeri olduğu kararına varmışlardır (37).

Bu araştırmada Kırıkkale Üniversitesi, Veteriner Fakültesi'nde yetiştirilen hayvanlar (at, koyun, kanatlı) ve çevresel örneklerden European Union Antimicrobial Resistance Reference Laboratory (EURL-AR) ve The European Committee on Antimicrobial Susceptibility Testing (EUCAST) protokolleri kullanarak *S. aureus* izole ve identifiye edilmesi, metisilin dirençliliği ve MRSA klonları ve ilişkisi tespit edilecektir.

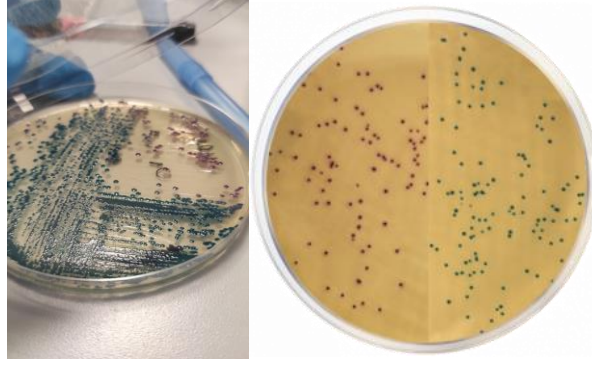
2. MATERYAL VE METOD

Araştırmada 4 at, 19 koyun, 9 tavuk, 4 bildircin toplamda 36 adet hayvandan dış solunum yolundan (memelilerden burun deliklerinden; kanatlılarda choanadan) ve deriden (memelilerden burun derisinden; kanatlılardan kanat altından) alınan steril svap, hayvan başına 2 numune, toplamda 72 numune ve geri kalan 28 çevresel örnek ise hayvanların yemlik ve suluklarından steril svap alınmıştır. European Union Antimicrobial Resistance Reference Laboratory (EURL-AR) ve The European Committee on Antimicrobial Susceptibility Testing (EUCAST) protokolleri kullanarak hayvanlardan ve çevresel örneklerden alınan svaplar, steril olarak hazırlanmış 10 ml %6.5 NaCl'li Mueller-Hinton broth içeren tüplere ekimi yapılmıştır 35-37° C'de 16-24 saat inkübasyona kaldırılmıştır. Ön zenginleştirme sonrasında her tüpten 10µl bir öze dolusu sıvı alınıp MRSA Chromogenic Modified Agar'a yayılarak ekimi gerçekleştirilip, 35-37°C'de 16-24 saat inkübasyona bırakılmıştır. İzolatlar konvansiyonel yöntemlerle (Gram boyama, katalaz, oksidaz, koagülaz ve hemoliz testleri) ile identifiye edilmiştir. İzole ve identifiye edilen *S. aureus* suşlarına Kirby Bauer Disk Difüzyon yöntemi ile antibiyogram testleri yapılmış ve EUCAST'e göre değerlendirilmiştir (38, 39). İzolatlara PCR testi yapılarak MLST tipleri yönünden incelenmiş, daha sonra pozitif tespit edilen izolatlara iki yönlü sekans uygulanarak MRSA klonlar tespit edilmiştir. Farklı klonlara Blast analizi yapılarak akrabalıkları incelenmiştir (41).

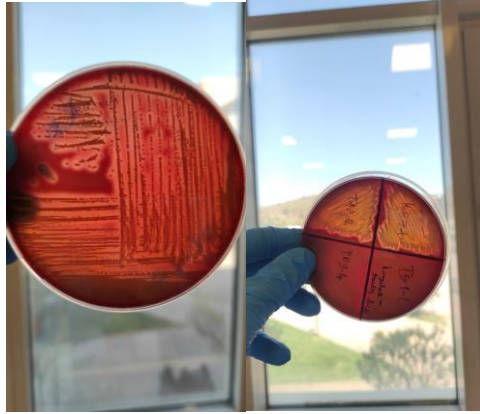
3. BULGULAR-TARTIŞMA

Yapılan ekim sonrasında *Staphylococcus epidermidis* mavi-yeşil S tipli koloniler; *S. aureus* ise magenta renkli S tipli koloniler meydana getirmiştir. Elde edilen magenta renkli koloniler kanlı

agara pasajlanıp, hemoliz alanları görüldükten sonra 217 adet örnek Gram boyamaya alınmıştır. Gram boyama ardından mikroskopik olarak 71 adet gram pozitif üzüm salkımı şeklinde mikroskopik koloniler görülmüştür. Katalaz ve oksidaz biyokimyasal testleri yapıldıktan sonra 26 adet katalaz pozitif oksidaz negatif bakteri elde edilmiştir. Devamında koagülaz testi yapılarak 8 adet koagülaz pozitif bakteri elde edilmiştir. Biyokimyasal testler sonucunda 8 adet *S. aureus* izole ve identifiye edilmiştir.

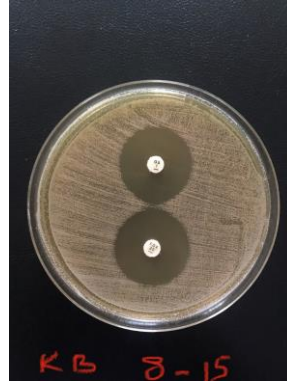


Şekil 1: MRSA Chromogenic Modified Agar Base (40).



Şekil 2: Sol taraftaki görselde *S. aureus* NTCC9393 referans suşu; Sağ taraftaki görselde bu çalışma için izole edilmiş *S. aureus* suşlarının, kanlı agardaki hemoliz alanı görüntüsü.

İzole ve identifiye edilen *S. aureus* suşları The European Committee on Antimicrobial Susceptibility Testing (EUCAST) protokole göre Kirby Bauer Disk Difüzyon antibiyogram yöntemi ile antibiyogram sonucunda, cefoxitin ve oxacilline karşı direnç gözlemlenmiştir (38, 39).



Şekil 3: Cefoxitin ve oxacillin antibiyotik disklerine karşı gözlemlenen direnç zonları.

İzole edilen 71 adet *Staphylococcus* spp.'den, 8 adedi (%8) *S. aureus* olarak tanımlanmıştır. Yapılan antibiyogram sonucunda, MRSA saptanmamıştır.

PCR sonucunda koyun burnundan izole edilen 1 (KB8-15) numaralı izolat, pta_up ve tpi_up; koyun burnundan izole edilen 2 (KB10-1) numaralı izolat, tpi_up; tavuk yemliğinden izole edilen 8 (TY1-2) numaralı izolat, Arc_up genler yönünden pozitif tespit edilmiştir.

BLAST analizi sonucunda:

Koyun burnundan izole edilen 1 numaralı KB8-15 suşunun C12+1-pta_up_MLST_Sa isimli MLST analizi sonrasında yapılan BLAST analizi sonucunda MRSA suşlarına genetik benzerlik oranlarına Tablo 1'de yer verilmiştir.

Description	Scientific Name	Max Score	Total Score	Query Cover	E value	Per. Ident	Acc. Len	Accession
<input checked="" type="checkbox"/> Staphylococcus aureus subsp. aureus TCH60, complete genome	Staphylococcus aureus subsp. aureus TCH60	468	468	97%	3e-132	79.89%	2802675	CP002110.1
<input checked="" type="checkbox"/> Staphylococcus aureus subsp. aureus strain MRSA252, complete genome	Staphylococcus aureus subsp. aureus MRSA252	463	463	97%	1e-130	79.70%	2902619	BX571856.1

Tablo 1. KB8-15 suşunun, MLSTA analizi sonucu C12+1-pta_up_MLST_Sa genomunun BLAST analizi benzerlik sonucu.

KB8-15, *Staphylococcus aureus subsp. aureus* TCH60, 80% oranında genetik benzerlik göstermektedir. İnsan genomu üzerine 2010 yılında yapılan çalışmalarda Amerika'nın Houston eyaletinde insan derisinden izole edildiği bildirilmiştir (43). KB8-15, *Staphylococcus aureus subsp. aureus* strain MRSA252, 80% oranında genetik benzerlik göstermektedir. 2004 yılında Amerika'da yapılan bir çalışmada farklı klinik ortamlardan izole edilmiş iki farklı *S. aureus*'un MRSA252 olduğu bildirilmiştir (42). Koyun burnundan izole edilen 1 numaralı KB8-15 suşunun F12+1-tpi_up_MLST_Sa isimli MLST analizi sonrasında yapılan BLAST analizi sonucunda MRSA suşlarına genetik benzerlik oranlarına Tablo 2'de yer verilmiştir.

Description	Scientific Name	Max Score	Total Score	Query Cover	E value	Per. Ident	Acc. Len	Accession
<input checked="" type="checkbox"/> Staphylococcus aureus subsp. aureus TCH60, complete genome	Staphylococcus aureus subsp. aureus TCH60	504	774	96%	7e-143	85.49%	2802675	CP002110.1
<input checked="" type="checkbox"/> Staphylococcus aureus subsp. aureus strain MRSA252, complete genome	Staphylococcus aureus subsp. aureus MRSA252	504	774	96%	7e-143	85.49%	2902619	BX571856.1

Tablo 2. KB8-15 suşunun, MLSTA analizi sonucu F12+1-tpi_up_MLST_Sa genomunun BLAST analizi benzerlik sonucu.

KB8-15, *Staphylococcus aureus subsp. aureus* TCH60, 86% oranında genetik benzerlik göstermektedir. İnsan genomu üzerine 2010 yılında yapılan çalışmalarda Amerika'nın Houston eyaletinde insan derisinden izole edildiği bildirilmiştir (43).

KB8-15, *Staphylococcus aureus subsp. aureus* strain MRSA252, 86% oranında genetik benzerlik göstermektedir. 2004 yılında Amerika'da yapılan bir çalışmada farklı klinik ortamlardan izole edilmiş iki farklı *S. aureus*'un MRSA252 olduğu bildirilmiştir (42).

Koyun burnundan izole edilen 2 numaralı KB10-1 suşunun G12+2-tpi_up_MLST_Sa isimli MLST analizi sonrasında yapılan BLAST analizi sonucunda MRSA suşlarına genetik benzerlik oranlarına Tablo 3'te yer verilmiştir.

Description	Scientific Name	Max Score	Total Score	Query Cover	E value	Per. Ident	Acc. Len	Accession
<input checked="" type="checkbox"/> Staphylococcus aureus subsp. aureus strain MRSA252 complete genome	Staphylococcus aureus subsp. aureus MRSA252	504	675	86%	5e-143	85.49%	2902619	BX571856.1
<input checked="" type="checkbox"/> Staphylococcus aureus subsp. aureus TCH60 complete genome	Staphylococcus aureus subsp. aureus TCH60	504	675	86%	5e-143	85.49%	2802675	CP002110.1

Tablo 3. KB10-1 suşunun, MLSTA analizi sonucu G12+2-tpi_up_MLST_Sa genomunun BLAST analizi benzerlik sonucu.

KB10-1, *Staphylococcus aureus subsp. aureus* strain MRSA252, 86% oranında genetik benzerlik göstermektedir. 2004 yılında Amerika'da yapılan bir çalışmada farklı klinik ortamlardan izole edilmiş iki farklı *S. aureus*'un MRSA252 olduğu bildirilmiştir (42).

KB10-1, *Staphylococcus aureus subsp. aureus* TCH60, 86% oranında genetik benzerlik göstermektedir. İnsan genomu üzerine 2010 yılında yapılan çalışmalarda Amerika'nın Houston eyaletinde insan derisinden izole edildiği bildirilmiştir (43).

Tavuk yemliğinden izole edilen 8 numaralı TY1-2 suşunun B12+8-Arc_up_MLST_Sa isimli MLST analizi sonrasında yapılan BLAST analizi sonucunda, MRSA suşlarına genetik benzerlik oranlarına Tablo 4'te yer verilmiştir.

Description	Scientific Name	Max Score	Total Score	Query Cover	E value	Per. Ident	Acc. Len	Accession
<input checked="" type="checkbox"/> Staphylococcus aureus subsp. aureus strain MRSA252 complete genome	Staphylococcus aureus subsp. aureus MRSA252	40.1	114	4%	0.010	95.83%	2902619	BX571856.1
<input checked="" type="checkbox"/> Staphylococcus aureus subsp. aureus TCH60 complete genome	Staphylococcus aureus subsp. aureus TCH60	40.1	114	4%	0.010	95.83%	2802675	CP002110.1

Tablo 4. TY1-2 suşunun, MLSTA analizi sonucu B12+8-Arc_up_MLST_Sa genomunun BLAST analizi benzerlik sonucu.

TY1-2, *Staphylococcus aureus subsp. aureus* strain MRSA252, 96% oranında genetik benzerlik göstermektedir. 2004 yılında Amerika'da yapılan bir çalışmada farklı klinik ortamlardan izole edilmiş, iki farklı *S. aureus*'un MRSA252 olduğu bildirilmiştir (42).

TY1-2, *Staphylococcus aureus subsp. aureus* TCH60, 96% oranında genetik benzerlik göstermektedir. İnsan genomu üzerine 2010 yılında yapılan çalışmalarda, Amerika'nın Houston eyaletinde, insan derisinden izole edildiği bildirilmiştir (43).

MLST analizi sonucunda koyun burnundan izole edilen 1 (KB8-15) numaralı izolat, pta_up ve tpi_up; koyun burnundan izole edilen 2 (KB10-1) numaralı izolat, tpi_up; tavuk yemliğinden izole edilen 8 (TY1-2) numaralı izolat, Arc_up genler yönünden pozitif tespit edilen 3 izolatın klonlarının farklı olduğu saptanmıştır.

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Chen ve ark. (2021) araştırma sonucunda toplam 3490 numune belirlemiş ve 37 çalışmada 53 tespit edilmiş taşıyıcı kontrol grubu ve meta-analize uygun 14.038 katılımcı yer almıştır. Hayvancılık işçileri ve veteriner hekimler arasında LA-MRSA için birleştirilmiş OR 9,80'dir (95% CI 6,89 ila 13,95; p=0,000; I2 =73,4), önemli bir yayın yanlılığı yoktur (Egger'in p=0,66). Domuz işçileri için OR 15,41'de en yüksekti (95% CI 9,24 ila 25,69), bunu sığır işçileri (11,62, %95 CI 4,60 ila 29,36), veterinerler (7,63, %95 CI 3,10 ila 18,74), at işçileri (7,45, %95 CI 2,39 ila 23,25), hayvancılık işçileri (5,86, %95 CI 1,14 ila 30,16), kümes hayvanı işçileri (5,70, %95 CI 1,70 ila 19,11) ve endüstriyel mezbaha işçileri (4,69, %95 CI 1,10 ila 20,0) izlemiştir (34). Bu çalışmada örnekleme türü farklı olmasına rağmen izolasyon ve identifikasyon sonucunda *S. aureus* örneklerinin %37,5 MRSA bulunmuştur. İki çalışma arasında benzerlik gözlemlenmektedir.

Feuer ve ark. (2021), 175.171 adet örnekten alınan bakteriyel muayene sonuçları analiz etmiş ve bu örneklerin 5526'sında *S. aureus* (%3,2) tespit edilmiş; *S. aureus* örneklerinin %17,8'inde metisiline direnç bulmuştur (36). Bizim çalışmamızda 100 örnekten 8 adeti *S. aureus* (%8) olarak tespit edilmiştir. *S. aureus* örneklerinin 8 adet'inin 3'ünde (%37,5) metisiline direnç bulunmuştur. Her iki çalışmada izole edilen *S. aureus* ve MRSA tespit oranları benzerlik göstermektedir.

Neradova ve ark. (2020), sağlıklı veteriner hekimlerden alınan, toplam 134 burun sürüntüsünü MRSA varlığı açısından test etmişlerdir (44). İzole edilmiş dokuz MRSA suşu, sekans tipi (ST), spa tipi (t) ve *Staphylococcal Cassette Chromosome mec* tipi ile karakterize edilmiştir. ST398-t011-IV (n = 5), ST398-t2330-IV (n = 1), ST398-t034-V (n = 1), ST225-t003-II (n = 1) ve ST4894-t011-IV (n = 1) olmak üzere beş farklı genotip tanımlanmıştır. Hayvanlarda tespit edilen MRSA suşları, 8 (%6,72) veteriner hekimde de bulunmuştur. Hayvan suşları arasında tek bir baskın klonal kompleks spa-CC11'e ait üç spa tipi (t011, t034, t2330) tanımlanmıştır. Bizim çalışmamızda insan kaynaklı MRSA tipi, koyundan izole edilmiş; Neradova ve ark. (2020) yaptığı çalışmada hayvan kaynaklı MRSA tipinin insandan izole edildiği gözlemlenmiştir. Bu iki çalışmadaki birbirinin tersi durumlar MRSA'nın türler arası geçişini ve konakçı spesifitesi olmadan çeşitli türlerde kolonize olabileceğini kanıtlar niteliktedir. Her iki çalışmada MRSA tespit oranları benzerlik göstermektedir.

Stella ve ark. (2020), veteriner hastanesindeki malzeme ve ekipmanlardan alınan sürüntüler sonucunda elde edilen 276 örnekten, 21'inde (%7,6) *S. aureus* identifiye etmişlerdir (45). İdentifiye edilen 21 adet *S. aureus* suşunun 4'ünün (%19,0) direnç geni olan *mecA* genini taşıdığı saptanmıştır. Ancak 4 suştan 2 tanesi, cefoxitine fenotipik olarak direnç göstermiştir. Bizim çalışmamızda çevresel örnek olarak tavuk yemliğinde MRSA olduğu gözlemlenmiştir. 8 adet *S. aureus*'un 3'ünde (%37,5) metisiline direnç bulunmuştur. Her iki çalışmada izole edilen *S. aureus* ve MRSA tespit oranları benzerlik göstermektedir.

Mulders ve ark. (2010), kümes hayvanlarında ve mezbaha personeline MRSA taşıyıcılığını belirlemek için altı mezbahada 40 Hollanda broiler piliç sürüsü ve 466 personelden örnek almışlardır (46). Çalışanlardan 446'sından, 26'sı (%5,6) MRSA pozitif olduğu saptanmıştır. Broiler sürüsünden (40 adet) ve mezbahadan 405 adet örnek alınmış ve bunların %6,9'unun, MRSA pozitif olduğu saptanmıştır. Mulders ve ark.'nın yaptığı çalışmada, broilerlerde bulunan MRSA'nın mezbaha işçileri, mezbahaya kesim için gelen hayvanlar ve kesimden sonra broiler karkaslarını kontamine ettiği bildirilmiştir. Her iki çalışmada identifiye edilen MRSA'ların oranı benzerlik göstermektedir.

Yaptığımız MLST analizi sonucunda koyun burnundan izole edilen 1 (KB8-15) numaralı izolat, pta_up ve tpi_up; koyun burnundan izole edilen 2 (KB10-1) numaralı izolat, tpi_up; tavuk yemliğinden izole edilen 8 (TY1-2) numaralı izolat, Arc_up genler yönünden pozitif tespit edilen 3 izolatın klonlarının farklı olduğu saptanmıştır. Daha fazla sayıda örnek ile çalışılması klonal ilişkinin belirlenmesi açısından faydalı olacaktır. Ayrıca etik nedenlerden dolayı insan izolatları ile karşılaştırma yapılamamıştır. Gerek hayvan sağlığı gerekse insanlarda ciddi hastalık ve kontaminasyona sebep olan MRSA'nın konakçı spesifitesi olmayan çok ciddi bir zoonoz olduğu gösterilmiştir. MRSA'nın rutin olarak takip edilmesi gerektiği düşünülmektedir.

KAYNAKÇA

1. Price, L. B., Stegger, M., Hasman, H., Aziz, M., Larsen, J., Andersen, P. S., Pearson, T., Waters, A. E., Foster, J. T., Schupp, J., Gillece, J., Driebe, E., Liu, C. M., Springer, B., Zdovc, I., Battisti, A., Franco, A., Zmudzki, J., Schwarz, S., Butaye, P., ... Aarestrup, F. M. (2012). Staphylococcus aureus CC398: host adaptation and emergence of methicillin resistance in livestock. *mBio*, 3(1), e00305-11. <https://doi.org/10.1128/mBio.00305-11>
2. Khairullah, A. R., Sudjarwo, S. A., Effendi, M. H., Ramandinianto, S. C., Widodo, A., & Riwu, K. H. P. (2022). A review of horses as a source of spreading livestock-associated methicillin-resistant Staphylococcus aureus to human health. *Veterinary world*, 15(8), 1906–1915. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2022.1906-1915>
3. Weese, J. S. (2004). Methicillin-resistant Staphylococcus aureus in horses and horse personnel. *Veterinary Clinics: Equine Practice*, 20(3), 601-613.
4. Othman, A. A., Hiblu, M. A., Abbassi, M. S., Abouzeed, Y. M., & Ahmed, M. O. (2021). Nasal colonization and antibiotic resistance patterns of Staphylococcus species isolated from healthy horses in Tripoli, Libya. *Journal of equine science*, 32(2), 61–65. <https://doi.org/10.1294/jes.32.61>
5. Fukunaga, B. T., Sumida, W. K., Taira, D. A., Davis, J. W., & Seto, T. B. (2016). Hospital-Acquired Methicillin-resistant Staphylococcus aureus Bacteremia Related to Medicare Antibiotic Prescriptions: A State-Level Analysis. *Hawai'i journal of medicine & public health : a journal of Asia Pacific Medicine & Public Health*, 75(10), 303–309.
6. Reichmann, N. T., & Pinho, M. G. (2017). Role of SCCmec type in resistance to the synergistic activity of oxacillin and ceftiofur in MRSA. *Scientific reports*, 7(1), 6154. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-06329-2>
7. Rahmaniari, R. P., Yunita, M. N., Effendi, M. H., & Yanestria, S. M. (2020). Encoding gene for methicillin resistant Staphylococcus aureus (MRSA) isolated from nasal swab of dogs. *The Indian Veterinary Journal*, 97(2), 37-40.
8. Pannewick, B., Baier, C., Schwab, F., & Vonberg, R. P. (2021). Infection control measures in nosocomial MRSA outbreaks—Results of a systematic analysis. *Plos one*, 16(4), e0249837.
9. Garoy, E.Y., Gebreab, Y.B., Achila, O.O., Tekeste, D.G., Kesete, R., Ghirmay, R., Kiflay, R. and Tesfu, T. (2019) Methicillin-resistant Staphylococcus aureus (MRSA): prevalence and antimicrobial sensitivity pattern among patients a multicenter study in Asmara, Eritrea. *Can. J. Infect. Dis. Med. Microbiol.*, 2019(1): 8321834.
10. Gopal, S. and Divya, K.C. (2017) Can methicillin-resistant Staphylococcus aureus prevalence from dairy cows in India act as a potential risk for community-associated infections? A review. *Vet. World*, 10(3): 311–318.
11. Anzai, T., Kamada, M., Kanemaru, T., Sugita, S., Shimizu, A. and Higuchi, T. (1996) Isolation of methicillin-resistant Staphylococcus aureus (MRSA) from mares with metritis and its zoonosis. *J. Equine Sci.*, 7(1): 7–11.
12. Khairullah, A.R., Sudjarwo, S.A., Effendi, M.H., Ramandinianto, S.C., Gelolodo, M.A., Widodo, A., Riwu, K.H.P., Kurniawati, D.A. and Rehman, S. (2022) Profile of multidrug resistance and methicillin-resistant Staphylococcus aureus (MRSA) on dairy cows and risk factors from farmers. *Biodiversitas*, 23(6): 2853–2858.
13. Harijani, N., Wandari, A., Effendi, M.H. and Tyasningsih, W. (2020) Molecular detection of encoding enterotoxin C gene and profile of antibiotic-resistant on Staphylococcus aureus isolated from several dairy farms in East Java, Indonesia. *Biochem. Cell. Arch.*, 20(1): 3081–3085.

14. Decline, V., Effendi, M.H., Rahmaniari, R.P., Yanestria, S.M. and Harijani, N. (2020) Profile of antibiotic-resistant and presence of methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* from nasal swab of dogs from several animal clinics in Surabaya, Indonesia. *Int. J. One Health*, 6(1): 90–94.
15. Yunita, M.N., Effendi, M.H., Rahmaniari, R.P., Arifah, S. and Yanestria, S.M. (2020) Identification of spa gene for strain typing of methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA) isolated from nasal swab of dogs. *Biochem. Cell. Arch.*, 20(1): 2999–3004.
16. Khairullah, A.R., Ramandinianto, S.C. and Effendi, M.H. (2020) A review of livestock-associated methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* (LA-MRSA) on bovine mastitis. *Syst. Rev. Pharm.*, 11(7): 172–183.
17. Khairullah, A.R., Sudjarwo, S.A., Effendi, M.H., Harijani, N., Tyasningsih, W., Rahmahani, J., Permatasari, D.A., Ramandinianto, S.C., Widodo, A. and Riwu, K.H.P. (2020) A review of methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA) on milk and milk products: Public health importance. *Syst. Rev. Pharm.*, 11(8): 59–69.
18. McCarthy, A.J., van Wamel, W., Vandendriessche, S., Larsen, J., Denis, O., Garcia-Graells, C., Uhlemann, A.C., Lowy, F.D., Skov, R., and Lindsay, J.A. (2012) *Staphylococcus aureus* CC398 clade associated with human-to-human transmission. *Appl. Environ. Microbiol.*, 78 (24): 8845–8848.
19. Turner, N.A., Sharma-Kuinkel, B.K., Maskarinec, S.A., Eichenberger, E.M., Shah, P.P., Carugati, M., Holland, T.L. and Fowler, V.G. (2019) Methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*: An overview of basic and clinical research. *Nat. Rev. Microbiol.*, 17(4): 203–218.
20. Haag, A.F., Fitzgerald, J.R. and Penadés, J.R. (2019) *Staphylococcus aureus* in animals. *Microbiol. Spectr.*, 7(3): 60.
21. Kinross, P., Petersen, A., Skov, R., Van Hauwermeiren, E., Pantosti, A., Laurent, F., Voss, A., Kluytmans, J., Struelens, M.J., Heuer, O., Monnet, D.L. and The European Human LA-MRSA Study Group. (2017) Livestock-associated methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA) among human MRSA isolates, European Union/European Economic Area countries, 2013. *Eurosurveillance*, 22(44): 16–00696.
22. Van Balen, J., Mowery, J., Piraino-Sandoval, M., NavaHoet, R.C., Kohn, C. and Hoet, A.E. (2014) Molecular epidemiology of environmental MRSA at an equine teaching hospital: Introduction, circulation and maintenance. *Vet. Res.*, 45(1): 31.
23. Koop, G. (2016) MRSA transmission between horses and vets: Who’s doing the infecting? *Vet. Rec.*, 178(19): 471–472.
24. Simor, A.E., Ofner-Agostini, M., Bryce, E., Green, K., McGeer, A., Mulvey, M., and Paton, S. (2001) Canadian Nosocomial Infection Surveillance Program, Health Canada. The evolution of methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* in Canadian hospitals: 5 years of national surveillance. *CMAJ*, 165: 21–26.
25. Van den Eede, A., Martens, A., Feryn, I., Vanderhaeghen, W., Lipinska, U., Gasthuys, F., Butaye, P., Haesebrouck, F. and Hermans, K. (2012) Low MRSA prevalence in horses at farm level. *BMC Vet. Res.*, 8: 213.
26. Seguin, J.C., Walker, R.D., Caron, J.P., Kloos, W.E., George, C.G., Hollis, R.J., Jones, R.N. and Pfaller, M.A. (1999) Methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* outbreak in a veterinary teaching hospital: Potential human-to-animal transmission. *J. Clin. Microbiol.*, 37(5): 1459–1463.
27. Vivas, R., Barbosa, A.A.T., Dolabela, S.S. and Jain, S. (2019) Multidrug-resistant bacteria and alternative methods to control them: An overview. *Microb. Drug Resist.*, 25(6): 890–908.

28. Maalej, S.M., Trabelsi, J.J., Claude-Alexandre, G., Boutiba, I., Mastouri, M., Besbes, S., Barguellig, F., Laurent, F. and Hammami, A. (2019) Antimicrobial susceptibility and molecular epidemiology of methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* in Tunisia: Results of a multicenter study. *J. Infect. Dis. Epidemiol.*, 5(2): 71.
29. Zarfel, G., Luxner, J., Folli, B., Leitner, E., Feierl, G., Kittinger, C. and Grisold, A. (2016) Increase of genetic diversity and clonal replacement of epidemic methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* strains in South-East Austria. *FEMS Microbiol. Lett.*, 363(14): fnw137.
30. de Araujo, F.P., Monaco, M., Grosso, M.D., Pirolo, M., Visca, P. and Pantosti, A. (2021) *Staphylococcus aureus* clones causing osteomyelitis: A literature review (2000–2020). *J. Glob. Antimicrob. Resist.*, 26: 29–36.
31. Witte, W., Strommenger, B., Stanek, C. and Cuny, C. (2007) Methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* ST398 in humans and animals, Central Europe. *Emerg. Infect. Dis.*, 13(2): 255–258.
32. Dweba, C.C., Zishiri, O.T. and Zowalaty, M.E.E. (2018) Methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*: Livestock-associated, antimicrobial, and heavy metal resistance. *Infect. Drug Resist.*, 11: 2497–2509.
33. van Duijkeren, E., Moleman, M., Sloet van Oldruitenborgh-Oosterbaan, M. M., Mullem, J., Troelstra, A., Fluit, A. C., van Wamel, W. J., Houwers, D. J., de Neeling, A. J., & Wagenaar, J. A. (2010). Methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* in horses and horse personnel: an investigation of several outbreaks. *Veterinary microbiology*, 141(1-2), 96–102. <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2009.08.009>
34. Chen, C., & Wu, F. (2021). Livestock-associated methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* (LA-MRSA) colonisation and infection among livestock workers and veterinarians: a systematic review and meta-analysis. *Occupational and Environmental Medicine*, 78(7), 530-540
35. Stull, J. W., Kenney, D. G., Slavić, D., & Weese, J. S. (2012). Methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* in a neonatal alpaca. *The Canadian veterinary journal = La revue vétérinaire canadienne*, 53(6), 670–672.
36. Feuer, L., Frenzer, S. K., Merle, R., Leistner, R., Bäumer, W., Bethe, A., ... & Bartel, A. (2024). Prevalence of MRSA in canine and feline clinical samples from one-third of veterinary practices in Germany from 2019–2021. *Journal of Antimicrobial Chemotherapy*, 79(9), 2273-2280.
37. ÖZEN, N. S., DAĞLAR, D., BAYSAN, B. Ö., YILDIRIM, Ç., YAZISIZ, H., ÖĞÜNÇ, D., ... & GÜLTEKİN, M. (2011). METİSİLİN DİRENÇLİ STAPHYLOCOCCUS AUREUS SUŞLARININ SAPTANMASINDA MRSA İD KROMOJENİK BESİYERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ. *Ankem Derg*, 25(1), 31-34.
38. <https://www.eurl-ar.eu/protocols.aspx>
39. https://www.eucast.org/mic_and_zone_distributions_and_ecoffs
40. MRSA Chromogenic Modified Agar Base Formato 500 g (condalab.com)
41. BLAST: Basic Local Alignment Search Tool
42. Holden, M. T., Feil, E. J., Lindsay, J. A., Peacock, S. J., Day, N. P., Enright, M. C., Foster, T. J., Moore, C. E., Hurst, L., Atkin, R., Barron, A., Bason, N., Bentley, S. D., Chillingworth, C., Chillingworth, T., Churcher, C., Clark, L., Corton, C., Cronin, A., Doggett, J., ... Parkhill, J. (2004). Complete genomes of two clinical *Staphylococcus aureus* strains: evidence for the rapid evolution of virulence and drug resistance. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 101(26), 9786–9791. <https://doi.org/10.1073/pnas.0402521101>

43. Submitted (20-JUL-2010) Human Genome Sequencing Center, Baylor College of Medicine, One Baylor Plaza, Houston, TX 77030, USA
44. Neradova, K., Jakubu, V., Pomorska, K., & Zemlickova, H. (2020). Methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* in veterinary professionals in 2017 in the Czech Republic. *BMC veterinary research*, *16*, 1-6.
45. Stella, A. E., Lima, T. F., Moreira, C. N., & De Paula, E. M. (2020). Characterization of *Staphylococcus aureus* strains isolated from veterinary hospital. *International Journal of Microbiology*, *2020*(1), 2893027.
46. Mulders, M. N., Haenen, A. P., Geenen, P. L., Vesseur, P. C., Poldervaart, E. S., Bosch, T., Huijsdens, X. W., Hengeveld, P. D., Dam-Deisz, W. D., Graat, E. A., Mevius, D., Voss, A., & Van De Giessen, A. W. (2010). Prevalence of livestock-associated MRSA in broiler flocks and risk factors for slaughterhouse personnel in The Netherlands. *Epidemiology and infection*, *138*(5), 743–755. <https://doi.org/10.1017/S0950268810000075>

FARKLI BİTKİ ARTIKLARINDAN ELDE EDİLEN BİYOKÖMÜRLERİN TOPRAK HİDROLİK İLETKENLİĞİ ÜZERİNE ETKİSİ

Dr. Öğr. Üyesi Vildan ERCİ (ORCID:0000-0002-0373-024X)

Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Konya,
Email:vildanerci@selcuk.edu.tr

Doç. Dr. İlknur GÜMÜŞ (ORCID:0000-0002-9689-8999)

Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Konya,
Email:ersoy@selcuk.edu.tr

Özet

Biyokömür, bitki artıklarının yüksek sıcaklıklarda, oksijenin yokluğunda parçalanmasıyla gerçekleşen ve sonuç olarak, karbon açısından zengin, stabil bir üründür. Biyokömür, tarım uygulamalarında önemli bir yere sahiptir çünkü toprak sağlığını iyileştirme, su tutma kapasitesini artırma ve besin maddelerinin tutulmasını sağlama gibi birçok fayda sunmaktadır. Bu bağlamda, biyokömürlerin farklı bitki artıklarından elde edilmesi, tarımsal verimlilik ve sürdürülebilir tarım uygulamaları açısından büyük önem taşımaktadır. Özellikle, biyokömürün toprak yapısına olan katkıları, suyun toprakta daha uzun süre kalmasını sağlayarak bitkilerin suya erişimini artırır. Bu durum, kuraklık dönemlerinde bitkilerin dayanıklılığını artırırken, aynı zamanda tarımsal verimliliği de olumlu yönde etkiler. Dolayısıyla, biyokömürün kullanımı, tarımsal üretimde verimliliği artırmak için önemli bir strateji olarak değerlendirilmektedir. Yapılan bu çalışma bölgemiz yoğun üretim ürünlerinden olan arpa, mısır ve lavanta bitki artıkları kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu bitkilerin her biri, farklı kimyasal ve fiziksel özelliklere sahip olup, bu özellikler biyokömür üretiminde ve sonrasında toprak üzerindeki etkilerinde önemli rol oynamaktadır. Bu çalışma; 450°C piroliz sıcaklığında elde edilen biyokömürlerin bazı fiziksel özellikleri (pH, EC, C/N vb.) ile biyokömürlerin partikül dane dağılımlarının toprak hidrolik iletkenliği üzerindeki etkilerini incelemek amacıyla gerçekleştirilmiştir. Elde edilen biyokömürler, kumlu bir toprağa farklı dozlarda (% 0, 1, 2, 4) uygulanmıştır. Bu fiziksel özellikler, biyokömürün toprak üzerindeki etkilerini anlamak açısından kritik öneme sahiptir. Hidrolik iletkenlik açısından yapılan uygulamalar değerlendirildiğinde, her bir bitki artığından elde edilen biyokömürlerin toprağa uygulanan doz artışına paralel olarak hidrolik iletkenliklerinde azalmaya neden olduğu tespit edilmiştir. Mısır biyokömürünün en yüksek doz uygulamasında en düşük hidrolik iletkenlik belirlenmiştir. Bu sonuç, mısır biyokömürünün toprakta suyun hareketini sınırlayıcı bir etki yarattığını göstermektedir. Lavanta biyokömürünün en yüksek uygulama dozunda ise diğer uygulamalara kıyasla en yüksek hidrolik iletkenlik değeri gözlemlenmiştir. Elde edilen değerler istatistiksel olarak önemli bulunmuş olup, bu durum biyokömürlerin farklı bitki artıkları arasında değişkenlik gösteren etkilerini vurgulamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Biyokömür, Hidrolik İletkenlik, Partikül Boyutu.

**THE EFFECT OF BIOCHAR FROM DIFFERENT PLANT WASTES ON SOIL
HYDRAULIC CONDUCTIVITY**

Abstract

Biochar is a carbon-rich, stable product that results from the breakdown of plant residues at high temperatures in the absence of oxygen. Biochar has an important role in agricultural practices because it offers many benefits such as improving soil health, increasing water holding capacity and nutrient retention. In this context, the extraction of biochar from different plant residues is of great importance for agricultural productivity and sustainable agricultural practices. Biochar's contribution to soil structure increases plant access to water by allowing water to remain in the soil longer. This increases the resilience of plants during drought periods, while also positively affecting agricultural productivity. Therefore, the use of biochar is considered as an important strategy to increase productivity in agricultural production. This study was carried out using barley, corn and lavender plant residues, which are among the intensive production crops in our region. Each of these plants has different chemical and physical properties and these properties play an important role in biochar production and its subsequent effects on soil. This study was carried out to investigate the effects of some physical properties (pH, EC, C/N etc.) of biochar obtained at 450⁰C pyrolysis temperature and particle size distribution of biochar on soil hydraulic conductivity. The biochar was applied to sandy soil at different doses (0, 1, 2, and 4%). These physical properties are critical for understanding the effects of biochar on soil. When the treatments were evaluated in terms of hydraulic conductivity, it was determined that the biochar obtained from each plant residue caused a decrease in hydraulic conductivity in parallel with the increase in the dose applied to the soil. The lowest hydraulic conductivity was determined in the highest dose application of corn biochar. This result shows that corn biochar has a limiting effect on the movement of water in the soil. The highest hydraulic conductivity value was observed in the highest application dose of lavender biochar compared to the other treatments. The values obtained were statistically significant, which emphasizes the varying effects of biochar among different plant residues.

Keywords: Biochar, Hydraulic Conductivity, Particle Size.

1. INTRODUCTION

By 2050, the world population is expected to reach approximately 9.7 billion people, requiring a significant increase in food production to meet increasing demand. It is estimated that food production will need to increase by around 70% to meet these needs, particularly in developing countries (Alexandratos & Bruinsma, 2012). To address this challenge, enhancing crop yields across all regions is crucial (Jameel et al., 2023). Efforts to boost crop production are currently underway, focusing on sustainable and effective soil improvement methods. More than 40,000 soil enhancement projects are being implemented globally, with an annual investment exceeding 6 billion U.S. dollars (DeJong et al., 2010).

In addressing the challenges associated with low-quality soils characterized by low fertility, inadequate water retention, extensive erosion, and high evaporation rates, significant efforts must be made to enhance soil quality (Glaş et al., 2018; Zhao et al., 2022). These degraded soils, often exacerbated by improper agricultural practices and severe drought conditions linked to climate change, face further degradation processes such as sandification and desertification. Such phenomena lead to an increase in water loss through evaporation and a decrease in the soil's ability to retain moisture, thereby negatively impacting agricultural productivity. Therefore, it is imperative to implement urgent measures aimed at mitigating or reversing the effects of desertification, with a focus on improving water retention and soil fertility in these compromised landscapes (Hou et al., 2020).

It is crucial to use both organic and inorganic soil amendments to address the difficulties involved in improving the qualities of degraded soil (Jantamenchai et al., 2022). Among these amendments, materials such as biochar (BC), vermicompost, and Super Absorbent Polymers (SAPs) are noteworthy, as they can be derived from agricultural residues, either through recycling or synthetic processes (Ding et al., 2021). The significance of biochar and similar substances is well-documented in scientific literature, highlighting their multifaceted benefits, including carbon sequestration, greenhouse gas reduction, enhancement of soil fertility, pollutant removal, and drought mitigation (Zomorodian et al., 2019). Additionally, some research supports biochar's ability to improve water retention and nutrient availability in soil, which is critical for sustainable crop production (Lehmann & Joseph, 2024). The production of biochar involves various techniques, including direct combustion and pyrolysis, with pyrolysis being particularly effective (D. Chen et al., 2016). This thermal decomposition process converts biomass into biochar, bio-oil, and non-condensable gases at temperatures ranging from 200 to 750 °C, all while maintaining an oxygen-free environment (W.-H. Chen et al., 2021).

The term "biochar" denotes a carbon-rich solid byproduct produced through the slow pyrolysis of residual biomass (Irfan et al., 2016). The composition of biochar can vary significantly based on the type of feedstock used and the specific pyrolysis conditions applied during its production. For instance, the pH level of biochar can range from 4 to 12, contingent upon the raw materials utilized (Allahkarami et al., 2022). In addition to enhancing soil water retention, permeability, and fertility, biochar contributes positively to soil properties by providing substantial nutrient content due to its high cation exchange capacity, which in turn supports increased crop productivity. Moreover, the enhancement of biochar's surface area through size reduction techniques can further improve its distribution and functional properties ((Zamani & Mahmoodabadi, 2013). A thorough understanding of how biochar interacts with

the hydraulic and physical properties of soil is crucial for managing soil resilience against drought and wind erosion, particularly in arid regions (Gheysari et al., 2016).

In this study, an experiment was conducted to evaluate the impact of biochar, produced through pyrolysis from various plant residues, on the hydraulic conductivity of soils. The study involved applying biochar at different rates to assess its effects. Specifically, the investigation aimed to explore the correlation between the biochar's characteristics and the soil's water retention capacity, which is crucial for determining the most suitable type of biochar and application technique. The findings of this research are expected to provide valuable insights into utilizing biochar as a soil amendment to mitigate soil water evaporation effectively.

2. MATERIAL-METHOD

2.1. Soil Sample and Biochar Production

The soil samples utilized in this research were collected from the region of Konya-Karapınar, located at coordinates 37°41'13.97''N and 33°30'52.16''D. This area experiences a typical continental climate, characterized by extremely hot and dry summers, alongside cold and snowy winters. Over a period of 21 years, the average annual temperature in this region is 10.9 °C, making it one of the driest locations in Turkey. Data spanning 29 years indicates that the average annual precipitation is approximately 279.5 mm. The soil samples were taken from the surface layer at a depth of 0-10 cm. In the laboratory, these samples were air-dried in a shaded area, subsequently sieved through a 2 mm mesh, and stored for further analysis. Figure 1 presents some of the key properties of the soil samples collected.

Parameters	Values	Methods
Texture	Sandy	Gee & Bauder, 2018
pH (1:2,5, Soil:Pure Water)	8.15	Kacar, 2009
EC (1:2,5, Soil:Pure Water; $\mu\text{S}/\text{cm}$)	384	Kacar, 2009
Aggregate Stability (AS) %	41.18	Gugino et al., 2009
Field Capacity (FC) (g g^{-1})	0.13	Klute, 1986
Permanent Wilting Point (PWP) (g g^{-1})	0.09	Klute, 1986
Available Water Capacity (AWC) (g g^{-1})	0.04	-
Organic Matter (OM) (%)	0.43	Wright & Bailey, 2001)

Figure 4 Some properties of the soil sample

Corn straw, barley straw and lavender residues, used as raw materials for biochar production, were purchased from local farmers in the Konya region. The collected agricultural residues were cut into 2 cm pieces and dried at 70 °C to constant weight. After drying, the materials were covered with industrial-grade aluminum foil and placed in a temperature-controlled muffle furnace for the carbonization process. The plant samples covered with aluminum foil were pyrolyzed at 450 °C for 120 min. at a heating rate of 20 °C per/min. After pyrolysis, the resulting biochar was stored at specific dosages for subsequent analysis of its properties and application to soil samples. Figure 2 shows some properties of the biochar produced.

	BIOCHAR		
	Maize	Lavander	Barley
pH (Soil:Pure Water;1:10)	10.23	11.10	9.15
EC (Soil:Pure Water;1:10)(ds m ⁻¹)	1.94	2.03	1.31
%C	64.6	60.3	51
%N	0.58	1.1	0.7
C/N	111.37	54.81	72.85

Figure 5 Some characteristics of biochar

2.2. Determination of Particle Size Distribution

A total of 100 g of biochar samples were subjected to sieving for 5 min. using a set of sieves with varying diameters (8-4-2-1-0.5-0.1-0.05 mm). The biochar that remained on each sieve after the sieving process was weighed individually to ascertain the particle size distribution. This procedure was repeated three times for each type of biochar material, and the results were averaged.

2.3. Hydraulic Conductivity Analysis

Biochar was incorporated into the soil samples at designated application rates of 0%, 1%, 2%, and 4%. Following the application, the samples were placed into cylinders with specific diameters and volumes (5 cm, 100 cm³) to ensure that no air pockets were present (Richards & Ogata, 1958). The saturated hydraulic conductivity (K_{sat}) values of the soils were measured under laboratory conditions using a Mariotte apparatus, in accordance with Darcy's law. (Yakupoğlu & Yüce, 2017)

Using this method, the samples were prepared in triplicate and immersed in water for 72 h to achieve saturation through capillarity. Afterward, a consistent water load was maintained by ponding water to a height of 5.0 ± 0.2 cm above the saturated soil in the columns. The volume of water exiting the system was measured and recorded over time, from the onset of flow until stabilization, allowing for the calculation of K_{sat} using Equation 1.

$$K_{sat} = VxL/(Axt(h+L)) \quad \text{Equation 1.}$$

K_{sat} : Hydraulic conductivity at saturated conditions (mm h⁻¹)

t: Time(h)

V: Volume of water collected in the container during period t (mm³)

A: Cross-sectional area of the flow column (mm²)

L: Thickness of the soil section (mm)

h: Water load (mm)

3. RESULTS AND DISCUSSION

3.1. Particle Size Distribution of Biochar

The particle size distributions of three different types of biochar are illustrated in Figure 3. Corn biochar has the largest particle size fraction among the samples studied, with over 81% of

its distribution exceeding 1 mm. Following this, lavender biochar exhibits a particle size distribution greater than 1 mm at over 56%. In contrast, barley biochar contains approximately 33% of its particles measuring less than 0.5 mm (Figure 3). These observations will facilitate the development and application of specific particle sizes aimed at achieving targeted hydraulic enhancements (Naisse et al., 2015). Biochar with a particle size distribution of 60% and greater than 1 mm has been found to be more effective in enhancing water retention in sandy soils compared to biochar with lower particle size distributions; however, this effect varies in clay soils (Lim et al., 2016). The prevailing assumption is that biochar improves water holding capacity due to the abundance of micro- and nanoscale pores present within the biochar particles (Joseph et al., 2010; Kinney et al., 2012; Yu et al., 2009). Additionally, a study indicated significant variations in the carbon content of biochar derived from wood chips and pine residues based on their particle size distribution (Ramanayaka et al., 2020). Herath et al., (2013) noted that biochar particles larger than 0.5 mm tend to fill soil voids. Consequently, while the addition of biochar modifies saturated hydraulic conductivity, these alterations are primarily attributed to differences in particle size rather than the internal porosity of the biochar. Variations in particle size can significantly influence the overall moisture retention capacity of the soil (Novak et al., 2012).

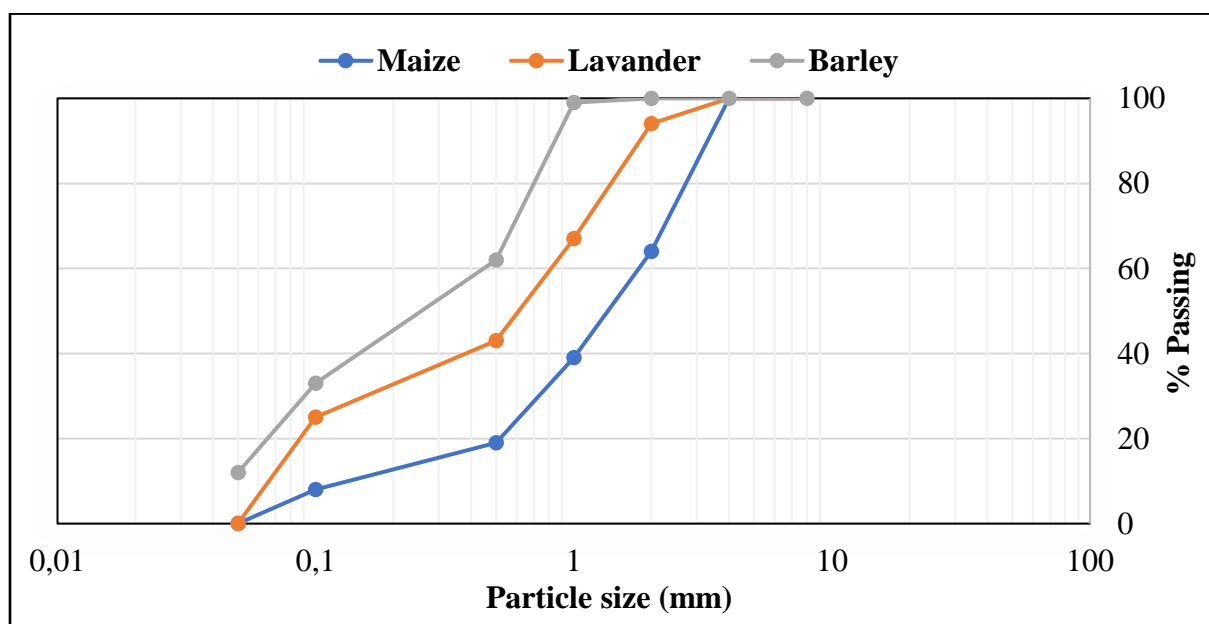


Figure 6 Particle Size Distribution of Biochar

3.2. Changes in Saturated Hydraulic Conductivity

The study revealed a decreasing trend in hydraulic conductivity as the dosage of biochar increased. The lowest hydraulic conductivity was recorded at a 4% application of corn biochar treatment. In the control samples, the water flow rate was approximately 123 mm h⁻¹, but this rate progressively declined with each biochar treatment as the dosage increased. This suggests that biochar treatments enhance water retention in sandy soils. Furthermore, the application of biochar with larger particle sizes (60%; >1 mm) had a more pronounced effect on reducing saturated hydraulic conductivity (K_{sat}) compared to biochar with smaller particle sizes (60%; <1 mm) (Figure 4). Specifically, the 4% application of maize biochar resulted in a 64.6% reduction in K_{sat} compared to the control, while the 4% application of barley biochar led to a

51% reduction (Figure 4). Increasing the application rates of biochar significantly reduced the saturated hydraulic conductivity (K_{sat}), with the most substantial decrease observed (Figure 4). This reduction in K_{sat} may be beneficial for sandy soils, as it allows plant roots to remain in contact with the infiltration front for a longer duration. Consequently, this can lead to enhanced biomass yields due to the slower infiltration rates. These findings align with previous research indicating that K_{sat} typically declines in sandy soils following the addition of biochar (Brockhoff et al., 2010).

A study indicated that the application of biochar to soil positively influences aggregate formation, which is associated with pore distribution and hydraulic conductivity, thereby enhancing the water retention and aeration capacity of soils (Gümüş & Şeker, 2015). Another investigation highlighted that, under specific conditions, enriching soil with biochar can improve field capacity and the amount of water available to plants (Liu et al., 2017). (Rabbi et al., 2021) found that biochar application increased the field capacity of soil in a greenhouse experiment. This clearly demonstrates that biochar application can enhance the soil's ability to retain water at field capacity (Cong et al., 2023)

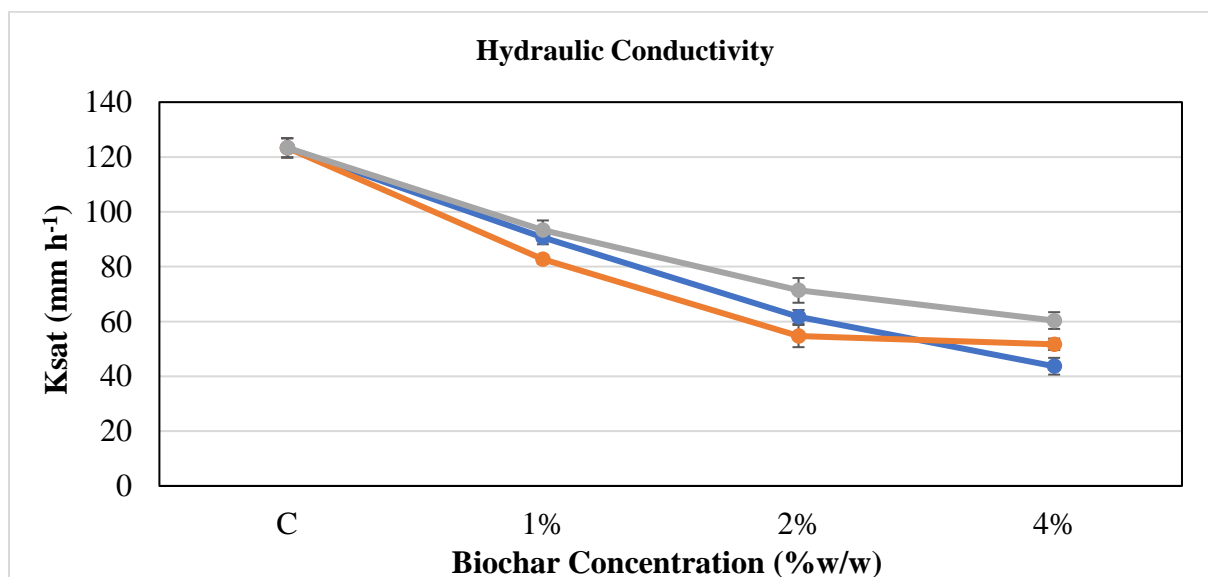


Figure 7 Changes in saturated hydraulic conductivity applying 3 different biochars at ratios of 0.1, 2, and 4% (w/w).

4. CONCLUSION

Overall, this study demonstrates that the particle size distribution of biochar can vary significantly depending on the feedstock used, even under identical pyrolysis conditions. It also highlights that saturated hydraulic conductivity (K_{sat}) is influenced by the particle size distribution of biochar, the rate of application, and the texture of the soil. Specifically, increasing biochar application rates in sandy soil resulted in a decrease in K_{sat} , with larger particle sizes (60%; >1 mm) having a more pronounced effect on reducing K_{sat} . This reduction in K_{sat} may be beneficial for sandy soil, as it allows plant roots to maintain contact with biochar and access water for extended periods. Consequently, this could lead to higher biomass yields due to decreased infiltration rates. However, further research is necessary to fully understand the duration of these effects, particularly given the friable nature of biochar particles.

5. REFERENCES

- Alexandratos, N., & Bruinsma, J. (2012). *World agriculture towards 2030/2050: the 2012 revision*.
- Allahkarami, E., Dehghan Monfared, A., Silva, L. F. O., & Dotto, G. L. (2022). Lead ferrite-activated carbon magnetic composite for efficient removal of phenol from aqueous solutions: synthesis, characterization, and adsorption studies. *Scientific Reports*, *12*(1), 10718. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-15077-x>
- Brockhoff, S. R., Christians, N. E., Killorn, R. J., Horton, R., & Davis, D. D. (2010). Physical and Mineral-Nutrition Properties of Sand-Based Turfgrass Root Zones Amended with Biochar. *Agronomy Journal*, *102*(6), 1627–1631. <https://doi.org/10.2134/agronj2010.0188>
- Chen, D., Yu, X., Song, C., Pang, X., Huang, J., & Li, Y. (2016). Effect of pyrolysis temperature on the chemical oxidation stability of bamboo biochar. *Bioresource Technology*, *218*, 1303–1306. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2016.07.112>
- Chen, W.-H., Farooq, W., Shahbaz, M., Naqvi, S. R., Ali, I., Al-Ansari, T., & Saidina Amin, N. A. (2021). Current status of biohydrogen production from lignocellulosic biomass, technical challenges and commercial potential through pyrolysis process. *Energy*, *226*, 120433. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2021.120433>
- Cong, M., Hu, Y., Sun, X., Yan, H., Yu, G., Tang, G., Chen, S., Xu, W., & Jia, H. (2023). Long-term effects of biochar application on the growth and physiological characteristics of maize. *Frontiers in Plant Science*, *14*. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1172425>
- DeJong, J. T., Mortensen, B. M., Martinez, B. C., & Nelson, D. C. (2010). Bio-mediated soil improvement. *Ecological Engineering*, *36*(2), 197–210. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2008.12.029>
- Ding, Z., Kheir, A. M. S., Ali, O. A. M., Hafez, E. M., ElShamey, E. A., Zhou, Z., Wang, B., Lin, X., Ge, Y., Fahmy, A. E., & Seleiman, M. F. (2021). A vermicompost and deep tillage system to improve saline-sodic soil quality and wheat productivity. *Journal of Environmental Management*, *277*, 111388. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111388>
- Gee, G. W., & Bauder, J. W. (2018). *Particle-size Analysis* (pp. 383–411). <https://doi.org/10.2136/sssabookser5.1.2ed.c15>
- Gheysari, F., Ayoubi, S., & Abdi, M. (2016). Using Cesium-137 to estimate soil particle redistribution by wind in an arid region of central Iran. *EURASIAN JOURNAL OF SOIL SCIENCE (EJSS)*, *5*(4), 285. <https://doi.org/10.18393/ejss.2016.4.285-293>
- Głąb, T., Żabiński, A., Sadowska, U., Gondek, K., Kopeć, M., Mierzwa-Hersztek, M., & Tabor, S. (2018). Effects of co-composted maize, sewage sludge, and biochar mixtures on hydrological and physical qualities of sandy soil. *Geoderma*, *315*, 27–35. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2017.11.034>
- Gugino, B. K., Abawi, G. S., Idowu, O. J., Schindelbeck, R. R., Smith, L. L., Thies, J. E., Wolfe, D. W., & Van Es, H. M. (2009). *Cornell soil health assessment training manual*. Cornell University College of Agriculture and Life Sciences.
- Gümüş, İ., & Şeker, C. (2015). Influence of humic acid applications on modulus of rupture, aggregate stability, electrical conductivity, carbon and nitrogen content of a crusting problem soil. *Solid Earth*, *6*(4), 1231–1236. <https://doi.org/10.5194/se-6-1231-2015>
- Herath, H. M. S. K., Camps-Arbestain, M., & Hedley, M. (2013). Effect of biochar on soil physical properties in two contrasting soils: An Alfisol and an Andisol. *Geoderma*, *209–210*, 188–197. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2013.06.016>

- Hou, D., Bolan, N. S., Tsang, D. C. W., Kirkham, M. B., & O'Connor, D. (2020). Sustainable soil use and management: An interdisciplinary and systematic approach. *Science of The Total Environment*, 729, 138961. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138961>
- Irfan, M., Chen, Q., Yue, Y., Pang, R., Lin, Q., Zhao, X., & Chen, H. (2016). Co-production of biochar, bio-oil and syngas from halophyte grass (*Achnatherum splendens* L.) under three different pyrolysis temperatures. *Bioresource Technology*, 211, 457–463. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2016.03.077>
- Jameel, R., Naqve, M., Zia, M. A., Mahmood, A., Javaid, M. M., & Nadeem, M. A. (2023). Crop Management for Sustainable Wheat Production. In *Climate-Resilient Agriculture, Vol 2* (pp. 107–123). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-031-37428-9_6
- Jantamenchai, M., Sukitprapanon, T.-S., Tulaphitak, D., Mekboonsonglar, W., & Vityakon, P. (2022). Organic phosphorus forms in a tropical sandy soil after application of organic residues of different quality. *Geoderma*, 405, 115462. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2021.115462>
- Joseph, S. D., Camps-Arbestain, M., Lin, Y., Munroe, P., Chia, C. H., Hook, J., van Zwieten, L., Kimber, S., Cowie, A., Singh, B. P., Lehmann, J., Foidl, N., Smernik, R. J., & Amonette, J. E. (2010). An investigation into the reactions of biochar in soil. *Soil Research*, 48(7), 501. <https://doi.org/10.1071/SR10009>
- Kacar, B. (2009). *Toprak analizleri*. Nobel Yayın Dağıtım Ankara.
- Kinney, T. J., Masiello, C. A., Dugan, B., Hockaday, W. C., Dean, M. R., Zygourakis, K., & Barnes, R. T. (2012). Hydrologic properties of biochars produced at different temperatures. *Biomass and Bioenergy*, 41, 34–43. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2012.01.033>
- Klute, A. (1986). *Water Retention: Laboratory Methods* (pp. 635–662). <https://doi.org/10.2136/sssabookser5.1.2ed.c26>
- Lehmann, J., & Joseph, S. (2024). *Biochar for Environmental Management*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781003297673>
- Lim, T. J., Spokas, K. A., Feyereisen, G., & Novak, J. M. (2016). Predicting the impact of biochar additions on soil hydraulic properties. *Chemosphere*, 142, 136–144. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2015.06.069>
- Liu, Z., Dugan, B., Masiello, C. A., & Gonnermann, H. M. (2017). Biochar particle size, shape, and porosity act together to influence soil water properties. *PLOS ONE*, 12(6), e0179079. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0179079>
- Naisse, C., Girardin, C., Lefevre, R., Pozzi, A., Maas, R., Stark, A., & Rumpel, C. (2015). Effect of physical weathering on the carbon sequestration potential of biochars and hydrochars in soil. *GCB Bioenergy*, 7(3), 488–496. <https://doi.org/10.1111/gcbb.12158>
- Novak, J. M., Busscher, W. J., Watts, D. W., Amonette, J. E., Ippolito, J. A., Lima, I. M., Gaskin, J., Das, K. C., Steiner, C., Ahmedna, M., Rehrh, D., & Schomberg, H. (2012). Biochars Impact on Soil-Moisture Storage in an Ultisol and Two Aridisols. *Soil Science*, 177(5), 310–320. <https://doi.org/10.1097/SS.0b013e31824e5593>
- Rabbi, S. M. F., Minasny, B., Salami, S. T., McBratney, Alex. B., & Young, I. M. (2021). Greater, but not necessarily better: The influence of biochar on soil hydraulic properties. *European Journal of Soil Science*, 72(5), 2033–2048. <https://doi.org/10.1111/ejss.13105>
- Ramanayaka, S., Tsang, D. C. W., Hou, D., Ok, Y. S., & Vithanage, M. (2020). Green synthesis of graphitic nanobiochar for the removal of emerging contaminants in aqueous media. *Science of The Total Environment*, 706, 135725. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.135725>

- Richards, L. A., & Ogata, G. (1958). Thermocouple for Vapor Pressure Measurement in Biological and Soil Systems at High Humidity. *Science*, 128(3331), 1089–1090. <https://doi.org/10.1126/science.128.3331.1089>
- Wright, A. F., & Bailey, J. S. (2001). Organic carbon, total carbon, and total nitrogen determinations in soils of variable calcium carbonate contents using a Leco CN-2000 dry combustion analyzer. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 32(19–20), 3243–3258. <https://doi.org/10.1081/CSS-120001118>
- YAKUPOĞLU, T., & YÜCE, G. (2017). Gıda ve Poliakrilamid Uygulamalarının Farklı Tekstürdeki Toprakların Bazı Fiziksel Özellikleri Üzerine Etkileri. *Toprak Su Dergisi*, 55–65. <https://doi.org/10.21657/topraksu.338307>
- Yu, X.-Y., Ying, G.-G., & Kookana, R. S. (2009). Reduced plant uptake of pesticides with biochar additions to soil. *Chemosphere*, 76(5), 665–671. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2009.04.001>
- Zamani, S., & Mahmoodabadi, M. (2013). Effect of particle-size distribution on wind erosion rate and soil erodibility. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 59(12), 1743–1753. <https://doi.org/10.1080/03650340.2012.748984>
- Zhao, L., Xu, W., Guan, H., Wang, K., Xiang, P., Wei, F., Yang, S., Miao, C., & Ma, L. Q. (2022). Biochar increases *Panax notoginseng*'s survival under continuous cropping by improving soil properties and microbial diversity. *Science of The Total Environment*, 850, 157990. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.157990>
- Zomorodian, S. M. A., Ghaffari, H., & O'Kelly, B. C. (2019). Stabilisation of crustal sand layer using biocementation technique for wind erosion control. *Aeolian Research*, 40, 34–41. <https://doi.org/10.1016/j.aeolia.2019.06.001>

**BAZI FINDIK ÇEŞİTLERİNİN DIŞI ÇİÇEK VE ÇOTANAKTAKİ MEYVE
SAYILARI**

Yüksek Lisans Öğrencisi Esra AKSUY (ORCID:0009-0000-7550-8755)

Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Sakarya
Email:esraksuy@gmail.com

Doç. Dr. Hüseyin İrfan BALIK (ORCID:0000-0002-9107-7032)

Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Sakarya
Email:irfanbalik@subu.edu.tr

Özet

Fındık monoik çiçek yapısına sahiptir, sporofitik tipte kendine uyuşmazlık gösterir ve rüzgarla tozlanır. Dikogaminin yaygın olduğu fındıkta erkek ve dişi çiçekler farklı zamanlarda olgunlaşmakta ve çiçeklenmektedir. Çiçeklenme periyodu oldukça uzun olup, çeşit ve ekolojik koşullara bağlı olarak Kasım ile Mart ayları arasında gerçekleşmektedir. Fındıkta dişi çiçekler karışık tomurcuk içerisinde bulunmaktadır. Her dişi çiçeğin 2 stili vardır. Stil yüzeyinin %80'i çiçek tozu kabul edebilir niteliktedir. Fındık eşsiz bir döllenme biyolojisine sahiptir. Tozlanma sırasında dişi çiçeklerde yumurtalık ve tohum taslağı henüz bulunmadığı için çiçek tozları stil üzerinde çimlenir, kısa bir çim borusu oluşturur. Yumurtalık ve tohum taslağı oluşumu tamamlanana kadar yaklaşık 4 ay dinlenme döneminde bekler. Haziran ayında döllenme gerçekleşir, başarılı bir tozlanma ve döllenme sürecinin sonunda yaklaşık 45 gün sürecek olan hızlı bir embriyo gelişim süreci başlar. Fındıkta tozlanan dişi çiçek sayısı kadar çotanakta meyve oluşur ve bu durum verimin ana belirleyicilerindendir. Bu araştırmada, *Corylus avellana* L. türü içerisinde yer alan 20 fındık çeşidi ile *Corylus colurna* L. türüne ait bir genotipin dişi çiçek sayıları ve çotanaktaki meyve sayıları incelenmiştir. Çeşitlere ait dişi çiçek kümeleri reseptif dönemde iken alınmış ve 48 saat süreyle tespit çözeltilisinde ve ardından çiçek sayıları belirlenene kadar %70'lik etil alkolde bekletilmiştir. Dişi çiçek sayıları 2017 yılında 7 (Kargalak)-13 (Çakıldak), 2018 yılında ise 7.3 (FAE-1)-12.7 (Kara) arasında belirlenmiştir. Her iki yılın ortalama çotanaktaki meyve sayıları en düşük Çakıldak'ta (2.71) en yüksek ise Allahverdi'de (4.64) tespit edilmiştir. Sonuç olarak dişi çiçek sayılarının çeşitler arasında ve aynı çeşitte yıllar itibarıyla farklılık gösterdiği belirlenmiştir. Çotanaktaki meyve sayısının ise çeşitlere göre değişmekle birlikte çiçek tozu kaynağına göre farklı olabileceği kanaatine varılmıştır. Her iki özellik bakımından genetik yapının yanı sıra ekolojik, fizyolojik ve biyolojik faktörlerin etkili olabileceği unutulmamalıdır.

Anahtar Kelimeler: *Corylus avellana* L., dişi çiçek, tozlanma, döllenme, çotanaktaki meyve sayısı

**PISTILLATE FLOWERS AND NUMBER OF NUT IN CLUSTERS OF SOME
HAZELNUT CULTIVARS**

Abstract

Hazelnut is monoecious, wind pollinated shrub with a sporophytic self-incompatibility system. Dichogamy is common in hazelnuts, with male and female flowering at different times. The flowering period is quite long and occurs between November and March, depending on the cultivars and ecological conditions. In hazelnut, pistillate flowers are found in complicated buds. Each pistillate flower has 2 styles and 80% of the style surface can accept pollen. Hazelnuts have a unique fertilization biology. Since the ovary and ovule are not yet present in during pollination, the pollen germinates on the style, forms a short pollen tube and waits for a dormant period of approximately 4 months until the ovary and ovule formation occurs. Fertilization occurs in June and at the end of a successful pollination and fertilization process, a rapid embryo development process begins, which will last approximately 45 days. In hazelnut, the number of pollinated pistillate flowers equals the number of nuts in cluster, and this is one of the main determinants of yield. In this study, the number of pistillate flowers and the number of nuts in cluster of 20 hazelnut cultivars of *Corylus avellana* L. and one genotype of *Corylus colurna* L. were investigated. Pistillate flowers were taken during the receptive period and kept in fixative solution for 48 hours and then in 70% ethyl alcohol until flower numbers were determined. The number of pistillate flowers was determined between 7 (Kargalak)-13 (Çakıldak) in 2017 and 7.3 (Fae 1)-12.7 (Kara) in 2018. In the average of both years, the lowest number of nuts in clusters was found in Çakıldak (2.71) and the highest in Allahverdi (4.64). As a result, it was determined that the number of pistillate flowers varied among the varieties and within the same cultivar over the years. It was concluded that the number of nuts in cluster may be different according to the source of pollen, although it varies according to the cultivars. It should be kept in mind that in addition to genetic structure, ecological, physiological and biological factors can be effective in terms of both traits.

Keywords: *Corylus avellana* L., pistillate flower, pollination, fertilization, number of nut in clusters

1. GİRİŞ

Fındık, monoik çiçek yapısına sahiptir. Erkek ve dişi çiçeklenme farklı zamanlarda gerçekleşmekte olup, protandri yaygın olarak görülmektedir. Çiçeklenme kış aylarında olmakla birlikte tozlanma rüzgarla olmaktadır. Çiçeklenme süresi erkek çiçeklerde kısa (7-10 gün), dişi çiçeklerde oldukça uzun (2-3 ay) olabilmektedir. Soğuklama isteği daha az olan erkek çiçek salkımları, çiçeklenme aşamasında uzayarak en uç kısımdan başlamak kaydıyla anterlerin içerisindeki çiçek tozlarının rüzgarla etrafa yayılması sağlanmaktadır. Kar, yağmur ve sisin olmadığı hafif rüzgarlı şartlarda çiçek tozları çok uzak mesafelere taşınabilmektedir. Ancak ideal bir tozlanma için çiçek tozunun en kısa sürede dişi çiçeğin stigmmasına ulaşması gerekmektedir. Başarılı bir tozlanma dişi çiçekler reseptif iken çiçek tozlarının stigmatik stile ulaşması ve stil dokusu üzerinde çim borusu oluşturabileceği sıcaklık, nem koşullarının ideal olması ile mümkün olabilmektedir. Bu aşamada ana ve tozlayıcı çeşit arasında uyumsuzluğun olmaması elbette ilk dikkate alınması gereken kriterdir (Balık ve Arif, 2023).

Fındıkta kendine ve karşılıklı uyumsuzluk vardır. Fındıktaki uyumsuzluk S allelleri ile tek bir lokus tarafından kontrol edilen sporofitik tiptedir (Thompson, 1979). Pistildeki allel genlerin co-dominat, polenekilerin ise dominat ya da co-dominant olduğu belirlenmiştir (Mehlenbacher ve Thompson, 1988). Elektron mikroskobu ile yapılan incelemelerde fındıkta stigma üzerinde uyumsuzluk gösteren bölgelerin varlığı kanıtlanmıştır. Uyumsuzluk durumunda stigmada polen çimlenmesinin geciktiği ve çim borusunun stil içerisine giremediği gözlenmektedir. Tozlayıcı çeşit seçiminde çiçeklenme zamanı ve süresi, üretilen çiçek tozu miktarı ve çiçek tozu canlılığının yanı sıra, tozlayıcı ve ana çeşit arasında uyumsuzluk olup olmadığı daha önemlidir. Diploid türlerde 2 allel gen vardır. Bunların her ikisi de dişi çiçekte bulunduğu için co-dominanttır. Çiçek tozlarındaki allellerden biri stigmadaki allel ile aynı ise dominant, her ikisi ile aynı olduğunda ise co-dominanttır. Çiçek tozundaki allel genle stigmadaki aynı ise uyumsuzluk gerçekleşmektedir. Fındıkta yeterli meyve tutumu için yabancı tozlanma gerekmektedir. En az iki tozlayıcı çeşit önerilmektedir. Tozlayıcılar ana çeşit ile uyumsuzluk göstermemeli, çiçek tozu canlılığı yüksek olmalı, çiçek tozu dağılım süresi mümkün olduğunca uzun olmalıdır (Hampson vd, 1992).

Fındıkta başarılı bir dölleme için çiçek tozu canlılık ve çimlenme oranı yüksek olmalıdır. Fındıkta çiçek tozu kalitesi çeşit, yıl ve ekolojiye bağlı olarak değişmektedir. Farklı sakkaroz konsantrasyonlarında yapılan çimlendirme testlerinde Türk fındık çeşitlerinde çiçek tozu çimlenme oranları %27-76 arasında değişim göstermiştir (Beyhan ve Odabaş, 1995).

Türkiye’de tescilli 20 fındık çeşidi bulunmaktadır. Türk fındık çeşitlerinden mutlak uyumsuzluk gösteren Palaz dışındaki çeşitler kısmen kendine verimli olmasına rağmen yabancı tozlanma durumunda verim daha yüksek olmaktadır (Balık, 2018). Ayrıca polen kaynağına bağlı olarak meyve özelliklerinde bazı farklılıklar olabileceği araştırmacılar tarafından tespit edilmiştir (Ellena vd 2014; Ascari vd, 2018; Balık ve Beyhan 2019a,b,c; Balık ve Beyhan, 2021).

Fındığın dişi çiçeklerinde tozlanma döneminde yumurtalık ve tohum taslakları henüz gelişmemiş durumdadır. Yumurtalık dokusu yerine, dişicik borularının dip kısmında çok belirgin olmayan temel bir doku vardır. Yumurtalık ve tohum taslağı tozlanmadan 3-5 ay sonra, Mayıs-Haziran aylarında gelişmektedir (Germain, 1994; Beyhan, 2000). Bir başka çalışmada ise fındıkta tozlanma ve dölleme arasında çeşit ve yıllara bağlı olarak 2.5-5.5 ay geçtiği belirlenmiştir (Beyhan, 1995).

Fındıkta erkek çiçeklerin bulunduğu silindirik başak tipindeki püsküller Temmuz ayında mevsim sürgünlerinin uç ve yanlarında rahatlıkla fark edilebilir. Püsküllerde 150-200 arasında değişen sayıda erkek çiçek vardır. Diğer taraftan bir gözden birden fazla püskül oluşabilir. Püsküllerdeki her brakte yaprağında 4 adet erkek organ bulunmaktadır. Erkek organların her birinde 2 adet başçık (anter) bulunmaktadır (Beyhan, 1993; Beyhan, 2000). Bir püskül 4-5 milyon arasında değişen sayıda çiçek tozu üretebilmektedir (Mehlenbacher ve Miller, 1988). Diğer ılıman iklim meyve türlerinde olduğu gibi fındıkta da çiçek tomurcuğu gelişimi çiçeklenmeden önceki yaz döneminde başlar. Ancak, dişi çiçek gözleri çiçeklenme dönemine kadar morfolojik olarak vegetatif gözlerden kolaylıkla ayırt edilemez. Çiçek tomurcukları karışık yapıdadır. Bir dişi çiçek tomurcuğunda 3-5 adet yaprak taslağı tespit edilmiştir (Beyhan, 2000). Bir tomurcuktaki dişi çiçeklerin oluşturduğu dişi çiçek kümesi 'karanfil' olarak adlandırılır. Tomurcuklardaki dişi çiçek sayısının Türk fındık çeşitlerinden Kalınkara'da 34'e kadar çıkabildiği ve tomurcuktaki dişi çiçek sayısının çeşide bağlı olarak değiştiği bildirilmiştir. Genel olarak tomurcuktaki dişi çiçek sayısı fazla olan çeşitlerin daha verimli olduğu gözlenmiştir (Beyhan, 1998).

Fındıkta tozlanma sırasında tohum taslakları henüz oluşmamıştır. Tozlanma, tohum taslaklarının gelişmesini teşvik eder. Mart ayında yumurtalık gelişmeye başlar ve Mayıs sonunda döllenme gerçekleşir. Hasat Eylül-Ekim aylarında olur. Karanfil dökümleri yoğun olarak döllenme öncesinde Nisan sonu-Mayıs başı arasında gerçekleşir. Karanfil dökümü bir yıllık sürgünlerde püskül sapındaki karanfillerde apikal dominansi nedeniyle meydana gelir. Fındıkta boş meyve oluşumu üzerine genetik faktörler, kültürel uygulamalar ve iklimsel faktörler etki etmektedir (Germain, 1994). Boş meyve oluşumunun semptomları genel olarak 2 şekilde tanımlanmıştır. Birincisi; sağlıklı zurufta görünümlüne sahip olmasına rağmen içerisinde 2-4 mm çapında gelişmemiş tohum taslağı bulunan ve iç dokusu kuru fındıklar ikicisi ise; içerisinde 3-4 mm çapında gelişmiş embriyosu bulunan ancak kabukta kahverengi lekelerin yer bulunduğu fındıklardır. Boş meyveler zurufları ile birlikte Temmuz ayında dökülmektedir. Dökülen çotanaklar 1 ya da 2'lidir. Meyve sayısı fazla olan çotanaklardaki sağlam meyveler çotanağın dala tutunmasının sağlar. Bazı yıllar çotanak dökümleri % 80'lere varabilir. Çotanak dökümleri üzerine tozlanma eksikliğinin etkisinin olamayacağı, tozlanmayan karanfillerin çotanak olarak gelişmeden daha erken dönemde zaten döküldüğü bildirilmektedir. Bununla birlikte boş meyve oluşumuna tozlayıcı çeşitlerin etki ettiğini ortaya koyan çalışmalar bulunmaktadır. Germain (1994) ve Dimoulas (1979) tarafından boş meyvelerde en az bir tane döllenmiş tohum taslağının bulunduğu, bu nedenle döllenme eksikliğinin boş meyve oluşumunun sebepleri arasında gösterilemeyeceği bildirilmektedir. Bununla birlikte Lagerstedt (1977), boş meyve oluşumuna yumurta hücresi ya da polar çekirdeklerde çift döllenme eksikliğinin sebep olabileceğini ifade etmektedir. Diğer taraftan çiçek tozları (mikrospor) oluştuğunda heterozigot translokasyonun meydana gelmesi bazı çeşitlerde kromozom aborsiyonuna sebep olmaktadır. Dolayısıyla çiçek tozları fonksiyonel olmadığı için yumurta hücresi döllenemez.

Beyhan ve Odabaş (1996), 1992 yılında Samsun ekolojik koşullarında yaptıkları çalışmada Tombul, Palaz, Sivri, Çakıldak, Kalınkara ve Yerli fındık olmak üzere 6 fındık çeşidinde Nisan ve Mayıs aylarında karanfil (dişi çiçek kümesi) dökümü ile Haziran, Temmuz ve Ağustos aylarındaki çotanak (meyve kümesi) dökümünü incelemiştir. Mayıs ayına kadar olan karanfil döküm oranı Tombul çeşidinde %48, Sivri çeşidinde %22 diğer çeşitlerdeki oranlar ise bu değerler arasında değişmiştir. Buna göre fındıkta karanfil dökümlerinin büyük çoğunluğu

Nisan-Mayıs ayları arasında gerçekleşmektedir. Nisan ve Mayıs ayındaki dökümlerle ilgili olarak Thompson (1979) ile Germain (1978)'nin bildirimlerine göre, fındığın tozlanmamış dişi çiçeklerinde herhangi bir gelişme olmamakta ve bir karanfildeki dişi çiçeklerin tümünün tozlanmaması durumunda bu karanfil dökülmektedir. Bu bilgiler ışığında karanfil dökümlerinin tozlanma eksikliğinden kaynaklanabileceği söylenebilir. Beyhan (1995), ilkbahar geç donlarının da karanfil dökümlerine sebep olabileceğini bildirmektedir. Haziran-Ağustos ayları arasında belirlenen çotanak dökümlerinin oranı %25 (Palaz) ile %8 (Kalınkara) arasında belirlenmiştir. Çotanak dökümlerinin, Mayıs ayındaki karanfil dökümlerine göre daha az olduğu anlaşılmaktadır. Bu sonuçlara göre fındıkta dökümlerin büyük çoğunluğunun karanfil dökümü şeklinde olduğu anlaşılmaktadır. Lagerstedt (1977), çotanak dökümlerinin tohum taslağı gelişmemiş boş içli meyvelere sahip çotanaklarda meydana geldiğini bildirmektedir. Ayrıca, çotanaklardaki meyvelerden yalnızca bir tanesinin dolu olması, çotanağın dala tutunmasını sağladığını bildirmektedir. Söz konusu bilgiler ışığında bu çalışmada Haziran ayında meydana gelen dökümlerin dölleme eksikliğinden kaynaklandığı ortaya çıkmaktadır. Germain (1994)'e göre döllemenin gerçekleşmesi çevre sıcaklığı ile yakından ilgilidir. Fındıkta döllemenin olabilmesi için ortalama 2 hafta süreyle günlük maksimum sıcaklığın 21 °C'nin altına düşmemesi gerekmektedir. Diğer taraftan fındıkta beslenme noksanlığı ve hasattan önce meydana gelen kuraklık gibi nedenlerle de çotanaklar dökülebilmektedir (Beyhan, 1995). Çalışmada, toplam karanfil ve çotanak döküm oranı %38 (Çakıldak) ile %60 (Tombul) arasında belirlenmiştir. Tüm çeşitler birlikte değerlendirildiğinde ortalama döküm oranının %49 olduğu kaydedilmektedir.

Küresel iklim değişikliği nedeniyle erkek ve dişi çiçeklenme zamanlarında farklılıklar oluşmakta, çeşitlerin dikogami dereceleri artmakta ve verim kayıpları yaşanmaktadır. Ana çeşitler ile uyumsuzluk göstermeyen, çiçek tozu kalitesi yüksek, ana çeşidin meyve özelliklerine olumlu yönde etki gösteren tozlayıcı çeşitler geliştirilirken; kendine verimliliği yüksek fındık çeşitlerinin geliştirilmesine yönelik ıslah çalışmalarına da ağırlık verilmelidir (Balık vd 2023).

Bu çalışmada, Türk fındık çeşitlerinin verim ile yüksek oranda bağlantısı bulunan dişi çiçek sayıları ve çotanaktaki meyve sayıları belirlenmiştir.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

Çeşitlere ait dişi çiçek kümesi (karanfil) örnekleri 2017 ve 2018 yıllarında Fındık Araştırma Enstitüsü çeşit koleksiyon parselinden reseptif dönemde iken alınmıştır. Her çeşitten 3 ayrı ocaktan temin edilen karanfil örnekleri 50 ml etil alkol (%95'lik) 5 ml asetik asit, 10 ml formalin ve 35 ml damıtık su şeklinde hazırlanan tespit çözeltilisinde 48 saat bekletilmiş ve ardından %70'lik etil alkol içeren muhafaza kaplarına aktarılmıştır. 2023 yılında Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü Laboratuvarında bulunan stereo mikroskopta (Zeiss Stereo Discovery.V8) tomurcukların içerisindeki dişi çiçekler çıkarılarak her çeşit için 3 tekrür ve her tekrürde 3 tomurcukta dişi çiçekler sayılarak ortalamaları alınmıştır.



Şekil 1. Dişi çiçek kümesi (karanfil) ve içerisindeki dişi çiçekler

Dişi çiçek örneklerinin alındığı yıllarda Tombul, Palaz, Çakıldak, Foşa ve Allahverdi çeşitlerinin çotanaktaki meyve sayıları da belirlenmiştir. Her çeşitte 50'şer çotanakta sağlam meyveler sayılarak ortalamaları alınmıştır.



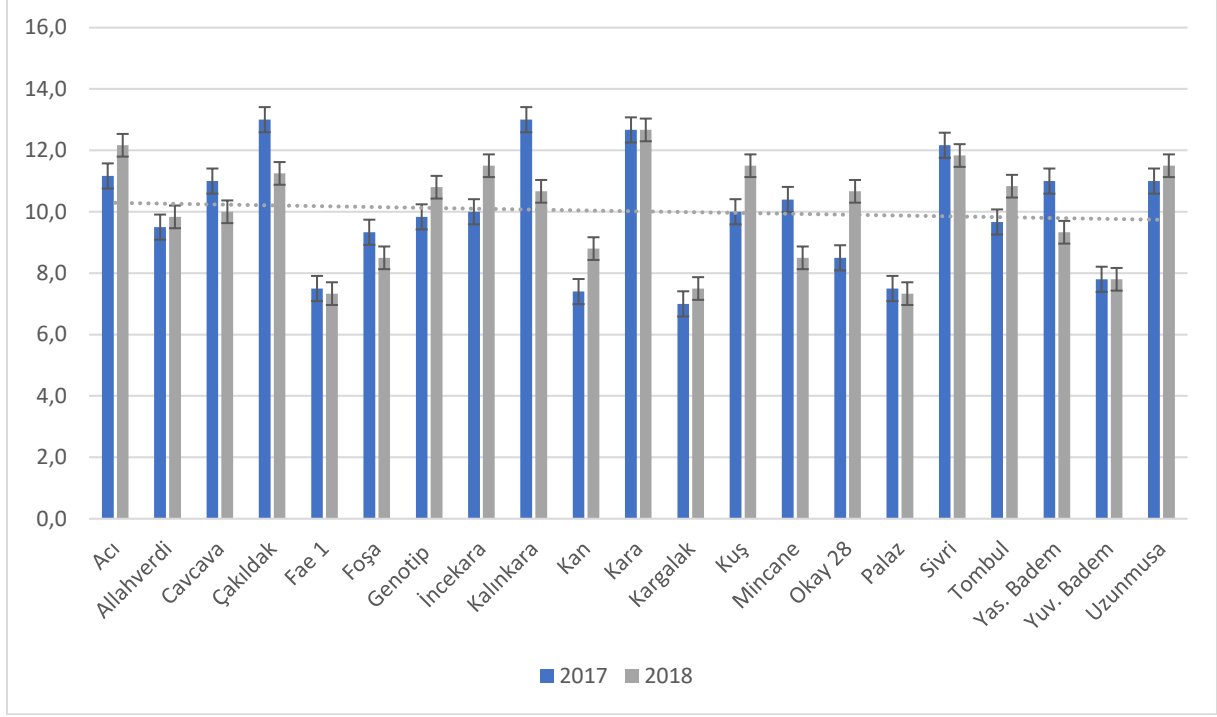
Şekil 2. Palaz çeşidinin bir meyveli ve üç meyveli çotanak görünümü

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

2017 yılında incelenen çeşitlerin dişi çiçek sayıları 7-13 arasında olup, ortalama 10 olarak belirlenmiştir. En yüksek dişi çiçek sayısı Çakıldak çeşidinde, en düşük ise Kargalak çeşidinde tespit edilmiştir. 2018 yılında ise dişi çiçek sayıları 7.3-12.7 arasında olup, ortalama 2017 yılında olduğu gibi 10 olarak saptanmıştır. En yüksek dişi çiçek sayısı Kara'da en düşük dişi çiçek sayısı FAE-1 çeşidinde kaydedilmiştir (Şekil 3). Fındıkta 1 çift pistilin bir çiçeğe karşılık geldiğini ifade eden İslam vd. (2005) Türk fındık çeşitlerinde dişi çiçek sayısının 14 (Kargalak ve Palaz) ile 28 (Cavcava) arasında belirlemiştir. Beyhan (2000), karışık tomurcuk yapısına sahip olan fındıkta bir tomurcuktaki dişi çiçek sayısının 34'e kadar çıkabildiğini ve genel olarak tomurcuktaki dişi çiçek sayısının fazla olduğu çeşitlerde verimin daha yüksek olduğunu ifade etmiştir. Araştırmacı bir tomurcukta ortalama Palaz'da 7, Tombul ve Sivri'de 9, Çakıldak ve Kalinkara'da 12 dişi çiçek tespit etmiştir. Elde edilen bulgular Beyhan (2000) ile büyük oranda benzerlik göstermektedir.

Fındıkta başarılı bir şekilde tozlanan karanfiller ancak dala tutunabilir. Tomurcuk içerisindeki dişi çiçeklerin tamamının tozlanmaması durumunda karanfil dökümü meydana gelir (İslam vd 2005; Germain, 1978). Beyhan (2000), fındıkta çiçeklenme ile hasat arasında geçen sürede

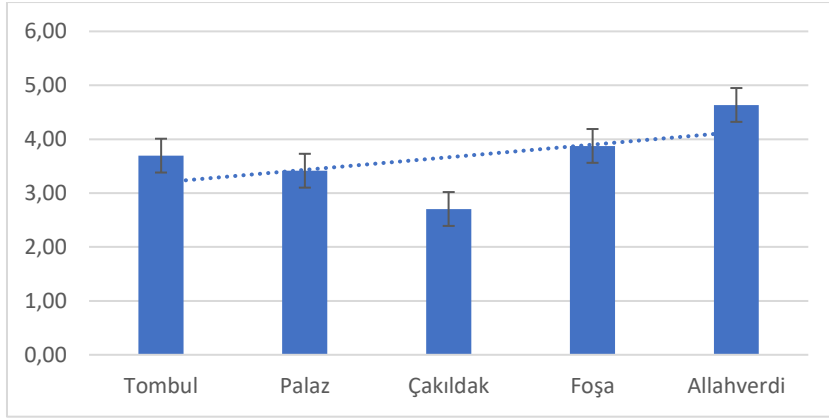
meydana gelen iklimsel olayların önemli derecede çiçek dökümüne ve dolayısıyla verim kaybına sebep olduğunu kaydetmektedir. Araştırmacı, dökülen karanfil oranının %48'e kadar çıkabildiğini belirlemiştir.



Şekil 3. Çeşitlerin dişi çiçek sayıları

Fındıkta tozlanma ve dölleme süreçlerini başarmış çiçeklerin her biri çotanaktaki meyveleri oluşturmaktadır. Bu nedenle tomurcuk içerisindeki çiçeklerin ne kadarı tozlanıp döllense meyve sayısı ve dolayısıyla verim o oranda yüksek olmaktadır. Araştırmada Tombul, Palaz, Çakıldak, Foşa ve Allahverdi çeşitlerinin çotanaktaki meyve sayıları ortalama olarak 2.71-4.64 arasında belirlenmiştir. Çotanaktaki meyve sayısı en yüksek Allahverdi'de en düşük ise Çakıldak'ta tespit edilmiştir (Şekil 4). Köksal (2002), çotanaktaki meyve sayısını Tombul'da 3.8, Palaz'da 3.2, Çakıldak'da 1.7, Foşa'da 2.2 olarak belirlerken Okay vd. (1999) Allahverdi çeşidinde 3.2 adet olarak belirlemiştir. Balık (2018) kontrollü melezlemeler neticesinde en düşük çotanaktaki meyve sayısını kendilemede tespit etmiş ve yabancı tozlanmanın çotanaktaki meyve sayısını ve dolayısıyla verimi artırabileceğini kaydetmiştir. İslam vd. (2005), fındıkta çotanaktaki meyve sayısı arttığında meyve boyutları, kabuk kalınlığı ve içle kabuk arasındaki boşluğun azaldığını belirtmiştir.

Balık vd. (2014), çotanaktaki meyve sayısının bir çeşit özelliği olduğu ve yıllara göre farklılık gösterebileceğini; çotanaktaki meyve sayısının az olmasının verimin düşmesine neden olacağı fazla olmasının ise meyve şeklinin bozulmasına, meyve ve iç iriliklerinin azalmasına neden olacağını vurgulamıştır. Çotanaktaki meyve sayısının kalıtım derecesi Yao ve Mehlenbacher (2000) tarafından 0.67 olarak belirlenmiştir.



Şekil 4. Çeşitlerin çotanaktaki meyve sayıları

4. SONUÇ

Araştırma sonucunda, karışık tomurcuk içerisindeki dişi çiçek sayılarının çeşitler arasında ve aynı çeşitte yıllar itibariyle farklılık gösterdiği belirlenmiştir. Çotanaktaki meyve sayısının ise çeşitlere göre değişmekle birlikte çiçek tozu kaynağına göre farklı olabileceği değerlendirilmektedir. Her iki özellik bakımından genetik yapının yanı sıra ekolojik, fizyolojik ve biyolojik faktörlerin etkili olabileceği unutulmamalıdır.

KAYNAKLAR

- Ascari L, Guastella D, Sigwebela M, Engelbrecht G, Stubbs O, Hills D (2018) Artificial pollination on hazelnut in South Africa: preliminary data and perspectives. *Acta Horti* 1226:141–147.
- Balık, H.İ., Balık, S.K., Köse, Ç.B., Duyar, Ö., Sıray, E., Sezer, A., Turan A., Beyhan, N., Erdoğan, V., İslam, A., Kurt H., Ak, K. and Kalkışım, Ö. (2014). Development of the New Cultivars of Hazelnut by Selection from Tombul Hazelnut Populations in Giresun and Trabzon Provinces. International Mesopotamia Agriculture Congress, 22-25 September 2014, 172-179, Diyarbakır, Turkey.
- Balık, H. İ. ve Murat Arif, T. (2023). Fındıkta Tozlanma ve Döllenme Konusunda Son Gelişmeler. *Tarımsal Biyoteknoloji Dergisi*, 4(2), 84-98.
- Balık H.İ (2018). *Fındıkta kseni ve metakseni üzerine araştırmalar*. (Doktora Tezi). Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun.
- Balık H.İ. ve Beyhan N. 2019a. Xenia and metaxenia in hazelnuts: Effects on nut set and nut characteristics. *Akad Zir Derg*, 8: 9-18.
- Balık H.İ. ve Beyhan N. 2019b. Pollen compatibility in Turkish hazelnut cultivar. *Turkish J Food Agri Sci*, 1, 12-17.
- Balık H.İ. ve Beyhan N. 2019c. Bazı fındık çeşitlerinde çiçek tozu kalite düzeylerinin belirlenmesi. *Inter J Agri Wildlife Sci*, 5 (2): 187-191.
- Balık, H. İ. ve Beyhan, N. (2019). Pollen compatibility in Turkish hazelnut cultivars. *Turkish Journal of Food and Agriculture Sciences*, 1(1), 12-17.
- Balık H.İ. ve Beyhan N. 2021. Effect of pollinator cultivars on nutrient content in some Turkish hazelnut cultivars. *Turkish J Food Agri Sci*, 3 (1): 13-19
- Beyhan, N. (1993). *Bazı önemli fındık çeşitlerinin çiçek gelişim safhaları ve çiçek biyolojileri üzerinde bir araştırma*. Doktora Tezi, Ondokuzmayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, 175, Samsun.
- Beyhan, N. (1995). Fındıkta Yumurtalık, Tohum Taslağı ve Embriyo Gelişimi. II. Ulusal Bahçe Bitkileri Kongresi, 3-6 Ekim 1995, Cilt 1 Meyve, 489-493.
- Beyhan, N. (1998). Fındıkta Bazı Biyolojik Gözlem ve İncelemeler. Ondokuzmayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü, Araştırma Proje Sonuçları, Samsun
- Beyhan, N. (2000). Fındığın Döllenme Biyolojisi. *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 15: 116-122.
- Beyhan, N. ve Odabaş, F. (1995). Bazı önemli fındık çeşitlerinde çiçeklenme dönemlerinin çevresel faktörlerle ilişkileri üzerinde bir araştırma. Türkiye II. Ulusal Bahçe Bitkileri Kongresi. 3-6 Ekim 1995, Cilt 1 Meyve, 494-498, Adana.
- Beyhan, N. ve Odabaş, F. (1996). Fındıkta çiçek ve meyve dökümlerinin incelenmesi üzerinde bir araştırma. Tarımsal Öğretim 150. Yıldönümü Fındık ve Diğer Sert Kabuklu Meyveler Sempozyumu. 110-118, Samsun.
- Dimoulas, J. (1979). Etude de divers aspects de la reproduction chez le Noisetier (*Corylus avellana*). These Docteur-Ingenieur, Universitiat Bordeaux II, 32.
- Ellena, M., Sandoval, P., Gonzalez, A., Galdames, R. and Jequier, J. 2014. Preliminary results of supplementary pollination on hazelnut in south chile. Proceeding VIII. International Congress on Hazelnut, *Acta Horticulturae* 1052, 121-127, Chile.
- Germain, E. (1978). Physiologie de la reproduction. *Invulflec*, 161.
- Germain, E. (1994). The reproduction of hazelnut: a review. *Acta Horticulturae* 351:195-209.
- Hampson, C.R., Azarenko, A.N. and Soeldner, A. 1992. Pollen-stigma interactions following compatible and incompatible pollinations in hazelnut. *Journal of American Society for Horticultural Sciences*, 118: 814-819.

- İslam, A., Özgüven, A.I., Bostan, S.Z. and Karadeniz, T., 2005. Relationships among nut characteristics in the important hazelnut cultivars. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 8:6, 914-917.
- Lagerstedt, H.B. 1977. The occurrence of blanks in the filbert (*Corylus avellana*) and possible causes. *Economic Botany*, 31:2, 153-159.
- Köksal, A.İ. 2002. Türk Fındık Çeşitleri. Fındık Tanıtım Grubu, 136, Ankara.
- Mehlenbacher, S.A., Thompson, M.M. Dominance relationships among S-alleles in *Corylus avellana* L.. *Theoret. Appl. Genetics* 76, 669–672 (1988).
<https://doi.org/10.1007/BF00303511>
- Okay, A.N., Çalışkan, T. ve Çakırmelikoğlu, C. (1999). Fındık Genetik Kaynakları Projesi ‘Allahverdi’ Fındık Çeşidinin Tanımlanması. Sonuç raporu, Fındık Araştırma Enstitüsü.
- Thompson, M.M. 1979. Growth and development of the pistillate flower and nut in ‘Barcelona’ filbert. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 104: 427-432.
- Yao, Q. and Mehlenbacher, S.A. 2000. Heritability, variance components and correlation of morphological and phenological traits in hazelnut. *Plant Breeding* 119: 369-381.

**KINALI KEKLİK YERLEŞTİRME ÇALIŞMALARI, PROBLEMLER VE ÇÖZÜM
ÖNERİLERİ**

Prof. Dr. Kemal KIRIKÇI (ORCID:0000-0002-6649-1127)

Selçuk Üniversitesi Veteriner Fakültesi Zootečni ABD

Email:kkirikci@selcuk.edu.tr

Dr. Öğr. Üyesi Emre ARSLAN (ORCID:0000-0002-4609-8395)

Selçuk Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Zootečni ABD

Email:emre.arslan@selcuk.edu.tr

Vet. Hek. Gülce KIRBAŞ (ORCID:0009-0009-7373-9782)

Selçuk Üniversitesi, Saėlık Bilimleri Enstitüsü, Veterinerlik Zootečni ABD

Email:krbasg@gmail.com

Arş. Gör. Mahmut Şamil ŞAMLI (ORCID:0000-0001-8956-3624)

Hatay MKÜ, Veteriner Fakültesi, Zootečni ABD

Email:mahmutsamil.samli@mku.edu.tr

Vet. Hek. Merve TOK (ORCID:0009-0004-0177-9252)

Selçuk Üniversitesi, Saėlık Bilimleri Enstitüsü, Veterinerlik Zootečni ABD

Email:fatma.tok8@icloud.com

Özet

Türkiye, coğrafi konumu itibarı ile hem avantajlar hem de dezavantajlar barındıran bir yaban hayatı ve ekosistem zenginliğine sahiptir. Bu derlemenin amacı, doğanın en güzel av hayvanlarından biri olan kınalı keklıkların yetiştirilme çalışmaları, karşılaşılan problemler ve bu problemlere yönelik çözüm önerileri hakkında detaylı bilgi sunmaktır. Derlemede, resmî kurumlar ve akademik araştırmalardan elde edilen veriler kullanılmıştır. Kınalı keklık, ekosistemin sağlıklı bir parçası olarak sadece av hayvanları arasında değil, aynı zamanda biyoçeőtlilik açasından da büyük bir öneme sahiptir. Bu çalışmada, keklık türleri hakkında genel bilgiler, entansif olarak üretilen keklıkların doğaya yerleştirme süreçleri ve mevcut durum ele alınmıştır. Ayrıca, keklıkların tabiata yerleştirilmelerinde yeni stratejiler önerilmiştir. Türkiye’de kınalı keklıkların av materyali olarak üretimi coğrafi açasından uygun olsa da bu alandaki teknik bilgi ve becerilerin geliştirilmesi gerektiği açıkça ortaya çıkmaktadır. Kınalı keklıkların araziye salımlarının başarısı, bölgesel koőtulların iyi analiz edilmesi, yırtıcılara karşı alınacak önlemler ve avcılarla etkili bir koordinasyon içinde çalışma ile doğrudan ilişkilidir. Her yıl on binlerce kınalı keklığın doğaya salındığı göz önünde bulundurulduğunda, bu hayvanların doğada ne oranda hayatta kalabildiği salınan keklık sayısından daha fazla önem taşımaktadır. Ayrıca, kınalı keklıkların doğaya salımları için yenilikçi fikirlere açık olmak, sürdürülebilir bir yaban hayatının sağlanması açasından kritik bir fırsat sunmaktadır. Kekliklerin doğal yaşam alanlarının korunması ve iyileştirilmesi de bu türlerin sürdürülebilirliği açasından çok önemli bir rol oynamaktadır. Eğitim programları ve bilinçlendirme kampanyaları ile üreticilerin ve avcılarının kınalı keklıklarle ilgili bilgi düzeylerini artırarak, başarılı bir keklık salım stratejisi geliştirilmesine katkıda bulunabilir. Sonuç olarak, kınalı keklıkların doğaya yerleştirme çalışmaları, yalnızca bu türün korunması değil, aynı zamanda ekosistem dengesinin sağlanması açasından da büyük bir fırsat sunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Kınalı keklık, yaban hayatı, salınım stratejileri, biyoçeőtlilik

**CHUKAR PARTRIDGE PLACEMENT STUDIES, PROBLEMS AND SOLUTION
SUGGESTIONS**

Abstract

Turkey has a wealth of wildlife and ecosystems with both advantages and disadvantages due to its geographical location. The aim of this review is to provide detailed information on the breeding activities of Chukar partridges, which are one of the most beautiful game animals of nature, the problems encountered and the solution suggestions for these problems. Data from official institutions and academic research have been used in this review. The partridge, as a healthy part of the ecosystem, is of great importance not only among game animals but also in terms of biodiversity. In this study, general information about partridge species, the processes of releasing intensively bred partridges into the wild and the current situation are discussed. In addition, new strategies for releasing partridges into the wild are proposed. Although the production of chukar partridges for hunting in Turkey is geographically appropriate, it is clear that technical knowledge and skills in this field should be improved. The success of chukar partridge release is directly related to a good analysis of regional conditions, predator control measures and effective coordination with hunters. Considering that tens of thousands of chukar partridges are released each year, the survival rate of these animals in the wild is more important than the number of partridges released. Furthermore, being open to innovative ideas for releasing chukar partridges into the wild provides a critical opportunity to ensure a sustainable wildlife. The protection and improvement of the natural habitat of partridges also plays a crucial role in the sustainability of this species. Education programmes and awareness-raising campaigns can contribute to the development of a successful partridge release strategy by increasing the level of knowledge of producers and hunters about partridges. As a result, the release of chukar partridges into the wild offers a great opportunity not only for the conservation of this species, but also for maintaining the ecosystem balance.

Keywords: Chukar partridge, wildlife, release strategies, biodiversity

1. GİRİŞ

Türkiye bulunduğu coğrafi konum, sahip olduğu iklim ve yüzölçümü nedeniyle yaban hayatı ve çeşitliliği açısından oldukça şanslı bir bölgededir. Ancak, bupotansiyeye rağmen, sahip olduğu türlerin tabiattaki sayıları açısından oldukça fakir sayılabilir. Bu duruma birçok faktör etkiye bulunmaktadır. Türkiye tarımının endüstrileşmeye başladığı yıllardan itibaren, özellikle buğday üretimimize büyük zarar veren süne ve kımlı gibi zararlılarla mücadelede kimyasal ilaçlar tercih edilmiştir. Bu ilaçların ülke ekonomisine verdiği büyük zararlar birlikte, kalıntı bırakması nedeniyle insan sağlığına verdiği/verebileceği zararlardan ötürü, artık devlet eliyle yapılmasından vazgeçilmiştir, fakat çiftçiler bazında bu uygulama halen devam etmektedir. Bu zararlılarla mücadelede kullanılan ilaçlar, av ve yaban hayatına da geri dönüşümü olmayan önemli zararlar vermiştir ve halen vermektedir. Bu ilaçların etkisiyle, son yıllarda ülke gündemine oturan ve birçok insanımızın ölümüne neden olan Kırım Kongo Kanamalı Hastalığı virüsünü taşıyan keneleri doğal olarak tüketebilen böceklerin ve kuşların da yok edilmiş olma ihtimali, biyolojik mücadelenin ve doğal hayat dengesinin ne kadar önemli olduğunu bir kez daha gözler önüne sermiştir.

Nüfusumuzdaki hızlı artış, bilinçsiz avcılık ve en önemlisi tarımdaki endüstrileşmenin hızlanmasıyla meydana gelen bitki hastalıkları ve parazitleriyle mücadelede tek çözüm yolunun ilaçlamalarda görülmesiyle, yaban hayatında kendi kendine geri dönüşümü olmayan hızlı bir tahrip meydana gelmiştir. Bu tahribattan en büyük zararı, milletimizin kültüründe belki de en önemli yere sahip olan, şarkılara ve türkülere konu olmuş, folklorumuza girmiş olan keklıklar ve anavatani Türkiye olan, fakat ismini deyimlerde ve kendisine ise resimlerde rastladığımız sülünler görmüştür.

Türkiye'nin yerli avifaunasının önemli temsilcileri olan sülünler ve keklıklar, bir zamanlar ülkenin çeşitli bölgelerinde yaygın olarak bulunmaktaydı. Sülünler, Karadeniz ve Marmara bölgelerimizde; keklıklar ise, taş keklığı ismiyle Ege Bölgesi'nde, kınalı keklıklar ise Trakya, Ege ve Karadeniz Bölgeleri'nin kıyıya yakın bölgeleri hariç, tüm Türkiye'de yayılma alanı bulmuşlardı. Ancak bu durum geçmişte kalmıştır. Sülünlerin tabiattaki örnekleri şu anda yok denecek kadar azalmış, keklıklar ise Anadolu'da artık kolay kolay görülemez hale gelmiştir. Bu kuşların tabiattaki örneklerinin azalmasıyla, bu kuşların tüketerek görev yaptığı tarım zararlıları ile mücadelede kimyasal ilaçların kullanılması seçilmiş, bu ise hem milli ekonomimize ve hem de kalıntı bırakmasından dolayı insanımızın sağlığına zarar vermiş ve vermektedir.

Tarım ve Orman Bakanlığı, 1969 yılından itibaren sülünler ve 2001 yılından itibaren ise keklıklar konusunda, bünyesinde kurduğu birkaç üretme istasyonunda keklık ve sülünleri üretip tabii alanlarına salma ve yerleştirme girişiminde bulunmuş, bulunmaya da devam etmektedir. Günümüzde Tarım ve Orman Bakanlığı, Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü (DKMPPGM) bünyesinde, Yozgat, Kahramanmaraş, Gaziantep, Malatya, Afyonkarahisar ve Gümüşhane'de; Tarımsal Araştırmalar Genel Müdürlüğüne bağlı Konya Bahri Dağdaş Uluslararası Tarımsal Araştırmalar Enstitü Müdürlüğünde kınalı keklık üretim tesisi bulunmaktadır. Bu tesislerde üretilen kınalı keklıklar, hem av ve yaban hayatının zenginleştirilmesi hem de kınalı keklıkların tükettiği zararlı böceklerle biyolojik mücadele amaçlı olarak araziye yerleştirilmektedir. Yılda üretilen ve araziye yerleştirilen kınalı keklık sayısı 100.000'e ulaşabilmektedir.

Sürdürülebilir kalkınma kavramı, 20. Yüzyılın sonlarında uluslararası gündeme taşınmış ve günümüzde de her alanda yaygın olarak kullanılan bir kavram olmuştur. Dünyada yaşanan bu gelişmelere paralel olarak, ülkemizde de sınırlı olan av-yaban hayatımız dahil olmak üzere tüm tabii kaynaklarımızın tahrip edilmeden, sürdürülebilir bir şekilde halkımızın istifadesine sunulması benimsenmektedir. Sanayileşmenin hız kazandığı günümüzde, hava, su ve toprakla birlikte, ülkemiz toprağını birlikte paylaştığımız yaban hayatının ve bunların oluşturduğu tüm güzelliklerimizin korunması gün geçtikçe önemi artan bir konu olarak hep gündemimizde yer almaktadır.

Tabii kaynaklarımız içinde yer alan fakat bu kaynaklar içinde yer aldığı unutulmuş av-yaban hayatı da bu anlayış çerçevesinde koruma-kullanma dengesi gözetilerek işletilmesi ve insanlarımızın hizmetine sunulacak önemli kaynaklarımızdan olması gereken zenginliklerimizdendir. Ülkemiz av-yaban hayatı çeşitliliği açısından oldukça zengin olmasına rağmen, sahip olduğumuz av hayvanlarının sayısı konusunda çok fakir durumda bulunduğumuzun farkında olarak çalışmalarda bulunmak gerekmektedir.

2. GELİŞME

2.1. Kınalı keklik üretimi

Keklik, *Phasianidae* (Sülüngiller) takımının *Perdrix* ve *Alectoris* cinslerine giren kuşlara verilen isimdir. Av kuşlarının en fazla tanınmış olanıdır. Kınalı keklik (*Alectoris chukar*) dünyada en yaygın bulunan keklik türüdür. Fakat aşırı avlanma, zirai ilaçlamalar, küresel ısınma gibi iklim değişiklikleri ve suni gübrelemenin etkisiyle nesilleri tükenmektedir. Diğer yandan Arap kekliği (*Alectoris melanocephala*) gibi dünyanın bazı bölgelerinde çok sayıda bulunan keklik türleri de vardır. Kınalı keklik adı altında Taş (Kaya) Kekliği (*Alectoris graeca*), kırmızı ayaklı keklik (*Alectoris rufa*), Berberi kekliği (*Alectoris barbara*) ve Arap kekliği (*Alectoris melanocephala*) ve kolyeli keklik (*Alectoris magna*) gibi keklikler bulunmaktadır. Türkiye’de tabii olarak Taş kekliği (*A. graeca*), Kınalı keklik (*A. chukar*), Çil keklik (*Perdrix perdrix*) ve Kum (Çöl) kekliği (*Ammoperdrix griseogularis*) gibi türler bulunmakla beraber en fazla yayılma alanı bulmuş olanı Kınalı kekliktir (Çetin ve Kırıkçı 2000, Turan 1990). Kınalı keklikler Trakya ve Doğu Karadeniz’in kıyıya yakın bölgeleri hariç Türkiye’nin her bölgesinde yayılma alanı bulmuşlardır.

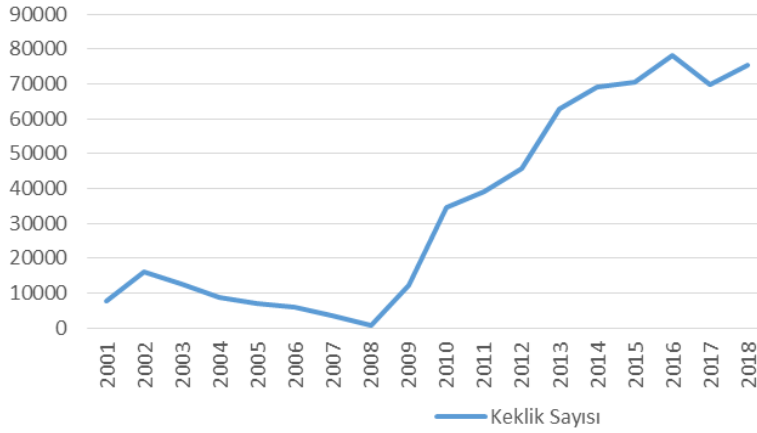
Türkiye’de keklik ve sülün üretimi 1990’lı yıllarda başlamış; bu yıllarda özel işletmeler ve başta Selçuk Üniversitesi Veteriner Fakültesi olmak üzere bu av hayvanlarıyla üniversiteler de ilgilenmeye başlamışlardır. Özel işletmelerde materyal olarak kullanılan keklik materyali ithal edilmiş, fakat günümüzde Türkiye önemli bir kınalı keklik üreticisi konumuna erişmiştir (Çetin ve ark 2008). Kırıkçı ve ark (2006), yaban hayvanlarının habitatlarının bozulması, çevre kirliliği, zirai ilaçlama ve gübreler ve bilinçsiz avlanma kekliklerin tabiattaki sayılarını tükenme noktasına getirdiğinden; Tarım ve Orman Bakanlığı’nın bu hayvanları üreticilerden satın alıp; araziye yerleştirme çalışmalarına başlaması, keklik yetiştiriciliğinin artmaya başlamasına sebep olduğunu bildirmişlerdir.

Kırıkçı ve ark (1999) kekliklerin genelde özel avlamlara materyal olarak üretilmesi ve tabiattaki sayılarının artırılması amaçlı ve ayrıca et üretimi için de yetiştirildiğini ifade etmişlerdir. Kınalı keklikler avlamlara materyal ve et üretimi amaçlı yetiştiriciliğe en uygun kekliklerdir (Çetin ve Kırıkçı 2000).

Türkiye’de keklik yetiştiriciliğinin yaygınlaşması istenilen düzeyde olmamıştır. Buna sebep olarak; bu kuşların yetiştiricilik bilgilerinin fazla bilinmemesi, üzerlerinde yeterli araştırmaların yapılmaması ve en önemlisi bu hayvanların etinden tavuk ve bıldırcın gibi tüketileceğinin düşünülmemesi gibi sebepler etkili olmuştur (Alkan ve ark 2007). Entansif üretime en iyi uyum sağlayan kekliklerin kınalı ve çil keklikler olduğu konusunda tam bir fikir birliği vardır (Kuyulu 1948). Tabiatta kekliklerin verimleri değişkenlik göstermekle birlikte ortalama 12-16 adet çiftlik şartlarında 50-60 ve özel uygulamalarla 100-120’ye kadar çıkarılabilmektedir (Çetin ve Kırıkçı 2000). Bunun yanı sıra verimlilikte yaş da önemli bir unsur olarak karşımıza çıkmaktadır. Kırıkçı ve ark (2006) keklik yetiştiriciliğinde damızlık olarak kullanılan erkeklerden ziyade dişi damızlık yaşının verimler konusunda daha fazla önemli olduğunu bildirmişlerdir.

2.2. Kınalı kekliklerin doğaya yerleştirilmesi

DKMPGM’ne bağlı üretim istasyonlarında yıllara göre üretilip doğaya bırakılan keklik sayıları Grafik 1’de verilmiştir (Kızılaslan ve Şimşek, 2019).



Grafik 1. Yıllara göre doğaya salınan keklik sayısı

Doğada sayıları gittikçe azalan doğal av hayvanlarından olan kekliklerin DKMPGM’ne bağlı çiftliklerde üretilerek, ekolojik ve biyolojik özellikleri dikkate alınarak, doğal olarak yaşadıkları fakat artık görülmedikleri alanlara yerleştirildiği ifade edilmektedir. Yerleştirme çalışmaları; üretim, yerleştirme alanının belirlenmesi, taşıma, adaptasyon ve doğaya salma şeklinde gerçekleştirilmektedir. Yerleştirilecek alan hayvanların barınabileceği, yuva kurabileceği, yavrularını büyütebileceği, içinde doğal su kaynaklarının olduğu alanların olduğu söylenmektedir. Adaptasyon sürecinde kuşlar doğaya yerleştirilmeden önceki 2-4 haftalık zamanı, uçma yeteneklerini kazanabilmeleri için voliyelerde geçirtilirler. Doğaya bırakma, güneşli günlerde şafak vakti ve güneş batmadan 90-120 dakika önce yapıldığı ifade edilmektedir. Yerleştirmeden sonra hayvanlar bir hafta süreyle yemlenmeye devam edilir. Keklikler için, kayalık dağ yamaçları, güneye bakan otluk ve çalılık alanların seçildiği söylenmektedir.

Tüm bu çalışmalara rağmen üretilen ve günümüze kadar doğaya yerleştirilen sayıları neredeyse 1 milyona varan kınalı kekliklerin; doğada tutunabilme, yaşayabilme ve üreyebilme ile ilgili gözlemler, sonuçların başarısız olduğunu söylemektedir.

2.3. Kekliklerin doğaya yerleştirilmesinde yaşanan başarısızlıkların nedenleri ve çözümleri

a) Üretimle ilgili problemler;

Kınalı keklikler tabiatta mevsimsel üreyen kuşlardandır. Yani havaların ısınmaya, günlerin uzamaya başladığı dönemlerde çiftleşmeye başlarlar ki bu dönem ülkemiz için bölgelere göre değişmekle birlikte Mart-Mayıs aylarıdır. Çiftleşen ve civcivlerini Mayıs-Haziran aylarında çıkaran keklikler yavrularını, böcek, böcek yumurtası ve ot ve tohumlarıyla beslerler. Entansif şartlarda ise keklikler 32 haftalık yaştan itibaren zorlamalı aydınlatma ile yumurtaya sokulabilirler. Zaten Tarım ve Orman Bakanlığı DKMPGM'ne bağlı üretim tesislerinde üretilen kınalı keklikler aralık ayından itibaren yumurta verimi vermeye zorlanmaktadır. Dolayısıyla bu menenjmentle elde edilen keklikler doğal olmaktan çıkmaktadır (Anonim, 2021). Doğaya yerleştirmek üzere üretilen kekliklerin doğal ortamlarına yakın olacak şekilde, tamamıyla açık kümeslerde, gün ışığından başka aydınlatma uygulanmayan damızlık kekliklerden üretilmeli; elde edilen civcivler minimum sayıda insan göreceği şekilde büyütülebilecek tedbirler alınmalıdır.

b) Salımla ilgili problemler;

DKMPGM tarafından üretilen kekliklerin doğaya yerleştirilmelerinde belirli bir metot uygulanmamaktadır. Salınacak keklikler yaklaşık 5 aylık olduktan sonra, kafeslerde salım bölgelerine getirilmekte ve törenle birçok kişinin arasında doğaya bırakılmaktadır. Gözlemler kekliklerin salımdan hemen sonra insanlar tarafından kolaylıkla yakalanarak toplandığı şeklindedir. Doğada kalan kekliklerin ise yaşayıp, yaşayamadıklarına dair, bir tane çalışma haricinde herhangi bir bilimsel çalışma veya gözlem maalesef yapılmamıştır. Antalya'da yapılan bir çalışmada yaşayabilen keklik kalmamış, kekliklerin hemen tamamı yırtıcılar tarafından avlanmışlardır.

3. SONUÇ ve ÖNERİLER

Keklikler ister kafeslerde yetiştirildikten sonra araziye yerleştirilsin, ister başka bölgelerden yakalanarak keklik popülasyonu olmayan bölgelere getirilerek yerleştirme yapılsın, stres (Teixeira vd. 2007) ve yeni ortamlara taşınmanın getirdiği zorluklar yerleştirmenin başarısızlıkla sonuçlanmasına neden olurlar. Bu nedenle hayvanlar serbest bırakıldıkları alanda dağılır ve bu dağılma üreme potansiyelini sınırlayabilir (Le Gouar vd. 2012). Aynı zamanda dağılma yırtıcılara maruz kalmayı artırarak hayatta kalmayı azaltabilir. Bu tür etkilerle mücadele etmek için araştırmacılar, hayvanların salım yapılacak alana geçişine yardımcı olmak için yumuşak salım yöntemini kullanmalıdır. Bu yöntem, hayvanları geçici olarak kafeslerde tutmayı, yiyecek ve su sağlamayı veya her ikisini birden uygulamayı içerir (Cid vd. 2014). Yumuşak salım yöntemi, hayvanların yeni çevrelerine adaptasyonu için beşeri yardımın kademeli olarak azaltılmasıdır. Böylece salınan hayvanlara daha fazla hayatta kalma imkânı verilmektedir ve keklikler koloni oluşturarak dağılmaya daha az eğilimli olmaktadır. Ancak bu yöntemin kullanıldığı çalışmalarda da gerek kanatlı ve gerek diğer hayvanlar için sonuçlar oldukça karışıktır. Direkt salım ile yumuşak salım arasında yapılan karşılaştırmalarda, Knox ve Monks (2014), Mitchell ve ark. (2011) ve Tuberville ve ark. (2005) yumuşak salımın dağılmayı azalttığı ve hayatta kalmayı artırdığını bildirmişlerdir.

Kekliklerin tabiata yerleştirilmeleri konusunda öneriler kısaca şu şekildedir;

1. Keklikler kesinlikle popülasyon olmayan bölgeye yerleştirilmelidir. Zira salınacak bölgede keklik popülasyonu varsa, bu keklikler yeni kekliklerin o bölgede yerleşmesine izin vermezler, kovarlar.
2. Salım yapılan bölgede mutlak yırtıcı kontrolü yapılmalıdır.
3. Keklikler araziye kurulacak kafeslerde 3 hafta kadar tutularak, peyderpey salınmalıdır. Bu metotta; keklikler yem ve su sağlanmış kafeslerde 10 gün kadar tutulup, daha sonra kekliklere görünmeden uzaktan kapılarının açılacağı bir düzenekle günde 2-3 adet kekliğin dışarıya çıkmasına müsaade edip, tekrar kapılarının kapatılarak bırakılmaları şeklindedir. Bu sayede keklikler kafes içinde birbirlerine alışarak bir koloni oluştururlar. Salım 10 günde tamamlanmalıdır. Önceden kafesten çıkan keklikler dışarıda dağılmazlar, sürekli kafesin yanında gezinirler. Kafesin yanına da kafes içinde bulunan yemlik ve suluğun aynısı konulur. Tüm keklikler salındıktan sonra bu bölgeyi kendilerine bölge edinirler ve sahiplenirler.
4. Keklik salım işlemleri, Türkiye’de yaban hayatından direk faydalanan avcılarla iş birliği edilerek gerçekleştirilmelidir.
5. Kınalı keklik yerleştirme konusunda yapılacak bilimsel çalışmalar direk DKMPGM tarafından desteklenmelidir.

KAYNAKLAR

1. Anonim (2021). <https://beyazgazete.com/video/webtv/yasam-11/2021-yilinin-ilk-keklik-yumurtalari-kuluca-makinasina-girdi-901002.html>
2. Alkan S, Karabağ K, Balcıoğlu MS, Galiç A, 2007. Kınalı kekliklerde (alectoris chukar) bazı yumurta özelliklerinin ve canlı ağırlıklarının belirlenmesi. Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 20(2), 225-228.
3. Cid, B., Figueira, L., de T. e Mello, A. F., Pires, A. S., Fernandez, F. A. 2014. "Short-term success in the reintroduction of the red-humped agouti *Dasyprocta leporina*, an important seed disperser, in a Brazilian Atlantic Forest reserve", *Tropical Conservation Science*, 7 (4), 796-810.
4. Çetin O, Kırıkçı K, 2000. Alternatif kanatlı yetiştiriciliği, Sülün-Keklik. Sel-ÜN Vakfı Yayınları, Konya.
5. Çetin O, Kırıkçı K, Günlü A, Garip M, Çağlayan T, 2008. Kekliklerde (*A. graeca*) yumurtlama zamanının kuluçka sonuçları ile bazı yumurta özelliklerine etkisi. Atatürk Üniversitesi Veteriner Bilimleri Dergisi, 3, 11-17.
6. Kırıkçı K, Günlü A, Çağlayan T, Garip M, 2006. Ebeveyn yaşının kekliklerde (*A. graeca*) bazı verim özelliklerine etkisi. Atatürk Üniversitesi Veteriner Bilimleri Dergisi, 3, 51-54.
7. Kırıkçı K, Tepeli C, Çetin O, Günlü A, Yılmaz A. 1999. Farklı Barındırma ve Aydınlatma Şartlarında Kaya Kekliklerinin (*A. graeca*) Bazı Verim Özellikleri, *Vet Bil Derg*, 15, 1, 15-22.
8. Kızılaslan A, Şimşek ÜG. 2019. Kınalı Kekliklerde (*Alectoris chukar*) Bazı Yumurta ve Kuluçka Özelliklerinin Araştırılması. *F.Ü. Sağ.Bil.Vet.Derg.* 33 (1): 19-23.
9. Knox, C., Monks, J. 2014. "Penning prior to release decreases post-translocation dispersal of jewelled geckos", *Animal Conservation*, 17, 18-26.
10. Kuyulu SA, 1948. Kınalı Keklik. *Yurtta ve Dünyada Av ve Deniz Sporları*. 1, 3, 4-5.
11. Le Gouar, P., Mihoub, J.-B., Sarrazin, F. 2012. "Dispersal and habitat selection: behavioural and spatial constraints for animal translocations", *Reintroduction biology: integrating science and management*, 10, 9781444355833.
12. Mitchell, A. M., Wellicome, T. I., Brodie, D., Cheng, K. M. 2011. "Captive-reared burrowing owls show higher site-affinity, survival, and reproductive performance when reintroduced using a soft-release", *Biological conservation*, 144 (5), 1382-91.
13. Teixeira, C. P., De Azevedo, C. S., Mendl, M., Cipreste, C. F., Young, R. J. 2007. "Revisiting translocation and reintroduction programmes: the importance of considering stress", *Animal behaviour*, 73 (1), 1-13.
14. Tuberville, T. D., Clark, E. E., Buhlmann, K. A., Gibbons, J. W. Translocation as a conservation tool: site fidelity and movement of repatriated gopher tortoises (*Gopherus polyphemus*). *Animal Conservation Forum*, 349-58.
15. Turan N, 1990. Türkiye'nin av ve yaban hayvanları: Kuşlar. Orman Gen. Müd. Eğitim Dairesi Başkanlığı Yayınları.

**KANATLI HAYVAN HASTALIKLARININ ÖNLENMESİNDE BİYOGÜVENLİK
TEDBİRLERİ VE ÖNEMİ**

Doktora Öğrencisi, Fatima UZAN (ORCID:0000-0002-3264-8895)

Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana

Email:fatimauzan@gmail.com

Dr. Öğr. Üyesi, Sinan KANDIR (ORCID:0000-0002-8404-7994)

Çukurova Üniversitesi, Ceyhan Veteriner Fakültesi, Fizyoloji Anabilim Dalı, Adana

Email:sinankandır@cu.edu.tr

Doç. Dr. Bilge Kaan TEKELİOĞLU (ORCID:0000-0001-6727-3175)

Çukurova Üniversitesi, Ceyhan Veteriner Fakültesi, Viroloji Anabilim Dalı, Adana

Email:ktekelioglu@cu.edu.tr

Özet

Kanatlı hayvan sektörü, küresel düzeyde ekonomik açıdan ve gıda güvenliği bağlamında önemli bir endüstri olarak öne çıkmaktadır. FAO verilerine göre tavuk eti dünyada en fazla üretilen et konumuna gelmiştir. Bu sektör, dünya genelinde milyarlarca insanın gıda ihtiyacını karşılamakta ve ekonomik kalkınmanın temel bileşenlerinden biri olarak rol oynamaktadır. Kanatlı hayvan hastalıklarının nedenleri arasında yer alan viral, bakteriyel, fungal ve paraziter patojenlerin yayılımı, yalnızca ekonomik kayıplara yol açmakla kalmamakta, hayvanların fizyolojik ve metabolik aktivitelerini bozmalarının yanı sıra aynı zamanda halk sağlığı üzerinde de ciddi tehditler oluşturma potansiyeli taşımaktadır. Özellikle zoonotik patojenlerin insanlara geçebilme ihtimali, bu durumu daha da önemli hale getirmektedir. İklim değişikliği gibi birçok faktör, yeni ve bilinmeyen hastalıkların ortaya çıkma riskini artırmaktadır. Bu nedenle, biyogüvenlik önlemleri, gelecekteki salgınlara karşı hazırlıklı olmak için kritik bir müdahale aracı olarak öne çıkmaktadır. Biyogüvenlik tedbirleri, patojenlere karşı koruma sağlamayı amaçlayan sistematik ve bütüncül bir yaklaşım sunarak, kanatlı hayvanların sürdürülebilirliği ve verimliliği açısından büyük bir öneme sahiptir. Hastalıkların önlenmesi, sadece bireysel çiftlikler için değil, aynı zamanda bölgesel ve ulusal düzeydeki çiftlikler için de koruyucu bir rol oynamaktadır. Bu derlemede, kanatlı hayvan hastalıklarının önlenmesinde biyogüvenlik uygulamalarının temel rolünü güncel bilgiler ışığında yeniden gözden geçirmek amaçlanmıştır. Çiftliklerdeki patojen giriş noktalarının kapatılmasından, hijyen ve izolasyon protokollerine ve patojen kontrolüne kadar uzanan biyogüvenlik yöntemleri açıklanmaya çalışılmıştır. Aynı zamanda bu yöntemlerin hastalıkların yayılmasını engellemedeki etkinliklerinin değerlendirilmesi hedeflenmiştir. Özellikle, kanatlı hayvanlardan insanlara bulaşan hastalıkların önlenmesinde biyogüvenlik protokollerinin optimize edilmelerinin ve bu protokollerin uygulanabilirliğinin artırılmasının pratik etkinlikleri açısından kritik bir rol oynadığı bilinmektedir. Bu bağlamda, biyogüvenlik önlemlerinin geliştirilmesi ve uygulanması, hem hayvan sağlığını korumak hem de insan sağlığının güvenliğini sağlamak açısından büyük bir öneme sahiptir. Biyogüvenlik uygulamalarının çiftliklere entegre bir

biçimde yürütülmesi, hastalıkların yayılma riskini azaltmakta ve çiftliklerin verimliliğini artırmaktadır. Sonuç olarak, bu derleme, kanatlı hayvan hastalıklarının kontrolünde biyogüvenlik önlemlerinin kritik rolünü vurgulamayı amaçlamaktadır. Bu önlemler, hem hayvan sağlığını korumak hem de potansiyel zoonotik riskleri azaltmak için hayati öneme sahiptir. Bu durum, biyogüvenlik önlemlerinin halk sağlığının korunmasındaki merkezi rolünü daha da belirgin hale getirmektedir. Özellikle zoonotik hastalıkların yayılmasını önlemeye yönelik tedbirlerin aciliyeti, günümüzdeki öncelikli konulardan birisi olarak özellikle ön plana çıkmaktadır. Dolayısıyla, biyogüvenlik stratejilerinin etkin bir şekilde uygulanmasının, sürdürülebilir tarım uygulamaları ve halk sağlığının korunması açısından vazgeçilmez bir gereklilik haline geldiği düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Biyogüvenlik, kanatlı hayvan hastalıkları, zoonotik patojenler, gıda güvenliği, halk sağlığı.

**THE IMPORTANCE OF BIOSECURITY MEASURES IN THE PREVENTION OF
POULTRY DISEASES**

Abstract

The poultry industry stands out as an important sector on a global scale, both economically and in terms of food security. According to FAO data, chicken meat production has become the most produced meat in the world. This sector meets the food needs of billions of people worldwide and plays a key role as a fundamental component of economic development. The spread of viral, bacterial, fungal, and parasitic pathogens among poultry not only disrupt the physiological and metabolic activities of animals but also leads to economic losses and poses significant threats to public health. In particular, the possibility of zoonotic pathogens being transmitted to humans makes this situation even more important. Factors such as climate change increase the risk of emerging new and unknown diseases. Therefore, biosecurity measures emerge as a critical intervention tool for preparedness against future outbreaks. Biosecurity measures offer a systematic and holistic approach aimed at providing protection against pathogens, which is crucial for the sustainability and productivity of poultry. The prevention of diseases serves a protective role not only for individual farms but also for regional and national farms. This review aims to review the fundamental role of biosecurity practices in preventing poultry diseases in the light of current knowledge. Biosecurity methods ranging from controlling pathogen entry points on farms to hygiene and isolation protocols have been reviewed. In addition, it was aimed to evaluate the effectiveness of these methods in preventing the spread of diseases. In particular, it is known that optimizing biosecurity protocols and increasing the applicability of these protocols play a critical role in terms of their practical effectiveness in preventing diseases transmitted from poultry to humans. In this context, the development and implementation of biosecurity measures are of great importance not only for protecting animal health but also for ensuring human health security. The integrated implementation of biosecurity practices on farms reduces the risk of disease spread and increases farm productivity. In conclusion, this review highlights the critical role of biosecurity measures in controlling poultry diseases. These measures are vital for both protecting animal health and reducing potential zoonotic risks. This underscores the central role of biosecurity measures in protecting public health. The urgency of measures to prevent the spread of zoonotic diseases in particular stands out as one of the priority issues today. Therefore, it is considered that the effective implementation of biosecurity strategies has become an indispensable requirement for sustainable agricultural practices and the protection of public health.

Keywords: Biosecurity, poultry diseases, zoonotic pathogens, food security, public health.

1. GİRİŞ

Dünya genelinde kanatlı eti üretimi 2015 yılında en çok üretilen et ürünü haline gelmiştir. 2019 yılında kanatlı eti üretimi 132 milyon tona ve yumurta üretimi 90 milyon tona ulaşarak dünya genelinde toplam et üretiminin yüzde 39'unu oluşturmuştur. Birleşmiş Milletler Gıda Tarım Örgütü'nün (UNFAO) tahminlerine göre 2025 yılında toplam et üretimi miktarı 358,9 milyon tona ulaşırken, kanatlı eti üretimi miktarı ise 135,8 milyon tonla yüzde 37,8 paya ulaşarak dünya genelinde en çok üretilen et olma konumunu sürdüreceği beklenmektedir (FAO, 2021a, 2021b; Statista, 2021). 2020 yılında Türkiye'de 19,8 milyar yumurta ve 2,2 milyon ton kanatlı eti üretildiği ve Türkiye'nin dünya çapında üretim büyüklüğü açısından 8. sırada yer aldığı bildirilmiştir. 2020 yılı istatistik raporlarına göre Türkiye'de 19.788.063 tavuk yumurtası, 2.195.000 ton kanatlı eti üretilmiştir (TÜİK, 2021; Türktarım, 2021). UN-FAO, serbest dolaşan kümes hayvanlarının gelişmekte olan ülkelerde kırsal hanelerde yaşayan ailelerin yaklaşık %80'i tarafından yetiştirildiğini bildirmiştir. Türkiye genelinde yaklaşık 12 bin kanatlı işletmesi vardır ve sektör her yıl ortalama %8 büyümektedir (Tekelioğlu vd., 2021).

Kanatlı hayvan yetiştiriciliği, gıda güvenliği ve ekonomik kalkınma açısından kritik önem arz etmektedir. Ancak bu sektör, hayvan hastalıklarının neden olduğu ekonomik kayıplar, üretim düşüşleri ve halk sağlığını tehdit eden zoonotik hastalıklar sebebiyle çeşitli zorluklarla karşılaşmaktadır. Kanatlı hayvan hastalıklarının yayılımı, yalnızca hayvan sağlığını ve refahını tehlikeye atmakla kalmayıp, aynı zamanda ulusal ve uluslararası ticareti olumsuz etkileyerek küresel çapta ekonomik kayıplara neden olmaktadır (FAO, 2005; FAO, 2008; FAO, 2010; Tekelioğlu vd., 2021; Sogut ve Tekelioğlu, 2021).

Biyogüvenlik, modern hayvan yetiştiriciliğinin temel taşı olarak kabul edilmekte olup, enfeksiyon kaynaklarının tespit edilmesi, patojenlerin yayılmasının engellenmesi ve sağlıklı bir çevrenin sürdürülmesi gibi çeşitli uygulamaları kapsamaktadır. Bu önlemler, üretim tesislerinde hijyen protokollerinin uygulanmasından, hayvan yemlerinin sterilizasyonuna kadar geniş bir yelpazeyi içermektedir. Etkili biyogüvenlik tedbirleri, hem salgın hastalıkların önlenmesinde hem de hayvan sağlığını desteklemede hayati bir rol oynamaktadır (FAO, 2005; FAO, 2008; FAO, 2010; Tekelioğlu ve Al Saedi, 2021).

Türkiye'de kanatlı hayvan hastalıklarının yaygınlığına yönelik yapılan bir çalışmada, en sık rastlanan hastalık türlerinin viral, bakteriyel ve paraziter enfeksiyonlar ile ortopedik olduğu saptanmıştır. Enfeksiyöz hastalıkların özellikle yoğun yetiştiricilik yapılan bölgelerde hijyen eksikliği ve enfeksiyon kontrol önlemlerinin yetersizliği nedeniyle yaygın olduğu vurgulanmıştır. Ortopedik hastalıkların, kanatlı hayvanların hareketli doğası ve yetiştirme koşullarıyla ilişkili olduğu belirtilmiştir. Paraziter hastalıkların ise, sıcaklık ve nemin arttığı yaz aylarında daha sık görüldüğü ifade edilmiştir. Mevsimsel faktörlerin hastalık kontrol stratejilerinde dikkate alınmasının gerekliliği ortaya konulmuştur (Tekelioğlu vd., 2021; Turan vd., 2020; Yeşilova, 2024).

Hastalık dağılımı mevsimlere göre incelendiğinde, yaz ve ilkbahar aylarında vaka sayısında belirgin bir artış olduğu gözlemlenmiştir. Özellikle yaz aylarında, yüksek sıcaklık ve nemin yanı sıra hayvanların artan stres seviyeleri ve zayıflayan bağışıklık sistemleri hastalık yayılımını kolaylaştırmaktadır. Ayrıca, farklı hayvan türleri ve yaş grupları arasında hastalık duyarlılığı farklılıkları gözlemlenmiştir. Örneğin, tavukların enfeksiyöz hastalıklara, muhabbet kuşlarının ise ortopedik sorunlara daha yatkın olduğu; genç kanatlı hayvanların ise henüz tam

gelişmemiş bağışıklık sistemleri nedeniyle daha yüksek risk altında bulunduğu belirlenmiştir. Bu bulgular, biyogüvenlik stratejilerinin etkinliği açısından kontrol önlemlerinin önemini bir kez daha ortaya koymaktadır (Tölu, 2023; Akın, 2023; Yeşilova, 2024).

Kanatlı hayvan hastalıkları, genellikle havayolu, yem, su, ekipman ve insan hareketleri yoluyla hızlı bir şekilde yayılmaktadır. Bu nedenle biyogüvenlik tedbirleri, sadece hastalıkların tespitini değil, aynı zamanda bu risklerin ortadan kaldırılmasını da hedeflemektedir. Örneğin, enfekte hayvanlarla temastan kaçınılması, hayvan barınaklarının düzenli dezenfekte edilmesi ve hayvan hareketlerinin sıkı bir şekilde kontrol altında tutulması, biyogüvenlik uygulamalarının temel bileşenlerindedir. Bunun yanı sıra, personel eğitimi ve bilinçlendirme çalışmaları da biyogüvenlik protokollerinin etkinliğini artıracak unsurlar arasında yer almaktadır (Tekelioğlu ve Al Saedi, 2021; Tölu, 2023; Akın, 2023; Yeşilova, 2024).



Şekil 8: Biyogüvenlik önlemlerinin önemi görselleştirilmiştir (Özgün Çizim).

Bu derleme, kanatlı hayvan yetiştiriciliğinde biyogüvenlik tedbirlerinin önemini vurgulayarak, bu tedbirlerin hastalıkların önlenmesindeki rolünü ve etkinliğini yeniden gözden geçirmeyi amaçlamıştır. Bununla birlikte, biyogüvenlik protokollerinin uygulanmasında karşılaşılan zorluklara ve geliştirilmesi gereken alanlara da değinilmesi hedeflenmiştir.

2.KANATLI HAYVAN HASTALIKLARININ EPİDEMİYOLOJİSİ

Epidemiyolojik veriler, gıda kaynaklı hastalıkların sayısında artış olduğunu ve endüstrileşmiş ülkelerde her yıl nüfusun %5-10'unun gıda kaynaklı enfeksiyonlara yakalandığını göstermektedir. Avrupa Birliği üye ülkelerinde uygulanan sıkı kontrol önlemleri sayesinde kanatlı hayvanlarda Salmonella enfeksiyonları azaltılmış, ancak çiğ kanatlı eti, hazırlanmış et ürünleri ve kıymalarda Salmonella tespiti daha yaygın hale gelmiştir. Kanatlı ürünlerinde

Salmonella prevalansına dair çalışmalar, %3 ile %100 arasında değişen büyük farklılıklar ortaya koymaktadır (EFSA ve ECDC, 2012).

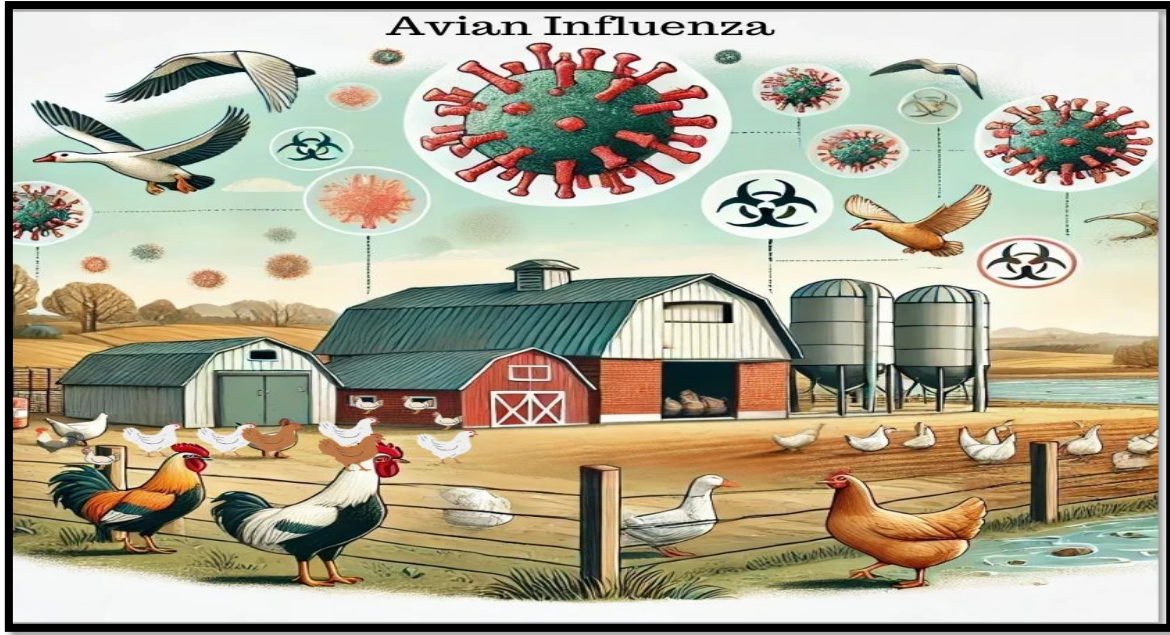
Salmonella kaynaklı hastalıklar, Türkiye’de kanatlı hayvanlarda hala büyük bir ekonomik öneme sahiptir. S. Pullorum ve S. Gallinarum serotiplerinin neden olduğu enfeksiyonlar, halk sağlığı açısından düşük bir risk taşısa da, hayvan sürüsünün direncine bağlı olarak yüksek mortalite oranlarıyla seyretmektedir (Carli vd., 2001; Şireli, 2008; Guner vd., 2012; Akgöl vd., 2021).

Türkiye’de 315 piliç eti numunesi ile yapılan bir çalışmada, Salmonella prevalansı %18.09 olarak bildirilmiştir. Başka bir çalışmada ise bu oran %18.6 olarak saptanmıştır. Üç farklı yetiştirme dönemini içeren yumurtacı tavuklarda yapılan bir çalışmada, alınan drag swap örneklerinde 15. ve 25. haftalarda %3.44 olan Salmonella pozitiflik oranı, 40. haftada %5.74’e yükselmiştir (Atasever, 2017).

Campylobacter türleri de kanatlı hayvanlarda önemli bir halk sağlığı tehdidi oluşturmaktadır. Bu patojenlerin başlıca rezervuarları kanatlı, sığır, koyun, domuz etleri ile rodentler ve kuşlardır. Enfeksiyon, kontamine kanatlı eti, süt, su tüketimi veya enfekte hayvan ve kuşlarla doğrudan temas sonucunda meydana gelebilmektedir (Kiley vd., 2024; WOH, 2024). Afrika ve Asya’da yapılan epidemiyolojik araştırmalar, Campylobacter insidansının %19 ile %38 arasında değiştiğini ve özellikle çocuklarda asemptomatik taşıyıcılık oranlarının %9 ile %40 arasında olduğunu ortaya koymaktadır. Bu bulgular, enfeksiyonun kontrolü ve önlenmesinde daha sıkı önlemlerin alınmasının önemini vurgulamaktadır (UMS, 2015; Muratoğlu vd., 2015).

Arcobacter türleri de Campylobacteraceae ailesinin bir üyesi olarak fenotipik açıdan Campylobacter türlerine benzerlik göstermektedir. Bu patojenler, kırmızı ete kıyasla kanatlı etlerinde daha sık izole edilmekte olup, kanatlı etleri önemli rezervuarlar olarak kabul edilmektedir. Arcobacter’in kanatlı etlerinde daha sık bulunmasının ana sebebi, kesim sonrası karkasların kontaminasyonu olarak ifade edilmektedir. Türkiye’de Atabay ve arkadaşlarının 2003 yılında gerçekleştirdiği bir çalışmada, taze tavuk karkaslarından %95 oranında A. butzleri izole edilmiştir. Bu bulgular, Arcobacter’in kanatlı ürünlerinde önemli bir risk faktörü olduğunu göstermektedir (Atabay vd.,2003; UMS, 2015; Muratoğlu vd., 2015).

Avian influenza (kuş gribi), kanatlı hayvan endüstrisinde büyük ekonomik kayıplara ve hayvan sağlığı açısından ciddi sorunlara yol açabilen, zoonotik potansiyele sahip önemli bir viral hastalıktır (Alexander, 2007; Capua ve Alexander, 2009;). Etkeni, Orthomyxoviridae ailesine ait Influenza A virüsüdür ve bu virüsün H5 ve H7 alt tipleri yüksek patojenik özellikleriyle öne çıkmaktadır (Liem vd., 2010; WHO, 2023) Hastalık, başta yabani su kuşları olmak üzere, özellikle yaban ördekleri ve kazlar gibi göçmen kuşlar tarafından taşınır ve yayılır. Bu türler, avian influenza için doğal bir rezervuar işlevi görürken, ticari kanatlı hayvan popülasyonları arasında hızla salgınlara neden olabilir (Lee vd., 2021; Kiley vd., 2024; Woah, 2024)



Şekil 9: Avian Influenza bulaşma yolu görselleştirilmiştir (Özgün Çizim)

Avian influenza'nın epidemiyolojisi, çeşitli çevresel ve biyolojik faktörlerden etkilenmektedir. Nemli ve soğuk hava koşulları, virüsün çevrede uzun süre stabil kalmasına yol açarak bulaşma riskini artırmaktadır (Spackman, 2020; Kiley vd., 2024; WOAHA, 2024). Ticari kanatlı çiftliklerinde yüksek hayvan yoğunluğu ise enfekte bir bireyin hastalığı hızla tüm popülasyona yaymasına olanak tanımaktadır (Parın vd., 2017; Tekelioğlu vd., 2021; Sogut ve Tekelioğlu, 2021). Virüsün bulaşma yolları arasında hasta hayvanlarla doğrudan temas ve kontamine yem, su, ekipman ya da personel aracılığıyla dolaylı bulaşma belirleyici bir rol üstlenmektedir (Ginex ve Luque, 2020). Göçmen kuşların uluslararası hareketliliği ve yetersiz biyogüvenlik önlemleri, virüsün bölgesel ve uluslararası düzeyde yayılmasını hızlandırmaktadır (Liem vd., 2010; FAO, 2010; Lee vd., 2021; Kiley vd., 2024; WOAHA, 2024).

Avian influenza, kümes hayvanları sektöründe ciddi ekonomik kayıplara yol açmaktadır. Süregelen avian influenza salgını, panzootik doğası (kıtalar arası hayvanlarda yaygın enfeksiyonlar) ile son yılların en geniş kapsamlı ve kalıcı salgınlarından biri haline gelmiş, ekonomik ve biyolojik çeşitlilik kayıplarına neden olmuştur (Kiley vd., 2024; WOAHA, 2024; Musa vd., 2024; WHO, 2023). 2020 yılında ortaya çıkışından itibaren, virüs hızla kıtalar arasında yayılmış, kümes hayvanı popülasyonlarını etkilemiş ve tarım sektöründe önemli ekonomik kayıplara yol açmıştır (Kiley vd., 2024; WOAHA, 2024; Abdallah vd., 2023; WHO, 2023). 2024 yılının başlarına gelindiğinde, Afrika, Asya, Avrupa ve Amerika'da 60'tan fazla ülkeye yayılarak milyonlarca evcil ve yabani kuşun ölümüne veya itlaf edilmesine neden olmuştur (WHO, 2023). Salgının ardışık dalgaları, patojenite ve bulaşıcılık açısından farklılık gösteren yeni viral kladlar ve alt kladlar ile karakterize edilmiştir (Kiley vd., 2024; WOAHA, 2024; Tekelioğlu ve Al Saedi, 2021; WHO, 2023). İlk dalga, 2.3.4.4b genotipi tarafından tetiklenmiş ve Asya ile Avrupa'daki kümes hayvanı çiftlikleri ve yerleşim alanlarında büyük çaplı salgınlara yol açmıştır. Daha sonra ortaya çıkan alt kladlar, hastalığın daha fazla yayılmasına ve salgının kontrol altına alınmasını zorlaştıran uzun süreli bir bulaşma ve yayılma sürecine neden olmuştur. Salgınlar, hastalığın kontrolü ve ortadan kaldırılması için yüksek

maliyetli önlemler alınmasını gerektirirken, kümes hayvanı ürünlerine yönelik ithalat ve ihracat kısıtlamaları da ekonomik etkileri artırmaktadır. Salgınlar, hastalığın kontrolü ve ortadan kaldırılması için yüksek maliyetli önlemler alınmasını gerektirirken, kümes hayvanı ürünlerine yönelik ithalat ve ihracat kısıtlamaları da ekonomik etkileri artırmaktadır. Ayrıca, bu hastalığın zoonotik potansiyeli, halk sağlığı açısından da ciddi bir tehdit oluşturmaktadır (Liem vd., 2010; Kiley vd., 2024; WOA, 2024; Bouazzaoui vd., 2021; Kiley & Yun, 2025). Özellikle H5N1 alt tipinin insanlarda görülmesi, pandemik potansiyeli nedeniyle küresel düzeyde büyük bir endişe kaynağı haline dönüşmüştür. Bu durum, Avian Influenza'nın yalnızca hayvan sağlığını değil, aynı zamanda insan sağlığını ve gıda güvenliğini de etkileyen çok yönlü bir tehdit olduğunu ortaya koymaktadır (FAO, 2008; Liem vd., 2010; WHO, 2023). Avian influenza'nın (Kuş Gribi) hayvanlar arasındaki kontrolü ve önlenmesi için epidemiyolojik çalışmaların güçlendirilmesi önemlidir (Açıkgöz, 2011; FAO, 2024; WHO, 2024). Etkin biyogüvenlik önlemleri, hastalığın çiftliklere girişini önlemekte kritik bir rol oynar. Bu kapsamda, çiftliklerin düzenli olarak dezenfekte edilmesi, yabani kuşlarla temasın en aza indirilmesi ve uygun yem ve su hijyeninin sağlanması gibi biyogüvenlik uygulamaları önem taşımaktadır (FAO, 2010). Ayrıca, hayvan hareketlerinin izlenmesi ve karantina prosedürlerinin uygulanması, virüsün yayılımını engellemek adına kritik bir öneme sahiptir (Sogut ve Tekelioğlu, 2021; Tekelioğlu vd., 2021). Aşılama stratejileri, bazı durumlarda hastalığın kontrolünde etkili olabilir ancak aşılama programlarının dikkatle planlanması ve uygulanması gerekmektedir (Bouazzaoui vd., 2021; Tekelioğlu vd., 2021; Sogut ve Tekelioğlu, 2021). Aşılanan hayvanlarda, virüsün klinik belirtileri ortaya çıkmasa bile, virüsün subklinik olarak yayılması söz konusu olabileceğinden, bu durum kontrol çabalarını zorlaştırmakta ve kontrol sürecini karmaşık hale getirmektedir (Ginex ve Luque, 2020; Spackman, 2020). Uluslararası iş birliği de Avian Influenza'nın kontrolünde belirleyici bir faktördür. Göçmen kuşların virüsü sınırlar arasında taşıması, hastalığın ulusal düzeyde kontrol edilmesini zorlaştırır ve küresel bir yaklaşımı zorunlu kılmaktadır (Lee vd., 2021; WHO, 2023). Dünya Sağlık Örgütü (WHO), Dünya Hayvan Sağlığı Örgütü (WOAH) ve Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) gibi uluslararası kuruluşlar, Avian Influenza'nın kontrolü için çeşitli stratejiler geliştirir ve ülkeler arası iş birliğini teşvik etmektedir (FAO, 2010; WHO, 2023). Bu iş birliği, hastalığın yayılımının izlenmesi, veri paylaşımı, erken uyarı sistemlerinin kurulması ve salgın durumlarında ortak müdahale stratejilerinin uygulanması açısından kritik bir rol üstlenmektedir.

3. BİYOGÜVENLİK PRENSİPLERİ VE TEMEL İLKELER

Kanatlı çiftliklerinde biyogüvenlik, hayvan sağlığını korumak ve ürün kalitesini garanti altına almak için kritik öneme sahiptir. Bu kapsamda, Tehlike Analizi ve Kritik Kontrol Noktaları (HACCP) yöntemi, kanatlı yetiştiriciliğinde biyogüvenliği sağlamak amacıyla geniş bir şekilde uygulanmaktadır. HACCP, çiftliklerde hijyen, hayvan refahı ve biyogüvenliği sağlamaya yönelik kritik kontrol noktalarını belirleyerek, bu noktalarda gerekli önlemleri almayı hedefler (Eseceli vd., 2004; Yılmaz, 2019).

Biyogüvenlik, çiftliklerin yapısal özelliklerinden başlar. Kümeslerin uygun dizayn edilmesi ve kritik kontrol noktalarının belirlenmesi, potansiyel sorunların önlenmesinde önem taşır. Kümeslerde yer alan hayvanların kökeni, sürü sağlığı, genetik performans ve hastalıklara direnç gibi faktörler göz önünde bulundurulmalıdır. Bu aşamada, sağlıklı ve uygun genetik özelliklere sahip hayvanların tercih edilmesi, ileriye dönük birçok sorunun önüne geçebilir (FAO, 2010; Parın vd., 2017; Tekelioğlu vd., 2021; Bouazzaoui vd., 2021).

Fiziksel Koruma Önlemleri

Kümeslerin yapısal tasarımı, biyogüvenlik açısından büyük önem taşır. Kümeslerin uygun şekilde yalıtılması, giriş noktalarının kontrol edilmesi ve hijyenik koşulların sağlanması, bulaşıcı hastalıkların çiftliklere girişini engellemek için kritik adımlardır. Çiftliklerin çevresi, yabancı hayvanların girişini engellemek amacıyla çitlerle çevrilmeli ve kapılar sürekli olarak kilitli tutulmalıdır. Aynı zamanda, giriş ve çıkışların kontrol altında tutulması ve izinsiz kişilerin girişinin engellenmesi gerekmektedir. Ayrıca, çiftliklerde kullanılan ekipmanların düzenli olarak temizlik ve dezenfeksiyonunun yapılması, bulaşıcı hastalıkların yayılmasını önlemek için elzemdir. Ekipmanların yanı sıra, çalışanların da kişisel hijyen kurallarına uyması ve gerekli koruyucu giysilerle çalışması sağlanmalıdır. Bu önlemler, enfeksiyonların yayılma riskini en aza indirmek adına son derece önemlidir (FAO, 2010; Açıköz, 2011; Atasever, 2017; Külcü, 2022; Abdallah vd., 2023).

Giriş-Çıkış Kontrolleri

Çiftliklere giriş yapan kişilerin ve araçların kontrolü, biyogüvenliğin sağlanmasında büyük önem taşır. Çiftlik girişlerinde dezenfektan havuzları ve dezenfeksiyon sistemleri bulunmalı, kümes girişlerinde ayak dezenfektan tablaları kullanılmalıdır. Ayrıca araçların giriş öncesi tekerleklerinin dezenfekte edilmesi için araç dezenfeksiyon sistemleri yerleştirilmelidir. Çiftliğe giriş yapan her kişinin, koruyucu elbise giymesi, eldiven ve maske kullanması ve dezenfeksiyon prosedürlerine uyması zorunlu olmalıdır. Bu önlemler, yalnızca hayvanları değil, aynı zamanda çalışanları da koruma altına almak için önemlidir. Giriş çıkışların kayıt altına alınması, bu kayıtların düzenli olarak incelenmesi ve olası risklerin hızlı bir şekilde tespit edilmesi, biyogüvenliğin sürekliliği açısından önem taşır. Çiftlik çalışanlarına düzenli eğitim verilmesi ve biyogüvenlik uygulamalarının titizlikle takip edilmesi, bulaşıcı hastalıkların yayılmasını önlemek için kritik bir adımdır. (Parın vd., 2017; Atasever, 2017; Külcü, 2022; Abdallah vd., 2023).

Hayvan Hareketlerinin Kontrolü

Hayvanların çiftlik içindeki ve dışındaki hareketlerinin kontrol edilmesi, bulaşıcı hastalıkların yayılmasını önlemek açısından kritik bir önlemdir. Yeni hayvanların çiftliğe getirilmeden önce karantina altına alınması, gerekli sağlık kontrollerinin yapılması ve bu süreçte olası hastalık risklerinin belirlenmesi büyük önem taşımaktadır. Ayrıca, çiftlik içindeki hayvanların farklı kümese taşınması veya grupların karıştırılması durumlarında da biyogüvenlik önlemlerine dikkat edilmelidir. Bu tür durumlarda, bulaşıcılık risklerini en aza indirmek için karantina süreçlerinin özenle ve titizlikle yürütülmesi önemlidir. Hayvanların hareketleri sırasında kullanılan taşıma ekipmanlarının temizliği ve dezenfeksiyonu da bu süreçte kritik rol oynayabilir. Taşıma araçlarının ve diğer ekipmanların düzenli olarak dezenfekte edilmesi, hastalıkların çiftlik içindeki yayılımını engellemede etkili olabilir. Ayrıca, bu tür biyogüvenlik önlemlerinin tüm çalışanlar tarafından eksiksiz bir şekilde takip edilmesi, çiftlik içindeki genel hijyen seviyesinin korunmasına katkıda bulunabilir. (Atasever, 2017; Parın vd., 2017; Eseceli vd., 2004; Yılmaz, 2019; Fowzi, 2022; Abdallah vd., 2023).

Hava Kalitesinin ve Havalandırma Koşullarının Kontrolü

Hava kalitesi ve havalandırma, kanatlı çiftliklerinde biyogüvenliğin sağlanmasında kritik kontrol noktalarından biridir. Kümes içi NH₃ (< 10 ppm), CO₂ (< %0.35) ve CO (< 100 ppm) seviyelerinin ölçümü ile toz miktarının kontrolü, hava kalitesi hakkında kesin bilgi edinilebilecek önemli parametrelerdir. Bu nedenle, havalandırma sisteminin ve radyanların kontrolü yanı sıra, kümes içi nem düzeyinin istenilen düzeyde sağlanması büyük önem taşır. Yaz ve kış dönemlerinde yapılan yetiştiricilik koşullarında uygulanması gereken havalandırma oranları minimum 0.7 m³/saat/kg ile maksimum 7.2 m³/saat/kg arasında değişmektedir. Kümes içi ve dışı çevre koşullarındaki değişimlere bağlı olarak havalandırma oranının kontrolü kritik bir kontrol noktasıdır. Havalandırma oranının belirtilen değerler arasında tutulabilmesi için havalandırma sisteminin kümes kapasitesine uygun olması öncelikli bir gerekliliktir. Bu şekilde, havalandırma koşullarının uygun seviyede tutulması, hem hayvanların refahını sağlar hem de biyogüvenliği destekleyerek potansiyel tehlikelerin önüne geçer (Parın vd., 2017; Yılmaz, 2019; Fowzi, 2022; Abdallah vd., 2023).

Personelin Hijyen ve Davranış Kontrolleri

Personelin kişisel hijyenine uygun şekilde dikkat edip etmediği, ayrıca hasta ve taşıyıcı (portör) personelin canlı üretim sürecine verebileceği potansiyel risklerin izlenmesi, yetiştiricilik ve yakalama süreçlerinde personel davranışlarının denetlenmesi gerekmektedir (Külcü, 2022; Parın vd., 2017; Atasever, 2017). Buna ek olarak, çiftliklere giriş noktalarının kontrolü büyük bir öneme sahiptir. Çiftliğe kimlerin ve nelerin girdiği, nasıl girdiği göz ardı edilmemelidir ve bu girişlerde hijyen kurallarına titizlikle uyulmalıdır. Özellikle çiftlik girişlerinde dezenfektan havuzları, dezenfeksiyon sistemleri ve kümes girişlerinde ayak dezenfektan tablalarının bulundurulması ve bu uygulamaların düzenli şekilde sürdürülmesi gereklidir (FAO, 2010; Tekelioğlu vd., 2021). Koruyucu elbise ve dezenfektan havuzlarının kullanım sıklığı ve kontrolleri de düzenli olarak denetlenmelidir. Ayrıca, çalışanların eğitimi, biyogüvenlik uygulamalarının başarısında kritik bir faktördür. Bu süreçlerin etkin biçimde uygulanması, grup çalışması ve hayvan yetiştiriciliği konusunda eğitilmiş personelin işbirliği ile mümkündür. Çiftlik yöneticisinin sürecin başında bulunarak, çalışanların görev tanımlarını yapması ve bu görevlerin takibini sağlaması, biyogüvenliğin sürdürülebilirliği açısından büyük önem arz etmektedir (Abdallah vd., 2023; FAO, 2008; Bouazzaoui vd., 2021).

Kümes içi ortam koşulları da biyogüvenliğin temelini oluşturur. Yerleşim sıklığı, sıcaklık, nem ve havalandırma oranları gibi faktörler, hem hayvan sağlığı hem de üretim kalitesi üzerinde doğrudan etkilidir. Kümes içi sıcaklık ve nem kontrolünün uygun seviyede tutulması, hayvanların refahını sağlarken, bu ortamda potansiyel tehlikelerin oluşumunu engellemek için önemlidir. Havalandırma sistemlerinin otomatik ve manuel kontrol imkanlarına sahip olması, olası arızalarda hızlı çözümler üretmek açısından kritik bir önlemdir. Hayvanların su tüketimi ve su kalitesi, biyogüvenliğin bir diğer önemli unsurudur. Su kaynaklarının temizliği, mikrobiyolojik kontrolü ve sürekli temiz su sağlanması, hayvanların sağlıklı bir şekilde büyümesi için gereklidir. Su sistemlerinde klorlama ve UV ışını kullanımı gibi önlemlerle, mikrobiyolojik riskler minimize edilebilir. Benzer şekilde, yemlerin kalitesi ve uygun şartlarda depolanması, hayvanların sağlıklı beslenmesini ve bulaşıcı hastalıklardan korunmasını sağlar.

Temizlik ve dezenfeksiyon işlemleri de çiftliklerde biyogüvenliği sağlamanın ayrılmaz bir parçasıdır. Çiftlik çalışanlarının bu süreçlerde yeterli eğitim alması ve hijyen kurallarına uygun

şekilde hareket etmesi, bulaşma risklerinin azaltılması için gereklidir. Aynı zamanda, çiftliklere giriş yapan kişilerin ve malzemelerin hijyenine dikkat edilmesi, bulaşıcı hastalıkların önlenmesinde önemli bir adımdır (Eseceli vd., 2004; Parın vd., 2017; Yılmaz, 2019; Külcü, 2022; Abdallah vd., 2023).



Şekil 10: Biyogüvenlik önlemleri içerisinde fiziksel temas (Özgün Çizim)

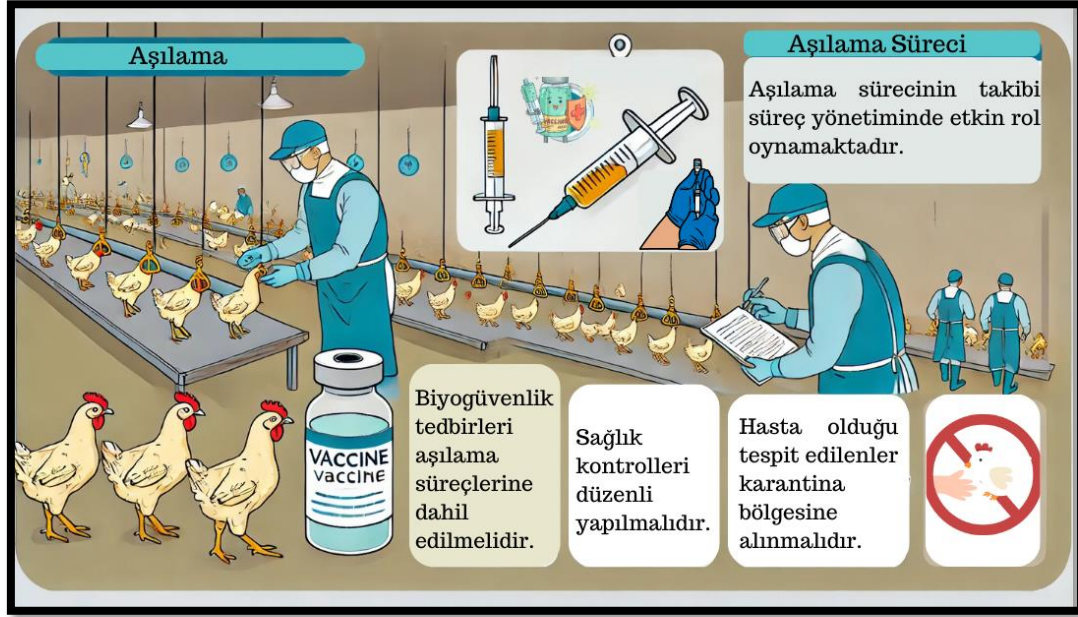
Sonuç olarak, biyogüvenlik prensipleri, çiftlikten sofraya kadar gıda güvenliğini sağlamak için uygulanması gereken temel kuralları içerir. Hijyen, uygun çiftlik dizaynı, su ve yem kalitesinin sağlanması gibi birçok faktörün yönetimi, kanatlı yetiştiriciliğinde biyogüvenliği ve kaliteyi garanti altına alır.

AŞILAMA VE İLAÇ KULLANIMI

Hastalıkların önlenmesi ve kontrol altına alınmasında aşılama, kanatlı yetiştiriciliğinde önemli bir yer tutar. Aşılar, çiftliklerde klinik hastalıkların ortaya çıkmasını önleyerek hayvan sağlığını korumak ve verimliliği artırmak amacıyla kullanılmaktadır. Aşılama programlarının etkinliği, çiftliğin biyogüvenlik düzeyi, bölgedeki hastalık durumu, anne bağışıklık seviyesi ve aşı maliyetleri gibi birçok faktöre bağlı olarak değişkenlik gösterir. Etkili bir aşılama programı, çiftlikte hastalık riskini en aza indirerek sürü sağlığını korumayı hedefler. Kanatlı yetiştiriciliğinde kullanılan aşı türleri, viral, bakteriyel ve paraziter hastalıklara karşı koruma sağlamak üzere tasarlanmıştır.

Viral hastalıklar için kullanılan aşılar, özellikle Avian Influenza, Newcastle Hastalığı, Enfeksiyöz Bronşit, Marek Hastalığı gibi yaygın sorunların önlenmesinde büyük rol oynar (Bouazzaoui vd., 2021; Carli vd., 2001; Atabay vd., 2003; Tekelioğlu vd., 2021). Bakteriyel hastalıklarla mücadelede ise Salmonella ve E. coli gibi patojenlere karşı aşılar kullanılır (Atasever, 2017; Carli vd., 2001; Atabay vd., 2003; Guner vd., 2012). Aşıların zamanlaması ve uygulama yöntemleri, aşılama programlarının başarısını belirleyen kritik faktörlerdendir (FAO, 2008; Bouazzaoui vd., 2021; Kurtbeyoğlu & Akan, 2023). Aşıların çoğu, hayvanların belirli yaşlarına göre veya bölgedeki hastalık riskine bağlı olarak uygulanır (FAO, 2005). Antibiyotik

ve antiviral gibi ilaçların uygun ve kontrollü kullanımı da hastalıkların yönetiminde önemli bir rol oynar. Yanlış antibiyotik kullanımı, patojenlerin ilaçlara karşı direnç geliştirmesine neden olabilir ve bu durum hem hayvan sağlığını hem de gıda güvenliğini tehdit eder (Muratoğlu vd., 2015; Şireli, 2008; Atasever, 2017; Bouazzaoui vd., 2021). Bu nedenle, antibiyotiklerin sadece veteriner hekim önerisiyle kullanılması ve tedavi süresince dikkatli bir şekilde takip edilmesi büyük önem taşır (FAO, 2010). Ayrıca, ilaç kalıntılarının insan sağlığı üzerindeki olası etkileri göz önünde bulundurularak, ilaçların kullanımında bekleme sürelerine riayet edilmelidir (FAO, 2008). Aşı ve ilaç uygulamalarının biyogüvenlik açısından önemi büyüktür.



Şekil 11: Biyogüvenlik önlemleri içerisinde aşılama görselleştirilmiştir.

Aşılama programlarının doğru şekilde uygulanması, sadece sürü içindeki bireylerin sağlığını korumakla kalmaz, aynı zamanda hastalıkların çiftlik genelinde yayılmasını önler (Tekelioğlu vd., 2021; FAO, 2010; Kurtbeyoğlu & Akan, 2023). Benzer şekilde, ilaçların uygun şekilde kullanılması, dirençli bakteri ve virüslerin oluşumunu engelleyerek biyogüvenliği destekler. Bu nedenle, aşılama ve ilaç kullanımı konusundaki tüm uygulamalar, veteriner hekimlerin gözetimi altında yürütülmeli ve çiftlik personeline bu konuda düzenli eğitim verilmelidir (FAO, 2010; Tekelioğlu ve Al Saedi, 2021; Bouazzaoui vd., 2021; Fowzi, 2022).

Avian Influenza'nın aşılama takibi ve süreci, hastalığın yayılmasını kontrol altına almak ve sürü sağlığını korumak açısından kritik bir öneme sahiptir. Bu virüs, yüksek bulaşıcılık oranıyla hızla geniş popülasyonlara yayılabilir ve ciddi ekonomik kayıplara yol açabilir. Bu nedenle, aşılama programlarının doğru şekilde uygulanması ve düzenli olarak izlenmesi, salgınların önlenmesi için çok önemlidir. Özellikle göçmen kuşların taşıdığı ek risklerin arttığı dönemlerde, aşılama programlarının titizlikle uygulanması, hastalığın yayılmasının önüne geçilmesi adına kritik bir rol oynar. Zamanında ve uygun şekilde yapılan aşılamalar, sürü içinde bağışıklığın güçlenmesini sağlayarak hastalığın etkili bir biçimde kontrol edilmesine yardımcı olur. Eksik ya da geç yapılan aşılamalar, virüsün direnç kazanmasına ve daha tehlikeli varyantların ortaya çıkmasına yol açabilir. Bu nedenle, veteriner hekimlerin gözetimi altında aşılama programlarının uygulanması ve aşı sonrası izlemelerin yapılması, çiftliklerde

biyogüvenliğin sürdürülebilirliği için vazgeçilmezdir. Aşılama sonrası etkisiz kalan aşılama tespit edilmesi durumunda, hızlıca yeni stratejilerin belirlenmesi ve uygulanması, sadece hayvan sağlığını değil, aynı zamanda halk sağlığını ve ekonomik sürdürülebilirliği de güvence altına almak açısından gereklidir. Bu süreç, biyogüvenliğin korunması ve hastalıkların çiftlik genelinde yayılmasının engellenmesi için hayati önem taşır (FAO, 2008; Tekelioğlu vd., 2021; Bouazzaoui vd., 2021; Kurtbeyoğlu ve Akan, 2023).

Aşı türleri, kullanım sıklığı ve ilaç uygulamalarının biyogüvenlik üzerindeki etkilerini ele alan etkin bir yönetim stratejisi, kanatlı hayvan yetiştiriciliğinde hastalıkların kontrol altına alınmasını ve sürü sağlığının korunmasını sağlar. Bu nedenle, aşılama ve ilaç kullanımına yönelik tüm protokoller, çiftlikte biyogüvenliğin sağlanmasında kritik birer unsur olarak değerlendirilmelidir (Bardakcı, 2021; Bouazzaoui, 2021; Kurtbeyoğlu, 2023; Abdallah, 2023).

SONUÇ VE ÖNERİLER

Biyogüvenlik tedbirleri, kanatlı hayvan hastalıklarının önlenmesinde ve çiftliklerin verimliliğinin artırılmasında hayati bir rol oynamaktadır. Bu tedbirler, hastalıkların çiftlik ortamına girişini ve yayılmasını engelleyerek hayvan sağlığını korur ve ekonomik kayıpları minimize etmektedir. Aşılama, uygun ilaç kullanımı, fiziksel koruma önlemleri, temizlik ve dezenfeksiyon gibi tüm biyogüvenlik uygulamalarının veteriner hekim denetiminde ve eğitilmiş personel tarafından yürütülmesi, bu sürecin başarısını artıracaktır. Çiftlik çalışanlarının düzenli eğitimi, biyogüvenlik prosedürlerine tam uyumun sağlanması ve gerekli kontrol noktalarının oluşturulması, kanatlı yetiştiriciliğinde sürdürülebilir ve sağlıklı bir üretim için elzemdir.

Biyogüvenlik stratejilerinin başarılı bir şekilde uygulanabilmesi için çiftlik yönetiminde net kurallar belirlenmeli ve bu kuralların tüm çalışanlar tarafından benimsenmesi sağlanmalıdır. Çiftliklerin çevresel izolasyonunun sağlanması, patojenlerin çiftlik ortamına girişini engellemek açısından kritik öneme sahiptir. Kümeslerin yalıtımı, dezenfeksiyon havuzlarının kullanımı ve biyogüvenlik bariyerlerinin oluşturulması gibi fiziksel önlemler, hastalıkların yayılmasını engellemede önemli bir rol oynamaktadır. Aşılama ve ilaç kullanımında doğru zamanlama ve uygun dozlama büyük önem taşımaktadır. Aşıların etkin bir şekilde uygulanması, hayvanların bağışıklık sistemini güçlendirerek hastalıkların ortaya çıkma riskini azaltmaktadır. İlaçların uygun dozlarda ve gerektiği durumlarda kullanılması ise antibiyotik direncinin oluşmasını engellemek açısından önemlidir. Bu süreçte, veteriner hekimlerin rehberliğinde hareket edilmesi gerekmektedir.

Hayvan hareketlerinin kontrolü ve karantina uygulamaları, dış kaynaklı patojenlerin çiftlik ortamına girişini önlemek için etkili bir yöntemdir. Yeni hayvanların karantina altında tutulması, bulaşıcı hastalıkların mevcut sürüye yayılmasını engelleyebilir. Ayrıca, kümes içi sıcaklık, nem ve havalandırma koşullarının sürekli izlenmesi ve kontrol edilmesi, hayvanların refahını ve sağlığını doğrudan etkileyen faktörlerdir. Su ve yem kalitesinin düzenli olarak kontrol edilmesi, mikrobiyolojik risklerin azaltılması ve hayvanların sağlıklı beslenmesinin sağlanması için gereklidir. Su kaynaklarının temizlenmesi ve dezenfekte edilmesi, yemlerin uygun koşullarda saklanması gibi uygulamalar, hastalıkların önlenmesinde kritik bir rol oynamaktadır.

Sonuç olarak, Avian Influenza, kanatlı hayvan endüstrisi, halk sağlığı ve küresel gıda güvenliği açısından ciddi bir tehdit oluşturan, çok yönlü bir hastalıktır. Bu hastalığın kontrolü, **etkili**

biyogüvenlik önlemlerinin uygulanması, aşılama stratejilerinin dikkatli bir şekilde yönetilmesi ve uluslararası iş birliğinin güçlendirilmesi gibi çok yönlü yaklaşımları gerektirir. Biyogüvenlik tedbirlerinin doğru bir şekilde uygulanması, hastalıkların çiftlik ortamına girişini ve yayılmasını engelleyerek hayvan sağlığını korur ve ekonomik kayıpları minimize eder. Özellikle aşılama, uygun ilaç kullanımı, temizlik ve dezenfeksiyon gibi biyogüvenlik uygulamalarının veteriner hekim denetiminde ve eğitilmiş personel tarafından yürütülmesi, bu tedbirlerin etkinliğini artırmaktadır. Çiftlik çalışanlarının düzenli eğitimi ve biyogüvenlik prosedürlerine tam uyum sağlanması, sürdürülebilir ve sağlıklı bir üretim için hayati önem taşır. Bu önlemler, sadece mevcut salgınların kontrol altına alınmasına değil, aynı zamanda gelecekteki potansiyel salgınların önlenmesine de katkı sağlar. Toplumun ve endüstrinin bilinçlendirilmesi ise Avian Influenza ile mücadelede vazgeçilmezdir. Eğitim programları ve farkındalık kampanyaları, çiftçilerin ve ilgili paydaşların biyogüvenlik ve hastalık yönetimi konularında bilinçlenmesini sağlayarak, hastalığın yayılmasını etkin bir şekilde önlemekte ve gıda güvenliğini korumaktadır.

KAYNAKÇA

- Abdallah, N., Tekelioğlu, B. K., Kurşun, K., Baylan, M., & Elçi, Ü. (2023). Vaccination and poultry production. *Journal of Agriculture Food and Environment*.
- Akgöl, M., Kul, S., & Öksüztepe, G. (2021). Salmonellosis ve hayvansal orijinli gıdalar. *Fırat Üniversitesi Sağlık Bilimleri Veteriner Dergisi*, 35(2).
- Akın, Y. (2023). Türkiye'nin sıcak iklim koşullarında kaz yetiştiriciliği: Diyarbakır ili örneği. *Journal on Mathematic, Engineering and Natural Sciences (EJONS)*, 7(4), 512–521.
- Alexander, D. J. (2007). An overview of the epidemiology of avian influenza. *Vaccine*, 25(30), 5637–5644.
- Atabay, H. I., Aydın, F., Houf, K., Sahin, M., & Vandamme, P. (2003). The prevalence of *Arcobacter* spp. on chicken carcasses sold in retail markets in Turkey, and identification of the isolates using SDS-PAGE. *International Journal of Food Microbiology*, 81(1), 21–28.
- Atasever, M. (2017). Kanatlı etlerinde *Salmonella* riski. *Atatürk Üniversitesi Veteriner Bilimleri Dergisi*, 12(1), 90–98.
- Bardakcı, B. (2021). Organik yumurta ve tavuk eti tüketimini etkileyen faktörler: Bursa ili örneği (Master's thesis). Bursa Uludağ Üniversitesi, Türkiye.
- Bouazzaoui, A., Abdellatif, A. A. H., Al-Allaf, F. A., Bogari, N. M., Al-Dehlawi, S., & Qari, S. H. (2021). Strategies for vaccination: Conventional vaccine approaches versus new-generation strategies in combination with adjuvants. *Pharmaceutics*, 13, 140. <https://doi.org/10.3390/pharmaceutics13020140>
- Capua, I., & Alexander, D. J. (2009). Avian influenza infection in birds: A challenge and opportunity for the poultry veterinarian. *Poultry Science*, 88(4), 842–846.
- Carli, K. T., Eyigor, A., & Caner, V. (2001). Prevalence of *Salmonella* serovars in chickens in Turkey. *Journal of Food Protection*, 64, 1832–1837.
- EFSA (European Food Safety Authority) & ECDC (European Centre for Disease Prevention and Control). (2014). The European Union summary report on trends and sources of zoonoses, zoonotic agents and food-borne outbreaks in 2012. *EFSA Journal*, 12, 3547.
- Eseceli, H., Değirmencioglu, N., Çenet, O., & Elmaz, Ö. (2004). HACCP prensiplerini kanatlı hayvan çiftliklerine taşımak.
- FAO, AVSF, DAH. (2005). Prevention and control of avian flu in small scale poultry: A guide for veterinary paraprofessionals in Vietnam. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- FAO. (2008). Biosecurity for highly pathogenic avian influenza: Issues and options. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- FAO. (2010). Biosecurity for highly pathogenic avian influenza. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- FAOa. (2021). Meat market review. Retrieved from <http://www.fao.org/3/cb3700en/cb3700en.pdf>
- FAOb. (2021). Poultry production. Retrieved from <http://www.fao.org/poultry-production-products/production>
- FAO (2024). Avian influenza situation update. Retrieved from <https://www.ontario.ca/document/animal-health-updates-and-veterinary-advisories/animal-health-update-avian-influenza-march-11-2024#:~:text=AI> (Accessed on 25 June 2024).
- Fowzi, H. (2022). Kanatlı hayvan yetiştiriciliği sektöründe UMS 41 tarımsal faaliyetler çerçevesinde muhasebe ve raporlama = Accounting and reporting in the framework of

- IAS 41 agricultural activities in the poultry farming industry (Master's thesis, Sakarya Üniversitesi).
- Ginex, T., & Luque, F. J. (2020). Searching for effective antiviral small molecules against influenza A virus. *Expert Opinion on Therapeutic Patents*, 31(1), 53–66. <https://doi.org/10.1080/13543776.2020.1831471>
- Guner, A., Atasever, M., & Aydemir Atasever, M. (2012). Yeni ortaya çıkan ve tekrar önem kazanan gıda kaynaklı bakteriyel patojenler. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 18, 889–898.
- Kiley, J. L., & Yun, H. C. (2005). Avian influenza: An overview and clinical status. *Current Infectious Disease Reports*, 27(1), 1. <https://doi.org/10.1007/s11908-024-00850-y>
- Kurtbeyoğlu, G. A., & Akan, M. (2023). Kanatlı hayvanlarda kullanılan vektör aşılar. *Veteriner Farmakoloji ve Toksikoloji Derneği Bülteni*, 14(2), 98–107. <https://doi.org/10.38137/vftd.1273600>
- Külcü, R. (2022). Hayvan refahı kavramı ve uygulamalarının etik ekseninde sorgulanması. *Sosyal Beşeri ve İdari Bilimler Alanında Uluslararası Araştırmalar XII*, 165.
- Lee, D. H., Torchetti, M. K., Killian, M. L., Berhane, Y., & Swayne, D. E. (2021). Intercontinental dissemination of Asian avian influenza viruses and their genetic characteristics. *Emerging Microbes & Infections*, 10, 1–14.
- Liem, N. T., Lim, W., World Health Organization Writing Group, Dung, N. T., Hien, N. T., Hien, T. T., Chau, N. Q., Hien, V. M., Thanh, N. T., Ngan, V. K., et al. (2010). Risk factors for human illness with avian influenza A (H5N1) virus infection in China. *Journal of Infectious Diseases*, 201, 1726–1731.
- Muratoğlu, K., Çetin, Ö., & Çolak, H. (2015). Besin kaynaklı hastalıkların epidemiyolojisi. *Türkiye Klinikleri Journal of Food Hygiene and Technology - Special Topics*, 1(3), 1–8.
- Musa, E., Nia, Z. M., Bragazzi, N. L., Leung, D., Lee, N., & Kong, J. D. (2024). Avian influenza: Lessons from past outbreaks and an inventory of data sources, mathematical and AI models, and early warning systems for forecasting and hotspot detection to tackle ongoing outbreaks. *Healthcare*, 12(19), 1959. <https://doi.org/10.3390/healthcare12191959>
- Parın, U., Kırkan, Ş., Savaşan, S., & Yüksel, H. T. (2017). Kanatlı yetiştiriciliğinde biyogüvenlik: Tanım, korunma ve güvenlik kuralları. *Türkiye Klinikleri Journal of Veterinary Science Pharmacology and Toxicology - Special Topics*, 3, 149–153.
- Sogut, M., & Tekelioğlu, B. K. (2021). Avian herpesviruses and their potential impacts on poultry health. *XII International Scientific Agriculture Symposium “AGROSYM 2021”*, Jahorina, Bosnia and Herzegovina, 1189–1195.
- Spackman, E. (2020). Animal influenza virus methods and protocols (3rd ed.). *Methods in Molecular Biology*, 83–177. <https://doi.org/10.1007/978-1-0716-0346-8>
- Statista. (2021). Poultry meat statistics. Retrieved from <https://www.statista.com/statistics/237597/leading-10-countries-worldwide-in-poultry-meat-production-in-2007/> (Accessed July 10, 2021).
- Şireli, T. (2008). Türkiye’de kanatlılarda Salmonella insidensi ve mevzuatı. *Mektup Ankara*, 6, 10–12.
- TC Sağlık Bakanlığı. (2015). Ulusal Mikrobiyoloji Standartları (UMS): *Campylobacter jejuni/coli* enfeksiyonlarının mikrobiyolojik tanısı. Ankara: TC Sağlık Bakanlığı.
- Tekelioğlu, B. K., & Al Saedi, R. L. (2021). Kanatlı hayvanlar için biyogüvenlik uygulamaları. *ISPEC 8th International Conference on Agriculture, Animal Sciences and Rural Development*.

- Tekelioğlu, B. K., Derici, O. B., Çizmecigil, U. Y., & Çelik, M. (2021). Serbest dolaşan tavuk, hindi ve ördek civcivlerinde görülen felç ve ölümlerin etiyolojik araştırması. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (32), 588–594. <https://doi.org/10.31590/ejosat.1045575>
- Tölu, C. (2023). Kocaeli’de sürdürülebilir hayvan tarımı modelleri önerileri. *Şura Akademi*, (4), 41–49.
- Turan, N., Ozsemir, C., Yilmaz, A., Çizmecigil, U. Y., Bamac, O. E., Gurel, A., Kutukcu, A., Ozsemir, K., Tali, E. H., Yilmaz, S. G., Yaramanoglu, M., Tekelioglu, B. K., Ozsoy, S., Richt, J. A., Iqbal, M., & Yilmaz, H. (2020). Identification of Newcastle disease virus subgenotype VII.2 in wild birds in Turkey. *BMC Veterinary Research*, 16, 277. <https://doi.org/10.1186/s12917-020-02503-3>
- TÜİK. (2021). Türkiye İstatistik Kurumu Raporu. Retrieved from <https://data.tuik.gov.tr/Search/Search?text=tavuk> (Accessed July 10, 2021).
- Türktarım. (2021). Türkiye’de kanatlı sektörü. Retrieved from <http://www.turktarim.gov.tr/Haber/401/turkiyede-kanatli-sektoru-her-yil-yuzde-8-buyuyor> (Accessed July 10, 2021).
- WOAH. (2024). Avian Influenza. https://www.woah.org/en/disease/avian-influenza/?gad_source=1&gclid=CjwKCAiA3ZC6BhBaEiwAeqfvygqBW6gBJID3iHqPkY6mwU8JJuH_5mw3mgVp6jhMkJVbSA82EXnTnhoCRtUQAvD_BwE Accessed Date: 24.11.2024
- WHO (2023). Influenza (Avian and Other Zoonotic)—H5N1 Virus. Retrieved from [https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/influenza-\(avian-and-other-zoonotic\)](https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/influenza-(avian-and-other-zoonotic)) (Accessed June 29, 2024).
- Yeşilova, M. E. (2024). Türkiye’de kanatlı hayvan hastalıkları ve nedenleri: İstatistiksel inceleme. *ISPEC Journal of Science Institute*, 3(1), 34–37.
- Yılmaz, Ş. (2019). Bursa ili süt sığırcılığı işletmelerinin biyogüvenlik uygulamaları açısından değerlendirilmesi (Master's thesis). Bursa Uludağ Üniversitesi, Türkiye.

**SIĞIR YETİŞTİRİCİLİĞİNDE ETKİN İŞHAL YÖNETİMİ İÇİN GÖRÜNTÜ
İŞLEME VE YAPAY ZEKA KULLANIMI ÜZERİNE BİR DERLEME**

Tuğrulhan ÖZDEN*(ORCID:0000-0003-0325-624X)

Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü

Email:ozdentugrulhan01@gmail.com

Dr. Öğr. Üyesi Sinan KANDIR (ORCID:0000-0002-8404-7994)

Çukurova Üniversitesi, Ceyhan Veteriner Fakültesi

Email:sinankandir@cu.edu.tr

Doç. Dr. Bilge Kaan TEKELİOĞLU (ORCID:0000-0001-6727-3175)

Çukurova Üniversitesi, Ceyhan Veteriner Fakültesi

Email:ktekelioglu@cu.edu.tr

Özet

Büyükbaş hayvan çiftliklerinde hayvan refahı ve verimliliğin önemli bileşenlerinden birisi de hastalıkların erken teşhis edilebilmesidir. Sığırlarda ve buzağılarda sıkça görülen ishal, büyükbaş hayvanlarda karşılaşılan önemli bir sağlık sorunudur ve zamanında müdahale edilmediğinde ciddi sağlık sorunlarına yol açabilmektedir. Sığır ishallerinin etiyolojik nedenleri arasında viral, bakteriyel, paraziter, beslenme ve çevresel faktörler etkilidir. En sık olarak coronavirüs, rotavirüs, enterotoxigenic Escherichia coli (ETEC), Cryptosporidium parvum (C parvum) type II, Salmonella enterica (S enterica) subsp. enterica serovarları ve beslenmeye bağlı olduğu bildirilmiştir. İshalin erken teşhisi, hem hayvan sağlığını korumak hem de ekonomik kayıpların önlenmesi açısından kritik bir öneme sahiptir. Özellikle ishal durumunda, hayvanların yeme sürelerinde kısalma, fizyolojik ve metabolik aktivitelerinde bozulmalar ve sürekli hareket etme eğilimleri gibi anormal davranışlar gözlemlenebilir. Görüntü işleme teknikleri, hayvanların yeme, içme, dinlenme ve hareket etme gibi günlük fizyolojik aktivitelerini sürekli izleme imkanı tanımaktadır. Bu teknik, hayvanların normal davranışlarının tanımlanmasına ve olası anormalliklerin tespit edilmesine olanak sağlar. Anormal hareket kalıplarının belirlenmesi, sağlık sorunlarının erken aşamalarda tespit edilmesine olanak sağlamaktadır. Görüntü işleme ve yapay zeka algoritmalarının entegrasyonu, büyükbaş hayvanlarda ishal gibi sağlık sorunu belirtilerinin tespiti ve analizi açısından önemli bir potansiyele sahiptir. Çiftliklere entegre edilen bu tür sistemlerde kullanılan kamera ve sensörlerden elde edilen veriler, makine öğrenimi algoritmalarıyla işlenmekte; denetimli öğrenme yöntemleri kullanılarak hayvan davranışlarının sınıflandırılmasına ve analizine olanak tanımaktadır. Bu bağlamda, sistem, mevcut verilerden öğrenerek gelecekteki davranışları tahmin edebilme ve anormal durumları tespit edebilme kapasitesine sahiptir. Yapay zeka algoritmaları, hayvanların normal davranış kalıplarını öğrenerek bu kalıplardaki sapmaları belirlemek için kullanılmaktadır. Geliştirilen bu sistemler, hayvan davranışlarını gerçek zamanlı olarak izleme ve analiz etme yeteneğiyle ishal gibi sağlık sorunlarının belirtilerini hızlı bir şekilde tespit edebilme potansiyeline sahip olup, anormal durumların tespiti halinde çiftçilere veya veterinerlere anlık bildirimler gönderilerek hızlı müdahale imkânı

sunulmaktadır. Hayvan sağlığının s¼rekli izlenmesi, çiftlik yöneticilerine kaynaklarını daha etkin bir şekilde yönetme imkânı sunmakta ve ishal gibi sağlık sorunlarının erken teşhisi, tedavi maliyetlerini azaltma ve üretkenliği artırma potansiyeli taşımaktadır. Ayrıca, sağlık sorunlarına zamanında müdahale edilmesi, hayvanların genel refah düzeyini yükselterek hem hayvanların yaşam kalitesini artırmakta hem de çiftliklerde verimliliği artırmaktadır. Bu nedenle, görüntü işleme ve yapay zeka algoritmalarının kullanımı, büyükbaş hayvan çiftliklerinde ishal gibi sağlık sorunlarının yönetimi açısından yenilikçi ve etkili bir yaklaşım sunarak, tarımsal üretim süreçlerine önemli katkılar sağlayacağı düşünülmektedir. Sonuç olarak, ishalin etkili bir şekilde yönetilmesinin büyükbaş hayvan sağlığı ve refahını artırarak, tarımsal üretimde sürdürülebilirliğe destek olabileceği düşünülmektedir. İleri teknoloji ile entegre edilmiş izleme sistemlerinin, hayvan sağlığının korunmasında kritik bir rol oynayacağı ve çiftliklerde verimlilik üzerinde önemli bir rol üstleneceği ön gör¼lmektedir.

Anahtar Kelimeler: Hayvan refahı, görüntü işleme, makine öğrenimi, ishal.

**USE OF IMAGE PROCESSING AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE FOR
EFFECTIVE DIARRHEA MANAGEMENT IN HEIFERS**

Abstract

One of the important components of animal welfare and productivity in large livestock farms is the early diagnosis of diseases. Diarrhoea, which is frequently seen in cattle and calves, is an important health problem encountered in large animals and can lead to serious health problems if not treated in time. Viral, bacterial, parasitic, nutritional and environmental factors are effective among the etiological causes of cattle diarrhoea. The most common ones are coronavirus, rotavirus, enterotoxigenic *Escherichia coli* (ETEC), *Cryptosporidium parvum* (C parvum) type II, *Salmonella enterica* (S enterica) subsp. enterica serovars and nutrition. Early diagnosis of diarrhea is of critical importance both in terms of protecting animal health and preventing economic losses. Especially in the case of diarrhoea, symptoms such as shortening of the animals' eating periods, deterioration in their physiological and metabolic activities and abnormal tendency to move constantly can be observed. Image processing techniques enable the continuous monitoring of daily activities such as feeding, drinking, resting, and movement, allowing for the identification of normal behavioural patterns and the detection of potential abnormalities. Recognizing abnormal movement patterns facilitates the early-stage detection of health issues. The integration of image processing and artificial intelligence algorithms holds significant potential for the identification and analysis of health problem indicators, such as diarrhoea, in cattle. In farm-integrated systems, data collected from cameras and sensors is processed with machine learning algorithms, allowing for the classification and analysis of animal behaviours using supervised learning methods. In this context, the system is capable of learning from existing data to predict future behaviours and detect anomalies. Artificial intelligence algorithms are employed to learn the animals' normal behaviour patterns and detect deviations from these patterns. These advanced systems possess the capability to monitor and analyse animal behaviours in real-time, with the potential to quickly identify signs of health issues like diarrhoea. In cases of anomaly detection, the system can send instant notifications to farmers or veterinarians, enabling swift intervention. Continuous monitoring of animal health provides farm managers with the ability to manage their resources more effectively, and early detection of health problems like diarrhoea reduces treatment costs and increases productivity. Additionally, timely intervention in health issues enhances the general welfare level of animals, improving both their quality of life and farm efficiency. Consequently, the use of image processing and artificial intelligence algorithms may presents an innovative and effective approach to managing health issues, such as diarrhoea, in cattle farms. It is thought that these integrations can make significant contributions to agricultural production processes. As a result, it is thought that effective management of diarrhoea can support sustainability in agricultural production by improving cattle health and welfare. It is anticipated that monitoring systems integrated with advanced technology will play a critical role in protecting animal health and will play an important role in productivity on farms.

Keywords: Animal welfare, image processing, machine learning, diarrhoea.

1. GİRİŞ

Hayvancılık sektöründe, özellikle büyükbaş hayvanlarda ishal, önemli ekonomik kayıplara ve hayvan refahında ciddi sorunlara yol açan yaygın bir sağlık problemidir (Çitil ve ark., 2004).

Bu durum, ayvanların genel sağlığını etkilerken süt üretimi, kilo alımı ve yetiştirme süreçlerini de olumsuz yönde etkileyebilmektedir. İshalin sebebi çoğunlukla bakteriyel, viral, paraziter enfeksiyonlar veya beslenme ve çevresel faktörlerle ilişkilendirilmektedir (Blanchard, 2012). Bu durumun doğru ve hızlı bir şekilde teşhis edilmesi, hastalığın yayılımını önlemek ve tedavi süreçlerini hızlandırmak için kritik öneme sahiptir. Geleneksel teşhis yöntemleri genellikle klinik gözlem, elle muayene ve laboratuvar testlerine dayanmaktadır. Ancak bu yöntemler, zaman alıcı, maliyetli ve insan hatasına açık olabilmektedir (Radostits ve ark., 2006).

Günümüzde, yapay zeka (YZ) ve görüntü işleme teknolojileri, veteriner teşhis süreçlerinde yeni bir çağ başlatmış, hızlı, hassas ve otomatikleştirilebilir çözümler sunmaktadır. Bu teknolojiler, dışkının fiziksel özelliklerini (renk, doku, şekil) analiz ederek ishal belirtilerini erken teşhis etmeye olanak tanır. Özellikle OpenCV (Open Source Computer Vision Library) gibi açık kaynaklı görüntü işleme kütüphaneleri ve YOLO (You Only Look Once) gibi derin öğrenme tabanlı nesne algılama algoritmaları, bu alandaki yenilikçi çözümler arasında yer almaktadır.

OpenCV, dışkı örneklerinin renk ve doku analizinde kullanılırken; YOLO, dışkıdaki anormalliklerin gerçek zamanlı olarak tespit edilmesini sağlamaktadır (Hachuel ve ark., 2019). Literatür, süt verimliliği, sürü davranışlarının izlenmesi ve genel hayvan refahı gibi çeşitli uygulama alanlarında YZ ve görüntü işleme teknolojilerinin başarıyla kullanıldığını göstermektedir. Ancak ishal teşhisine yönelik uygulamalar henüz sınırlı düzeydedir. Bu derleme, bu boşluğu doldurmayı, mevcut yaklaşımları özetlemeyi ve gelecekteki potansiyel yönelimleri tartışmayı amaçlamaktadır. Bu bağlamda, bu çalışma, hayvancılık sektöründe ishalin teşhisi için görüntü işleme ve yapay zeka tekniklerinin nasıl uygulanabileceğini incelemekte ve bu teknolojilerin sağladığı avantajları detaylandırmaktadır. Ayrıca, mevcut literatürün derinlemesine bir analizi sunularak, bu teknolojilerin daha geniş çapta benimsenmesine yönelik önerilerde bulunmaktadır (Singh ve ark., 2023).

2. İSHALİN NEDENLERİ

İshalin ortaya çıkmasında farklı faktörler etkili olabilir. Bu faktörler genellikle enfeksiyonlar, beslenme hataları, çevresel stres ve bağışıklık sistemi zayıflığı gibi başlıca kategorilere ayrılabilir. Büyükbaş hayvanlarda ishalin en sık görülen nedenleri arasında viral ve bakteriyel enfeksiyonlar vardır. Rotavirüs ve coronavirüs, özellikle genç hayvanlarda (buzağılarda) ciddi ishale neden olan yaygın virüslerdir. Bu virüsler, bağırsak epitelinde hasara yol açarak su ve elektrolit dengesini bozar. Diğer taraftan *Escherichia coli* ve *Salmonella* gibi bakteriler, dışkının yapısında bozulmalara ve sıvı kaybına yol açarak ciddi sağlık sorunları yaratır. *Clostridium perfringens* gibi bakteriler ise akut ishale neden olabilir ve tedavi edilmediğinde ölümlerle sonuçlanabilir. *Cryptosporidium* ve *Giardia* gibi protozoan parazitler, büyükbaş hayvanlarda kronik ve inatçı ishalin başlıca nedenlerindedir. Paraziter enfeksiyonlar, özellikle bağışıklık sistemi zayıf hayvanlarda uzun süreli sorunlara yol açabilir (Blanchard, 2012).

Hayvanların beslenme programlarında yapılan ani değişiklikler, sindirim sisteminde dengesizliklere yol açarak ishal riskini artırır. Yüksek enerji içeren yemlerin hızlı bir şekilde

verilmesi, özellikle buzağılarda sindirim sorunlarına neden olabilir. Küflü, bozulmuş veya düşük kaliteli yemlerin tüketimi, bağırsak florasını olumsuz etkileyerek ishalin yayılmasına neden olur (Gökçe, 1995). Kötü hijyen koşulları, özellikle ahır ve barınaklarda enfeksiyonların yayılmasını kolaylaştırır. Kontamine su ve yem kaynakları, patojenlerin hızlı bir şekilde sürüye yayılmasına neden olabilir. Taşıma, aşırı sıcaklıklar ve yetersiz barınma koşulları gibi çevresel stres faktörleri, hayvanların bağışıklık sistemini zayıflatarak ishal riskini artırır (Asadi ve ark., 2015).

Doğumdan sonraki ilk haftalarda bağışıklık sistemi tam olarak gelişmemiş olan buzağılar, enfeksiyonlara karşı daha savunmasızdır. Anne sütünden yeterli kolostrum alınmaması, buzağuların bağışıklık sistemini zayıflatabilir. Kronik hastalıklar veya yetersiz beslenme gibi nedenlerle bağışıklık sistemi zayıflamış hayvanlarda ishal, daha sık ve ağır şekilde görülebilir (Gökçe, 1995).

3. İSHALİN ETKİLERİ

İshal, yalnızca hayvan sağlığını etkilemekle kalmaz; aynı zamanda ekonomik kayıplara ve çevresel sorunlara da neden olur. İshal, hayvanlarda ciddi sıvı ve elektrolit kaybına yol açar. Bu durum, dehidrasyona ve organ fonksiyonlarında bozulmaya neden olabilir. Özellikle genç hayvanlarda, ishalin yol açtığı besin emilimi sorunları büyüme ve gelişmeyi olumsuz etkiler. İshal nedeniyle bağışıklık sistemi zayıflayan hayvanlar, diğer enfeksiyonlara karşı daha savunmasız hale gelir (Dargatz, 1998).

İshal, süt veriminde azalmaya ve besi hayvanlarında kilo kaybına yol açarak doğrudan ekonomik kayıplara neden olur. Enfekte hayvanların tedavisi için yapılan harcamalar (ilaç, veterinerlik hizmetleri vb.), çiftlik işletmelerinin maliyetlerini artırır. Ağır ishal vakalarında hayvanların ölmesi, çiftliklerde uzun vadeli ekonomik zararlara neden olabilir (Ott, 1993).

İshal nedeniyle artan dışkı miktarı, uygun şekilde yönetilmediğinde çevre kirliliğine yol açabilir. Kontamine dışkının çevreye yayılması, diğer hayvanlara ve hatta insanlara hastalık bulaşma riskini artırabilir (Yıldız ve ark., 2018).

İshalin yukarıda açıklanan nedenleri ve etkileri göz önüne alındığında, bu sorunun etkin bir şekilde teşhis edilmesi ve kontrol altına alınması hayati bir öneme sahiptir. Geleneksel yöntemlerin sınırlılıkları, yapay zeka ve görüntü işleme gibi yenilikçi teknolojilere duyulan ihtiyacı artırmaktadır. Bu teknolojiler, hem hastalık teşhisinde hız ve doğruluk sağlamak hem de çiftlik işletmelerinin sürdürülebilirliğine katkıda bulunmaktadır.

4. GÖRÜNTÜ İŞLEME TEKNİKLERİ İLE İSHAL TEŞHİSİ

Görüntü işleme teknikleri, hayvanların sağlık durumlarını tespit etmek ve izlemek için etkili bir araç olarak ön plana çıkmaktadır. Bu teknikler, özellikle büyükbaş hayvanlarda ishal gibi sağlık sorunlarının teşhisinde yenilikçi bir çözüm sunmaktadır (Holmstrom ve Beckham 2017).

Görüntü işleme, dışkının fiziksel özelliklerini analiz ederek ishalin erken belirtilerini tespit etmek için kullanılmaktadır. Dışkının renk, doku ve şekil gibi özellikleri, bu tekniklerle detaylı bir şekilde incelenebilir.

4.1. DIŞKININ FİZİKSEL ÖZELLİKLERİNİN ANALİZİ

İshalin teşhisi için dışkının fiziksel özelliklerinin analizi, görüntü işleme tekniklerinin temel bir uygulama alanıdır. Bu özelliklerin otomatik olarak incelenmesi, insan hatasını azaltır ve daha hızlı bir teşhis sağlar (Hachuel ve ark., 2019). Sığırlarda normal dışkının rengi genellikle koyu kahverengi tonlarındaiken, ishal vakalarında açık kahverengi, sarımsı veya yeşilimsi tonlar görülebilir (Blanchard, 2012). Görüntü işleme algoritmaları, renk farklılıklarını tespit ederek anormal durumları belirlemede etkili bir şekilde kullanılabilir. İshal, dışkının yapısında değişikliklere neden olur. Katı dışkı ile sıvı dışkı arasındaki doku farkı, görüntü işleme algoritmaları tarafından algılanabilir. Bu analiz, dışkının sıvı içeriğini ve homojenliğini değerlendirerek teşhise katkı sağlayabilir. Normal dışkı genellikle belirgin bir forma sahipken, ishal durumunda dışkının şekli bozulur ve yayılmış bir görünüme sahip olur. Görüntü işleme teknikleri, bu şekil değişikliklerini tespit ederek ishal erken teşhis potansiyeli taşımaktadır.

4.2. OPENCV (OPEN SOURCE COMPUTER VİSİON LİBRARY) KULLANIMI

OpenCV, görüntü işleme alanında geniş bir araç seti sunan açık kaynaklı bir kütüphanedir (Bradski, 2008). İshal teşhisinde OpenCV'nin kullanımı, dışkının fiziksel özelliklerinin incelenmesi için güçlü bir altyapı sağlama potansiyeli taşımaktadır. Kenar algılama algoritmaları (Sun ve ark., 2022) dışkının çevresini ve sınırlarını tespit etmek için kullanıma potansiyeli taşımaktadır.

Bu, dışkının boyutunu ve şekil özelliklerini belirlemek için temel bir adımdır. Segmentasyon teknikleri, görüntüdeki farklı bölgelerin ayrıştırılmasını sağlayarak, dışkıdaki anormal bölgelerin diğerlerinden ayrılması, teşhis sürecini kolaylaştırabilir. OpenCV, dışkının rengindeki ani değişimleri ve yüzey dokusundaki bozuklukları algılayarak ishal belirtilerini tespit edebilir (Sun ve ark., 2022).

5. YAPAY ZEKA TEKNİKLERİ İLE İŞHAL TEŞHİSİ

Yapay zeka (YZ), hayvancılık sektöründe sağlık yönetimi ve hastalık teşhisi süreçlerinde devrim yaratacak bir teknoloji olarak ön plana çıkmaktadır (Mahato, 2024). İshal gibi yaygın sağlık sorunlarının teşhisinde YZ'nin sunduğu olanaklar, geleneksel yöntemlere kıyasla daha hızlı, daha doğru ve otomatikleştirilebilir çözümler sunma potansiyeli taşımaktadır (Wijedasa ve ark., 2023).

Bu süreçte özellikle makine öğrenmesi (ML) ve derin öğrenme (DL) algoritmaları, dışkı analizi ve diğer biyolojik verilerin değerlendirilmesinde önemli bir rol oynamaktadır (Neethirajan, 2020). Makine öğrenmesi teknikleri, dışkı örneklerini analiz ederek normal ve anormal durumları sınıflandırmada etkili bir yöntemdir. Destek Vektör Makineleri (SVM) ve Karar Ağaçları gibi algoritmalar, dışkının renk, doku ve şekil gibi özelliklerini değerlendirerek teşhis sürecini destekler (Miekley ve ark., 2013). Bu algoritmalar, geniş veri setlerinden öğrenerek farklı durumları sınıflandırabilir ve ishal belirtilerini otomatik olarak tespit edebilir (Miekley ve ark., 2013).

Ayrıca, k-Nearest Neighbors (k-NN) ve Naive Bayes gibi algoritmalar da dışkı analizi için kullanılan geleneksel yöntemlere kıyasla daha hızlı ve hassas teşhis imkanı sunar. Derin öğrenme teknikleri, daha karmaşık veri yapıları üzerinde çalışabilen ve daha yüksek doğruluk

oranları sunan bir diğer YZ yaklaşımıdır. Convolutional Neural Networks (CNN) gibi modeller, dışkı görüntülerindeki dokusal ve yapısal farklılıkları tespit ederek ishal teşhisinde yüksek doğruluk sağlar. CNN modelleri, görüntü verilerini katmanlar halinde işleyerek anormal durumları tespit eder ve teşhis süreçlerini otomatikleştirir (O'Toole ve ark., 2018). Bu, özellikle büyük çiftliklerde sürü genelinde hızlı bir şekilde teşhis yapılmasını sağlar. Derin öğrenmenin önemli bir diğer uygulaması olan YOLO, gerçek zamanlı nesne algılama özelliğiyle ishal teşhisinde kullanılma potansiyeli taşımaktadır. YOLO, dışkıdaki anormal bölgeleri hızlı bir şekilde tespit ederek, çiftliklerde anlık uyarılar oluşturabilir. Bu, dışkıların normal veya anormal olarak sınıflandırılmasını sağlar ve veteriner müdahalesinin hızlanmasına katkıda bulunur (O'Toole ve ark., 2018).

YOLO'nun gerçek zamanlı çalışabilmesi, büyük veri setlerinin işlenmesi gereken durumlarda dahi yüksek performans sunar (Hachuel ve ark., 2019). Yapay zeka tekniklerinin ishal teşhisindeki avantajları, yalnızca hastalık belirtilerinin tespit edilmesiyle sınırlı değildir. Bu teknikler, çiftlik genelinde sağlık durumunu izlemek, enfeksiyonların yayılmasını engellemek ve tedavi süreçlerini optimize etmek için de kullanılabilir (Dhoble ve ark., 2019). YZ sistemleri, elde edilen verileri analiz ederek hastalıkların nedenlerini ve olası yayılma risklerini tahmin edebilir. Bu, proaktif bir sağlık yönetimi stratejisi oluşturulmasını sağlar ((Dhoble ve ark., 2019; Hachuel ve ark., 2019). Büyükbaş hayvancılık işletmelerinde yapay zeka destekli sistemlerin ishal teşhisi gibi sağlık izleme uygulamalarında Drone'lar ve sensör tabanlı veri toplama cihazları ile kullanımı sayesinde dijital sağlık analiz arayüzleri, geleneksel çiftlik yapısıyla entegre edilerek modern teknolojinin veterinerlik alanındaki potansiyelini yansıtmaktadır (Şekil 1).



Şekil 12: Büyükbaş hayvancılık işletmelerinde yapay zeka destekli sistemlerin ishal teşhisi gibi sağlık izleme uygulamalarında Drone'lar ve sensör tabanlı veri toplama cihazları ile kullanımı (Özgün çizim).

6. LİTERATÜRDEKİ UYGULAMALAR VE BULGULAR

Qiao ve ark. 2021 yılında yapmış olduğu derleme çalışmasında, büyükbaş hayvanların izlenmesinde kullanılan akıllı algılama teknolojilerini derinlemesine inceleyen bir derlemedir. Araştırma, hayvanların bireysel tanımlanması, vücut kondisyonlarının değerlendirilmesi ve canlı ağırlık tahmini gibi üç ana alan üzerinde yoğunlaşmıştır. Çalışmada, biyometrik özellikler (burun desenleri, retina damar yapıları ve yüz yapıları) ve görüntü işleme yöntemleriyle bireysel hayvan kimliklendirme süreçlerinin doğruluğunun artırıldığı vurgulanmıştır. Özellikle derin öğrenme algoritmalarının, hayvan tanımlamada yüksek başarı sağladığı belirtilmiş, YOLO ve CNN gibi modellerin %95'in üzerinde doğruluk oranları sunduğu ifade edilmiştir. Vücut kondisyonu değerlendirmesinde, 2D ve 3D görüntü işleme teknolojilerinin kullanımı öne çıkmıştır. Kinect ve ToF gibi 3D sensörler, hayvanların vücut hacmi ve yüzey pürüzlülüğünü analiz ederek daha hassas sonuçlar elde edilmesini sağlamıştır. Bu yöntemlerin, geleneksel manuel yöntemlere kıyasla otomatikleştirilebilir ve tekrarlanabilir olması, hayvancılık sektöründe büyük bir avantaj olarak gösterilmiştir. Ayrıca, canlı ağırlık tahmini için görüntü tabanlı dolaylı yöntemlerin, elektronik tartılar gibi geleneksel yöntemlere bir alternatif sunduğu belirtilmiştir. 3D modelleme ve yapay sinir ağlarıyla yapılan çalışmalar, ağırlık tahmininde düşük hata oranlarıyla dikkat çekmiştir. Sonuç olarak, akıllı algılama teknolojilerinin, büyükbaş hayvanların sağlık ve refah izleme süreçlerini daha verimli hale getirdiği görülmüştür. Ancak, standart veri setlerinin eksikliği ve yöntemlerin geniş ölçekli uygulamalara adaptasyonu gibi bazı sınırlamalar olduğu belirtilmiştir. Bu nedenle, gelecekteki araştırmalarda veri füzyonu, karar destek sistemleri ve 3D modellemenin daha fazla entegre edilmesi gerektiği vurgulanmıştır. Bu teknolojiler, hayvan refahını artırmak ve üretim süreçlerini optimize etmek için büyük bir potansiyel sunmaktadır (Qiao ve ark. 2021).

Shubhangi Mahato ve Suresh Neethirajan 2024 yılında yapmış olduğu çalışmada, süt çiftliklerinde yapay zeka (YZ) kullanılarak biyometrik yüz tanıma teknolojilerinin uygulanmasını incelemektedir. İnsan yüz tanıma sistemlerinden uyarlanarak geliştirilen bu yöntem, ineklerin yüz özelliklerini (örneğin, burun deseni, gözler arası mesafe ve çene yapısı) analiz ederek bireysel kimliklendirme sağlar. Bu teknoloji, doğrudan temassız bir gözlem yöntemi sunarken hayvanlar üzerinde stres yaratmaz. Çalışma, YZ'nin sağlık yönetimi, davranış analizi ve süt üretim süreçlerinin optimize edilmesinde nasıl kullanılabileceğini ayrıntılı bir şekilde açıklamaktadır. Araştırmada, derin öğrenme algoritmalarının, özellikle Convolutional Neural Networks (CNN) gibi yöntemlerin, yüz tanıma doğruluğunu artırdığı belirtilmiştir. Ayrıca, transfer öğrenimi kullanılarak insan yüz tanıma için eğitilmiş modeller, ineklerin biyometrik özelliklerine uyarlanmıştır. Bu yöntemle, bireysel hayvan davranışlarının gerçek zamanlı olarak izlenmesi ve bu verilerin analiz edilmesi mümkün hale gelmiştir. Örneğin, stres ve rahatsızlık belirtilerini belirleyerek bireysel sağlık sorunlarının erken teşhisi yapılabilirken, yemleme ve sağım düzenlemeleriyle süt verimi artırılabilir. Çalışmada, yüksek çözünürlüklü kameralar ve derin öğrenme algoritmalarının çiftlik ortamına başarılı bir şekilde entegre edildiği belirtilmiştir. Ancak çevresel faktörler (örneğin, değişken ışık koşulları ve hareketli çiftlik ortamı), görüntü yakalama ve analiz süreçlerinde bazı zorluklara neden olmuştur. Ayrıca, hayvan refahını koruma ve veri güvenliği konularında etik kaygılar vurgulanmıştır. Çalışma, yüz tanıma teknolojisinin IoT cihazları ve RFID gibi diğer biyometrik sistemlerle entegre edilmesi durumunda doğruluk ve güvenilirlik açısından daha büyük bir potansiyel taşıyabileceğini ifade etmiştir. Sonuç olarak, bu teknoloji, süt çiftliklerinde hem hayvan refahını artırmak hem de üretim süreçlerini optimize etmek için önemli bir araç olarak görülmektedir. Ancak, teknolojinin yaygın bir şekilde uygulanabilmesi için çevresel zorlukların aşılması ve

daha dayanıklı sistemlerin geliştirilmesi gerektiği vurgulanmıştır. Gelecekte, gelişmiş derin öğrenme modelleriyle bu teknolojinin daha geniş çapta benimsenebileceği öngörülmektedir (Shubhangi Mahato ve Suresh Neethirajan 2024).

Wijedasa ve ark. 2023 yılında yapmış olduğu çalışmada, hayvancılık sektöründe karşılaşılan çok yönlü zorluklara çözüm getirmeyi amaçlayan makine öğrenimi ve görüntü işleme tabanlı yenilikçi yaklaşımlar sunmaktadır. Araştırma, büyükbaş hayvanların hastalık teşhisi, süt üretiminin optimize edilmesi, beslenme süreçlerinin iyileştirilmesi ve finansal yönetim stratejilerinin geliştirilmesi olmak üzere dört ana bileşene odaklanmıştır. İlk olarak, hayvan hastalıklarının teşhisi için görüntü işleme tabanlı bir sistem geliştirilmiştir. Kullanıcılar tarafından sağlanan görüntüler, YOLO (You Only Look Once) algoritması kullanılarak analiz edilmiş ve hastalık teşhisi yapılmıştır. Sistem, tanımlanan hastalık için çözüm önerileri ve detaylı rehberlik sunarak hastalıkların erken tespiti ve kontrol altına alınmasına katkıda bulunmuştur. İkinci olarak, süt üretimini optimize etmek amacıyla tahmin modelleri geliştirilmiştir. Çalışma, çevresel faktörler, hayvan bilgileri ve geçmiş süt üretimi verilerini kullanarak üretim tahminleri yapmıştır. Google API ile çevresel veri toplanmış ve Python ile veri analiz edilmiştir. Bu süreçte kullanıcı dostu bir arayüzle veri girişi kolaylaştırılmış ve üretim verimliliği artırılmıştır. Üçüncü olarak, hayvan beslenmesinin optimize edilmesi hedeflenmiştir. Beslenme ihtiyaçlarını tahmin etmek ve uygun diyet önerileri sunmak için makine öğrenimi teknikleri kullanılmıştır. Beslenme planları, bireysel hayvan ihtiyaçlarına göre özelleştirilmiş ve maliyet analizi yapılmıştır. MongoDB veritabanı ile tüm veriler organize edilmiş ve depolanmıştır. Bu sistem, çiftçilere yem maliyetlerini düşürme ve hayvan sağlığını iyileştirme konusunda rehberlik sağlamıştır. Son olarak, çiftliklerin finansal yönetimini geliştirmek için kapsamlı bir veri analiz sistemi tasarlanmıştır. Bu sistem, geçmiş finansal verileri kullanarak gelecekteki finansal sonuçları tahmin etmiş ve maliyet azaltma stratejileri önermiştir. Gelir artırıcı yaklaşımlar belirlenmiş ve sürekli izleme mekanizmaları ile finansal hedeflere ulaşılmasına destek olunmuştur. Çalışma, makine öğrenimi ve görüntü işleme tekniklerinin hayvancılık sektöründeki sorunlara yenilikçi çözümler sunabileceğini göstermektedir. Elde edilen sonuçlar, hayvan refahını artırmak, üretim süreçlerini optimize etmek ve ekonomik sürdürülebilirliği sağlamak için teknolojinin nasıl entegre edilebileceğini ortaya koymaktadır. Ancak, sistemlerin geniş ölçekli uygulamalara uyarlanması ve veri kalitesinin artırılması, gelecekteki çalışmalar için kritik bir gereklilik olarak belirtilmiştir. Melak ve ark. 2024 yılında yapmış olduğu derleme çalışmasında, yapay zekanın hayvancılık çiftliklerinde nasıl uygulandığını ve yönetim süreçlerindeki etkilerini kapsamlı bir şekilde incelemektedir. Çalışmada, yapay zeka teknolojilerinin hayvancılık sektöründe kaynak kullanımını optimize etmek, sürdürülebilirlik sağlamak ve çiftlik verimliliğini artırmak için sunduğu olanaklar vurgulanmıştır. Özellikle, çiftlik yönetimi, hayvan refahı, hastalık yönetimi ve üretim süreçleri gibi alanlarda yapay zekanın devrim niteliğinde değişimlere yol açtığı belirtilmiştir. Çalışma, yapay zekanın hayvancılık sektöründe veri toplama ve analiz süreçlerinde sağladığı avantajları ele almıştır. Kameralar, sensörler ve IoT (Nesnelerin İnterneti) cihazları gibi teknolojilerle entegre edilen yapay zeka sistemleri, hayvanların sağlık durumunu, hareketlerini, beslenme alışkanlıklarını ve çevresel koşulları gerçek zamanlı olarak izleyebilmektedir. Bu sayede, çiftçiler hastalıkların erken teşhisini yapabilir, besleme programlarını optimize edebilir ve çiftlik genelinde kaynak kullanımını daha verimli bir şekilde yönetebilir. Örneğin, ısı stresi izleme, dışkı analizi ve otomatik süt sağım sistemleri gibi uygulamalar, hem üretim süreçlerini hızlandırmakta hem de hayvan refahını artırmaktadır. Yapay zeka ayrıca, drone'lar ve robotik sistemler gibi otomasyon teknolojileriyle birleştirilerek çiftlik operasyonlarını kolaylaştırmaktadır. Örneğin, drone'lar sürülerin izlenmesi ve çit

kontrolleri için kullanılırken, robotik sistemler hayvanların sağım, temizlik ve aşılama süreçlerini otomatikleştirmektedir. Bu teknolojiler, manuel iş yükünü azaltarak maliyetleri düşürmekte ve operasyonel verimliliği artırmaktadır. Bunun yanı sıra, blok zinciri teknolojisi, gıda tedarik zincirinde izlenebilirliği artırarak güvenli ve sürdürülebilir üretim süreçlerine katkıda bulunmaktadır. Makale, yapay zeka teknolojilerinin uygulanmasında karşılaşılan zorlukları da tartışmıştır. Yüksek maliyetler, altyapı gereksinimleri ve veri güvenliği gibi sorunlar, bu teknolojilerin geniş çapta benimsenmesini sınırlayabilmektedir. Bununla birlikte, yapay zeka destekli çiftlik yönetiminin sunduğu olanakların, bu zorlukların üstesinden gelmek için önemli bir potansiyele sahip olduğu vurgulanmıştır. Gelecekte, daha sofistike algoritmaların ve entegre sistemlerin geliştirilmesiyle yapay zekanın hayvancılık sektöründe daha yaygın bir şekilde kullanılacağı öngörülmektedir. Sonuç olarak, bu çalışma, yapay zeka teknolojilerinin hayvancılık sektöründe sunduğu çok yönlü faydaları ve gelecekteki potansiyel uygulama alanlarını ayrıntılı bir şekilde ele alarak, sektörün dijital dönüşüm sürecinde nasıl şekillendiğini gözler önüne sermektedir (Melak ve ark. 2024; Wijedasa ve ark. 2023).

Poursaberi ve ark. 2010 yılında yapmış olduğu çalışmada, süt sığırlarında topallığın erken teşhisinde görüntü işleme tekniklerinin kullanımını ele almakta ve özellikle sırt duruşu analiziyle topallığın otomatik algılanmasına odaklanmaktadır. Araştırma, Belçika'daki iki farklı süt çiftliğinde gerçekleştirilen deneylerden elde edilen verilerle yürütülmüştür. Topallığın, sırtın eğrilik derecesi gibi görsel özellikler kullanılarak tespit edilmesi, hayvan refahını artırmayı ve üretim kayıplarını önlemeyi amaçlayan yenilikçi bir yaklaşım olarak öne çıkmaktadır. Çalışmada, topallığın belirlenmesi için ineklerin yürüyüşleri sırasında sırt duruşlarının otomatik olarak analiz edilmesi üzerine bir algoritma geliştirilmiştir. Algoritma, videolardan elde edilen görüntülerde arka ayakların yere temas ettiği dört kare üzerinden sırtın eğriliğini hesaplamaktadır. Sırt eğriliği, belirli bir bölgedeki noktaların bir çember üzerinde yer almasıyla ölçülmüş ve bu eğrilik, topallığın bir göstergesi olarak değerlendirilmiştir. Görüntü işleme süreci, arka plan-ön plan ayrımı, segmentasyon ve sırt eğriliği hesaplama adımlarını içermektedir. Bu adımların her biri, sırt eğriliğinin doğru bir şekilde tanımlanmasını sağlamak için çeşitli matematiksel filtreler ve istatistiksel yöntemlerle optimize edilmiştir. Araştırmada, algoritmanın doğruluğu iki farklı veri setinde test edilmiştir. İlk veri seti (D1) 28 inekten, ikinci veri seti (D2) ise 156 inekten oluşmaktadır. Algoritma, D1 veri setinde %96,4, D2 veri setinde ise %96,7 doğruluk oranıyla topallık sınıflandırması yapmıştır. Yanlış sınıflandırmalar, genellikle sınıflar arasında bir derece farkıyla gerçekleşmiştir. Bu sonuçlar, sırt duruşunun topallık tespitinde etkili bir gösterge olduğunu ve algoritmanın bu tür problemler için güvenilir bir çözüm sunduğunu göstermektedir. Sonuç olarak, çalışma, sırt duruşu analizi yoluyla topallığın otomatik tespitinin hayvan refahını artırmada ve erken teşhisle üretim kayıplarını önlemede önemli bir potansiyele sahip olduğunu ortaya koymuştur. Ancak, algoritmanın toplu sürü hareketlerinde veya karmaşık çevre koşullarında doğruluğunu artırmak için daha fazla iyileştirme yapılması gerektiği belirtilmiştir. Gelecekte, algoritmanın diğer biyometrik göstergelerle entegrasyonu ve daha geniş veri setleriyle eğitilmesi, hayvancılık sektöründe uygulanabilirliğini artırabilir. Bu tür sistemlerin, geleneksel yöntemlerden daha hızlı ve doğru sonuçlar sunarak hayvan sağlığı yönetiminde devrim yaratma potansiyeline sahip olduğu vurgulanmıştır (Poursaberi ve ark. 2010).

Bandara ve ark. 2022 yılında yapmış olduğu çalışmada süt sığırlarında süt veriminin artırılması ve genel hayvancılık yönetiminde karşılaşılan zorlukların üstesinden gelmek amacıyla makine öğrenimi ve görüntü işleme yöntemlerinin kullanımını ele almaktadır. Araştırma, üç ana konuya odaklanmaktadır: sığır ırklarının tanımlanması, parazit enfeksiyonlarının ve risk seviyelerinin

tespiti, ve ısı stresi seviyelerinin belirlenmesi. İlk olarak, sığır ırklarının tanımlanmasında YOLOv3 algoritması kullanılmıştır. Çalışmada, çeşitli veri kaynaklarından toplanan 1580 görüntüden oluşan bir veri seti hazırlanmış ve YOLOv3 mimarisıyla model eğitilmiştir. Bu model, farklı sığır ırklarını yüksek doğruluk oranıyla tanımlamış ve çiftçilerin sığırlarının özelliklerini daha iyi anlamalarına olanak tanımıştır. Özellikle, saf ve melez ırkların ayırt edilmesinde büyük bir başarı elde edilmiştir. İkinci olarak, iç parazit türlerinin ve bu enfeksiyonların risk seviyelerinin belirlenmesi için yine YOLO tabanlı algoritmalar uygulanmıştır. Çalışma, parazit türlerini ve enfeksiyonun şiddet seviyesini tespit etmek için mikroskopik dışkı görüntülerinden elde edilen verilerle gerçekleştirilmiştir. YOLOv5 modeli, parazit türlerinin belirlenmesi ve enfeksiyonun ilerleme seviyesinin tespiti için optimize edilmiştir (Bandara ve ark. 2022). Bu yöntem, veteriner hekimlere enfeksiyon risk seviyelerini hızlı ve doğru bir şekilde değerlendirme imkanı sağlamış ve hastalıkların yayılmasını önlemeye yönelik erken müdahale fırsatı sunmuştur. Üçüncü olarak, sığırların ısı stresi seviyelerinin tespiti için makine öğrenimi algoritmaları geliştirilmiştir. Çalışma, ısı stresi düzeylerini dört kategoride (stres yok, hafif stres, şiddetli stres, ölümcül stres) sınıflandırmıştır. Random Forest, Neural Network ve Decision Tree algoritmaları karşılaştırılmış ve Random Forest algoritmasının %97,4 doğruluk oranı ile en başarılı model olduğu bulunmuştur. Bu model, çiftçilerin ısı stresi seviyelerine göre önleyici tedbirler almasına ve süt üretim kayıplarını azaltmasına olanak tanımıştır. Sonuç olarak, bu araştırma, sığır yönetimi ve süt üretim süreçlerinde makine öğrenimi ve görüntü işleme teknolojilerinin nasıl kullanılabileceğini detaylı bir şekilde göstermektedir. Çalışmanın sunduğu sonuçlar, hem sığır refahını artırmak hem de süt verimliliğini optimize etmek için bu teknolojilerin büyük bir potansiyel taşıdığını ortaya koymaktadır. Gelecekte, modelin daha geniş veri kümeleriyle eğitilmesi ve daha fazla parazit türü ve çevresel faktörün dikkate alınması önerilmektedir. Bu tür yenilikçi yaklaşımlar, hayvancılık sektöründe sürdürülebilir üretim ve yönetim süreçlerinin geliştirilmesine önemli katkılar sağlayacaktır (Bandara ve ark. 2022).

Zhang ve ark. 2020 yılında yapmış olduğu çalışmada, süt sığırlarında mastitisin erken teşhisi için termal görüntüleme ve derin öğrenme tekniklerinin entegrasyonunu ele almaktadır. Araştırma, Enhanced Fusion MobileNetV3 You Only Look Once v3 (EFMYOLOv3) algoritmasını kullanarak sığırların göz ve meme bölgelerindeki sıcaklık farklarını analiz etmeyi amaçlamıştır. Bu yöntem, termal görüntülerin detaylarını artırmak için çift yönlü filtreleme algoritması kullanmış ve YOLOv3 tabanlı bir derin öğrenme modeli geliştirmiştir. Araştırmada, termal görüntüleme ile süt sığırlarının göz ve meme bölgelerindeki sıcaklık farkları otomatik olarak ölçülmüş ve bu bölgelerdeki sıcaklık artışlarının mastitis teşhisi için bir gösterge olduğu belirlenmiştir. Termal görüntüler, süt sığırlarının göz ve memelerini algılamak ve sınıflandırmak için bir derin öğrenme modeliyle işlenmiştir. MobilNetV3 ağ yapısı, YOLOv3 algoritmasının temel bileşeni olarak kullanılmış ve derinlik ayrışmalı evrişim teknikleri ile optimize edilmiştir. Ayrıca, çok ölçekli özelliklerin analizini geliştirmek için bir özellik piramidi ağı (FPN) uygulanmış ve bu, yüksek doğruluk oranlarına ulaşılmasını sağlamıştır. EFMYOLOv3 algoritması, 99 kare/saniye (fps) işlem hızı ve %96,8 ortalama doğruluk (mAP) ile yüksek performans göstermiştir. Araştırma, mastitis teşhisi için göz ve meme bölgeleri arasındaki sıcaklık farkını ölçerken %83,33 sınıflandırma doğruluğu, %92,31 duyarlılık ve %76,47 özgüllük oranlarına ulaşmıştır. Sıcaklık verilerinin somatik hücre sayımı (SCC) sonuçlarıyla karşılaştırılması, bu yöntemin subklinik mastitis teşhisinde etkili olduğunu göstermiştir. Sonuç olarak, EFMYOLOv3 algoritması, süt sığırlarında mastitis teşhisini hızlandıran ve doğruluğunu artıran yenilikçi bir yaklaşım sunmaktadır. Ancak, çalışmada kullanılan tek bir termal kameranın algılama doğruluğunun sınırlı olduğu belirtilmiş ve

gelecekte daha fazla termal ve derinlik kamerasının entegre edilmesi önerilmiştir. Bu tür iyileştirmelerle, mastitis teşhisinin daha kapsamlı ve güvenilir hale getirilmesi hedeflenmektedir (Zhang ve ark. 2020).

Wang ve ark. 2024 yılında yapmış olduğu çalışmada, modern hayvancılık çiftliklerinde ineklerin kızgınlık dönemlerinin hızlı ve doğru şekilde tespiti için geliştirilmiş bir derin öğrenme modeli olan Estrus-YOLO (E-YOLO) üzerine odaklanmaktadır. Araştırma, geleneksel yöntemlerin düşük doğruluğu ve manuel izleme süreçlerinin verimsizliği gibi sorunlara çözüm sunmayı hedeflemektedir. Çalışma, YOLOv8n modelinin optimizasyonu ile elde edilen E-YOLO modelini önererek, bireysel kızgınlık davranışlarını tespit etmek için yenilikçi bir yaklaşım sunmuştur.

Bu modül, ineklerin kızgınlık davranışlarını (örneğin, binme davranışı) analiz ederek, modelin kızgın ineklere odaklanmasını artırmıştır. Ek olarak, Çapraz Boyutlu Etkileşim Modülü (TAM) kullanılarak, bireysel kızgın ineklerin özelliklerinin daha iyi algılanması sağlanmıştır. Çalışmada, E-YOLO modeli 1716 görüntüden oluşan bir veri seti üzerinde test edilmiştir. Model, kızgınlık tespiti için %93,9 ortalama doğruluk (AP_{estrus}), binme davranışı tespiti için %95,7 doğruluk (AP_{mounting}) ve %93,74 F1-skora ulaşmıştır. Model, diğer tespit algoritmalarına (YOLOv8n, Faster R-CNN, SSD gibi) kıyasla daha az parametre ve işlem yoğunluğuna rağmen daha yüksek doğruluk sağlamıştır. Özellikle, zorlu çevresel koşullar (düşük ışık, karmaşık arka planlar ve küçük hedef boyutları) altında üstün performans göstermiştir. Sonuç olarak, E-YOLO modeli, kızgınlık dönemlerinin tespiti için hem hız hem de doğruluk açısından güçlü bir çözüm sunmaktadır. Model, düşük maliyetli ve etkili bir kızgınlık izleme sistemi oluşturarak, büyük ölçekli süt çiftliklerinin verimliliğini artırma ve üretim kayıplarını azaltma potansiyeline sahiptir. Gelecekte, kızgınlık tespitinin daha karmaşık ortamlarda uygulanabilirliğini artırmak için modelin iyileştirilmesi ve mobil uygulama geliştirilmesi önerilmektedir.



Şekil 13: Büyükbaş hayvanların davranışlarının kamera görüntüleriyle analizine bir örnek; Pembe kutular kızgınlık dönemindeki inekleri, yeşil kutular ise binme davranışını

işaretlemektedir. Gündüz ve gece çekimleri, farklı ışık koşullarında davranış tespitinin mümkün olduğunu göstermektedir (Wang ve ark. 2024).

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Yapay zeka ve görüntü işleme teknolojileri, büyükbaş hayvanların sağlık izleme ve teşhis süreçlerinde yenilikçi bir dönüşüm sağlamaktadır. Literatürdeki çalışmalar, bu teknolojilerin hayvan refahını artırma, üretim verimliliğini optimize etme ve ekonomik sürdürülebilirlik sağlama konularında etkili olduğunu göstermiştir. Görüntü işleme teknikleri, dışkı analizi, sırt duruşu, yüz tanıma ve termal görüntüleme gibi farklı yöntemlerle hayvan davranışlarını ve sağlık durumlarını otomatik ve doğru bir şekilde analiz edebilme kapasitesine sahiptir. Ayrıca, YOLO gibi derin öğrenme algoritmalarının hızlı ve gerçek zamanlı analiz imkanı sunması, çiftlik yönetiminde önemli bir avantaj sağlamaktadır.

Bu çalışmaların ortak bulgusu, yapay zeka tabanlı sistemlerin geleneksel yöntemlere kıyasla daha yüksek doğruluk oranları ve operasyonel verimlilik sunduğudur. Hastalıkların erken teşhis edilmesi, tedavi süreçlerinin hızlanması ve kaynak kullanımının optimize edilmesi gibi faydalar, hem hayvan refahını artırmakta hem de çiftliklerin ekonomik performansını iyileştirmektedir. Bununla birlikte, uygulamalarda karşılaşılan zorluklar arasında veri güvenliği, altyapı maliyetleri ve algoritmaların geniş ölçekli çiftlik koşullarında optimize edilmesi yer almaktadır. Yapay zeka algoritmalarının doğruluğunu ve genelleştirme kapasitesini artırmak için daha kapsamlı ve çeşitli veri setlerinin oluşturulması gerekmektedir. Bu veri setlerinin, farklı çevresel koşullar, hayvan türleri ve sağlık durumlarını içermesi, algoritmaların daha geniş kapsamlı uygulamalar için optimize edilmesini sağlayacaktır. Aynı zamanda, yapay zeka sistemlerinin IoT cihazları ve sensör teknolojileriyle entegre edilmesi, gerçek zamanlı veri toplama ve analiz süreçlerini iyileştirebilir. Özellikle çevresel izleme ve hayvan davranışlarının sürekli gözlemlenmesi, bu entegrasyonla daha etkili hale gelebilir. Bununla birlikte, laboratuvar ortamında geliştirilen algoritmaların, gerçek çiftlik koşullarında test edilmesi ve optimize edilmesi gerekmektedir. Bu süreç, algoritmaların geniş ölçekli uygulamalarda etkinliğini artıracak ve sektöre olan adaptasyonunu kolaylaştıracaktır. Çiftçilerin ve veterinerlerin bu teknolojileri daha kolay benimseyebilmesi için kullanıcı dostu arayüzler ve mobil uygulamalar geliştirilmesi büyük önem taşımaktadır. Bu tür araçlar, yapay zeka sistemlerinden elde edilen verilerin daha hızlı ve etkili bir şekilde kullanılmasını sağlayacaktır. Bunun yanı sıra, yapay zeka ve görüntü işleme sistemlerinin çiftliklerde uygulanabilmesi için maliyetlerin düşürülmesi ve altyapının desteklenmesi gerekmektedir. Hükümetler ve sektör liderleri, bu teknolojilerin yaygınlaşmasını teşvik etmek için ekonomik ve altyapısal destek programları sunmalıdır. Ayrıca, yapay zeka sistemlerinin veri toplama ve işleme süreçlerinde güvenlik standartlarına uygunluk sağlanması ve hayvan refahı ile ilgili etik değerlerin korunması da büyük önem arz etmektedir. Son olarak, yapay zeka, görüntü işleme, biyometri ve hayvan bilimleri gibi disiplinler arasında iş birliği artırılmalıdır. Bu çok disiplinli yaklaşım, daha etkili ve yenilikçi çözümler geliştirilmesini mümkün kılacaktır. Yapay zeka ve görüntü işleme teknolojilerinin hayvancılık sektöründe daha geniş çapta benimsenmesi, hem ekonomik hem de çevresel sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşılmasına katkı sağlayacaktır. Gelecekteki araştırmalar, bu teknolojilerin mevcut sınırlılıklarını aşmaya ve çiftlik yönetiminde daha geniş bir kullanım alanı sunmaya odaklanmalıdır.

KAYNAKÇA

- Asadi AH, Baghinezhad M, Asadi H. Neonatal calf diarrhea induced by rotavirus and coronavirus: a review. *Int J Biosci* 2015; 6: 230-236.
- Bandara, W. M. C. S., Priyasarani, W. A. L., Dhanarathna, Y. N., Jaanvi, S. C. H., Karunasena, A., & Abeywardhana, D. L. (2022, October). Machine Learning and Image Processing Based Approach for Improving Milk Production and Cattle Livestock Management. In 2022 13th International Conference on Computing Communication and Networking Technologies (ICCCNT) (pp. 1-6). IEEE.
- Blanchard, P. C. (2012). Diagnostics of dairy and beef cattle diarrhea. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, 28(3), 443-464.
- Blanchard, P. C. (2012). Diagnostics of dairy and beef cattle diarrhea. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, 28(3), 443-464.
- Bradski, G. (2008). Learning OpenCV: Computer vision with the OpenCV library. O'REILLY google schola, 2, 334-352.
- Çitil M, Karapehlivan M, Güneş V, Atakişi E, Uzlu E. Septisemi şüpheli buzağılarda serum sialik asit ve bazı biyokimyasal parametre düzeyleri. *Kafkas Üniv Vet Fak Derg* 2004; 10: 19-22.
- Dargatz, David. "Beef'97, Part Iii: Reference Of 1997 Beef Cow-Calf Production Management And Disease Control." (1998).
- Dhoble, A. S., Ryan, K. T., Lahiri, P., Chen, M., Pang, X., Cardoso, F. C., & Bhalerao, K. D. (2019). Cytometric fingerprinting and machine learning (CFML): A novel label-free, objective method for routine mastitis screening. *Computers and Electronics in Agriculture*, 162, 505-513.
- Fuentes, S., Viejo, C. G., Tongson, E., & Dunshea, F. R. (2022). The livestock farming digital transformation: implementation of new and emerging technologies using artificial intelligence. *Animal Health Research Reviews*, 23(1), 59-71.
- Gökçe G. Buzağı ishallerinde, etiyoloji, patogenezis ve tedavi seçenekleri. *Kafkas Üniv Vet Fak Derg*;1995; 1: 98- 102.
- Hachuel, D., Jha, A., Estrin, D., Martinez, A., Staller, K., & Velez, C. (2019). Augmenting gastrointestinal health: a deep learning approach to human stool recognition and characterization in macroscopic images. arXiv preprint arXiv:1903.10578.
- Holmstrom L, Beckham T. Technologies for capturing and analysing animal health data in near real time. *Rev Sci Tech*. 2017 Aug;36(2):525-538. doi: 10.20506/rst.36.2.2671. PMID: 30152466.
- Mahato, S., & Neethirajan, S. (2024). Integrating artificial intelligence in dairy farm management– biometric facial recognition for cows. *Information Processing in Agriculture*.
- Melak, A., Aseged, T., & Shitaw, T. (2024). The Influence of Artificial Intelligence Technology on the Management of Livestock Farms. *International Journal of Distributed Sensor Networks*, 2024(1), 8929748.
- Miekley, B., Traulsen, I., & Krieter, J. (2013). Mastitis detection in dairy cows: the application of support vector machines. *The Journal of Agricultural Science*, 151(6), 889-897.
- Neethirajan, S. (2020). The role of sensors, big data and machine learning in modern animal farming. *Sensing and Bio-Sensing Research*, 29, 100367.

- O'Toole, A. J., Castillo, C. D., Parde, C. J., Hill, M. Q., & Chellappa, R. (2018). Face space representations in deep convolutional neural networks. *Trends in cognitive sciences*, 22(9), 794-809.
- Ott, S. L. (1993). Dairy heifer morbidity, mortality, and health management focusing on preweaned heifers.
- Poursaberi, A., Bahr, C., Pluk, A., Van Nuffel, A., & Berckmans, D. (2010). Real-time automatic lameness detection based on back posture extraction in dairy cattle: Shape analysis of cow with image processing techniques. *Computers and electronics in agriculture*, 74(1), 110-119.
- Qiao, Y., Kong, H., Clark, C., Lomax, S., Su, D., Eiffert, S., & Sukkarieh, S. (2021). Intelligent perception for cattle monitoring: A review for cattle identification, body condition score evaluation, and weight estimation. *Computers and electronics in agriculture*, 185, 106143.
- Radostits OM, Gay CC, Hinchcliff KW, Constable PD. *Veterinary Medicine: A Textbook of the Diseases of Cattle, Sheep, Pigs, Goats and Horses*. 10th Edition, London: Saunders Company, 2006.
- Singh, Amandeep & Kashyap, Neeraj & Phand, Shahaji & Das, Sushrirekha & Brar, Parkash. (2023). *Prospects & Applications of Artificial Intelligence in Livestock Sector*.
- Sun, R., Lei, T., Chen, Q., Wang, Z., Du, X., Zhao, W., & Nandi, A. K. (2022). Survey of image edge detection. *Frontiers in Signal Processing*, 2, 826967.,
- Wang, Z., Hua, Z., Wen, Y., Zhang, S., Xu, X., & Song, H. (2024). E-YOLO: Recognition of estrus cow based on improved YOLOv8n model. *Expert Systems with Applications*, 238, 122212.
- Wijedasa, M. B. A. S., Cooray, P. L. G. K., Jayawansa, R. L. C., Karunasekera, S. D., Caldera, A., & De Silva, D. (2023). Cattle farm management system using machine learning and image processing. *International Journal of Research in Engineering, Science and Management*, 6(11), 12-20.
- Xudong, Z., Xi, K., Ningning, F., & Gang, L. (2020). Automatic recognition of dairy cow mastitis from thermal images by a deep learning detector. *Computers and Electronics in Agriculture*, 178, 105754.
- Yıldız, R., Beslek, M., Beydilli, Y., Özçelik, M.M., Biçici, Ö., 2018. Evaluation of platelet activating factor in neonatal calves with sepsis. *Veteriner Hekimler Derneği Dergisi* 89, 66-73.

**ZEYTİN YAN ÜRÜNLERİNİN VE ATIKLARININ KARAKTERİZASYONU VE
DEĞERLİ BİLEŞEN POTANSİYELİ**

Arş. Gör. Müberra Nur KILIÇARSLAN (ORCID:0000-0002-8514-1448)
Konya Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Çevre Mühendisliği,
Konya
Email:mnkilicarslan@ktun.edu.tr

Prof. Dr. Mehmet Emin ARGUN (ORCID:0000-0001-7203-1971)
Konya Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Çevre Mühendisliği,
Konya
Email:meargun@ktun.edu.tr

Özet

Zeytin, zengin vitamin ve mineral içeriği ile en sağlıklı besinler arasında anılmaktadır. Zeytin yağı, yemeklik yağlar içerisinde besin içeriği bakımından en önemli yağlardan biridir. Türkiye zeytin üretiminde dünyada ilk sıralarda yer almaktadır. Bu durum ülkemizde bol miktarda zeytin ve zeytin yağı üretimi sonrasında kalan atık ve yan ürünleri ortaya çıkarmaktadır. Bu çalışma, bu ürünlerin yeniden kullanım potansiyelini tespit etmek amacı ile birtakım analizler gerçekleştirmeyi hedeflemiştir. Geri kazanılabilecek değerli bileşikler takviye gıda ürünlerinde, kozmetikte, ilaç endüstrisinde kullanılabilir. Zeytin ağacından kalan yaprak, zeytin çekirdeği ve zeytin yağı üretimi sırasında oluşan atık zeytin yağı pirinası için katı madde ve yağ-gres analizleri gerçekleştirilmiştir. Numunelerden zeytin pirinası ikinci faz pirinadır ve numune yapısının bozulmaması için liyofilizatör ile numunenin su içeriği giderilmiştir. Numunelerin değerli bileşen içeriklerini tespit edebilmek için çözücü olarak etanol kullanılmıştır. Manyetik karıştırıcıda 24 saat 250 rpm de karıştırılmıştır ve çözeltiler filtre kâğıdı ile filtrelenmiştir. Elde edilen çözeltilere değerli bileşen içerikleri için toplam fenolik madde, toplam flavonoid içeriği ve antioksidan aktivite analizleri (DPPH ve ABTS) uygulanmıştır. Islak ikinci faz pirinanın toplam katı madde (TKM) içeriği %44 iken liyofilizatör ile %99 a kadar çıkarılmıştır. Numunelerin TKM içeriği %89-99 aralığında, yağ-gres içeriği %4-35 aralığında bulunmuştur. Numunelerin etanol çözücü ile karıştırılması sonrası yapılan değerli bileşen analizlerinde, toplam fenolik madde 2,1-8,6 mg GAE/g aralığında, toplam flavonoid içeriği 17-39 mg QE/g aralığında, DPPH 1,7-11,3 uM TE/g, ABTS 16-30,3 uM TE/g aralığında bulunmuştur. Zeytin yaprağı fenolik bileşikler, zeytin filtre toprağı ve ıslak pirina flavonoid içeriği, kuru tüm numuneler ABTS içeriği ve ıslak pirina DPPH antioksidan aktivite bakımından daha zengin bulunmuştur. Doğada kaybolacak olan zeytin yaprağı ve çekirdeği ile çevre için zararlı olan zeytin pirinası ve atık filtre toprağının yeniden kullanımının hem döngüsel ekonomiye hem de sürdürülebilirliğe katkı sunacağı düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Atık Geri Kazanımı, Değerli Bileşen, Sürdürülebilirlik, Zeytin Yan Ürünleri

**CHARACTERISATION AND VALUABLE COMPOUND POTENTIAL OF OLIVE
BY-PRODUCTS AND WASTES**

Abstract

Olive is one of the healthiest foods with its rich vitamin and mineral content. Olive oil is one of the most important oils in terms of nutrient content among edible oils. Turkey is at the forefront of olive production in the world. This situation reveals a large amount of waste and by-products left after olive and olive oil production in our country. This study aimed to carry out some analyses to determine the reuse potential of these products. The valuable compounds that can be recovered can be used in food supplements, cosmetics, and pharmaceutical industry. Solids and oil-grease analyses were carried out for olive pits, olive leaves from the olive tree and waste olive oil pomace generated during olive oil production. Olive pomace is a second phase pomace, and the water content of the sample was removed with a lyophiliser in order to maintain the sample structure. Ethanol was used as solvent to determine the valuable component contents of the samples. It was stirred in a magnetic stirrer at 250 rpm for 24 hours and the solutions were filtered with filter paper. Total phenolic matter, total flavonoid content and antioxidant activity analyses (DPPH and ABTS) were applied to the obtained solutions for valuable component contents. The total solids content (TSC) of the wet second phase pomace was 44% and was increased up to 99% with the lyophiliser. The TSC content of the samples was found in the range of 89-99% and the oil-grease content was found in the range of 4-35%. In the valuable component analyses performed after mixing the samples with ethanol solvent, total phenolic matter was found in the range of 2.1-8.6 mg GAE/g, total flavonoid content in the range of 17-39 mg QE/g, DPPH 1.7-11.3 uM TE/g, ABTS 16-30.3 uM TE/g. Olive leaf was found to be richer in phenolic compounds, olive filter soil and wet pomace in flavonoid content, all dry samples in ABTS content and wet pomace in DPPH antioxidant activity. It is thought that the reuse of olive leaves and pits, which will be lost in nature, and olive pomace and waste filter soil, which are harmful for the environment, will contribute to both circular economy and sustainability.

Keywords: Olive by-products, Sustainability, Valuable Component, Waste Recovery

1. INTRODUCTION

Olives and olive oil are among the most valuable nutrients among food products. According to the FAO Stats 2021 report, Turkey ranks fourth in olive production in the world after Spain, Greece and Italy with a production of 1,738,680 tons (FAO Stats, 2021). This situation shows the high potential of Turkey's olive and olive oil production. When the average of the 10-year period between 2012 and 2022 was taken in Turkey, it was determined that 1453700 tons of olives were produced. In the light of these findings, it is estimated that approximately 3 million tons of olives will be produced in 2022-2023 (Mustafa Tan, n.d.). The amount of waste that will be generated as a result of production is thought to be quite high, although it varies depending on the production process. The wastes that will be generated are oil-passed filter soil and liquid oleic acid for cold press refining facilities, 2-phase pomace for two-phase facilities, and black water and pomace for three-phase facilities. In addition to these, the leaves left from the olive tree and the pit left during sorting are also among the wastes.

It is thought that there are phenolic substances and substances with antioxidant activity as valuable components in olive waste products. Guvem et al. stated that phenolic substances in olives are used in the food industry due to their antioxidant and free radical scavenging properties as well as their role in ensuring microbial safety and in pharmacological applications due to their antimicrobial effects (Guvem Seval Aleyna et al., 2024). Olive by-products are natural and biodegradable, and their use for the recovery of valuable bioactive compounds is considered to contribute to the United Nations' 2030 Sustainable Development Goals (Ait-Kaddour et al., 2024).

This study aimed to characterize the moisture, oil and valuable component content of the remaining valuable olive material and waste materials from olive oil production facilities to determine their reuse potential in obtaining value-added products.

2. 2. MATERIALS AND METHODS

2.1. Material

A study was carried out on the wastes of olive oil production factories. A total of four samples from two different plants in Izmir using different production processes were studied. Waste filter soil was obtained from a plant named Kristal, which is located in Izmir and produces cold pressing. 2nd phase pomace (pomace+blackwater; wet pomace) was obtained from a facility in Izmir which produces 2-phase production. Olive pits and leaves were also obtained from this plant and used in the study. Since the moisture content of the 2nd phase pomace was high, it was firstly dried in a lyophilised device. After drying, all analyses were carried out. Raw samples and their codes are as follows (Figure 1):

- Crystal Olive Filter Soil; COFS
- Izmir Wet Pomace; IWP
- Izmir Lyophilised Pomace; ILP
- Izmir Olive Pit; IOP
- Izmir Olive Leaf; IOL

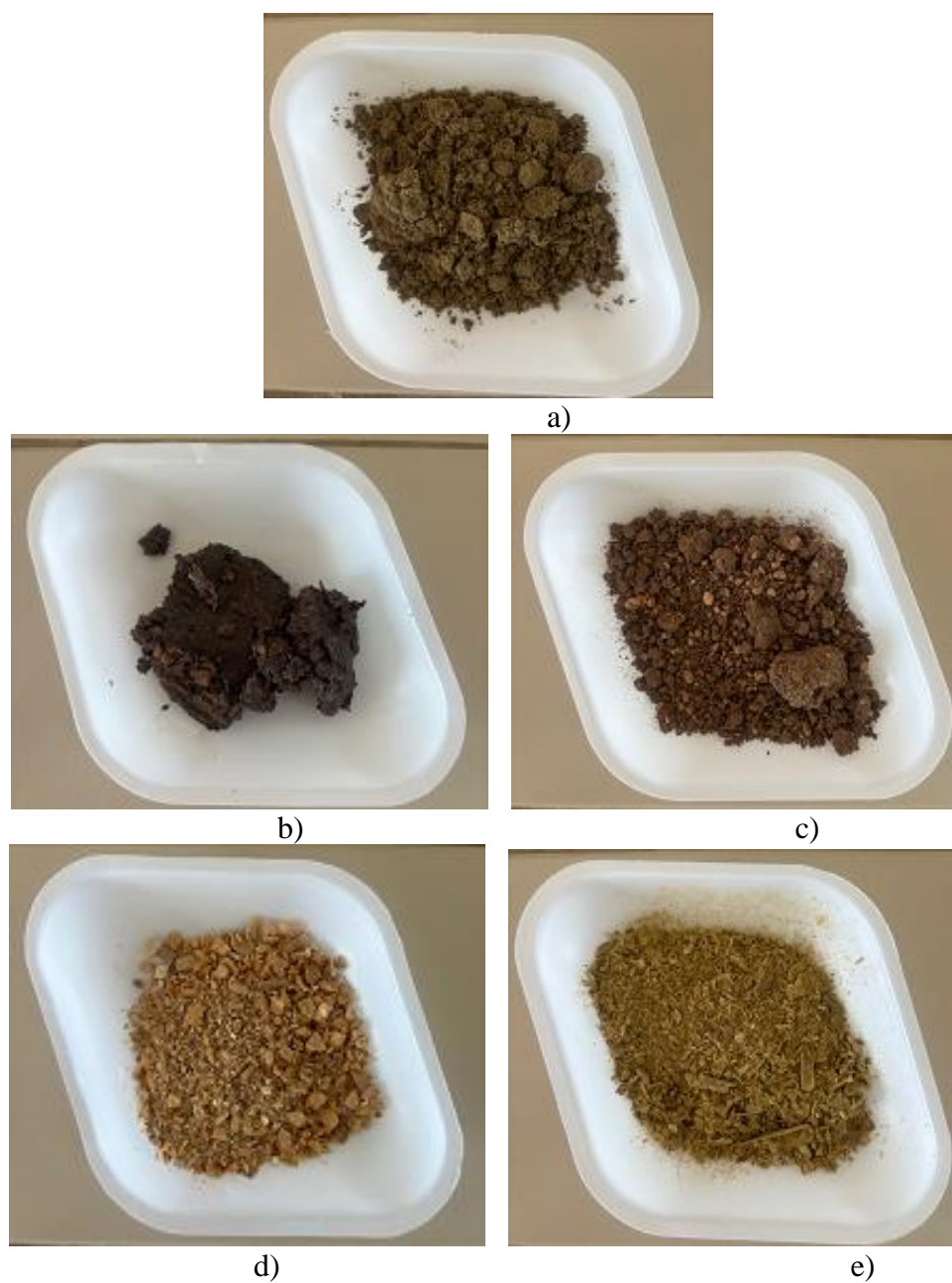


Figure 1. Olive waste samples; a) Crystal Olive Filter Soil; COFS, b) Izmir Wet Pomace; IWP, c) Izmir Lyophilised Pomace; ILP, d) Izmir Olive Pit; IOP, e) Izmir Olive Leaf; IOL

2.2. Extraction Process

In order to determine the valuable component content of the raw materials, the raw materials were treated with alcohol solvent. For this process, 1 g of crude sample and 10 mL and 20 mL (for two repetitions) of ethanol (96%) were mixed at 250 rpm in a magnetic stirrer for 24 hours (Figure 2). At the end of the process, the solutions were filtered with filter paper.



Figure 2. Extraction process of crude samples

2.3. Analytical methods

Solid matter analyses (Total Solid Matter (TSM), Volatile Solid Matter (VSM)) and oil-grease analyses were performed for the raw samples brought to the laboratory. Solid matter analyses were performed according to the Standard Method (SM 2540), and oil-grease analyses were performed by soxhlet according to the partial gravimetric method (APHA, 2005; 5520) (American Public Health Association, 2005). Total phenolic matter content (TPC), antioxidant activity (DPPH and ABTS) and total flavonoids matter (TFM) were analysed in the extracted solutions.

2.3.1. Total phenolic content

The total phenolic content of the extracts was analyzed using the Folin–Ciocalteu reagent (Singleton et al., 1999). 1580 μL of methanol/water mixture and 100 μL of folin solution were added to 20 μL of extract and waited for 5 minutes. Then, 300 μL of sodium carbonate was added and mixed, the lids were closed and waited for 30 minutes at 45°C in the oven for color development. At the end of the period, it was poured into numbered tubes and centrifuged at 4000-10000 rpm for 5 minutes. The same procedures were performed for the blank sample. Finally, the absorbance was measured at 765 nm using a spectrophotometer. A calibration chart was prepared using gallic acid as a standard. Total phenolic substance concentration was expressed as mg gallic acid equivalent per 1 L of extract (mgGAE/L).

2.3.2. Total flavonoid content

The total flavonoid (TFV) content of the extracts was determined according to Zhishen et al. (Zhishen et al., 1999). Sample extracts were reacted with NaNO_2 . Then, they were reacted with AlCl_3 to form a flavonoid-aluminum complex. The absorbance of these prepared solutions was read at 510 nm. The calibration chart prepared with quercetin standard was used in the calculation. The total flavonoid amount was expressed in quercetin equivalents (mg QE/L).

2.3.3. Radical cation ABTS+ scavenging activity

The radical cation scavenging capacity of the extracts was determined according to Re et al. (Re et al., 1999). For this purpose, 7 mM ABTS solution containing 2.45 mM potassium persulfate was prepared and this solution was kept at room temperature in a dark environment for 12-16 hours to form the stock ABTS+ radical solution. ABTS+ working solution was prepared by diluting the stock ABTS+ solution with water:ethanol (1:1, v/v) mixture such that the absorbance of the total mixture would be 0.70 at 734 nm. In the preparation of the calibration graph and sample analyses; 1980 μ L of ABTS+ working solution was added to 20 μ L of sample and mixed rapidly with the help of vortex and after waiting for 6 minutes, the absorbance at 734 nm was determined. The calibration graph was prepared using trolox as a standard. Radical cation scavenging capacity was expressed in trolox equivalent (μ M TE).

2.3.4. Radical DPPH• scavenging activity

The free radical scavenging capacity of the extracts was determined using 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl radical (0.1 mM DPPH•) according to Yu et al. (Yu et al., 2002). Accordingly, 100 μ L of sample was reacted with 1900 μ L of methanolic DPPH• solution. The absorbance (A) values of the mixture at 517 nm were read against pure water at 30 minutes. The results were calculated with the help of the trolox standard curve and expressed in trolox equivalent (μ M TE).

3. RESULTS AND DISCUSSION

3.1. Characterization of raw materials

Classical parameter analyses reporting moisture content, organic matter content and oil content of raw samples are given in Table 1.

Table 1. Solid matter and oil grease analysis results of raw samples

Raw samples	TSM (mg/g)	TSM (%)	VSM (mg/g)	VSM (%)	Oil-Grease (g/g)	Oil-Grease (%)
COFS (Crystal Olive Filter Soil)	962	96	413	41	0,354	35
IWP (Izmir Wet Pomace)	442	44	425	43	0,036	4
ILP (Izmir Lyophilised Pomace)	988	99	906	91	0,078	8
IOP (Izmir Olive Pit)	894	89	805	81	0,077	8
IOL (Izmir Olive Leaf)	933	93	849	85	0,049	5

While the wet 2nd phase pomace contained 44% solids, the solids content increased to 99% after lyophilization. All samples except wet pomace contained approximately 90% total solids. Since the olive leaf was left to dry at room temperature for a few days before the process, the solids content was high. The sample with the highest solids content following ILP was COFS. The volatile solids content compared to the solids content was approximately 91% in all samples except COFS. The volatile solids content was quite low in the COFS sample. This shows that the organic matter content in the filter soil was lower than the inorganic matter content. ILP had the highest TSM and VSM content. While COFS was the sample with the highest oil content with 35%, the oil content of the samples taken from the 2-phase production facility remained between 4-8%.

3.2. Valuable component analyses

The results of the valuable component analyses performed on the solutions obtained after the extraction process are given in Table 2. For TPC and TFM analyses, the results were found in mgGAE/L and mgQE/L, respectively. The solvent volume used for extraction was converted to mass by multiplying it with the concentration found and divided by the raw material mass used, and the results were expressed in mg/g. The average values of the analysis results performed in two replicates are given in Table 2.

Table 2. Valuable component analysis results of raw samples

Alcohol extraction of raw samples	TPC (mg GAE/g)	TFM (mg QE/g)	ABTS (uM TE/g)	DPPH (uM TE/g)
COFS (Crystal Olive Filter Soil)	2,1	38	28,1	2,3
IWP (Izmir Wet Pomace)	5,1	39	16	11,3
ILP (Izmir Lyophilised Pomace)	6,7	17	30,3	3,7
IOP (Izmir Olive Pit)	3,3	23,5	26,7	1,7
IOL (Izmir Olive Leaf)	8,6	17,4	27,7	4,6

The sample with the highest TPC content was olive leaves. After the wet pomace was lyophilized, the TPC concentration increased slightly, while the ABTS concentration increased by almost 100%. However, after lyophilized drying, the TFM and DPPH concentrations decreased significantly. When the refinery production waste and the 2-phase production facility wastes were compared, TFM was found to be at a higher concentration in the refinery waste (COFS), while TPC was found to be at a higher concentration in the 2-phase production waste (ILP). No difference was detected in the olive oil production process wastes in terms of antioxidants. However, ABTS was found to be higher for both samples. The TFM content of the COFS and IWP samples was higher. While the DPPH value of the IWP sample was significantly higher than the other samples, ABTS was lower than the others in the antioxidant activity analysis. It was observed that the olive pit (IOP) and leaf (IOL) also contained high-value components.

4. CONCLUSION

All waste samples were found to be rich in valuable components. It was determined that the dry weight of the sample and the differences in the production process change the valuable component content in the wastes. It is thought that the reuse of these products, which will be lost in nature or harmful to the environment, will contribute to both the circular economy and sustainability. The valuable compounds that can be recovered can be used in food supplements, cosmetics, pharmaceutical industry, etc.

REFERENCES

- Ait-Kaddour, A., Hassoun, A., Tarchi, I., Loudiyi, M., Boukria, O., Cahyana, Y., Ozogul, F., & Khwaldia, K. (2024). Transforming plant-based waste and by-products into valuable products using various “Food Industry 4.0” enabling technologies: A literature review. *Science of The Total Environment*, 955, 176872. doi: 10.1016/j.scitotenv.2024.176872
- American Public Health Association. (2005). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 21st edn. New York.
- Mustafa Tan. (n.d.). *What awaits us in the 2021/2022 season?* <https://Bilgeagacdergisi.Com/Dr-Mustafa-Tan-Ulusal-Zeytin-ve-Zeytinyagi-Konseyi-Baskani/>.
- FAO Stats. (2021). *World Olive Production by Country*. <https://Atlasbig.Com.Tr/Dunya-Zeytin-Uretimi>.
- Guvem Sevval Aleyna, Ozbey-Unal Bahar, Keskinler Bulent, & Balcik Cigdem. (2024). Redefining the waste: Sustainable management of olive mill waste for the recovery of phenolic compounds and organic acids. *Journal of Water Process Engineering*, 68.
- Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M., & Rice-Evans, C. (1999). Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radical Biology and Medicine*, 26(9–10), 1231–1237. doi: 10.1016/S0891-5849(98)00315-3
- Singleton, V. L., Orthofer, R., & Lamuela-Raventós, R. M. (1999). [14] Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-ciocalteu reagent. *Methods in Enzymology*, 299, 152–178. doi: 10.1016/S0076-6879(99)99017-1
- Yu, L., Haley, S., Perret, J., & Harris, M. (2002). Antioxidant properties of hard winter wheat extracts. *Food Chemistry*, 78(4), 457–461. doi: 10.1016/S0308-8146(02)00156-5
- Zhishen, J., Mengcheng, T., & Jianming, W. (1999). The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals. *Food Chemistry*, 64(4), 555–559. doi: 10.1016/S0308-8146(98)00102-2

**TEK ÇİÇEKLİ FİĞ (*Vicia articulata* Hornem)'İN ÇİMLENME ÖZELLİKLERİ VE
FARKLI ÖN İŞLEMLERE (priming) TEPKİSİ**

Prof. Dr. Uğur BAŞARAN (ORCID:0000-0002-6644-5892)
Yozgat Bozok Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü
Email:ugur.basaran@yobu.edu.tr

Doç. Dr. Erdem GÜLÜMSER (ORCID:0000-0001-6291-3831)
Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Ziraat ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü
Email:erdem.gulumser@bilecik.edu.tr

Özet

Tek yıllık baklagil bitkisi olan tek çiçekli fiğ (*Vicia articulata* Hornem) mercimeğe benzerliği ile bilinmektedir. Tek çiçekli fiğ taneleri insan beslenmesinde kullanılmaktadır. Bitkinin tadı konusunda bazı olumsuz yargılar olmakla birlikte, verimi yüksek ve zararlılara karşı dayanımı iyidir. Ancak tarımı ve çimlenme fizyolojisi hakkında çok fazla bilgi mevcut değildir. Tek çiçekli fiğin ön çimlenme testlerinde özellikle yeni tohumlarda düşük çimlenme oranı gözlenmiştir. Birçok baklagilin tohum kabuğunda su geçirmeyen tabakalar bulunmaktadır. Bu gibi tohumlara “Sert tohum”adı verilmektedir. Genellikle sert tohumlar çimlenmeleri için uzun süre isterler. Sert tohumluğun kırılması için fiziksel, kimyasal ya da mekanik uygulamalar yapılabilmektedir. Bu çalışmada farklı ön işlem (priming) uygulamalarının tek çiçekli fiğin çimlenmesi üzerine etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bitki materyali olarak 2 adet popülasyon kullanılmış ve bunlara 8 adet işlem (Kontrol, 20 saat soğuk uygulaması, 40 saat soğuk uygulaması, 20 saat soğuk uygulaması + duman solüsyonu, 40 saat soğuk uygulaması + duman solüsyonu, 20 saat duman solüsyonu, 40 saat duman solüsyonu ve sürekli 4 C°’de tutma) uygulanmıştır. Çalışmada çimlenme oranı ve çimlenme hızı belirlenmiş ve popülasyonlar ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Sonuç olarak, her iki popülasyonda da çimlenme hızı ve oranı birlikte ele alındığında; tohumların 40 saat süreyle duman solüsyonunda bekletmek (S-40) işleminin diğer işlemlerden daha iyi olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Tek çiçekli fiğ, *Vicia articulata*, dormansi, çimlenme, ön işlem.

GERMINATION CHARACTERISTICS OF SINGLE-FLOWERED VETCH (*Vicia articulata* Hornem) AND ITS RESPONSE TO DIFFERENT PRIMINGS.

Abstract

The annual legume plant, single-flowered vetch (*Vicia articulata* Hornem), is known for its resemblance to lentils. Single-flowered vetch grains are used in human nutrition. Although there are some negative opinions about the taste of the plant, its yield is high and its resistance to pests is good. However, there is not much information about its cultivation and germination physiology. In the pre-germination tests of single-flowered vetch, low germination rates were observed especially in new seeds. Many legumes have water-impermeable layers in their seed coats. Such seeds are called “Hard seeds”. Generally, hard seeds require a long time to germinate. Physical, chemical or mechanical applications can be made to break the hard seed. The aim of this study was to determine the effects of different priming applications on the germination of single-flowered vetch. Two populations were used as plant material and 8 treatments (Control, 20-hour cold treatment, 40-hour cold treatment, 20-hour cold treatment + smoke solution, 40-hour cold treatment + smoke solution, 20-hour smoke solution, 40-hour smoke solution and continuous holding at 4 C°) were applied. In the study, germination rate and germination speed were determined and the populations were evaluated separately. As a result, when the germination rate and rate were considered together in both populations; it was determined that the treatment of keeping the seeds in smoke solution for 40 hours (DS-40) was better than the other treatments.

Keywords: Single-flowered vetch, *Vicia articulata*, dormancy, germination, priming.

1. GİRİŞ

Tek çiçekli fiğ (*Vicia articulata* Hornem), taneleri insan beslenmesinde kullanılan ve mercimek (*Lens culinaris*)'e benzerliği ile bilenin bir türüdür. Tarih boyunca mercimekle karıştırılmıştır. Bu yüzden geçmişi hakkındaki bilgiler çok net değildir. Kömürleşmiş kalıntıları mercimek ve yaygın fiğ (*Vicia sativa*) gibi diğer baklagil türleri ile kolayca karıştırılarak yanlış tanımlanabilir (Pierrogiovanni ve Taranto, 2005). Akdeniz ve Güneybatı Asya'yanın kurak tarım sistemine çok iyi adapte olan bitki (Enneking, 1995), kurak koşullarda da gelişimine devam edebilmektedir. Bitkinin tohum verimi yüksek olup, tohumları da oldukça büyüktür. Baklagil bitkisi olan tek çiçekli fiğ %22-26 aralığında ham protein oranı ve az miktarda toksik bileşen içermektedir (Francis ve ark., 2000). Tek çiçekli fiğin ülkemizde tarımı yapılmakta ve çiftçiler tarafından sarı mercimek olarak adlandırılmaktadır (Uzun ve ark., 2011). Bitkin tarımı genellikle Ege Bölgesinin iç kısımlarında (Uşak, Manisa ve Kütahya) ve daha çok yüksek rakımlı bölgelerde yapılmaktadır. Bu durum bitkinin ekolojik isteklerinin daha ılıman bölgeler olduğunu göstermektedir. Ancak TÜİK verilerinde bitkiye ait istatistiksel kayıtlar bulunmamaktadır. Bu alandaki bilgiler çoğunlukla çiftçilerin veya yerel kaynakların beyanlarına dayanmaktadır. Bazı baklagil tohumlarının kabuğunda su geçirmeyen tabakalar bulunmaktadır. Bu tohumlar çimlenmeleri için uzun bir süre isterler. Bu tohumlara "Sert tohum" adı verilmektedir. Sert tohumların çimlenebilmesi için geçirimsiz kabuk tabakasının çatlatılması veya zedelenmesi gerekir. Bitki tohumlarında görülen dormansinin kırılmasında farklı işlemler uygulanmaktadır. Bu uygulamalar; kimyasal aşındırma, fiziksel aşındırma, hormon uygulamaları, dalgalı ışık ve sıcaklık uygulamaları, morötesi ışın (ultraviyole: UV) olarak sınıflandırılmaktadır (Özaslan ve ark., 2017; Bozdoğan ve ark., 2019; Özkil ve Üremiş, 2019; Tursun, 2020). Ancak, bitki türlerinin kırma uygulamalarına verdikleri tepkiler farklıdır. Bu nedenle söz konusu çalışmada; tek çiçekli fiğ (*Vicia articulata* Hornem) popülasyonlarının tohumlarına uygulanan farklı ön işlemlerin çimlenme özellikleri üzerine etkileri incelenmiştir.

2. MATERYA VE METOT

Bitki materyali olarak Manisa (A popülasyonu) ve Uşak (B popülasyonu) illerinden temin edilen 2 adet tek çiçekli fiğ (*Vicia articulata* Hornem) popülasyonu kullanılmıştır. Bitkiler 2023 yılında arazi koşullarında ekilmiş ve tohum hasadı yapılmıştır. Eski (1 yaşında) ve yeni tohumlara dormansi kontrolü için çimlendirme testi uygulanmıştır. Bu denemede ilk sayım 48. saatte yapılmış ve sayıma takip eden 7 gün boyunca devam edilmiştir. Sonrasında dormansi durumları belirlenen yeni tohumlara farklı ön işlemler (priming) uygulanarak çimlenme özelliklerinin değişimi ve gelişimi incelenmiştir (Tablo 1).

Tablo 1. Bitkilere uygulanan ön işlemlerin konusu

İşlemler	Açıklaması
Kontrol	Ön işlem uygulanmamış
S-20	20 saat soğuk uygulaması
S-40	40 saat soğuk uygulaması
S-DS-20	20 saat soğuk uygulaması + duman solüsyonu
S-DS-40	40 saat soğuk uygulaması + duman solüsyonu
DS-20	20 saat duman solüsyonu
DS-40	40 saat duman solüsyonu
4 C ^{o*}	Sürekli 4 C ^o de tutma

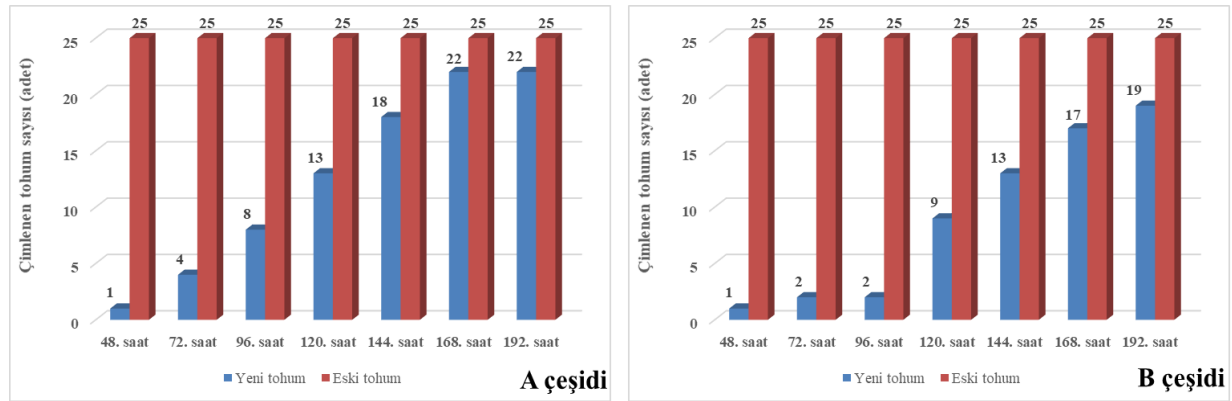
*: ön işlem içermemektedir, çimlendirme testi 4 C^o ortam sıcaklığında gerçekleştirilmiştir

Ön işlem uygulanan tohumlar daha sonra çimlendirme testine alınmıştır. Çalışma Yozgat Bozok Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü'nde yer alan tamamen kontrollü iklim odasında (ışık, sıcaklık ve nem) 8 gün boyunca devam etmiştir. İklim odasının ortam koşulları; 16/8 saat aydınlık/karanlık, 23 °C sabit sıcaklık olacak şekilde ayarlanmıştır. Petri kaplarına kurutma kâğıtları yerleştirilmiş ve her petriye 25 adet tohum konulmuştur. Denemede popülasyonlar ayrı ayrı değerlendirilmiş ve çalışma tesadüf parselleri deneme desenine göre 4 tekrar olarak yürütülmüştür. Her petri kabına 5 cc saf su verilmiş ve petri kapakları parafilm ile sıkıca kapatılmıştır. Her bir petri kabı bir tekerrür olarak belirlenmiştir. Çimlenme sayımlarına testin başlangıcından sonraki 24. saatte başlanmış ve 8 gün boyunca devam edilmiştir. 0.5 m sağlıklı çim köküne sahip tohumlar çimlenmiş olarak kaydedilmiştir.

Çalışmada çimlenme oranı (%) ile çimlenme hızı belirlenmiştir. Çimlenme hızını (ÇH) tespit etmek için çimlenen tohumlar her gün sayılmış ve elde edilen sonuçlar $CH = \frac{\sum (n1/d1 + n2/d2 + n3/d3 + \dots)}{\dots}$ formülünde yerine konularak hesaplanmıştır (Copeland ve McDonald, 2001). Formülde, n: sayım gününe ait çimlenen tohum sayısını, d: sayım gününü ifade etmektedir. Elde edilen sonuçlar, MSTATC istatistik programında analiz edilmiş ve ortalamalar arasındaki fark $p < 0.05$ düzeyinde Duncan çoklu karşılaştırma testi ile yapılmıştır.

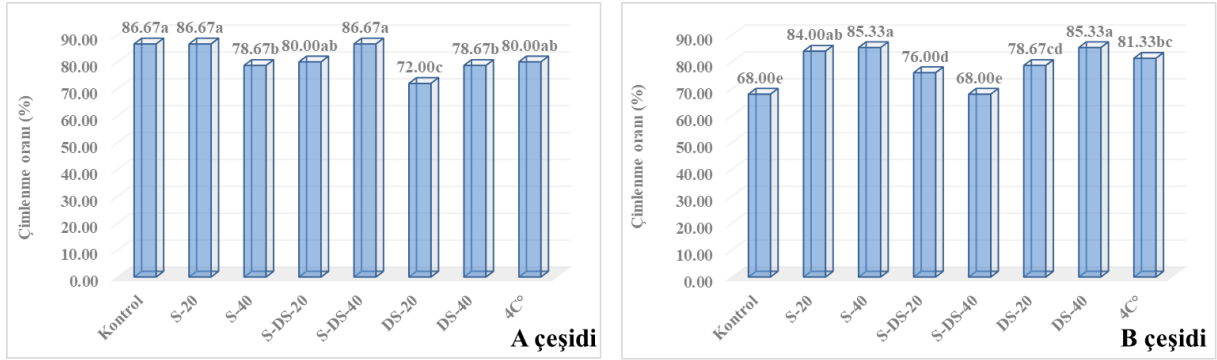
3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Şekil 1'de tek çiçekli fiğ'e ait A ve B popülasyonlarının eski ve yeni tohumlarının dormansi durumları görülmektedir. Her iki popülasyonun da eski tohumları 48. saat sonunda tamamen (%100) çimlenirken, yeni tohumlar, 1 haftalık süreçte çimlenmelerini tamamlayabilmişlerdir. Hatta her iki popülasyonda da yeni tohumları 1 hafta sonunda tamamen çimlenememiştir.

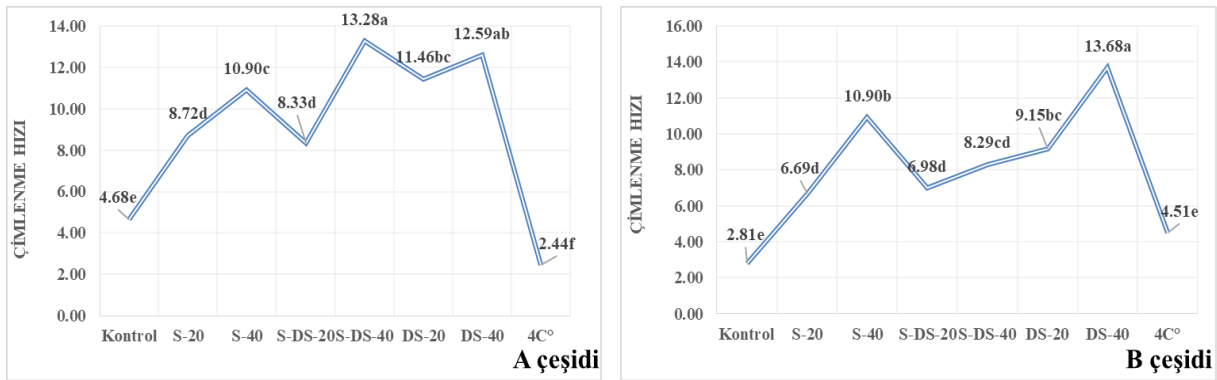


Şekil 1. Popülasyonların eski ve yeni tohumlarının zamana bağlı çimlenme sayıları ve dormansi durumları (A: Manisa; B: Uşak).

Şekil 2'de tek çiçekli fiğ popülasyonlarının çimlenme hızları verilmiştir. Her iki popülasyonun da işlemleri arasında %1 ihtimal seviyesinde farklılık olmuştur. Çimlenme oranı A popülasyonunda %72.00-86.67 ve B popülasyonunda %68.00-85.33 arasında olmuştur. Ön işlemlerin bitkinin çimlenme oranı üzerinde etkili olduğu söylenebilir. Özellikle B popülasyonda S-DS-20 uygulaması dışındaki diğer işlemlerde çimlenme oranı kontrol grubuna göre yüksek olmuştur. Diğer taraftan A popülasyonunda hiçbir işlemde Kontrol grubunun üzerinde çimlenme oranına ulaşılmamıştır. Ancak S-40, DS-20 ve DS-40 dışındaki işlemler kontrolle aynı grupta yer almıştır.



Şekil 2. Popülasyonların çimlenme oranları ** (A: Manisa; B: Uşak); **: $p < 0.01$



Şekil 3. Popülasyonların çimlenme hızları ** (A: Manisa; B: Uşak); **: $p < 0.01$

Tablo 3’de pupülasyonların çimlenme hızları verilmiştir. Her iki popülasyonda da işlemler arasında çimlenme hızı bakımından çok önemli ($p < 0.01$) farklılık oluşmuştur (Tablo 3). Çimlenme hızlarına bakıldığında, ön işlemlerin net bir şekilde dormansi üzerinde etkili olduğu ortaya çıkmaktadır. Nitekim her iki popülasyonda da kontrol ve sürekli 4 C° uygulaması diğer işlemlerden daha düşük çimlenme hızı sergilemiştir. Bu durum popülasyonlarda sert tohumluk olduğunu ortaya koymaktadır. Her iki popülasyonda da en yüksek çimlenme hızı DS-40 uygulamasında belirlenmiştir. Bunu yanında A popülasyonunda S-DS-40 uygulaması da DS-40 ile en yüksek grupta yer almıştır (Şekil 3). Bitki kaynaklı duman solüsyonları yakılan bitkiye ve konsatrasyona bağlı olarak, çimlenme ve fide büyümesi üzerinde önemli etkilere sahip olduğu farklı araştırmacılar tarafından ortaya konmuştur (Jefferson ve ark., 2008; Lindon ve Menges, 2008; Dixon ve ark., 2009). Duman solüsyonları bünyesinde fazla sayıda kimyasal bulundurmakta ve çimlenme üzerinde etkili olmaktadır. Bu etki butenoloid (3-metil-2Hfuro [2,3-c] piran-2-on) ve yanmış selülozdan kaynaklanmaktadır (Van Staden ve ark., 2004; Flematti ve ark., 2004). Karrisinolid olarak da adlandırılan butenoloid, tohumların fitohormonlara, ışığa gereksinimlerinde ve tohum kabuğu geçirgenliğinde değişikliğe neden olmaktadır. Çopur Doğrusöz ve ark. (2021) yulaf ve mürdümük bitkisinden elde ettikleri duman solüsyonunun mürdümüğün çimlenme ve fide gelişimi üzerinde etkili olduklarını bildirmişlerdir.

4. SONUÇ

Tohumun çıkışı ve çimlenme aşamasında oluşabilecek olumsuzlukları asgari seviyeye indirmek, eş zamanlı ve kuvvetli fide oluşumu sağlayıp oluşabilecek diğer olumsuzluklara

karşı dayanıklılığı artırmak amacıyla tohumlara ön işlemlerin (priming) uygulanması önem ihtiva etmektedir. Bu uygulamalar fiziksel, kimyasal ya da mekanik olabilmektedir. Farklı ön işlem uygulamalarının tek çiçekli fiğin çimlenme özelliklerine etkilerinin incelendiği bu çalışmada; ön işlem uygulamalarının çimlenme oranı ve hızı üzerinde önemli etkileri olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca 40 saat süreyle duman solüsyonunda bekletme (DS-40) işlemi, popülasyonların çimlenme hızına etkisiyle diğer işlemlerden olumlu olarak ayrılmıştır.

KAYNAKLAR

- Bozdoğan O., Uyar F., Karaman Y., Demirtaş Ç., Uçar K., Tursun N. (2019). *Myragrum perfoliatum* L. (gönül hardalı) tohumlarında dormansi kırma üzerine araştırmalar. *Turkish Journal of Weed Science*, 22 (1), 45-52
- Copeland, L.O., McDonald, M.B. (2001). *Principles of seed science and technology*. KluwerAcademic Publishers, Massachusetts, USA, pp. 46
- Çopur Doğrusöz M., Başaran U., Gülümser E., Mut H. (2021). Hidroponik mürdümük üretimde bitkisel kaynaklı duman solüsyonlarının etkisi. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 36, 227-233.
- Dixon, K.W., Merritt, D.J., Flematti, G.R., Ghisalberti, E.L. (2009). Karrikinolide-a phytoreactive compound derived from smoke with applications in horticulture, Ecological Restoration and Agriculture. *Acta Horticulturae*, 813, 155-170.
- Enneking, D. (1995). Post-harvest detoxification: the key to alternative *Vicia* grain legumes? In: *Lathyrus sativus* and human lathyrism: progress and prospects, eds. H.K.M. Yusuf, and F. Lambein, 85–92, University of Dhaka.Francis,
- Flematti, G.R., Ghisalberti, E.L., Dixon, K.W., Trengove, R.D. (2004). A compound from smoke that promotes seed germination. *Science*, 305, 977
- Francis, C.M., Enneking, D., Abd El Moneim, A.M. (2000). When and where will vetches have an impact as grain legumes? In: *Linking research and marketing opportunities for Pulses in the 21st Century*, ed. R. Knight, 671–683.
- Jefferson, L.V., Pennacchio, M, Havens, K., Forsberg, B., Sollenberger, D. (2008). Ault J Ex situ germination responses of Midwestern USA prairie species to plant-derived smoke. *The American Midland Naturalist Journal*, 159, 251-256.
- Lindon, H. L. ve Menges, E. (2008). Effects of smoke on seed germination of twenty species of fire-prone habitats in Florida. *Castanea*, 73, 106-110.
- Özaslan C., Farooq S., Onen H., Ozcan S., Bukun B., Gunal H. (2017). Germination biology of two invasive *Physalis* species and implications for their management in arid and semi-arid regions. *Scientific Reports*, 7(1), 1-12.
- Özkil M., Üremiş İ. (2019). Tarla sarmaşığı (*Convolvulus arvensis* L.) ve pembe çiçekli akşam sefası (*Ipomoea triloba* L.)'nın çimlenme biyolojisi üzerinde araştırmalar. *Bitki Koruma Bülteni*, 59(4), 3-10.
- Piergiovanni, A.R. (2021). Nutritional characteristics of black lentil from Soletto: a single-flower vetch landrace of Apulia Region (Southern Italy). *Foods*, 10, 2863.
- Tursun AÖ. (2020). *Salvia verticillata* L. (Dadırak)'nın tohum dormansisinin kırılmasında farklı uygulamaların etkileri. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi* 2 (Suppl 1), 30-37.
- Uzun, A., Gucer, S., Acikgoz E. (2011). Common vetch (*Vicia sativa* L.) germplasm: correlations of crude protein and mineral content to seed traits. *Plant Foods for Human Nutrition*, 66, 254-260.
- Van Staden, J., Jäger, A.K., Light, M.E., Burger, B.V. (2004). Isolation of the major germination cue from plant-derived smoke. *South African Journal of Botany* 70, 654-659.

**MANYETİK ALAN UYGULAMALARININ MÜRDÜMÜK TOHUMLARINDA
ÇİMLENME VE ERKEN DÖNEM BÜYÜMESİ ÜZERİNDEKİ POTANSİYELİ**

Doç. Dr. Erdem GÜLÜMSER (ORCID:0000-0001-6291-3831)

Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Ziraat ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü
Email:erdem.gulumser@bilecik.edu.tr

Doç. Dr. Medine ÇOPUR DOĞRUSÖZ (ORCID:0000-0002-9159-1699)

Yozgat Bozok Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü
Email:medine.copur@yobu.edu.tr

Özet

Bu çalışma, mürdümük tohumlarının çimlenme ve fide gelişimi üzerindeki etkilerini inceleyerek, manyetik alan uygulamalarının bu bitkiler üzerindeki potansiyel yararlarını değerlendirmektedir. Araştırmada, ekim öncesinde mürdümük tohumlarına farklı manyetik alan yoğunluklarında (0, 0.5, 0.7, 0.9 ve 1 Tesla) 10 dakika boyunca manyetik alan uygulanmıştır. Bu farklı manyetik alan dozları, bitkiler üzerinde oluşturabileceği farklı etkileri gözlemleyebilmek amacıyla seçilmiş ve tohumlar tamamen kontrollü bir ortamda petri kaplarına koyulmuştur. Çalışma, üç tekerrürlü tesadüf parselleri deneme desenine göre gerçekleştirilmiş ve 8 gün sonunda bitkiler hasat edilmiştir. Araştırmada, çimlenme oranı, sürgün ve kök uzunluğu ile yaş ve kuru ağırlık gibi bitki büyüme parametreleri ölçülmüş ve elde edilen sonuçlar manyetik alan uygulanmamış kontrol grubu ile karşılaştırılarak değerlendirilmiştir. Bulgular, manyetik alan uygulamasının çimlenme oranlarını ve erken büyüme hızını artırabileceğini göstermektedir. Özellikle 0.9 Tesla dozunda çimlenme oranı %100'e ulaşmış olup, kök gelişimi ve biyokütle ağırlığı açısından en yüksek değerler elde edilmiştir. Ancak, manyetik alan yoğunluğu arttıkça sürgün boyu ve yaş ağırlıkta düşüşler gözlemlenmiştir. Bu durum, manyetik alanın düşük ve orta yoğunluklarda (0.5 - 0.9 T) bitki büyümesine olumlu katkı sağladığını, ancak 1 Tesla gibi yüksek dozların bitki gelişimini olumsuz etkileyebileceğini ortaya koymaktadır. Sonuç olarak, çalışmada 0.9 Tesla manyetik alan uygulaması, mürdümük tohumları için uygun bir doz olarak belirlenmiştir. Bu bulgular, manyetik alanların mürdümük verimliliğini artırmada çevre dostu ve sürdürülebilir bir araç olarak kullanılabileceğini göstermektedir. Hem hayvan yemi üretimi hem de insan gıdası olarak değerlendirilen mürdümük için bu uygulama, verimlilik ve biyokütle artışı açısından potansiyel faydalar sunmakta olup, bu yönüyle tarım ve gıda endüstrilerine yeni bir bakış açısı sağlamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Manyetik alan, mürdümük, büyüme, biyokütle.

**EVALUATING THE POTENTIAL OF MAGNETIC FIELDS IN PROMOTING
GRASS PEA SEED GERMINATION AND EARLY GROWTH**

Abstract

This study investigates the potential of magnetic field applications on grass pea seeds by examining their effects on germination and seedling growth characteristics. In this research, grass pea seeds were exposed to different magnetic field intensities (0, 0.5, 0.7, 0.9, and 1 Tesla) for 10 minutes before sowing to observe the effects of varying doses. The seeds were then sown in petri dishes under fully controlled conditions and grown with three replications. Harvesting was conducted after eight days. Germination rate, shoot and root length, fresh and dry weight, and other growth parameters were measured and compared with the control group that received no magnetic field treatment. The results indicate that magnetic field applications can significantly enhance germination rates and accelerate early plant growth. Notably, the 0.9 Tesla dose resulted in a 100% germination rate, with the highest values recorded for root development and biomass weight. However, an increase in magnetic field intensity led to decreases in shoot length and fresh weight. This suggests that while low to moderate magnetic field intensities (0.5 - 0.9 Tesla) positively impact plant growth, higher doses may suppress plant development. In conclusion, 0.9 Tesla magnetic field application was identified as an optimal dose for grass pea. These findings suggest that magnetic fields can be employed as an eco-friendly and sustainable tool to enhance the productivity of grass pea, offering potential benefits for both animal feed and food production industries. This application provides a promising approach for increased yield and biomass, adding value to agricultural and food sectors.

Keywords: Magnetic field, grass pea, growing,; biomass.

1. GİRİŞ

Çimlenme ve fide gelişimi, bitkinin yaşam döngüsündeki en önemli aşamalardan biridir. Bu süreçlerde uygun koşulların sağlanması ve güçlü bir gelişim gösterilmesi, bitkilerin verimliliği ile ürün kalitesini büyük oranda artırır. Öte yandan, bu aşamalarda yetersiz gelişim, uzun vadede düşük verim, kalite kaybı ve ekonomik zarar gibi sonuçlara yol açabilir. Bu sebeple, çimlenme ve fide evrelerinde en uygun gelişim koşullarını sağlamak, tarımsal üretimde kaliteli ve verimli mahsul elde edilmesi açısından önemlidir.

Modern çağın zorluklarından biri, tarımda sürdürülebilirliği ve verimliliği artırmaktır. Küresel nüfusun giderek artması ve iklim değişikliğinin tarımsal etkileri, daha verimli ve çevre dostu yöntemlerin geliştirilmesini zorunlu kılmaktadır. Bu bağlamda, manyetik alan (MF) uygulamaları, bitki büyüme ve gelişimini destekleyici etkileri nedeniyle umut vadeden bir tarımsal yenilik olarak ön plana çıkmaktadır. Tüm maddeler manyetik özellikler sergiler. Elektrik yüklerinin yer değiştirmesi, yani elektrik akımının dolaşması sırasında bir manyetik alan meydana gelir. Manyetik bir alan içinde hareket eden yüklere bir manyetik kuvvet uygulanır. Akım arttıkça manyetik alan da o oranda güçlenir. Elektrik alanında olduğu gibi, manyetik alanın şiddeti de mesafe arttıkça hızla azalır. Akımlardan kaynaklanan manyetik alanlara dair ilk deneysel gözlemler 1820 yılında Oersted tarafından yapılmıştır. Biot-Savart ve Ampere'in daha sonraki çalışmaları ise akım taşıyan bir iletkenin çevresindeki noktadaki manyetik alanın değerini hesaplamaya yönelik ifadeler sunmuştur (Griffiths, 1942).

Bitkilerde manyetik alanın etkileri, özellikle tohum çimlenmesi, büyüme hızı, biyokütle üretimi ve ürün kalitesi gibi konularda detaylı olarak araştırılmıştır. Çalışmalar, MF uygulamalarının bitki hücrelerinde su alımını artırabileceğini, metabolizmayı hızlandırabileceğini, enzim aktivitelerini düzenleyebileceğini ve bitkilerin stres koşullarına dayanıklılığını artırabileceğini göstermektedir. Manyetik alanın bitkiler üzerindeki etkilerinin mekanizmaları tam olarak anlaşılmasa da, gözlenen olumlu sonuçlar MF teknolojisinin tarımsal verimlilikte potansiyel olarak önemli bir rol oynayabileceğine işaret etmektedir (Bhardwaj ve ark., 2012).

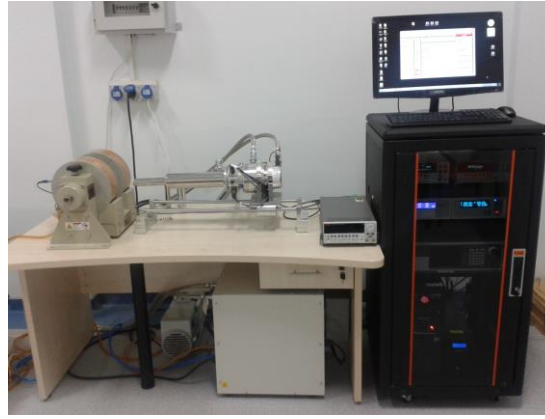
Mürdümük (*Lathyrus sativus* L.), baklagiller (Fabaceae) familyasına ait, kuraklığa dayanıklı ve düşük verimli topraklarda bile yetişebilen bir bitkidir. Genellikle yem bitkisi olarak kullanılan mürdümük, aynı zamanda insan beslenmesinde de değerlendirilebilecek yüksek protein ve lif içeriğine sahip bir bitkidir. Bu özelliğiyle toprak verimliliğini artırmaya yönelik yeşil gübre bitkisi olarak da tercih edilir. Ancak, içerdiği belirli toksik amino asitler (ODAP) nedeniyle tüketiminde dikkat edilmesi gereklidir. Mürdümük, zorlu çevre koşullarına dayanıklılığı ve tarımsal katkıları nedeniyle özellikle kurak veya yarı-kurak bölgelerde önemli bir tarım bitkisi olarak öne çıkmaktadır.

Tohumlar ekim öncesinde belirli bir süre boyunca statik manyetik alanlara maruz bırakılabilmektedir. Bu yöntemle, keten, karabuğday, ayçiçeği ve bezelye gibi bitkilerin tohumlarının daha erken çimlenip güçlü filizler verdiği gözlemlenmiştir (Gubbels, 1982). Baghel ve ark. (2019) soya fasulyesinde manyetik alan uygulamalarının bitki büyüme özellikleri, kök nodülü sayısı ve taze ağırlık üzerinde olumlu etkiler sağladığını göstermiştir. Aynı şekilde, bezelyede yapılan manyetik alan uygulamalarının ham protein, Ca ve P oranlarını artırırken, Na oranını azalttığı belirlenmiştir. Abdul Latef ve ark. (2020) marula uygulanan MF tedavisinin yoğunluk ve süreye bağlı olarak toplam çözünbilir şekerler, toplam çözünbilir proteinler ve serbest amino asit miktarını önemli ölçüde artırdığını gözlemlemişlerdir. Ayrıca,

MF uygulamaları ile oksidatif stres ve reaktif oksijen türlerinin (ROS) neden olduğu hasarın azaltılabildiğini ifade etmişlerdir. Bu araştırmanın amacı, farklı manyetik alan dozlarının mürdümükte çimlenme, kök ve gövde gelişimi ile taze ve kuru biyokütle ağırlığı gibi bitki büyüme parametreleri üzerindeki etkilerini incelemektir. Ayrıca bu çalışma ile manyetik alanların bitki gelişimindeki potansiyel rolüne daha derin bir bakış sunmayı ve bitki büyümesini teşvik eden en uygun manyetik alan dozlarının belirlenmesi amaçlanmaktadır.

2. MATERYA VE METOT

Çalışmada materyal olarak mürdümük bitkisinin “Karadağ” çeşidi kullanılmıştır. Tohumlar, Hall Etkisi Ölçüm Sistemi (HEMS) kullanılarak 0, 0.5, 0.7, 0.9, 1.1 Tesla yoğunluklarda ve 10 dakika süreyle manyetik alana maruz bırakılmıştır (Şekil 1). Çalışma, Yozgat Bozok Üniversitesi Ziraat Fakültesi'nde tamamen kontrollü iklim odasında (ışık, sıcaklık ve nem) gerçekleştirilmiştir.



Şekil 1. HEMS sistemi ile tohumlara MA uygulama

Petri kaplarına kurutma kâğıtları yerleştirilmiştir. Tesadüf parselleri deneme deseninde, 3 tekerrürlü olarak kurulan denemede her bir petriye 10 tohum yerleştirilmiştir. Her petri kabına 15 cc saf su verilmiş ve petri kapakları Parafilm ile sıkıca kapatılmıştır. Her bir petri kabı bir tekerrür olarak belirlenmiştir. Deneme 8. günün sonunda sonlandırılmıştır. Deneme sonlanana kadar ortam 16 saat aydınlık 25 °C' ve 8 saat karanlık 23 °C' de ve %65 nemde kontrollü bir şekilde gerçekleşmiştir. Çimlenme oranı (%) ekimden sonraki 4. güne kadar her gün yapılan sayımlarla belirlenmiş ve en az 2 mm büyüklüğünde olan filizler çimlenmiş olarak kabul edilmiştir. Fide karakterleri (sürgün ve kök uzunluğu; cm; fide taze ve kuru ağırlık; g;) ekimden sonraki 8. günde değerlendirilmiştir. Taze ağırlık, petri kabındaki tüm bitkilerin tartılmasıyla belirlenmiştir. Kuru ağırlık için örnekler, her bir petri için ayrı ayrı, sabit ağırlığa ulaşınca kadar 65°C'de etüvde kurutulmuştur. Elde edilen sonuçlar, SPSS 20.0 istatistik programında analiz edilmiş ve ortalamalar arasındaki fark $p < 0.05$ düzeyinde Duncan çoklu karşılaştırma testi ile yapılmıştır. Ayrıca sonuçlar SRplot grafikleri çizilerek değerlendirilmiştir.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Mürdümük tohumlarına uygulanan farklı manyetik alan dozlarının çimlenme oranı, sürgün uzunluğu, kök uzunluğu, taze ağırlık ve kuru ağırlık üzerine etkileri istatistik olarak çok önemli ($p < 0.01$) bulunmuştur (Tablo 1).

Tablo 1. Manyetik alan uygulanan mürdümük tohumlarında çimlenme ve fide parametreleri

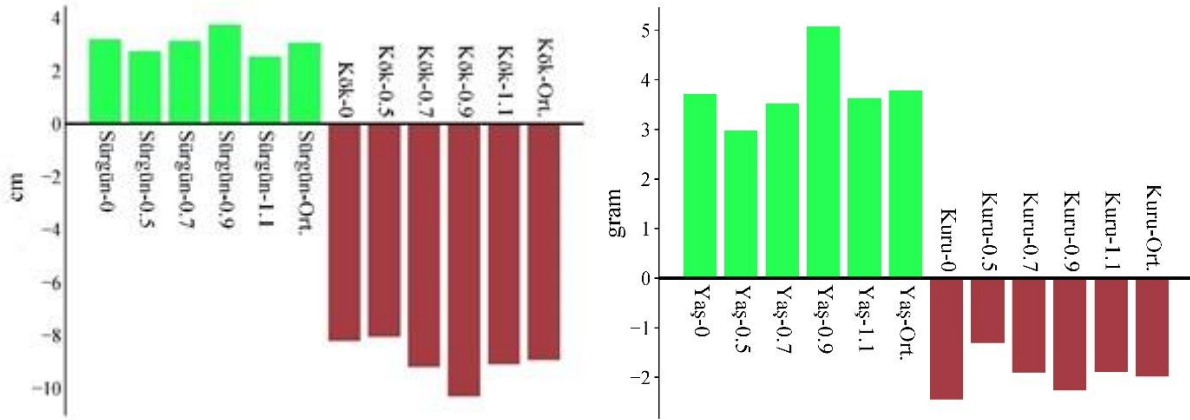
Dozlar	Çimlenme Oranı (%)**	Sürgün Boyu (cm)**	Kök Boyu (cm)**	Yaş Ağırlık (g)**	Kuru Ağırlık (g)**
0.0	80.0 bc	3.18 b	8.21 c	3.71 b	2.44 a
0.5	75.0 c	2.74 c	8.06 c	2.97 c	1.30 c
0.7	90.0 ab	3.13 b	9.20 b	3.52 bc	1.90 b
0.9	95.0 a	3.74 a	10.30 a	5.07 a	2.26 ab
1.1	95.0 a	2.54 c	9.08 b	3.63 b	1.89 b
Ort.	87.0	3.06	8.97	3.78	1.96

*Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında fark yoktur; **: p<0.01.

En yüksek çimlenme oranı, 0.9 ve 1.1 dozlarında %95.0 ile elde edilmiştir. Ayrıca 0.7 T manyetik alan uygulaması da istatistik olarak aynı grupta yer almıştır. Bu dozlar kontrol (0 doz) grubuna göre daha yüksek çimlenme oranları sağlamıştır (Tablo 1). Manyetik alan, hücre zarlarının geçirgenliğini değiştirerek su ve besin maddelerinin hücrelere daha hızlı alınmasını sağlayabilir, bu da çimlenme oranının artmasına katkıda bulunabilir (Pietruszewski, 1993; Ahmet, 2003). 0.5 dozunda ise çimlenme oranının en düşük (%75.0) olduğu gözlemlenmiştir. Bu durum, bazı dozlarda manyetik alanın çimlenmeyi desteklediği, bazı dozlarda ise inhibe edici bir etkiye sahip olabileceğini göstermektedir. Düşük dozlarda uygulanan manyetik alanın tohum üzerindeki etkisinin yetersiz kalması ya da stres yaratması nedeniyle çimlenme oranının azalttığı düşünülebilir. Ayrıca kontrol grubu, %80 çimlenme oranına sahiptir. Bu, belirli dozlarda manyetik alan uygulamasının, doğal koşullara göre çimlenme oranını artırabileceğini gösterir.

Mürdümük fidelerinde sürgün boyu en yüksek 0.9 dozunda 3.74 cm olarak ölçülmüştür (Tablo 1 ve Şekil 2). Manyetik alanın uygun dozda uygulanması, hücre bölünmesini ve büyümesini hızlandırarak bitkinin sürgün gelişimini desteklemiş olabilir. Hücre bölünmesindeki hızlanma, sürgünlerin daha hızlı uzamasını sağlar. 0.5 (2.74 cm) ve 1.1 dozunda (2.54 cm) daha düşük sürgün boyları gözlemlenmiştir. Bu durum, bazı dozların sürgün gelişimi üzerinde negatif etki yapabileceğini göstermektedir. Kontrol grubu 3.18 cm ile ortalama bir değer gösterirken, 1.1 ve 0.5 dozunda sürgün boyunun en düşük seviyede olması manyetik alan dozlarının sürgün gelişimi üzerindeki etkisinin lineer olmadığını göstermektedir.

Manyetik alan uygulanmış mürdümük fidelerinde kök boyu 0.9 dozunda 10.30 cm ile maksimum değere ulaşmıştır. Manyetik alan uygulaması, kök sisteminin daha derine ve güçlü bir şekilde büyümesine katkıda bulunduğu belirlenmiştir. Kontrol grubu ve diğer dozlarla kıyaslandığında, 0.9 dozunun kök gelişimini en fazla teşvik eden doz olduğu anlaşılmaktadır. Kök boyu değerleri genel olarak manyetik alanın kök gelişimine olumlu etkiler yapabileceğini işaret etmektedir. Özellikle kök boyunun artması, bitkinin topraktan daha fazla su ve besin maddesi alabilmesini sağlayarak daha kuvvetli bitki oluşumunu destekler. Kontrol grubunda kök boyu 8.21 cm olarak ölçülmüştür. Bu doz dışında 0.7 ve 1.1 dozları da 9 cm üzerinde değerler göstererek kök gelişimini desteklemiştir. Bu, belirli dozlarda manyetik alanın kök gelişimini teşvik ettiğini ancak kök boyu üzerindeki etkinin sürgün boyundaki kadar belirgin olmadığını göstermektedir (Tablo 1 ve Şekil 2).



Şekil 2. Manyetik alana maruz kalan mürdümük tohumlarında sürgün- kök uzunluğu (sol) ve fide yaş-kuru ağırlığındaki (sağ) değişim

Fide yaş ağırlığında en yüksek değer yine 0.9 dozunda (5.07 g) gözlemlenmiştir (Tablo 1 ve Şekil 2). Bu, bitkinin toplam biyokütlesinin artmış olduğunu ve bitkinin su tutma kapasitesinin artarak daha fazla taze kütle oluşturduğunu gösterir. Manyetik alan uygulaması, hücrelerin su tutma kapasitesini artırarak yaş ağırlığı artırmış olabilir. En düşük yaş ağırlık ise 0.5 Tesla dozunda 2.97 g olarak belirlenmiştir. Bu durum, düşük dozların bitkide biyokütle oluşumunu olumsuz etkilediğini gösterebilir. Özellikle yaş ağırlığının düşük olması, bitkide daha az su birikimi ve hücresel büyüme olduğunu işaret eder. Diğer dozlarda yaş ağırlık kontrol grubuna göre daha düşük ya da benzer seviyelerde kalmıştır.

Kuru ağırlık bakımından en yüksek değerler kontrol grubunda (2.44 g) ve 0.9 dozunda (2.26 g) elde edilmiştir. En yüksek değerlerden birinin kontrol grubunda olması manyetik alan uygulanmayan bitkilerin nispeten daha fazla kuru madde ürettiğini göstermektedir. Ancak, 0.9 ve 1.1 dozları da nispeten yüksek kuru ağırlık değerlerine sahip olması, uygun doz aralığında manyetik alanın kuru ağırlık üzerinde olumlu bir etkisi olduğunu ve bu uygulamanın biyoküttele yalnızca yaş değil, aynı zamanda kuru madde miktarını da destekleyebileceğini gösterir. Fidelerde en düşük kuru ağırlık ise 0.5 MF dozunda (1.30 g) gözlemlenmiştir (Tablo 1 ve Şekil 2).

Manyetik alan (MF), tohumlar ve bitkilerle etkileşime girerek metabolik süreçleri hızlandırır ve daha iyi çimlenme sağlar. MF, birincil ve ikincil metabolitleri, enzim aktivitelerini ve besin ile su alım mekanizmalarını yeniden programlayarak, uygun koşullarda bitki büyümesini ve verimini artırır. MF'nin tarımsal üretimdeki faydaları ilk olarak 1930 yılında Savostin tarafından belgelenmiş ve MF etkisi altında buğdayda daha iyi çimlenme ve boy artışı gözlemlenmiştir. Audus (1960) ve Pittman (1977) MF'nin özellikle kök gelişimindeki güçlü magnetotropik etkisini kaydetmiştir. Mericle ve ark. (1964), MF'nin Fe ve Co atomlarının tipik davranışlarını etkileyerek bu elementlerin enerjisinden yararlanarak kök meristemlerinde mikro elementlerin taşınmasını hızlandırdığını ve böylece bitki büyümesini desteklediğini belirtmiştir. MF'nin farklı dozları, kök biyokütlesi, gövde kalınlığı ve yaprak boyutunu etkileyebilmekte olup, kök büyümesinin sürgünlere göre MF'ye daha duyarlı olduğu görülmüştür (Kato ve ark., 1989; Smith ve ark., 1966).

MF ile yapılan tohum ön işlemlerinin fidan büyümesini, tohum canlılığını ve genel ürün verimini artırdığı gösterilmiştir (Pietruszewski, 1999). MF, protein sentezini uyararak büyümeyi hızlandırır ve kök kapak hücrelerindeki statositlerde bulunan amiloplastların hücre içi hareketini değiştirerek kök tropizmini aktive eder (Pietruszewski, 1999). Ayrıca, MF uygulamalarının tohum çimlenmesi, besin alımı, çiçeklenme ve ürün verimi üzerinde olumlu bir etkisi olduğu gözlemlenmiştir (Souza-Torres ve ark., 2011). MF uygulamaları aynı zamanda serbest radikaller üzerinde etkili olarak protein ve enzim aktivitesini uyarır ve tohum canlılığını artırır (Morar ve ark., 1993).

Birçok çalışma, MF ile yapılan ön işlemin çimlenme, kök ve sürgün gelişimi, kuru madde birikimi gibi çeşitli bitki özellikleri üzerinde olumlu etkiler sağladığını rapor etmektedir (Yinan ve ark., 2005; Esitken ve Turan, 2004). Temel olarak, MF, manyetik özelliğe sahip maddelerde elektrik yüklerinin yer değiştirmesi veya elektrik akımı dolaşımı sonucunda ortaya çıkar. Yük yer değiştirme miktarı arttıkça, meydana gelen MF de artar ve bu durum, MF uygulamasının süresi ve frekansına bağlı olarak bitkilerde sıcaklık artışına yol açar (Vaezzadeh ve ark., 2006). Bu ısıl etkinin, bitkilerde çimlenme ve fide özelliklerini değiştirme potansiyeli bulunmaktadır.

4. SONUÇ

Bu çalışmada, manyetik alan dozlarının (0, 0.5, 0.7, 0.9 ve 1.1 mT) mürdümük tohumlarında çimlenme ve fide gelişim parametreleri üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Sonuç olarak 0.9 dozunun birçok parametrede yüksek değerlere ulaştığı tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlar, manyetik alan uygulamalarının belirli dozlarda mürdümük gibi baklagil türlerinde büyüme ve gelişimi olumlu yönde etkileyebileceğini ortaya koymakta olup, bu etkinin optimal doza bağlı olarak değişiklik gösterdiği ortaya çıkmıştır. Bu çalışma, tarımsal üretimde manyetik alan uygulamalarının uygun dozlarla kullanılması durumunda bitki büyüme performansını artırabileceğini ve bu alanda yapılacak daha ileri araştırmalara ihtiyaç olduğunu göstermektedir.

KAYNAKLAR

- Abdel Latef, A.A. H., Dawood, M.F., Hassanpour, H., Rezayian, M., Younes, N.A. (2020). Impact of the static magnetic field on growth, pigments, osmolytes, nitric oxide, hydrogen sulfide, phenylalanine ammonia-lyase activity, antioxidant defense system, and yield in lettuce *Biology*, 9(7), 172.
- Audus, L.J. (1960). Magnetotropism: A new plant growth response. *Nature*, 185, 132–134.
- Baghel, L., Kataria, S., Jain, M. (2019). Mitigation of adverse effects of salt stress on germination, growth, photosynthetic efficiency and yield in maize (*Zea mays* L.) through magnetopriming. *Acta Agrobotanica*, 72(1).
- Bhardwaj, J., Anand, A., Nagarajan, S. (2012). Biochemical and biophysical changes associated with magnetopriming in germinating cucumber seeds. *Plant Physiology and Biochemistry*, 57, 67-73.
- Esitken, A., Turan, M. (2004). Alternating magnetic field effects on yield and plant nutrient element composition of strawberry (*Fragaria × ananassa* cv. Camarosa). *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B-Soil & Plant Science*, 54:135–139.
- Gubbels, G.H. (1982). Seedling growth and yield response of flax, buckwheat, sunflower and field pea after preseedling magnetic treatment. *Canadian Journal of Plant Science*, 62: 61–64.
- Kato, R., Kamada, H., Aashima, M. (1989). Effects of high and very low magnetic field on the growth of hairy roots of *Daucus carota* and *Atropa beladonna*. *Plant and Cell Physiology*, 30, 605–608.
- Mericle, R.P., Mericle, L.W., Smith, A.E., Campbell, W.F., Montgomery, D.J. (1964). Plant growth responses, 183- 195 In: *Biological Effects of Magnetic Fields*. Plenum Press, Newyork.
- Morar, R., Iluga, A., Dascalescu, L., Munteanu, I. (1993). Electric field influence on the biological processes of seeds. In: *Proceedings of international symposium on high-voltage engineering*. Yokohama, p 286.
- Pieturszewski, S. 1999. "Effect of alternating magnetic field on germination, growth and yield of plant seeds. *Inzynieriarolnicza*. 5:209–215.
- Pittman, U. J. (1977). Effects of magnetic seed treatment on yields of barley, wheat and oats on Suthern Alberta. *Canadian Journal of Plant Science*, 57, 37–45.
- Sayar, M.S., Han, Y. (2016). Forage yield performance of forage pea (*Pisum sativum* spp. *arvense* L.) genotypes and assessments using GGE biplot analysis. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 18(6), 1621-1634.
- Smith, P., Shultz, A., Dycus, A.M. (1966). Effects on early plant growth from nulled and directional magnetic field environments (Abstract). In: *Presented at 3rd Int. Biomagnetic Symp.*, Chicago, pp. 67–69.
- Souza, J.M., Torres, C.A., Maia, A.L., Brandão, F.Z., Bruschi, J.H., Viana, J.H., Oba, E., Fonseca, J.F. (2011). Autoclaved, previously used intravaginal progesterone devices induces estrus and ovulation in anestrous Toggenburg goats. *Animal Reproduction Science*, 129(1-2), 50-55.
- Vaezzadeh, M., Noruzifar, E., Faezeh, G., Salehkothi, M., Mehdian, R. (2006). Excitation of plant growth in dormant temperature by steady magnetic field. *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, 302, 105-108.
- Yinan, L., Yuan, L., Yongqing, Y., Chunyang, L. (2005). Effect of seed pretreatment by magnetic field on the sensitivity of cucumber (*Cucumis sativum*) seedling to ultraviolet-B radiation. *Environmental and Experimental Botany*, 54, 286–294.

**LUMPY SKIN DISEASE VIRUSUNUN SOKUCU SİNEKLER (*Culicoides* türleri)
ARACILIĞIYLA BULAŞMASI**

Assoc. Prof. Murat ŞEVİK (ORCID:0000-0002-9604-3341)

Department of Virology, Veterinary Faculty, Necmettin Erbakan University, Konya, Türkiye

Email:murat.sevik@erbakan.edu.tr

Özet

Poxviridae familyasından Capripoxvirus genusunun bir üyesi olan lumpy skin disease virusu (LSDV), lumpy skin disease (LSD) hastalığına neden olmaktadır. Hastalık özellikle sığırlarda görülmektedir. Hastalığın belirtileri arasında tüm vücudu kaplayabilen deri nodülleri, bağırsak ve solunum yollarında da benzer lezyonlar yer almaktadır. LSDV bulaşmasında artropodlar birincil vektör olarak kabul edilmektedir ve vektörler olmadan doğal temasla bulaşmanın etkisiz olduğu bildirilmektedir. Bu çalışmanın amacı, sokucu sineklerin (*Culicoides* spp.) LSDV bulaşmasındaki rolü hakkındaki güncel bilimsel bilgileri özetlemektir. Bu çalışmada LSDV bulaşmasında sokucu sineklerin (*Culicoides* spp.) rolüne ilişkin araştırma ilerlemesini özetlemek için Sistematik İncelemeler ve Meta-Analizler için Tercih Edilen Raporlama Ögelerinin yönergeleri izlendi. Toplam yirmi dokuz bilimsel makale değerlendirildi ve epidemiyolojik çalışmanın deneysel veya gözlemsel olmasına göre kategorilere ayrıldı. Değerlendirilen makalelerin temel bulguları, kan emici vektörlerin en önemli vektörler olduğu ve vektörlerin esas olarak kısa mesafeli yayılımdan sorumlu olduğudur. Saha ve deneysel çalışmalarda LSDV DNA'sı *Culicoides nubeculosus* ve *Culicoides punctatus*'ta tespit edilmiştir. Ancak *Culicoides nubeculosus*'a odaklanan deneysel çalışmalara göre, *Culicoides* türleri ve laboratuvarında yetiştirilen *Culicoides nubeculosus*, LSDV'nin duyarlı sığırlara bulaşmasında etkin rol oynayamamıştır. Türkiye'deki bir salgından toplanan kanla tıkanmış olmayan *Culicoides punctatus*'un sahada yapılan incelemesinde LSDV ile enfekte olduğu ortaya çıkmış olup, yazarlar *Culicoides punctatus*'un virusun bulaşmasına katkıda bulunabileceğini ileri sürmüşlerdir. *Culicoides* türleri iklim koşullarına ve coğrafi bölgelere bağlı olarak farklı dağılımlar gösterebilmektedir. *Culicoides*'in farklı tür kompozisyonlarına sahip yerlerden LSDV'yi vektörleme konusundaki deneysel yeteneğini araştırmak için daha fazla çalışmaya ihtiyaç vardır.

Anahtar Kelimeler: Lumpy skin disease virus, bulaşma, sokucu sinekler, *Culicoides* spp.

**TRANSMISSION OF LUMPY SKIN DISEASE VIRUS BY BITING MIDGES
(*Culicoides* spp.)**

Abstract

Lumpy skin disease virus (LSDV) is a member of the genus *Capripoxvirus* from the *Poxviridae* family is responsible for causing lumpy skin disease (LSD). The disease is mainly seen in cattle. Skin nodules, which may cover the entire body and similar lesions in the intestinal and respiratory tracts, are the characteristics of the disease. Arthropods are considered to be the primary vectors for LSDV transmission, and natural contact transmission without vectors is ineffective. The objective of this study was to summarize the current scientific knowledge on the role of biting midges (*Culicoides* spp.) on transmission of LSDV. In this study, to summarize the research progress regarding the role of biting midges (*Culicoides* spp.) in the transmission of LSDV, the guidelines for Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses were followed. A total of twenty-nine scientific articles were evaluated and categorised based on the type of epidemiological study, which was experimental or observational. The main findings of the retrieved articles were that blood-sucking vectors are the most competent vectors, and vectors are mainly responsible for a short-distance spread. LSDV DNA has been detected in *Culicoides nubeculosus* and *Culicoides punctatus* in field and experimental studies. However, *Culicoides* spp. and laboratory-reared *Culicoides nubeculosus* failed to replicate the transmission of LSDV to susceptible cattle, according to experimental studies focused on *Culicoides nubeculosus*. A field investigation revealed that non-engorged *Culicoides punctatus* that was collected from a Turkish outbreak was infected with LSDV, it was suggested by authors that it could contribute to the virus's transmission. *Culicoides* species may show different distribution depending on climatic conditions and geographical regions. Further studies are needed to investigate the experimental ability of *Culicoides* to vector LSDV from locations with different species compositions.

Keywords: Lumpy skin disease virus, transmission, biting midges, *Culicoides* spp.

1. INTRODUCTION

The lumpy skin disease virus (LSDV), which belongs to the *Capripoxvirus* genus and *Poxviridae* family, causes a viral livestock disease called lumpy skin disease (LSD). Although case fatality is low, LSD has been classified as a notifiable disease by the World Organization of Animal Health as an economically important disease because of its high morbidity (Tuppurainen and Oura, 2012; WOA, 2024).

Fever, enlarged lymph nodes, emaciation, nodules on the skin, mucous membranes and internal organs, oedema of the skin, and death are symptoms of LSD in cattle (WOA, 2024). Skin nodules begin to develop shortly after the onset of a fever. The number and location of skin nodules or multiple lesions covering the entire animal can vary. Pox lesions can be found in the larynx, lungs, pharynx, trachea, and all parts of the alimentary tract (Tuppurainen and Oura, 2012). Furthermore, subclinical form of infection can also be caused by LSDV (WOA, 2024). The reported morbidity rate of LSDV varies between 3 and 85% depending on the immune status of hosts. Although the mortality rate is typically low (1-3%), it can occasionally reach 40% (Tuppurainen and Oura, 2012; Sanz-Bernardo et al., 2021). Southern, central, eastern, and western Africa are regions where LSD is endemic. LSD outbreaks in the Middle East region were limited to sporadic reports prior to 2012. Since then, LSD has expanded to the Middle East, south-western Europe, Russia, and most recently, numerous Southeast Asian countries (House et al., 1990; Davies, 1991; Yeruham et al., 1995; WAHIS, 2022). The rapid geographic spread of the virus is due to the fact that it is a vector-borne disease. It has been suggested that LSDV could be transmitted among cattle by multiple blood-sucking arthropods, such as biting flies, midges, and ticks (Chihota et al., 2001; Lubinga et al., 2013; Tuppurainen et al., 2013; Issimov et al., 2020). *Stomoxys calcitrans* is the main suspected vector, and it can transmit LSDV from infected to susceptible animals by feeding blood-fed, which has been proven through experimentation (Sohier et al., 2019; Issimov et al., 2020).

Culicoides biting midges have recently been identified as potential vectors, because the rapid spread of LSDV in the Balkans reminded us of the bluetongue epidemic in Western Europe that was caused by the efficient spread of *Culicoides* spp. (Sprygin et al., 2019; Paslaru et al., 2022). However, its role in the transmission of LSDV has not yet been clearly determined. Therefore, the objective of this study was to summarize the current scientific knowledge on the role of *Culicoides* biting midges on transmission of LSDV.

2. MATERIALS AND METHODS

The guidelines for preferred reporting items for systematic reviews and Meta-Analyses statements were followed in the conduct of this systematic review (Moher et al., 2009). The research was restricted to articles published in English that examined the LSDV hosts and transmission modes. The search was conducted using five literature databases, including PubMed, Google Scholar, Thomson Reuters, Scopus and ScienceDirect. A literature search was conducted on September 1st, 2024 based on search criteria that were established in advance. Various combinations of the following keywords were employed during the search: “Lumpy skin disease virus transmission”, “Lumpy skin disease virus vectors”, “Lumpy skin disease virus vectors and biting midges” and “Lumpy skin disease virus and *Culicoides* spp.” Careful screening was conducted on the collected bibliographic references to eliminate duplicates. This meta-analysis includes all primary descriptive studies in English that examined the hosts and

transmission modes of LSDV. The study that didn't provide clear and detailed estimates of the transmission modes of LSDV was not taken into account.

3. RESULTS

After assessing article duplicability, 25 articles were excluded from a total of 123 articles that were searched in multiple electronic databases. Automated tools determined that 19 records were not eligible, and 22 records were removed for other reasons. The 57 articles were screened for article titles and abstracts, resulting in the elimination of twenty eight articles. After searching, I determined that 29 articles focused on identifying possible vectors of LSDV were suitable for our systematic review and meta-analysis study. Of these studies, there were 20 experiments and nine observational studies. Stable fly *Stomoxys calcitrans*, bite-midges *Culicoides* spp, mosquitoes, and ticks were the vectors listed in the selected articles.

4. DISCUSSION

The transmission of several poxviruses has been reported to be mechanically transmitted by arthropod vectors (Carn, 1996; Gray and Banerjee, 1999; Regnery, 2007). The probability of feeding activity and frequency of biting habits, vector abundance, and host availability all affect vector competence (Kahana-Sutin et al., 2017). It is reported that LSDV is mostly transmitted mechanically by *Culicoides* spp. However, there is a possibility of a biological mode of virus transmission by *Culicoides* midges as suggested by some field observations. A field study which was conducted in Türkiye reported that non-engorged *Culicoides punctatus* were tested positive for LSDV DNA and were negative for ruminant beta-actin mRNA (Şevik and Doğan, 2017). The absence of ruminant beta-actin mRNA suggests that they had not been feeding on bovines before viral DNA was acquired. Mechanical transmission is not as closely related to a single or a limited number of vector species as biological transmission. An infectious virus could be present in the mouthparts of any local vector species that has a preference for cattle and changes hosts frequently. Therefore, experimental studies are needed to understand the role of *Culicoides* spp. in LSDV biological transmission (Sprygin et al., 2019). The spread of other significant ruminant pathogens is heavily influenced by *Culicoides* spp., making them a potential vector for LSD. However, experimental studies have indicated that they are incompetent vectors for LSDV (Chihota et al, 2003; Gubbins et al., 2019; Sanz-Bernardo et al., 2021; Paslaru et al., 2022; Sanz-Bernardo et al., 2022). The majority of experimental studies were focused on *C. nubeculosus* (Chihota et al, 2003; Sanz-Bernardo et al., 2021; Paslaru et al., 2022; Sanz-Bernardo et al., 2022). Paslaru et al. (2022) reported that viable virus was isolated from homogenized bodies of *C. nubeculosus* (after 10 post-infectious blood meal), and they suggested that *C. nubeculosus* may act as biological vectors of LSDV. However, they also reported that *C. nubeculosus* was unable to transmit the virus to susceptible animals in laboratory conditions. There was no viral replication observed, and they were already negative for LSDV 24 hours after feeding. Furthermore, there was no evidence that virus replication occurred in *C. nubeculosus*. (Paslaru et al., 2022). Although the virus was isolated from *C. punctatus* collected on infected farms, its poor vector competency is still a concern (Şevik and Doğan, 2017).

In conclusion, *Culicoides* species may show different distribution depending on climatic conditions and geographical regions. Further studies are needed to investigate the experimental ability of *Culicoides* to vector LSDV from locations with different species compositions.

REFERENCES

1. Carn VM. The role of dipterous insects in the mechanical transmission of animal viruses. *Br Vet J.* 1996;152(4):377-393. [https://doi.org/10.1016/s0007-1935\(96\)80033-9](https://doi.org/10.1016/s0007-1935(96)80033-9).
2. Chihota CM, Rennie LF, Kitching RP, Mellor PS. Mechanical transmission of lumpy skin disease virus by *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae). *Epidemiol Infect.* 2001;126(2):317-321. <https://doi.org/10.1017/s0950268801005179>.
3. Chihota CM, Rennie LF, Kitching RP, Mellor PS. Attempted mechanical transmission of lumpy skin disease virus by biting insects. *Med Vet Entomol.* 2003;17(3):294-300. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2915.2003.00445.x>.
4. Davies FG. Lumpy skin disease, an African capripox virus disease of cattle. *Br Vet J.* 1991;147(6):489-503. [https://doi.org/10.1016/0007-1935\(91\)90019-J](https://doi.org/10.1016/0007-1935(91)90019-J).
5. Gray SM, Banerjee N. Mechanisms of arthropod transmission of plant and animal viruses. *Microbiol Mol Biol Rev.* 1999;63(1):128-148. <https://doi.org/10.1128/MMBR.63.1.128-148.1999>.
6. Gubbins S. Using the basic reproduction number to assess the risk of transmission of lumpy skin disease virus by biting insects. *Transbound Emerg Dis.* 2019;66(5):1873-1883. doi: 10.1111/tbed.13216.
7. House JA, Wilson TM, el Nakashly S, Karim IA, Ismail I, el Danaf N, Moussa AM, Ayoub NN. The isolation of lumpy skin disease virus and bovine herpesvirus-4 from cattle in Egypt. *J Vet Diagn Invest.* 1990;2(2):111-115. <https://doi.org/10.1177/104063879000200205>.
8. Issimov A, Kutumbetov L, Orynbayev MB, Khairullin B, Myrzakhmetova B, Sultankulova K, White PJ. Mechanical Transmission of Lumpy Skin Disease Virus by *Stomoxys* Spp (*Stomoxys Calcitrans*, *Stomoxys Sitiens*, *Stomoxys Indica*), Diptera: Muscidae. *Animals (Basel).* 2020 Mar;10(3):477. <https://doi.org/10.3390/ani10030477>.
9. Kahana-Sutin E, Klement E, Lensky I, Gottlieb Y. High relative abundance of the stable fly *Stomoxys calcitrans* is associated with lumpy skin disease outbreaks in Israeli dairy farms. *Med Vet Entomol.* 2017;31(2):150-160. <https://doi.org/10.1111/mve.12217>.
10. Lubinga JC, Tuppurainen ES, Stoltz WH, Ebersohn K, Coetzer JA, Venter EH. Detection of lumpy skin disease virus in saliva of ticks fed on lumpy skin disease virus-infected cattle. *Exp Appl Acarol.* 2013;61(1):129-138. <https://doi.org/10.1007/s10493-013-9679-5>.
11. Moher D, Liberati A, Tetzlaff J, Altman DG; PRISMA Group. Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. *PLoS Med.* 2009;6(7):e1000097. <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1000097>.
12. Paslaru AI, Maurer LM, Vögtlin A, Hoffmann B, Torgerson PR, Mathis A, Veronesi E. Putative roles of mosquitoes (Culicidae) and biting midges (Culicoides spp.) as mechanical or biological vectors of lumpy skin disease virus. *Med Vet Entomol.* 2022;36(3):381-389. <https://doi.org/10.1111/mve.12576>.
13. Regnery RL. Poxviruses and the Passive Quest for Novel Hosts. In: Childs JE, Mackenzie JS, Richt JA. (eds) *Wildlife and Emerging Zoonotic Diseases: The Biology, Circumstances and Consequences of Cross-Species Transmission.* Current Topics in Microbiology and Immunology, vol 315. Springer, Berlin, Heidelberg, 2007. https://doi.org/10.1007/978-3-540-70962-6_14
14. Sanz-Bernardo B, Haga IR, Wijesiriwardana N, Basu S, Larner W, Diaz AV, Langlands Z, Denison E, Stoner J, White M, Sanders C, Hawes PC, Wilson AJ, Atkinson J, Batten C, Alphey L, Darpel KE, Gubbins S, Beard PM. Quantifying and Modeling the Acquisition

- and Retention of Lumpy Skin Disease Virus by Hematophagus Insects Reveals Clinically but Not Subclinically Affected Cattle Are Promoters of Viral Transmission and Key Targets for Control of Disease Outbreaks. *J Virol.* 2021;95(9):e02239-20. <https://doi.org/10.1128/JVI.02239-20>.
15. Sanz-Bernardo B, Suckoo R, Haga IR, Wijesiriwardana N, Harvey A, Basu S, Larner W, Rooney S, Sy V, Langlands Z, Denison E, Sanders C, Atkinson J, Batten C, Alphey L, Darpel KE, Gubbins S, Beard PM. The Acquisition and Retention of Lumpy Skin Disease Virus by Blood-Feeding Insects Is Influenced by the Source of Virus, the Insect Body Part, and the Time since Feeding. *J Virol.* 2022;96(15):e0075122. <https://doi.org/10.1128/jvi.00751-22>.
 16. Sprygin A, Pestova Y, Wallace DB, Tuppurainen E, Kononov AV. Transmission of lumpy skin disease virus: A short review. *Virus Res.* 2019;269:197637. <https://doi.org/10.1016/j.virusres.2019.05.015>.
 17. Sohier C, Haegeman A, Mostin L, De Leeuw I, Campe WV, De Vleeschauwer A, Tuppurainen ESM, van den Berg T, De Regge N, De Clercq K. Experimental evidence of mechanical lumpy skin disease virus transmission by *Stomoxys calcitrans* biting flies and *Haematopota* spp. horseflies. *Sci Rep.* 2019;9(1):20076. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-56605-6>.
 18. Şevik M, Doğan M. Epidemiological and Molecular Studies on Lumpy Skin Disease Outbreaks in Turkey during 2014-2015. *Transbound Emerg Dis.* 2017;64(4):1268-1279. <https://doi.org/10.1111/tbed.12501>.
 19. Tuppurainen ES, Oura CA. Review: lumpy skin disease: an emerging threat to Europe, the Middle East and Asia. *Transbound Emerg Dis.* 2012;59(1):40-48. <https://doi.org/10.1111/j.1865-1682.2011.01242.x>.
 20. Tuppurainen ES, Lubinga JC, Stoltz WH, Troskie M, Carpenter ST, Coetzer JA, Venter EH, Oura CA. Evidence of vertical transmission of lumpy skin disease virus in *Rhipicephalus decoloratus* ticks. *Ticks Tick Borne Dis.* 2013;4(4):329-333. <https://doi.org/10.1016/j.ttbdis.2013.01.006>.
 21. WAHIS. World Animal Health Information System. 2022. Available online: <https://wahis.woah.org/#/home>
 22. WOA. Lumpy skin disease. Chapter 3.4.12. WOA Terrestrial Manual 2024, 1-18. https://www.woah.org/fileadmin/Home/eng/Health_standards/tahm/3.04.12_LSD.pdf
 23. Yeruham I, Nir O, Braverman Y, Davidson M, Grinstein H, Haymovitch M, Zamir O. Spread of lumpy skin disease in Israeli dairy herds. *Vet Rec.* 1995;137(4):91-93. <https://doi.org/10.1136/vr.137.4.91>.

AŞILAMANIN AKABANE HASTALIĞI ÜZERİNDEKİ ETKİSİ

Assoc. Prof. Murat ŞEVİK (ORCID:0000-0002-9604-3341)

Department of Virology, Veterinary Faculty, Necmettin Erbakan University, Konya, Türkiye

Email:murat.sevik@erbakan.edu.tr

Özet

Akabane virusu (AKAV), *Peribunyaviridae* familyasının *Orthobunyavirus* genusuna aittir. Evcil geviş getiren hayvanlar ve yaban hayvan türleri, özellikle sığırlar, AKAV enfeksiyonuna karşı duyarlıdır. *Culicoides* spp. ısırıcı sivrisinekleri virusun bulaşmasında önemli bir etkidir. Ayrıca bağışık olmayan annelerden yavrularına bulaşma da gerçekleşmektedir. Gebe ve gebe olmayan hayvanlarda AKAV enfeksiyonunun patogenezi farklıdır. Kongenital anomaliler, bağışık olmayan annelerde virusun yavruya bulaşması sonucu ulaşır. Bu anomalilerin görülme sıklığı ve şiddeti gebelik dönemine göre değişmektedir. AKAV enfeksiyonunun varlığı ölü doğum, erken doğum ve abortlara yol açabilir. AKAV enfeksiyonunun direkt bir tedavi seçeneği bulunmamaktadır. AKAV enfeksiyonuna karşı alınabilecek temel önlemlerden ikisi yönetim stratejileri ve aşılama. Bu çalışmanın amacı AKAV enfeksiyonu üzerine aşılamanın etkisine ilişkin güncel bilimsel bilgilerin bir özetini sunmaktır. Bu çalışmada, aşılamanın AKAV enfeksiyonu üzerindeki etkisine ilişkin araştırma ilerlemesi, Sistemik İncelemeler ve Meta-Analizler için Tercih Edilen Raporlama Ögeleri yönergeleri izlenerek incelenmiştir. İnspektör yoluyla bulaşan patojenlerle ilgili önceki deneyimler, çiftlik hayvanlarının vektör yoluyla bulaşan hastalıklara karşı aşılamanın virus dolaşımını azaltmada veya hatta durdurmada önemli bir rol oynayabileceğini göstermiştir. AKAV enfeksiyonuna karşı hem inaktif hem de canlı zayıflatılmış aşılama geliştirilmiştir. İnaktif aşılamanın avantajı gebe hayvanlarda acil aşılama olarak kullanılabilmesidir. Akabane hastalığının salgınlarının sıklığı genellikle 3-5 yılda bir; bunun nedeni muhtemelen önceki virüslere karşı bağışıklığın azalmasıdır. Bu durumun aşılama zamanı, maliyeti ve isteği üzerinde olumsuz etki yaratması muhtemeldir. Bununla birlikte, seronegatif genç hayvanların gebelik döneminde enfekte edilmesinin daha fazla fetal malformasyona yol açabileceği akılda tutulmalıdır. Bu nedenle, üreme yaşına ulaşmadan önce tüm evcil geviş getiren hayvanlar arasındaki dişi hayvanların aşılama uygun ve maliyet etkin bir strateji olabilir.

Anahtar Kelimeler: Akabane virusu, evcil geviş getiren hayvanlar, aşılama

THE IMPACT OF VACCINATION ON THE AKABANE DISEASE

Abstract

Akabane virus (AKAV) belongs to the *Orthobunyavirus* genus of the family *Peribunyaviridae*. Domesticated ruminants and wildlife species, particularly bovids, are all susceptible to the AKAV infection. *Culicoides* spp. biting midges is a significant factor in the transmission of the virus. Furthermore, transmission is carried out by non-immune mothers to their offsprings. Pregnant and non-pregnant animals have different pathogenesis of AKAV infection. Congenital anomalies are caused by transmission from non-immune mothers to their offspring. The incidence and severity of these anomalies depend on the gestational period. The presence of AKAV infection can lead to stillbirth, premature birth, and abortion. AKAV infection does not have any direct treatment options available. Two of the primary preventive measures for AKAV infection are management strategies and vaccination. The purpose of this study was to provide a summary of the current scientific knowledge regarding the impact of vaccination on AKAV infection. The research progress on vaccines' impact on AKAV infection was reviewed by following the guidelines for Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses in this study. Previous experiences with insect-transmitted pathogens have demonstrated that vaccinating livestock against vector-transmitted diseases can play a crucial role in reducing or even stopping virus circulation. Both inactivated and live attenuated vaccines have been developed against AKAV infection. The advantage of inactivated vaccines is that they can be used as emergency vaccinations for pregnant animals. The frequency of akabane disease outbreaks is typically 3-5 years, probably due to a decrease in immunity to previous viruses. This situation is likely to have negative impact on the time, cost, and willingness to vaccinate. However, infection of seronegative young animals during pregnancy may cause more foetal malformations, which should be kept in mind. Therefore, it could be an appropriate and cost-effective strategy to vaccinate naive female animals from all domesticated ruminants before they reach reproductive age.

Keywords: Akabane virus, domestic ruminants, vaccination

1. INTRODUCTION

Akabane virus (AKAV) was discovered in Japan in 1959 and is classified as an arbovirus (Oya et al., 1961). The transmission of AKAV occurs primarily through biting midges of *Culicoides* spp. (Kurogi et al., 1987).

According to taxonomy, AKAV is classified as *Orthobunyavirus* and belongs to the family *Peribunyaviridae*. The AKAV was categorised into the Simbu serogroup based on serological relationships with other orthobunyaviruses such as Aino, Shamonda, and Schmallenberg viruses (Kinney and Calisher, 1981; ICTV, 2024). The RNA genome of AKAV, which is enveloped, has three segments: small (S), medium (M), and large (L). Genetic research has revealed that the L RNA segment codes for an RNA polymerase that is dependent on RNA, while the M RNA segment codes for two envelope glycoproteins (Gn and Gc). According to reports, the M RNA segment is the primary factor that determines virulence (Elliott, 2014). Four genogroups (I-IV) and two lineages in genogroup I (Ia and Ib) were identified by analysing partial sequences of the L segment and two full-length open reading frames of S and M segments (Kobayashi et al., 2007).

Cattle, sheep, and goats are susceptible to teratogenic effects caused by AKAV. Foetal infections occur in 20-40% of the cases when pregnant cows are infected with AKAV. Abortion, premature birth, stillbirth, and foetal deformities with arthrogryposis hydranencephaly syndrome have been documented as a result of AKAV infection in cattle, sheep, and goats (Robert and Margitta, 2017; Yanase et al., 2020). The timing of infection is crucial for the manifestation of teratogenic effects. The cow infection between days 76 and 104 of pregnancy often leads to the development of hydranencephaly and porencephaly effects in the foetus. The cow's infection on days 103-173 of pregnancy results in the development of the arthrogryposis deformity. Teratogenic effects are most prevalent in sheep and goats during the first and second trimester of pregnancy (Robert and Margitta, 2017). The cattle industry suffered significant economic losses due to the birth of over 42,000 abnormal calves in Japan during 1972 to 1975 due to AKAV infection (Kurogi et al., 1974; Kurogi et al., 1977). Additionally, certain Akabane virus strains can cause encephalomyelitis outbreaks in both young and old cattle (Kamata et al., 2009). Wild animals such as impala, buffalo, blue wildebeest, warthog, greater kudu, and elephant have been shown to have been infected with AKAV without symptoms (Al-Busaidy et al., 1987).

AKAV has a wide distribution in tropical and temperate zones in Africa, the Middle East, East Asia, Southeast Asia, and Australia (Kurogi et al., 1975; Metselaar and Robin, 1976; Hartley et al., 1977; Miura et al., 1982; Brenner et al., 2004). Furthermore, major outbreaks of AKAV-induced congenital defects in ruminants have been reported in Türkiye, Israel, Taiwan, Korea, and Sudan (Shimshony, 1980; Konno et al., 1982; Liao et al., 1996; Elhassan et al., 2014; Şevik, 2017).

Culicoide-borne diseases are important transboundary diseases. The virus can be spread from hundreds to thousands of kilometres away from the original outbreak site due to long-distance dissemination through wind or monsoons (Walker and Klement, 2015; Aguilar-Vega et al., 2019). Animals infected with AKAV do not have direct treatment options. Management strategies and vaccination are the main ways to prevent AKAV infection. Vaccinating livestock against a vector-transmitted disease can result in significant reduction or cessation of virus

circulation. The focus of this systematic review is on the current scientific knowledge about the impact of vaccination on AKAV infection.

2. MATERIALS AND METHODS

The systematic review was conducted in accordance with the guidelines for preferred reporting items for systematic reviews and Meta-Analyses statements (Moher et al., 2009). The study was restricted to English-language articles that examined the effects of vaccination on AKAV infection. Five literature databases were utilized for the search, including ScienceDirect, Scopus, Thomson Reuters, Google Scholar, and PubMed. On September 1st, 2024, a literature search was conducted using search criteria that were pre-established. The search was conducted using various combinations of keywords: “Akabane disease vaccination”, “Akabane virus vaccine”, “Preventing Akabane virus infection”, and “Prevention and control measures of Akabane disease”. The collection of bibliographic references was carefully screened to eliminate duplicates. The study that documented the effect of vaccination on AKAV infection in English is all included in this meta-analysis. Inclusion was made for the study that didn't have clear and detailed estimates of the effects of vaccination on AKAV.

3. RESULTS

After assessing article duplicability, 3 articles were excluded from a total of 23 articles that were searched in multiple electronic databases. Automated tools determined that 5 records were not eligible, and 7 records were removed for other reasons. The eight articles were screened for article titles and abstracts, resulting in the elimination of one article. After searching, I determined that seven articles focused on the effects of vaccination on AKAV infection.

4. DISCUSSION

Strategically vaccination of susceptible animals prior to potential exposure to vector activity is the most effective way to control the impact of Akabane virus (Kirkland, 2015). Since the 1980s, AKAV live attenuated and inactivated vaccines have been used in domestic cattle to prevent Akabane disease (Kurogi et al., 1978; Kurogi et al., 1979a). Japan has employed a live attenuated vaccine, while Australia, and Korea have utilized inactivated vaccines (Kurogi et al., 1978; Kurogi et al., 1979b; Kim et al., 2011).

Park et al. (2006) reported that serum neutralizing antibody was appeared after 7 days post vaccination with live AKAV virus vaccine, and 2-8 antibody titres were observed in 14 days post vaccination. They suggested that live AKAV virus vaccine could be used as a vaccine to control the AKAV infection in ruminants.

The inactive vaccine's immunogenicity was found to remain stable even after being stored at 4°C for 12 months. Two doses of 3 ml each at a 4-week interval resulted in an excellent effect when cattle were immunized with an inactive vaccine with a high immunogenicity and good safety (Kurogi et al., 1978). Furthermore, pregnant animals can be vaccinated with the benefit of inactivated vaccines (Kirkland, 2015). It has been reported that positive rate of neutralizing antibody was 88.55% in the 2 months after the first injection when pregnant cows were injected with an inactivated vaccine in the field (Kurogi et al., 1978).

The viruses Akabane, Chuzan, and Aino are viruses that are transmitted by blood-sucking insects such as mosquitoes and *Culicoides* bite-midges. Pregnant cattle, sheep, and goats are affected by these arbovirus infections, which result in abortion, stillbirth, and congenital defects, causing significant economic loss in the livestock industry. These viruses are closely related to each other. Combination vaccines against other viral infections may also be used with inactivated virus vaccines (Agerholm et al., 2015). Therefore, a trivalent inactivated vaccine against Aino, Akabane, and Chuzan viruses was developed (Kim et al., 2011). Kim et al. (2011) reported that serum neutralizing antibodies against Aino, Akabane, and Chuzan viruses can be stimulated by an inactivated trivalent vaccine at the same time, which can also prevent the diseases. They also reported that formalin-inactivated trivalent vaccine for Aino, Akabane, and Chuzan diseases was found to be safe because there were no clinical disorders following vaccination.

The effect of inactivated trivalent vaccine for Aino, Akabane, and Chuzan was investigated in another study. Hechinger et al. (2013) reported that neutralizing antibodies against AKAV and AINOV could be detected shortly after the vaccination (Hechinger et al., 2013). In another study, the effect of an inactivated vaccine developed against Akabane and bovine ephemeral fever (BEF) viruses was investigated (Yang et al., 2015). Bovine ephemeral fever virus (BEFV) is another arthropod-borne rhabdovirus, belongs to the genus *Ephemerovirus* in the family *Rhabdoviridae* family (ICTV, 2023). According to Yang et al. (2015), the inactivated AKAV+BEFV vaccine had been proven to be safe and caused high virus neutralizing antibody titres, which ranged from 1:64 to 1:512 against both AKAV and BEFV in cattle and sows. They also stated that no side effects were observed in any animals that were treated, and suggested that cattle with high immunity and good safety could be treated with inactivated AKAV+BEFV vaccine (Yang et al., 2015).

To reduce the risk of AKAV infection during the vulnerable phase of foetal development, vaccination of young female cattle, sheep and goats before their first pregnancy is crucial. The antibody response of an animal to vaccine is affected by various factors, including virus inactivation conditions, type of adjuvant, dose, conditions for storage of vaccine, and interval of inoculation. These factors should be taken into consideration for an effective vaccination.

REFERENCES

1. Agerholm JS, Hewicker-Trautwein M, Peperkamp K, Windsor PA. Virus-induced congenital malformations in cattle. *Acta Vet Scand.* 2015;57(1):54. <https://doi.org/10.1186/s13028-015-0145-8>.
2. Aguilar-Vega C, Fernández-Carrión E, Sánchez-Vizcaíno JM. The possible route of introduction of bluetongue virus serotype 3 into Sicily by windborne transportation of infected *Culicoides* spp. *Transbound Emerg Dis.* 2019;66(4):1665-1673. <https://doi.org/10.1111/tbed.13201>.
3. Al-Busaidy S, Hamblin C, Taylor WP. Neutralising antibodies to Akabane virus in free-living wild animals in Africa. *Trop Anim Health Prod.* 1987;19(4):197-202. <https://doi.org/10.1007/BF02242116>.
4. Brenner J, Tsuda T, Yadin H, Kato T. Serological evidence of akabane virus infection in northern Israel in 2001. *J Vet Med Sci.* 2004;66(4):441-443. <https://doi.org/10.1292/jvms.66.441>.
5. Elhassan AM, Mansour ME, Shamon AA, El Hussein AM. A serological survey of akabane virus infection in cattle in Sudan. *ISRN Vet Sci.* 2014;2014:123904. <https://doi.org/10.1155/2014/123904>.
6. Elliott RM. Orthobunyaviruses: recent genetic and structural insights. *Nat Rev Microbiol.* 2014;12(10):673-685. <https://doi.org/10.1038/nrmicro3332>.
7. Hartley WJ, De Saram WG, Della-Porta AJ, Snowdon WA, Shepherd NC. Pathology of congenital bovine epizootic arthrogryposis and hydranencephaly and its relationship to Akabane virus. *Aust Vet J.* 1977;53(7):319-325. <https://doi.org/10.1111/j.1751-0813.1977.tb00240.x>.
8. Hechinger S, Wernike K, Beer M. Evaluating the protective efficacy of a trivalent vaccine containing Akabane virus, Aino virus and Chuzan virus against Schmallenberg virus infection. *Vet Res.* 2013;44(1):114. <https://doi.org/10.1186/1297-9716-44-114>.
9. ICTV. Current ICTV Taxonomy Release. Ephemerovirus. 2023. https://ictv.global/taxonomy/taxondetails?taxnode_id=202301681&taxon_name=Ephemerovirus
10. ICTV. Current ICTV Taxonomy Release. Orthobunyavirus akabaneense. 2024. https://ictv.global/taxonomy/taxondetails?taxnode_id=202300090&taxon_name=Orthobunyavirus%20akabaneense
11. Kamata H, Inai K, Maeda K, Nishimura T, Arita S, Tsuda T, Sato M. Encephalomyelitis of cattle caused by Akabane virus in southern Japan in 2006. *J Comp Pathol.* 2009;140(2-3):187-193. <https://doi.org/10.1016/j.jcpa.2008.12.001>.
12. Kim YH, Kweon CH, Tark DS, Lim SI, Yang DK, Hyun BH, Song JY, Hur W, Park SC. Development of inactivated trivalent vaccine for the teratogenic Aino, Akabane and Chuzan viruses. *Biologicals.* 2011;39(3):152-157. <https://doi.org/10.1016/j.biologicals.2011.02.004>.
13. Kirkland PD. Akabane virus infection. *Rev Sci Tech.* 2015;34(2):403-410. <https://doi.org/10.20506/rst.34.2.2366>. PMID: 26601444.
14. Kinney RM, Calisher CH. Antigenic relationships among Simbu serogroup (Bunyaviridae) viruses. *Am J Trop Med Hyg.* 1981;30(6):1307-1318. <https://doi.org/10.4269/ajtmh.1981.30.1307>.
15. Kobayashi T, Yanase T, Yamakawa M, Kato T, Yoshida K, Tsuda T. Genetic diversity and reassortments among Akabane virus field isolates. *Virus Res.* 2007;130(1-2):162-171. <https://doi.org/10.1016/j.virusres.2007.06.007>.

16. Konno S, Moriwaki M, Nakagawa M. Akabane disease in cattle: congenital abnormalities caused by viral infection. Spontaneous disease. *Vet Pathol.* 1982;19(3):246-266. <https://doi.org/10.1177/030098588201900304>.
17. Kurogi H, Inaba Y, Goto Y, Miura Y, Takahashi H. Serologic evidence for etiologic role of Akabane virus in epizootic abortion-arthrogryposis-hydranencephaly in cattle in Japan, 1972-1974. *Arch Virol.* 1975;47(1):71-83. <https://doi.org/10.1007/BF01315594>.
18. Kurogi H, Inaba Y, Takahashi E, Sato K, Satoda K. Congenital abnormalities in newborn calves after inoculation of pregnant cows with Akabane virus. *Infect Immun.* 1977;17(2):338-343. <https://doi.org/10.1128/iai.17.2.338-343.1977>.
19. Kurogi H, Inaba Y, Takahashi E, Sato K, Goto Y, Satoda K, Omori T, Hatakeyama H. Development of inactivated vaccine for Akabane disease. *Natl Inst Anim Health Q (Tokyo).* 1978;18(3-4):97-108.
20. Kurogi H, Inaba Y, Takahashi E, Sato K, Akashi H, Satoda K, Omori T. An attenuated strain of Akabane virus: a candidate for live virus vaccine. *Natl Inst Anim Health Q (Tokyo).* 1979a;19(1-2):12-22.
21. Kurogi H, Inaba Y, Akashi H, Takahashi E, Sato K, Satoda K, Sugimoto C, Hatakeyama H, Omori T. Immune response of various animals to Akabane disease live virus vaccine. *Natl Inst Anim Health Q (Tokyo).* 1979b;19(1-2):23-31.
22. Kurogi H, Akiba K, Inaba Y, Matumoto M. Isolation of Akabane virus from the biting midge *Culicoides oxystoma* in Japan. *Vet Microbiol.* 1987;15(3):243-248. [https://doi.org/10.1016/0378-1135\(87\)90078-2](https://doi.org/10.1016/0378-1135(87)90078-2).
23. Liao YK, Lu YS, Goto Y, Inaba Y. The isolation of Akabane virus (Iriki strain) from calves in Taiwan. *J Basic Microbiol.* 1996;36(1):33-39. <https://doi.org/10.1002/jobm.3620360108>.
24. Metselaar D, Robin Y. Akabane virus isolated in Kenya. *Vet Rec.* 1976;99(5):86. <https://doi.org/10.1136/vr.99.5.86-a>.
25. Miura Y, Inaba Y, Tsuda T, Tokuhisa S, Sato K, Akashi H, Matumoto M. A survey of antibodies to arthropod-borne viruses in Indonesian cattle. *Nihon Juigaku Zasshi.* 1982;44(6):857-863. <https://doi.org/10.1292/jvms1939.44.857>.
26. Moher D, Liberati A, Tetzlaff J, Altman DG; PRISMA Group. Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. *PLoS Med.* 2009;6(7):e1000097. <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1000097>.
27. Oya A, Okuno T, Ogata T, Kobayashii, Matsuyama T. Akabane, a new arbor virus isolated in Japan. *Jpn J Med Sci Biol.* 1961;14:101-108. <https://doi.org/10.7883/yoken1952.14.101>.
28. Park YN, Son SM, Shin MK, Kwon MS. Leukocyte subpopulations of peripheral blood in Korean indigenous cattle vaccinated with attenuated live Akabane virus vaccine. *Korean J. Vet Serv.* 2006;29(3):365-376.
29. Robert WC, Margitta MD. Teratogenesis in Livestock. In: Ramesh CG (eds). *Reproductive and Developmental Toxicology, Second Edition*, Academic Press, 2017, pp. 1391-1408. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-804239-7.00072-X>.
30. Shimshony S. An epizootic of Akabane disease in bovines, ovines and caprines in Israel, 1969-70: epidemiological assessment. *Acta Morphol Acad Sci Hung.* 1980;28(1-2):197-199.
31. Şevik M. Molecular detection and genetic analysis of Akabane virus genogroup Ib in small ruminants in Turkey. *Arch Virol.* 2017;162(9):2769-2774. <https://doi.org/10.1007/s00705-017-3398-x>.

32. Walker PJ, Klement E. Epidemiology and control of bovine ephemeral fever. *Vet Res.* 2015;46:124. <https://doi.org/10.1186/s13567-015-0262-4>.
33. Yanase T, Murota K, Hayama Y. Endemic and Emerging Arboviruses in Domestic Ruminants in East Asia. *Front Vet Sci.* 2020;7:168. <https://doi.org/10.3389/fvets.2020.00168>.
34. Yang DK, Kim HH, Jo HY, Choi SS, Cho IS. Development of inactivated Akabane and bovine ephemeral fever vaccine for cattle. *Korean J Vet Res.* 2015;55:227-232. <http://dx.doi.org/10.14405/kjvr.2015.55.4.227>

**SÜRDÜRÜLEBİLİR TARIM UYGULAMALARINDA KARBON AYAK İZİ
ANALİZİNİN ROLÜ**

Asis. Prof. Serdar ÜÇOK (ORCID:0000-0002-7158-669X)

Kahramanmaraş Sütcü İmam University, Faculty of Agriculture, Biosystems Engineering,
Kahramanmaras, Turkey and South Dakota State University, Department of Agriculture,
Biosystems Engineering. Brookings and ABD
Email: Serdar.Ucok@sdstate.edu

Asis. Prof. Xufei YANG (ORCID:0000-0002-6735-4597)

South Dakota State University, Department of Agriculture, Biosystems Engineering.
Brookings and ABD
Email: xufei.yang@sdstate.edu

Özet

Tarım sektörü, küresel gıda üretiminde kritik bir rol oynarken aynı zamanda sera gazı emisyonlarına önemli ölçüde katkıda bulunarak iklim değişikliğiyle mücadele çabalarının merkezi haline gelmiştir. Bu özet, tarımda karbon ayak izi analizinin, bitkisel üretim, hayvancılık yönetimi ve arazi kullanımı değişiklikleri gibi çeşitli tarımsal faaliyetlerle ilişkili emisyonları ölçmek ve yönetmek için bir araç olarak kullanılmasını ele almaktadır. Karbon ayak izi değerlendirmesi sayesinde çiftçiler ve tarımsal işletmeler, emisyonların başlıca kaynaklarını belirleyebilir ve çevresel etkilerini azaltmak için hedeflenmiş stratejiler uygulayabilir.

Bu analiz, emisyonları azaltmakla kalmayıp toprak sağlığını iyileştiren, biyolojik çeşitliliği artıran ve kaynak verimliliğini geliştiren hassas tarım, organik tarım ve agroforestri gibi sürdürülebilir uygulamaların benimsenmesini teşvik eder. Ayrıca, karbon ayak izinin azaltılması, maliyet tasarrufları, nitelikli pazarlara erişim ve karbon ticareti gibi ekonomik faydalar da sağlar. Küresel iklim hedefleri daha da sıkılaştıkça, karbon ayak izi yönetimi, düzenleyici uyum ve sürdürülebilirlik sertifikaları elde etmek için de kritik hale gelmektedir. Ek olarak, analiz makinelerde enerji kullanımı, malların taşınması ve hatta hasat sonrası işleme gibi dolaylı emisyonları da hesaba katar. Karbon ayak izi değerlendirmelerinin kapsamlı yapısı, çiftlik kapısının ötesine geçerek tüm değer zincirini kapsayan tarımsal emisyonlara dair bütünsel bir bakış açısı sağlar. Bu daha geniş perspektif, aksi takdirde fark edilmeyebilecek "gizli" emisyonları belirlemek için önemlidir. Bu çalışma, sürdürülebilirliği artırmak, ekonomik sürdürülebilirliği güçlendirmek ve küresel iklim değişikliğiyle mücadeleye katkıda bulunmak amacıyla tarımsal uygulamalara karbon ayak izi analizinin entegre edilmesinin önemini vurgulamaktadır. Bu yaklaşımı benimseyerek tarım sektörü, sera gazı emisyonlarını azaltmada, gıda güvenliğini sağlamada ve daha sürdürülebilir bir geleceğe katkıda bulunmada önemli bir rol oynayabilir.

Anahtar Kelimeler: Karbon, ayak izi, sera gazı, tarım

**THE ROLE OF CARBON FOOTPRINT ANALYSIS IN SUSTAINABLE
AGRICULTURAL PRACTICES**

Abstract

The agricultural sector plays a critical role in global food production but is also a significant contributor to greenhouse gas emissions, making it a key focus for climate change mitigation efforts. This abstract explores the use of carbon footprint analysis in agriculture as a tool for measuring and managing emissions associated with various farming activities, including crop production, livestock management, and land-use changes. By assessing the carbon footprint, farmers and agribusinesses can identify major sources of emissions and implement targeted strategies to reduce their environmental impact. The analysis promotes the adoption of sustainable practices, such as precision agriculture, organic farming, and agroforestry, which not only lower emissions but also enhance soil health, increase biodiversity, and improve resource efficiency. Moreover, reducing the carbon footprint offers economic benefits, including cost savings, access to premium markets, and participation in carbon trading schemes. As global climate goals become more stringent, carbon footprint management is also crucial for regulatory compliance and achieving sustainability certifications. Additionally, the analysis accounts for indirect emissions, such as those from energy use in machinery, transportation of goods, and even post-harvest processing. The comprehensive nature of carbon footprint assessments enables a holistic view of agricultural emissions, extending beyond the farm gate to include the entire value chain. This broader perspective is essential for identifying "hidden" emissions that may otherwise go unnoticed. This study underscores the importance of integrating carbon footprint analysis into agricultural practices as a means to advance sustainability, enhance economic viability, and contribute to global climate change mitigation. By embracing this approach, the agricultural sector can play a pivotal role in reducing greenhouse gas emissions, ensuring food security, and supporting a more sustainable future.

Keywords: Carbon, footprint, greenhouse, agricultural

1. INTRODUCTION

In recent years, the concept of a carbon footprint has gained considerable attention as individuals, businesses, and governments work to combat climate change. A carbon footprint represents the total greenhouse gas (GHG) emissions produced directly or indirectly by human activities, typically measured in carbon dioxide equivalents (CO₂e). Understanding and reducing our carbon footprint is crucial to mitigating the impacts of climate change (IPCC, 2014; WMO, 2022).

A carbon footprint encompasses the greenhouse gases, primarily carbon dioxide (CO₂), released by individuals, organizations, events, or products throughout their lifecycle. These emissions are expressed in CO₂e to account for the varying global warming potentials of gases like methane (CH₄) and nitrous oxide (N₂O) (Smith et al., 2014; Smeets et al., 2007).

The carbon footprint can be divided into three key components:

- **Direct Emissions (Scope 1):** These are emissions from sources directly controlled by an individual or organization, such as fuel burned in vehicles, heating systems, or industrial processes (IPCC, 2014; EPA, 2021). Direct emissions are often the easiest to measure and manage, as they stem from activities directly under the organization's control.
- **Indirect Emissions (Scope 2):** These emissions arise from the generation of purchased electricity, steam, heating, and cooling that is consumed by an individual or organization. While these emissions occur at the energy production facility, they are attributed to the energy consumer (IPCC, 2014; GHG Protocol, 2015). Reducing Scope 2 emissions can be achieved through energy efficiency improvements and the use of renewable energy.
- **Other Indirect Emissions (Scope 3):** This broad category includes emissions throughout the value chain that are not directly controlled by the individual or organization. Scope 3 emissions cover a wide range of activities, including the production of goods and services, waste management, transportation, and logistics (WRI & WBCSD, 2011). These emissions are often the hardest to quantify and reduce due to their complexity and the extensive range of activities involved.

Reducing the carbon footprint is critical for tackling climate change. By identifying and measuring emissions, organizations can implement strategies to lower their carbon output, such as improving energy efficiency, adopting renewable energy, optimizing resource use, and shifting consumption habits (Smith et al., 2014; IPCC, 2019). Key contributors to carbon footprints include energy consumption, transportation, agriculture and food production, manufacturing, and waste management.

2. KEY CONTRIBUTORS TO CARBON FOOTPRINT

Key contributors to carbon footprint consist of energy use, transportation, agriculture and food production, manufacturing and industry and waste management

- **Energy Use:** Burning fossil fuels for electricity, heating, and industrial processes is a major source of carbon emissions (EPA, 2021; IEA, 2022).

- **Transportation:** Vehicles powered by gasoline or diesel, and the aviation industry, significantly contribute to carbon footprints (EEA, 2022; Bastianoni et al., 2016).
- **Agriculture and Food Production:** Agriculture emits substantial methane (CH₄) and nitrous oxide (N₂O), with additional emissions from transportation, processing, and packaging of food (FAO, 2016; Howden et al., 2007).
- **Manufacturing and Industry:** The production of goods, particularly in energy-intensive industries, generates significant CO₂ emissions (Smith et al., 2014; Azevedo et al., 2020).
- **Waste Management:** Organic waste decomposition in landfills produces methane, while waste incineration releases CO₂ (EPA, 2021; IPCC, 2006).

Agriculture is a significant source of greenhouse gases, especially methane (CH₄) from livestock and nitrous oxide (N₂O) from fertilizer use. By calculating the carbon footprint, farmers and agricultural businesses can identify the largest sources of emissions and implement practices to reduce them, such as optimizing fertilizer use, improving manure management, and adopting sustainable farming techniques.

3. THE USE OF CARBON FOOTPRINT ANALYSIS IN AGRICULTURE

3.1. ENVIRONMENTAL MONITORING AND IMPROVEMENT:

- **Tracking Emissions:** Carbon footprint analysis helps farmers and agricultural organizations track their greenhouse gas emissions across various activities, such as crop production, livestock management, and energy use (IPCC, 2014; Flessa et al., 2002).
- **Identifying Emission Hotspots:** By pinpointing areas where emissions are highest, such as from fertilizer application or livestock digestion, farmers can focus on strategies to reduce these specific emissions (FAO, 2016; Olesen et al., 2012).

3.2. ENHANCING SUSTAINABILITY PRACTICES:

- **Adopting Low-Emission Practices:** The insights gained from carbon footprint analysis can guide the adoption of more sustainable practices, such as reduced tillage, precision agriculture, cover cropping, and organic farming, all of which can lower the carbon footprint of agricultural operations (Smith et al., 2014; Lal, 2004).
- **Promoting Carbon Sequestration:** Understanding the carbon footprint can encourage practices that increase carbon sequestration, such as agroforestry, improved pasture management, and soil health initiatives (IPCC, 2014; Franklin et al., 2012).

3.3. ECONOMIC EFFICIENCY AND RESOURCE MANAGEMENT:

- **Reducing Costs:** Lowering the carbon footprint often involves improving efficiency in the use of resources like water, energy, and fertilizers. This can lead to cost savings, as less input is required to achieve the same or better yields (EPA, 2021; Conant et al., 2017).
- **Optimizing Supply Chains:** By analyzing the carbon footprint throughout the supply chain, agricultural businesses can identify inefficiencies and optimize logistics, reducing

emissions associated with transportation, storage, and processing (EEA, 2022; Rezaei et al., 2013).

3.4. COMPLIANCE AND CERTIFICATION:

- **Meeting Regulatory Requirements:** As governments increasingly implement regulations to limit greenhouse gas emissions, understanding and reducing the carbon footprint can help farmers comply with these laws and avoid penalties (FAO, 2016; UNEP, 2021).
- **Participating in Carbon Markets:** Farmers who can demonstrate reductions in their carbon footprint may be able to participate in carbon trading schemes, selling carbon credits to other businesses seeking to offset their emissions (Smith et al., 2014; Dubeux et al., 2018).

3.5. MARKET DIFFERENTIATION AND CONSUMER DEMAND:

- **Marketing Sustainable Products:** Consumers are becoming more interested in sustainably produced food. Products with a lower carbon footprint can be marketed as environmentally friendly, appealing to eco-conscious consumers and potentially commanding higher prices (EEA, 2022; TEEB, 2010).
- **Certification and Labeling:** Carbon footprint analysis is often a requirement for obtaining sustainability certifications, which can enhance a farm's reputation and open up new markets (FAO, 2016; Moser et al., 2018).

3.6. SUPPORTING CLIMATE GOALS:

- **Aligning with Global Initiatives:** Reducing the carbon footprint in agriculture contributes to global climate change mitigation efforts. Many countries have set targets for reducing emissions, and agriculture plays a key role in achieving these goals (IPCC, 2014; UNFCCC, 2015).
- **Climate Resilience:** By adopting practices that reduce emissions, farmers can also build resilience to climate change, making their operations more sustainable in the long term (Smith et al., 2014; Lobell et al., 2008).

3.7. EDUCATION AND STAKEHOLDER ENGAGEMENT:

- **Raising Awareness:** Carbon footprint analysis helps educate farmers, agricultural workers, and the public about the environmental impact of farming practices and the importance of sustainability (EPA, 2021; WMO, 2022).
- **Encouraging Collaboration:** The data from carbon footprint analysis can foster collaboration among farmers, researchers, and policymakers to develop and promote best practices for reducing emissions in agriculture (FAO, 2016; IPCC, 2019).

3.9. INNOVATION AND RESEARCH:

- **Driving Technological Innovation:** The focus on reducing carbon footprints can spur innovation in agricultural technology, leading to the development of more efficient equipment, better crop varieties, and improved livestock management techniques (EEA, 2022; Zhang et al., 2020).
- **Guiding Research Priorities:** Carbon footprint analysis can help prioritize research into areas that have the greatest potential for reducing emissions, such as alternative fertilizers, renewable energy use on farms, and enhanced soil carbon sequestration methods (IPCC, 2014; Houghton et al., 2001).

4. THE IMPACT OF CARBON FOOTPRINT IN AGRICULTURAL PRODUCTION ON CLIMATE CHANGE CONTRIBUTION TO GLOBAL GREENHOUSE GAS EMISSIONS:

4.1. GAS EMISSION

- **Methane (CH₄) Emissions:** Agriculture is a major source of methane, a potent greenhouse gas with a global warming potential many times greater than that of carbon dioxide (CO₂) (Smith et al., 2014; IPCC, 2013).
- **Nitrous Oxide (N₂O) Emissions:** The use of synthetic fertilizers, manure, and other nitrogen-based inputs in agriculture leads to the release of nitrous oxide, another powerful greenhouse gas (FAO, 2016; Bouwman et al., 2002).
- **Carbon Dioxide (CO₂) Emissions:** CO₂ is released through the burning of fossil fuels for agricultural machinery, the clearing of land (deforestation), and the degradation of organic matter in soils (IPCC, 2014; Nair et al., 2010).

4.2. DEFORESTATION AND LAND-USE CHANGE:

- **Loss of Carbon Sinks:** Agriculture drives deforestation, particularly in tropical regions where forests are cleared for crop production and livestock grazing. This leads to the loss of carbon sinks—natural reservoirs that absorb more CO₂ than they release, such as forests and peatlands (Smith et al., 2014; FAO, 2018).
- **Soil Degradation:** Unsustainable agricultural practices can lead to soil degradation, reducing its capacity to sequester carbon. Practices like overgrazing, monoculture, and excessive tillage contribute to soil erosion and the loss of organic matter, further exacerbating carbon emissions (FAO, 2016; Lal, 2004).

4.3. IMPACT ON CLIMATE CHANGE FEEDBACK LOOPS:

- **Temperature Increases:** The greenhouse gases emitted by agriculture contribute to global warming, leading to rising temperatures. Higher temperatures can exacerbate

agricultural emissions, creating a feedback loop where climate change and agriculture reinforce each other (EEA, 2022; IPCC, 2021).

- **Changes in Precipitation Patterns:** Climate change driven by agricultural emissions can alter precipitation patterns, affecting water availability for crops and livestock. This can lead to increased reliance on irrigation, which often requires more energy (and thus more emissions), further contributing to the carbon footprint (Smith et al., 2014; Lobell et al., 2013).

4.4.IMPACT ON FOOD SECURITY:

- **Crop Yield Declines:** Climate change, exacerbated by agricultural emissions, can lead to changes in growing seasons, increased frequency of extreme weather events (such as droughts, floods, and storms), and the spread of pests and diseases. These changes can reduce crop yields and threaten food security, leading to a need for more intensive agriculture, which in turn increases emissions (FAO, 2016; Gregory et al., 2009).
- **Livestock Productivity:** Climate change affects livestock productivity through heat stress, reduced feed and water availability, and increased susceptibility to diseases. This can lead to a decrease in livestock efficiency and potentially an increase in the number of animals needed to meet food demands, thereby increasing emissions (Smith et al., 2014; Thornton et al., 2009).

4.5.POTENTIAL FOR MITIGATION:

- **Adoption of Sustainable Practices:** Reducing the carbon footprint in agriculture is crucial for mitigating its impact on climate change. Practices such as agroforestry, conservation tillage, precision farming, and organic agriculture can help sequester carbon and reduce emissions (IPCC, 2014; Teague et al., 2016).
- **Renewable Energy Integration:** Incorporating renewable energy sources (like solar, wind, or biogas) into agricultural operations can significantly reduce CO₂ emissions, making farming more climate-friendly (EEA, 2022; Popp et al., 2014).
- **Carbon Sequestration:** Agriculture has the potential to act as a carbon sink. Practices that enhance soil health, such as cover cropping, crop rotation, and organic farming, can increase the amount of carbon stored in soils, helping to offset emissions from other sectors (FAO, 2016; Lal, 2004).

4.6.GLOBAL CLIMATE TARGETS:

- **Paris Agreement Goals:** Agriculture's carbon footprint must be addressed to meet the global climate targets set by the Paris Agreement, which aims to limit global warming to well below 2°C, preferably to 1.5°C, above pre-industrial levels (IPCC, 2014; UNFCCC, 2015).
- **Carbon Neutrality:** Many countries and regions are aiming for carbon neutrality by mid-century. Reducing the carbon footprint of agriculture through innovation, policy changes,

and sustainable practices is a key component of these broader climate strategies (Smith et al., 2014; UNFCCC, 2021).

5. CONCLUSION

The application of carbon footprint analysis in agriculture is not just a tool for measuring greenhouse gas emissions; it is a strategic approach that integrates environmental stewardship with economic and operational benefits. As agriculture is both a significant contributor to and a victim of climate change, reducing its carbon footprint is essential for ensuring the sustainability and resilience of the sector.

By identifying and addressing the key sources of emissions—whether from livestock, fertilizer use, or land-use changes—farmers can implement targeted strategies that reduce their environmental impact. These strategies often lead to improved efficiency in resource use, such as optimizing fertilizer application, reducing energy consumption, and enhancing soil health through sustainable farming practices. These improvements not only lower emissions but also result in cost savings, increased productivity, and enhanced long-term viability of farming operations.

Furthermore, as consumer demand for sustainable and eco-friendly products grows, reducing the carbon footprint becomes a competitive advantage. Farmers who can demonstrate lower emissions in their production processes can access premium markets, differentiate their products, and build stronger relationships with environmentally conscious consumers. Participation in carbon markets and sustainability certification programs also offers additional revenue streams and financial incentives for reducing emissions.

On a broader scale, managing the carbon footprint in agriculture contributes to global efforts to combat climate change. Agriculture has the potential to be a significant part of the solution by adopting practices that sequester carbon, reduce methane and nitrous oxide emissions, and promote biodiversity. By aligning agricultural practices with global climate targets, the sector can help mitigate the impacts of climate change while also improving its resilience to changing weather patterns, ensuring food security, and supporting rural livelihoods.

In conclusion, the use of carbon footprint analysis in agriculture is a multifaceted tool that drives sustainability, economic efficiency, regulatory compliance, and climate resilience. It empowers farmers to make informed decisions that benefit not only their operations but also the environment and society as a whole. As the world faces the dual challenges of climate change and feeding a growing population, reducing the carbon footprint of agriculture is both a necessary and achievable goal, paving the way for a more sustainable and prosperous future.

REFERENCES

1. Azevedo, C. F., Ferreira, L. A., & Alves, F. C. (2020). "The Role of Energy Efficiency in Industrial Processes." *Journal of Cleaner Production*, 247, 119261.
2. Bastianoni, S., Tiezzi, E., & Vanni, F. (2016). "Carbon Footprint: Methodology and Practical Applications." *Environmental Science & Policy*, 66, 86-96.
3. Bouwman, A. F., Bouman, B. A. M., & Batjes, N. H. (2002). "Emissions of Greenhouse Gases from Agricultural Land and Land Use Change." *Noble, I. R., et al. (Eds.), Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry*. IPCC.
4. Conant, R. T., Paustian, K., & Elliott, E. T. (2017). "Grassland Management and Soil Carbon Sequestration." *Journal of Environmental Quality*, 37(6), 1980-1987.
5. Dubeux, J. C. B., Jr., Sollenberger, L. E., & Taliaferro, C. M. (2018). "Carbon Credits and Livestock Production Systems." *Sustainable Agriculture Reviews*, 29, 153-172.
6. EPA. (2021). "Inventory of U.S. Greenhouse Gas Emissions and Sinks." U.S. Environmental Protection Agency.
7. FAO. (2016). "The State of Food and Agriculture 2016: Climate Change, Agriculture and Food Security." Food and Agriculture Organization of the United Nations.
8. FAO. (2018). "The State of the World's Forests 2018: Forest Pathways to Sustainable Development." Food and Agriculture Organization of the United Nations.
9. Flessa, H., De Klein, C., & Oenema, O. (2002). "Mitigation of Greenhouse Gas Emissions from Agriculture." *European Journal of Soil Science*, 53(1), 105-116.
10. Franklin, J. F., Lindenmayer, D. B., & Mackey, B. G. (2012). "Old-Growth Forests and Carbon Storage." *Science*, 339(6119), 1061-1063.
11. Gregory, P. J., Ingram, J. S. I., & Brklacich, M. (2009). "Climate Change and Food Security." *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 365(1554), 2859-2873.
12. Howden, S. M., Soussana, J. F., & Tubiello, F. N. (2007). "Adapting Agriculture to Climate Change." *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104(50), 19691-19696.
13. Houghton, R. A., Goodall, J. S., & Saba, N. (2001). "Land Use and Carbon Emissions." *Global Biogeochemical Cycles*, 15(2), 741-757.
14. IPCC. (2006). "2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories." Intergovernmental Panel on Climate Change.
15. IPCC. (2013). "Climate Change 2013: The Physical Science Basis." Intergovernmental Panel on Climate Change.
16. IPCC. (2014). "Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change." Intergovernmental Panel on Climate Change.
17. IPCC. (2019). "Climate Change and Land: An IPCC Special Report." Intergovernmental Panel on Climate Change.
18. IPCC. (2021). "Climate Change 2021: The Physical Science Basis." Intergovernmental Panel on Climate Change.
19. IEA. (2022). "World Energy Outlook 2022." International Energy Agency.
20. Lal, R. (2004). "Soil Carbon Sequestration Impacts on Global Climate Change and Food Security." *Science*, 304(5677), 1623-1627.
21. Lobell, D. B., Schlenker, W., & Costa-Roberts, J. (2013). "Climate Trends and Global Crop Production Since 1980." *Science*, 333(6042), 616-620.
22. Moser, R., Raffaelli, R., & Fankhauser, S. (2018). "Sustainability Certification and Market Differentiation." *Environmental Science & Policy*, 89, 207-218.

23. Nair, P. K. R., Johnson, D. E., & Kline, M. (2010). "Tropical Forests and Carbon Sequestration." *Nature*, 463(7281), 741-743.
24. Rezaei, E. E., van Ittersum, M. K., & Smit, B. (2013). "Carbon Footprint in Agricultural Supply Chains." *Food Policy*, 38, 25-34.
25. Smith, P., Haberl, H., & Popp, A. (2014). "Agriculture, Forestry and Other Land Use (AFOLU)." In *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change*. Intergovernmental Panel on Climate Change.
26. Smeets, E. M. W., Faaij, A. P. C., & Lewandowski, I. M. (2007). "A Bottom-Up Assessment of Biomass Resource Availability." *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 11(5), 903-934.
27. Teague, W. R., Barnes, P., & Gifford, R. M. (2016). "The Role of Agroforestry in Mitigating Climate Change." *Journal of Soil and Water Conservation*, 71(4), 287-297.
28. Thornton, P. K., van de Steeg, J., & Herrero, M. (2009). "The Impacts of Climate Change on Livestock and Livelihoods in Developing Countries." *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 365(1554), 2451-2463.
29. TEEB. (2010). "The Economics of Ecosystems and Biodiversity Ecological and Economic Foundations." Pushpam Kumar (Ed.). Earthscan.
30. UNEP. (2021). "Climate Action and the Role of Carbon Markets." United Nations Environment Programme.
31. UNFCCC. (2015). "The Paris Agreement." United Nations Framework Convention on Climate Change.
32. UNFCCC. (2021). "Climate Action and Emission Reduction Commitments." United Nations Framework Convention on Climate Change.
33. WMO. (2022). "The State of the Global Climate 2022." World Meteorological Organization.
34. Zhang, X., Liu, L., & Wei, Y. (2020). "Technological Innovations and Sustainable Agriculture." *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 127, 109872.

**SERA KOŞULLARINDA FARKLI DOZLARDA SIVI BİYOLOJİK GÜBRE ETKİN
MİKROORGANİZMA (em; ema plus[®]) KULLANMANIN ÖRTÜALTINDA ‘AYDIN
SİYAHİ’ PATLICAN ÇEŞİDİNİN VERİM VE MEYVE SAYISI ÜZERİNE
ETKİLERİ**

Prof. Dr. Mustafa DEMİRKAYA (ORCID:0000-0001-7725-3952)

Kayseri Üniversitesi, Safiye Çıkrıkçıoğlu MYO Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, Bahçe
Tarımı Programı

Email: mustafademirkaya@kayseriedu.tr

Özet

Bu araştırmada, ülkemizde yaygın olarak ve çok fazla tüketilen bir sebze türü olan patlıcan meyve verimi ve meyve sayısı üzerine etkin mikroorganizma (EM) uygulamalarının etkileri incelenmiştir. Çalışmada yaygın olarak yetiştirilen Aydın siyahı patlıcan çeşidi kullanılmıştır. Çalışmada 5-6 gerçek yaprağa sahip Keklik Fide A.Ş. den temin edilen Aydın Siyahı çeşidi hazır fideler kullanılmıştır. Fideler 20.05.2017 tarihinde doğu batı eksenindeki Erciyes Üniversitesi Ziraat fakültesine ait olan kampüs içindeki serada, kuzey – güney yönünde 90X60X60 cm, sıra üzeri ve sıra üzeri mesafede çift sıra yöntemi ile dikilmiştir. Deneme modeline uygun olarak, patlıcan üretiminde uygun dozu belirlemek için, EM 0, 2 ve 3 L da-1 dozunda uygulanmıştır. EM uygulamaları üretici firmanın tavsiye ettiği şekilde dikimden 10 gün sonra 2 L da-1 uygulanmış 3l uygulamasında 15 gün sonra kalan 1 L da-1 uygulanmıştır. İlk hasat 24.07.2017 ve son hasat 25.10.2017 tarihi olmak üzere toplam 13 hasat yapılmıştır. Deneme sonunda her iki dozda uygulamalar verim ve meyve sayısını arttırmış, ancak 2 litre dozundaki uygulamalardaki verim ve meyve sayısı istatistiki düzeyde olmamıştır. En yüksek meyve verimi 9.05 ton ile 3Lt.da-1 uygulamasından elde edilirken, 2L uygulaması uygulanan bitkilerin verimi 8.77 ton da-1 kontrol bitkilerinin verimi 7.28 ton da-1 olmuştur. En yüksek bitki başına meyve sayısı 25 ile 3L da-1 uygulamasından elde edilirken, 2L da-1 uygulaması uygulanan bitki başına meyve sayısı 21.5, kontrol bitkilerinin bitki başına meyve sayısı ise 18.06 olmuştur. Bu sonuçlar, seralarda patlıcan yetiştiriciliğinde Etkin Mikroorganizma sıvı biyolojik gübre uygulamasının meyve verimi ve meyve sayısı üzerine olumlu etkileri olduğunu göstermiştir. Bundan sonra yapılacak çalışmalarda meyve kalitesi ve farklı sebzelerde EM uygulamalarının etkilerinin araştırılması yerinde olacaktır.

Anahtar kelimeler: Patlıcan, EM, Verim, Meyve Sayısı

**EFFECTS OF DIFFERENT DOSAGES OF LIQUID BIOLOGICAL FERTILIZER
EFFECTIVE MICROORGANISM (em; ema plus®) ON YIELD AND FRUIT
NUMBER OF “AYDIN BLACK” EGGPLANT VARIETY UNDER GREENHOUSE
CONDITIONS**

Abstract

This study investigates the effects of effective microorganism (EM) applications on fruit yield and fruit number of eggplant, a commonly consumed vegetable in Turkey. The research used the widely cultivated “Aydın Black” eggplant variety. For the study, seedlings of the “Aydın Black” variety with 5-6 true leaves were obtained from Keklik Fide A.Ş. The seedlings were planted on 20.05.2017 in a greenhouse located at the Erciyes University Faculty of Agriculture campus, oriented east-west, with a planting distance of 90x60x60 cm and in double rows oriented north-south. To determine the appropriate dosage for eggplant production, EM was applied at doses of 0, 2, and 3 L da⁻¹. EM applications were carried out according to the producer's recommendations: 2 L da⁻¹ was applied 10 days after planting, and in the 3 L da⁻¹ treatment, the remaining 1 L da⁻¹ was applied 15 days later. The first harvest was on 24.07.2017, and the last harvest was on 25.10.2017, with a total of 13 harvests conducted. At the end of the trial, both dosages increased yield and fruit number, but the increase with the 2 L da⁻¹ dosage was not statistically significant. The highest fruit yield was obtained with 9.05 tons da⁻¹ from the 3 L da⁻¹ application, while the yield from the 2 L da⁻¹ application was 8.77 tons da⁻¹, and the control plants yielded 7.28 tons da⁻¹. The highest number of fruits per plant was 25 with the 3 L da⁻¹ application, while the number of fruits per plant with the 2 L da⁻¹ application was 21.5, and the control plants had 18.06 fruits per plant. These results demonstrate that the application of effective microorganism liquid biological fertilizer has a positive effect on fruit yield and fruit number in greenhouse eggplant cultivation. Future studies should explore the effects of EM on fruit quality and its application to different vegetables.

Keywords: Eggplant, EM, Yield, Fruit Number

1.GİRİŞ

Ülkemiz, önemli ayrımlar gösteren jeolojik ve topografik yapı nedeniyle ortaya çıkan, iklim ve bitki örtüsü, dünya üzerinde bulunan büyük toprak gruplarını bünyesinde bulundurmaktadır. Ancak, genç formasyonlar üzerinde gelişmekte olan topraklarımızın %90'ından fazlası topografya ve iklim koşullarının etkisiyle ortaya çıkan zayıf bir bitki örtüsü altında oluşmaktadır. Bu durum, killi-tınlı kireç içeriği bakımından zengin, besin maddelerinden K bakımından zengin, N ve P bakımından genellikle fakir, organik madde yönünden zayıf toprakların oluşumuna sebep olmaktadır. Tarımsal üretim yapılan alanlarımız, toprak özellikleri bakımından incelendiğinde, bu belirtilen genel durumun, küçük farklılıklarla her bölge için benzer olduğu ortaya çıkmaktadır. Bu toprak yapıları nedeni ile, birçok kültür bitkisinin üretimi açısından uygun olmayan bu alanlarda ekonomik ve sürdürülebilir yönde kalite bakımından üstün niteliklere sahip ürün ve verim elde edilebilmesi için, etkin bitki üretim metotları uygulanmalıdır.

Tarımsal açıdan üretimde önemli olan, üretim ortamının bitkisel yetiştiriciliğe uygun ve sürdürülebilir olmasıdır. Ülkemiz üretim alanlarında, organik madde yetersizliği başta olmak üzere arazilerin üretim güçlerine göre yeterli organik madde kullanılmaması nedeniyle, yüksek girdi uygulanarak düşük verim ürün elde edilmekte, optimum verim eşikleri dünya ortalamasının çok altında kalmaktadır. Tarımsal değeri yüksek olan bir toprak dinamik, doğal ve canlı ortam özelliğine sahip olmalıdır. Bu özelliklerini kaybetmiş topraklar biyoçeşitliliğini, potansiyelini ve direncini kaybetmiş bir materyale dönüşmektedir. Bu durumda bitki besin elementlerinin alınamamasına bağlı olarak bitki büyümesi, gelişmesi ve veriminde önemli düzeyde kayıplar ortaya çıkmaktadır. Doğal biyolojik gübrelerin kullanılması, toprakların verimliliğinin artırılmasının yanı sıra üretim gücünün artırılmasına yönelik yaklaşımların geliştirilmesi, daha az kimyasal gübre tüketilmesini ve mücadele ilaçlarının daha az kullanılmasını sağlayabileceği gözönünde bulundurulmasını beraberinde getirmektedir. Ülkemizde böyle bir iyileştirme için gerekli organik girdi kaynaklarının yeterli düzeylerde bulunmaması ve tarımsal işletmelerin yönetiminde yeterli düzeyde yer bulamaması, bu sorunun artarak devam etmesine neden olmuştur. Ancak günümüzde toprağın verimlilik ve üretkenlik gücünü artırmaya yönelik biyoteknolojik yaklaşım ve süreçlerin kullanımı bu sorunun aşılmasında önemli dönüm noktalarından biridir.

Etkin mikroorganizmalar (EM) bitkilerin ihtiyaç duyduğu Mg, S, N, P, Fe, C, gibi elementleri kullanılabilir forma çevirir. Havadan Azot bağlayarak Azot ihtiyacını karşılar. Ayrıca EM verilen topraklarda, bitkilerin kök oluşumunu teşvik etmektedir (Jezik ve ark. 2011, Demirkaya ve ark. 2016). EM uygulamalarında, mineral madde alımı ve kök gelişimini artacağından, patlıcan gibi bitkilerinde çiçek ve meyve oluşumu artacaktır. Artan çiçek ve meyve oluşumu meye verimi ve kalitesini artırabilir. Mineral madde alım etkinliği artacağından toprağa uygulanması gereken kimyasal gübre miktarı doğrudan azalacaktır. Bu durum tarımda sürdürülebilirliğe katkı sunacaktır. Ayrıca diğer başka araştırmacılar EM-Aktif genetiği değiştirilmiş organizma içermediği ve EM' in organik maddelerin dönüşümü hızlandırarak mineralizasyonu artırdığı, toprak organizmaların etkinliğini artırılarak toprağı yeniden canlandırdığı rapor etmişlerdir. Ayrıca EM' in kök oluşumunu teşvik ettiği bildirilmektedir (Jezik ve ark. 2011).

Topraktaki besin elementlerinin yarayışlı hale getirilebilmesi için, tüm dünyada kullanılan EM(etkin mikroorganizma; Ülkemizde, Egem Doğal Ve Biyoteknoloji Tarım Ürünleri Üretim

Paz Ticaret Ltd Sti, firması tarafından üretilen EMA Plus, ve içeriği, (*Aspergillus spp.*, *Azotobacter spp.*, *Bacillus spp.*, *Pseudomonas spp.*, *Rhizobium spp.*, *Pencilium spp.*) olan sıvı biyolojik gübrenin ülkemizde yetiştirilen Aydın Siyahı patlıcan çeşidinin meyve verimi ve meyve sayısı üzerine etkileri incelenmiştir.

2.MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Deneme alanı

Bu, çalışma, Erciyes Üniversitesi Zirraat Fakültesi kampus alanında bulunan 9.0x20.0 m. ebatlarında, Doğu-Batı ekseninde yerleştirilmiş, venlo tipi anti-don polikarbon serada, 20.05.2017 ile 25.11.2017 tarihleri arasında yürütülmüştür. Sera, coğrafik olarak 38° 70' 53'' Kuzey, 35° 53' 29'' doğu enlem ve boylamları arasında olup, 1101 m yüksekliğindedir. Araştırma yerinde kışları soğuk ve kar yağışlı, yazları ise sıcak ve kurak karasal nitelikli Orta Anadolu iklimi hâkimdir. Bununla birlikte il iklimi, yükseltiye göre yer yer farklılıklar göstermektedir. En sıcak günler Temmuz ve Ağustos aylarında olup, bazen 39 °C'ye kadar yükselebilir. Bu aylarda ortalama sıcaklık yaklaşık olarak 24 °C'dir. Sera içi ortalama sıcaklık ve nispi nem değerleri Çizelge 1'de verilmiştir. Çizelgeden de görüleceği gibi ortalama sıcaklık 22.7-26.72 °C, nispi nem ise % 35.61-51.1 arasında değişmiştir. Sera iç ortam sıcaklık ve bağıl nem değerleri, seranın orta kesiminde, yerden 1 m yüksekliğe yerleştirilen Testo-175 veri kayıt cihazı ile 1 saatlik aralıklarla ölçülmüştür. Seranın 0–30 cm'lik katmanından alınan bozulmuş toprak örnekleri üzerinde, toprağın bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri belirlenmiş ve Çizelge 2'de verilmiştir. Çizelgeden de görüleceği üzere sera toprağı kumlu bünyeli olup, pH'sı 7.49 olarak ölçülmüştür. Araştırmada, organik materyal olarak, 2017 yılı Mart ayında seraya dekara 3 ton üzerinden hesaplanarak, çiftlik gübresi verilmiş ve topraklarının analizinde, bitki besin elementleri ile ilgili bir eksiklik tesbit edilmediği için, herhangi bir ilave kimyasal gübreleme yapılmamıştır. Sulama damlama sulama yöntemi ile literatüre göre yapılmıştır (Yıldırım, O. 2008).

Çizelge 1. Sera içi aylık ortalama sıcaklık ve nem değerleri

Aylar	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim
Sıcaklık, °C	22.7	24.21	24.5	26.72	24.65	21.91
Nispi nem, %	51.1	49.3	47.2	41.6	35.61	38.63

Çizelge 2. Sera toprağına ilişkin bazı fiziksel ve kimyasal değerler

Toprak derinliği (cm)	Bünye	HA (g cm ⁻³)	Kireç (%)	pH	EC (dS m ⁻¹)	OM (%)	Yarayışlı (kg da ⁻¹) N	Yarayışlı (kg da ⁻¹) K ₂ O	Yarayışlı (kg da ⁻¹) P ₂ O ₅
0–30	Tın	1.49	6.24	7.49	0.73	5.63	16.26	24.41	19.21

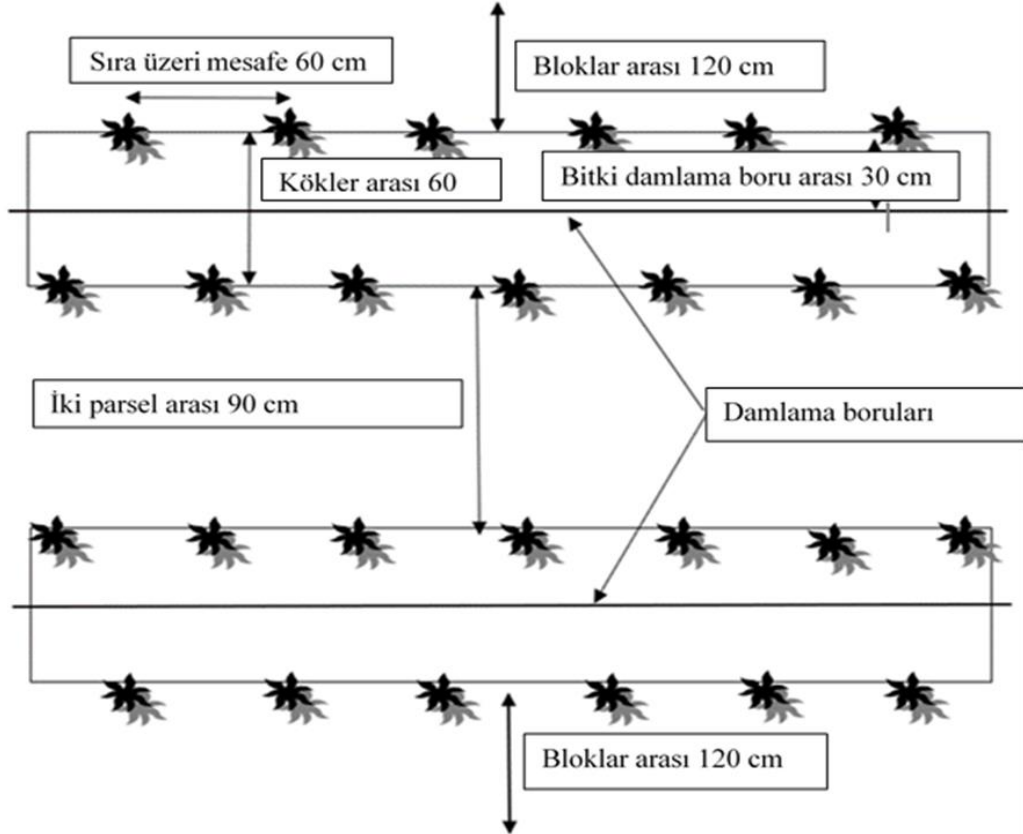
HA: hacim ağırlığı, OM: organik madde, EC: elektriksel iletkenlik

2.2. Denemede kullanılan bitkisel materyal

Çalışmada kullanılan ‘Aydın Siyahı’ Patlıcan çeşidi, dikimden itibaren, 70-75 günde meyve hasat olgunluğuna ulaşabilen, erkenci ve ülkemizin farklı bölgelerinde tercih edilen bir patlıcan çeşididir. Aydın siyahı çeşidinin morfolojik yapısına baktığımızda, dallı yapıya sahip ve 100-125 cm boylanabilen bir çeşittir. Meyve morfolojisi bakımından, silindir şeklinde, az çekirdekli, eti beyaz, ince kabuklu, küt uçları olan, parlak siyahımsı koyu mor renkte meyvelere sahiptir. Patlıcan meyve kalitesi bakımından önemli bir özellik olan acılaşıma göstermez. Meyveleri kızartmalık ve yemeklik olarak kullanılabilir. Meyveleri kızırtmalık ve yemeklik olarak kullanılabilir.

2.3. Deneme yöntemi

Denemede kullanılan fideler 20.05.2017 tarihinde doğu batı eksenindeki Erciyes Üniversitesi Ziraat fakültesine ait olan kampüs içindeki serada, kuzey – güney yönünde 90X60X60 cm, sıra üzeri ve sıra üzeri mesafede çift sıra yöntemi ile dikilmiş ve 25.10.2017 tarihinde son hasat yapılarak deneme sonlandırılmıştır. Deneme süresince ilki 17.07.2017 ve 25.10.2017 tarihleri arasında meyve büyümesi dikkate alınarak 13 hasat yapılmıştır. Aşağıda deneme deseni gösterilmiştir (Şekil 1). Resim 1 A ve B de denemeden görseller sunulmuştur.



Şekil 1: Deneme deseni şematik gösterimi.



A



B

Resim 1 A ve B: denemeden görseller. Resimler Prof. Dr. Mustafa Demirkaya'nın kişisel arşivinden temin edilmiştir.

2.4. İstatistiksel değerlendirme

Deneme tesadüf blokları deneme desenine göre 4 tekerrürlü ve her tekerrürde 8 bitki olarak yürütülmüştür. Bitki ve meyve örnekleri ortadaki iki sıradan seçilen bitkilerden alınmıştır. İstatistiksel olarak değerlendirilmesi "SSPS13.0 for Windows" istatistik programı ile yapılmış, ortalamalar arasındaki farklılıklar 0.05 önemlilik seviyesinde LSD (Least Significant Differences) testine göre belirlenmiştir.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

'Aydın Siyahı' çeşidinde 3 L da⁻¹ EM dozundaki uygulamalarından elde edilen elde edilen, toplam verim (da⁻¹), bitki başına verim (g bitki⁻¹), metrekaredeki verim (kg m⁻²) bitki başına meyve adedi (adet bitki⁻¹), bir dekadaki meyve sayısı (da⁻¹) ve metrekareye meyve adedi (adet m⁻²) sayısına etkileri önemli bulunmuştur (P<0.05).

'Aydın Siyahı' çeşidinde yapılan EM uygulamaları kontrole göre verimi arttırmış, ancak 3 L da⁻¹ uygulamasındaki artış istatistiksel düzeyde olmuş 2 L da⁻¹ uygulaması istatistiksel olarak kontrole aynı grupta yer almıştır. (p<0.05). EM uygulamaları sonucunda en yüksek verimi 9052.16 da⁻¹ kg ile 3 kg da⁻¹ EM uygulamasından elde edilmiştir. Kontrol grubu bitkilerin verimi ise 7288.16 kg da⁻¹ olmuştur (Çizelge -3).

Aydın siyahı çeşidinde EM uygulamaları, kontrole göre, metrekaredeki meyve adedi ve bitki başına meyve adedi sayısını arttırmıştır. Ancak 2 L da⁻¹ uygulamalarındaki meyve sayısı artışı istatistiksel düzeyde olmamıştır (Çizelge 4).

Çizelge-3: Farklı dozlardaki EM uygulamaları sonucunda elde edilen verim değerleri.
Uygulamalar Verim (kg/da⁻¹) Bitki. gr⁻¹ kg. m⁻²

Uygulamalar	Verim (kg/da ⁻¹)	Bitki. gr ⁻¹	kg. m ⁻²
Kontrol	7288.98 b	3280.37 b	7.29 b
2 L da ⁻¹	8772.84ab	3948.18 ab	8.77 ab
3 L da ⁻¹	9052.16 a	4073.87 a	9.05 a

Çizelge 4: Farklı dozdaki EM uygulamalarının bitki meyve sayısı üzerine etkileri
Uygulamalar

Uygulamalar	Meyve sayısı bitki ⁻¹	Meyve sayısı m ⁻²	Meyve sayısı da ⁻¹
Kontrol	18.06 b	40.13 b	40134.87 b
2 L da ⁻¹	21.50 ab	47.77 ab	47773.00 ab
3 L da ⁻¹	25.00 a	55.55 a	55550.00a

Daha önce yapılan çalışmalarda çeşitli çalışmalarda Bajwa ve ark. (1999) EM uygulamalarının biberde kök gelişimini arttırdığı ve stres koşullarında büyüme ve gelişmeyi teşvik ettiği, diğer bir araştırmada Setiawan ve ark. (2016) biber yetiştiriciliğinde dal sayısı ve meyve verimini arttırdığını tespit etmişlerdir. Demirkaya ve Güneş (2022) 3L da⁻¹ EM uygulamalarının Kandil dolma ve Yalova Çorbacı biber çeşitlerinde tohum verimi ve kalitesini arttırdığını tespit etmiştir. Araştırmamız bu çalışma sonuçları ile uyum halinde olmuştur.

Organik tohum üretimi özellikle yetiştirme süresi uzun olan tür ve çeşitlerde bitkinin stres koşullarında kalma süresi uzadıkça, hastalık ve zararlılar ile mücadele süresi artmaktadır. Bu durum dengeli beslenmenin sağlanması, toprak yapısının sürdürülebilirliğinin korunmasını da zorlaştırmaktadır. Bu sorunlar nedeni ile dünyada organik sebze tohumluğu üretimini yavaş bir gelişme göstermektedir. Bonina ve Cantliffe (2004), EM'in toprak yapısını düzelttiği için organik tohum üretiminde de destek olabileceğini rapor etmişlerdir.

Bundan sonra yapılacak çalışmalarda, özellikle organik madde miktarı düşük olan topraklar öncelikli olarak, kullanılmayan formda mineral maddelerin olduğu topraklarda, EM uygulamalarının sebze ve meyve üretiminde verim ve kalite üzerine etkilerinin araştırılması yerinde olacaktır.

KAYNAKLAR

- Bajwa, R., Javaid A., & Haneef, B.(1999). EM and VAM Technology in Pakistan V: Response of chickpea (*Cicer arietinum* L.) to co-inoculation of effective microorganisms (EM) and VA mycorrhiza under allelopathic stress. *Pak. J. Bot.*, 31, 387–396.
- Bonina, J., & Cantliffe, D. J. (2004). *Seed Production and Seed Sources of Organic Vegetables*, University of Florida, IFAS Extension, USA.
- Demirkaya, M., Stumpf, W., & Jezik, K. (2016). Influence of Organic Fertilizers on Physiological Quality and Rooting of Snapdragons (*Antirrhinum majus*). *International Journal of Agriculture and Biology* . 18(3),515–520.
- Demirkaya, M., & Güneş, A. (2022). Effects of different effective microorganism and nitrogen fertilization doses on seed yield and quality of pepper (*Capsicum annuum* L.) plants. *Gesunde Pflanzen*, 74(1), 125-132.
- Jezik, K. E., Gius, M., Eichinger, C., Huemer, K., Klopf, K., Palmetshofer-Gassner, K., Rössler, T., Sternecker C., & Weber, M. (2011). Anwendung von Pflanzenstärkungsmittel an Anthirrhinum im Freiland und deren Auswirkung auf die Qualität (holistische Qualitätsmethode) und das Pflanzenwachstum. Interdiszipliniertes Projekt aus Gartenbauwissenschaften. Endbericht Gartenbauprojekt. University of Natural Resources and Life Sciences, Vienna, Austria
- Setiawan, J. A., Magfoer, M. D., & Nihayati, E. (2016). Application of manure, nitrogen fertilizer , and EM4 to improve growth and yield of red chili (*Capsicum annuum* L) on an Alfisol. *Journal of Degraded and Mining Lands Management*. 3(2), 535-542.
- Yıldırım, O. (2008). *Sulama sistemlerinin tasarımı*. Ankara: Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi.

**ANKARA VE KONYA LOKASYONLARINDA BUĞDAY SAP ATIKLARININ
ENERJİ POTANSİYEL DEĞERLERİNİN KARŞILAŞTIRMALI TEORİK ANALİZİ**

Dr. Öğr. Üy. İsmail NANELİ (ORCID:0000-0002-6377-5263)

Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü,
Sakarya/Türkiye

Email:ismailnaneli@subu.edu.tr

Özet

Biyogaz, Türkiye ve diğer ülkelerde artan enerji talebinin belli bir miktarının karşılanmasında önemli bir sistemdir. Biyogaz yaklaşık olarak %35-75 CH₄, %25-65 CO₂, %1-5 H₂, az miktarda amonyak, su buharı ve hidrojen sülfür bileşenleri açığa çıkarır. Bir diğer faydalı özelliği ise çevreye zararlı organik atıkların hammadde olarak kullanılarak enerji üretilmesidir. Biyogaz tesisleri kurulmadan önce tesislerin sürdürülebilirliği için belirlenen lokasyonlarda yeterli organik atık bulunması gerekmektedir. Araştırmada, Ankara ve Konya lokasyonlarındaki buğday sapı atıklarının biyogaz, biyokütle ve enerji potansiyeli özellikleri karşılaştırılmıştır. Özellikler literatürdeki formüllerle belirlenmiştir. Ankara ve Konya illerinin atık potansiyelleri, kuru madde, uçucu kuru madde, metan potansiyelleri ve enerji potansiyelleri şunlardır; 20858-33116 ton, 18355-29142 ton, 18147-28811 ton, 4537-7203 CH₄ kg, 163321-259299 MJ olarak belirlenmiştir. Konya ili buğday sap atığı enerji potansiyelinin Ankara iline göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Ankara, Buğday, Enerji, Konya, Metan potansiyelleri

**COMPARATIVE THEORETICAL ANALYSIS OF ENERGY POTENTIAL VALUES
OF WHEAT STALK WASTES IN ANKARA AND KONYA LOCATIONS**

Abstract

Biogas is an important system in collecting a certain amount of the increasing energy demand in Turkey and other countries. Biogas releases approximately 35-75% CH₄, 25-65% CO₂, 1-5% H₂, small amounts of ammonia, water vapor and hydrogen sulfide components. Another beneficial feature is that organic wastes that are harmful to the environment are used as raw materials to produce energy. Before the construction of biogas facilities, it is necessary to have sufficient organic wastes in the determined locations for the sustainability of the facilities. In the research, the biogas, biomass and energy potential properties of wheat stalk wastes in Ankara and Konya locations were compared. The properties were determined with the formulas in the literature. The waste potentials, dry matter, volatile dry matter, methane potentials and energy potentials of Ankara and Konya provinces are; It was determined as 20858-33116 tons, 18355-29142 tons, 18147-28811 tons, 4537-7203 CH₄ kg, 163321-259299 MJ. It was determined that Konya province wheat stalk waste energy potential is higher than Ankara province.

Keywords: Ankara, Wheat, Energy, Konya, Methane potentials

1. GİRİŞ

Enerji, farklı birçok alanda kullanılan ve talebin özellikle teknolojik gelişmeler ile nüfus artışı doğrultusunda yükseldiği fiziksel sistem özellikleridir. Dünyada birçok ülke gibi Türkiye de enerji ihtiyacını karşılayamadığı için ithal eden ülkeler arasındadır. Yapılan çalışmalarda araştırmacılar, ülkemizin enerji ihtiyacının yaklaşık %25'lik kısmının karşılanabildiğini, diğer kısımların ise ithalat yoluyla sağlandığını bildirmişlerdir (Arslan ve Solak, 2019). Ülkelerin enerji ihtiyacının kendi kaynakları doğrultusunda karşılanamaması, diğer ülkelere bağımlılığı artıracığından, enerji bakımından ülkelerin kendine yeterlilikleri stratejik bir önem taşımaktadır. Ülkelerin gelişmesinde ana lokomotif görevi gören sanayi sektöründe artan enerji taleplerinin zamanında ve istenilen miktarda karşılanamaması durumunda, beklenen ilerleme sektöre uğrayacaktır. Enerji arzının sağlanamaması, dolaylı olarak işsizlik artışına neden olacaktır. Diğer olumsuz faktör ise, yeterli enerji arzının sağlanamamasından kaynaklı enerji fiyatlarının yükselmesidir. Özellikle sağlık sektöründe, pahalı ve sürdürülebilir şekilde çalışması gereken yoğun bakım cihazlarına gerekli enerjinin sağlanamaması, yaşamını cihaza bağlı insanların hayati tehlikeye girmesine neden olmaktadır.

Dünyada pek çok araştırmacı tarafından enerji kaynakları; yenilenebilir ve yenilenemeyen şeklinde kısımlara ayrılmaktadır. Hidroelektrik, jeotermal, rüzgar, biyokütle, güneş vb. sistemler yenilenebilir enerji kaynakları olup, petrol, doğalgaz, kömür vb. ise yenilenemeyen enerji kaynakları olarak belirlenmiştir (Naneli, 2022). Son yıllarda küresel ısınma, iklim aktivistleri tarafından "küresel kaynama" olarak adlandırılmaktadır. Aktivistler tarafından olumsuzluğun kötüye gitmesi olarak tanımlanan "küresel kaynama" terimi, araştırmacılar tarafından da kabul görmektedir. Bu nedenle, tüm çevreler tarafından yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı ve yaygınlaştırılması gerekliliği vurgulanmaktadır. Çevrenin iyileştirilmesi amacıyla, enerji ihtiyacının karşılanması için çevresel atıklardan geri dönüşüm sağlanarak enerji elde edilmesi ve işlem sonrası kalan maddenin özellikle toprağın organik madde miktarını artırması için toprağa kazandırılması, çevrenin mevcut durumunun daha kötüye gitmesini engelleyecektir. Biyogaz tesisleri, çeşitli atıkların geri dönüşümünü sağlayarak enerji üretmektedir. Bahsedilen atıklar; evsel, tarımsal, belediye, sanayi vb. organik atıklardır.

Ankara ve Konya lokasyonlarında gerçekleştirilen araştırmalarda, buğday sap atıklarının potansiyel enerji değerinin teorik olarak belirlenmesi ve atık miktarı bakımından biyogaz tesisi sürdürülebilirliğinin sağlanma olasılığının saptanması amaçlanmıştır.

2. MATERYAL VE METOT

2.1. ENERJİ POTANSİYELLERİNİN SAPTANDIĞI LOKASYONLAR

Ankara ve Konya lokasyonlarında gerçekleştirilen araştırmada, buğday sapı atıklarının teorik olarak potansiyel substrat, biyogaz ve enerji değerleri saptanmıştır. Ankara ve Konya, İç Anadolu Bölgesi'nde yer almaktadır. Rakımları sırasıyla 938 m ve 1016 m olarak belirlenmiştir. Ankara ili 24521 km², Konya ili ise 38873 km² yüzölçümüne sahiptir. Ankara ve Konya illerinde tahıllar ve diğer bitkisel ürünler, diğer gruplara göre yüksek ekim alanlarına sahiptir (Tablo 1). Ankara, yaklaşık 2.5 milyon dekarlık, Konya ise yaklaşık 3 milyon dekarlık nadas alanlarıyla dikkat çekmektedir. Ankara ve Konya lokasyonlarının ekmeçlik ve makarnalık buğday ekim alanları Tablo 2'de verilmiştir. Biyokütle potansiyelleri saptanırken buğday saplarında %15'lik değer alınmaktadır (Öztürk & Başçetinçelik, 2006).

Tablo 1. Ankara ve Konya illerinde ekim alanları dağılımı (da)*

Arazi türü (da)	Ankara	Konya
Meyveler, İçecek ve Baharat Bitkileri	219287	417107
Nadas	2530851	2976031
Sebze	384658	357767
Stis Bitkileri	361.4	476.2
Tahıllar ve Diğer Bitkisel Ürünler	8486030	15054701

*: TÜİK, 2024

Tablo 2. Ankara ve Konya illerinde yıllara göre buğday ekim alanları (da)*

İller Yıllar	Ankara		Konya	
	Ekmeklik buğday	Makarnalık buğday	Ekmeklik buğday	Makarnalık buğday
2014	4240343	276357	5226966	2013178
2015	4284615	283423	4863382	2330549
2016	4246826	349292	4979732	2482681
2017	4309706	370175	4999298	2468895
2018	4267042	373108	4562337	2233888
2019	3882652	282706	4111761	2103603
2020	3288476	323204	4234024	1968582
2021	3400233	304014	4021324	1779776
2022	3360855	306312	3951394	1842712
2023	3440592	317672	4038312	1928554

*: TÜİK, 2024

Ankara ve Konya lokasyonlarında buğday sap atıklarının teorik olarak potansiyellerinin belirlenmesinde Sharma ve ark. (1988)'nin yöntemleri kullanılmıştır. Metan gazı enerji değeri Aybek ve ark. (2015)'nin çalışmalarındaki metodolojiye göre belirlenmiştir.

Denklemler:

$$AP = \left(\frac{EA \times 37 \times 15}{100} \right) / 1000$$

$$KM = \left(\frac{AP \times 88}{100} \right)$$

$$UKM = \left(\frac{AP \times 87}{100} \right)$$

$$\text{ÖMO} = UKM \times 0.25$$

$$ME = \text{ÖMO} \times 36$$

Denklemlerde,

AP: Buğday atık potansiyeli (ton/yıl)

EA: Buğday ekim alanı (da)

KM: Elde edilebilir kuru madde potansiyeli (ton/yıl)

UKM: Uçucu kuru madde potansiyeli (ton/yıl)

ÖMO: Özgül metan oranı (CH₄ kg)

ME: Metan gazı enerji değeri (MJ)

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Ankara ve Konya lokasyonlarında gerçekleştirilen buğday üretimi sonrası atıkların potansiyel enerji değerleri belirlenmiştir (Tablo 3). Metan enerji değeri, uçucu kuru madde, atık potansiyeli, özgül metan oranı ve kuru madde bakımından Konya lokasyonu, Ankara lokasyonundan daha fazla atık ve metan enerji potansiyeline sahiptir. Farklı lokasyonlarda buğday sap atıklarının potansiyel değerlerinin belirlenmesi hususunda çok sayıda araştırma (Taşova ve Naneli, 2019) gerçekleştirilmiştir. Afyon, Uşak, Edirne, Kırklareli lokasyonlarında buğday sap atık potansiyelleri, kuru madde, uçucu kuru madde,

Tablo 3. Ankara ve Konya illerinde buğday sap atıkları enerji potansiyelleri

İller	Ankara	Konya
Parametreler	Buğday sap	Buğday sap
AP	20858 ton	33116 ton
KM	18355 ton	29142 ton
UKM	18147 ton	28811 ton
ÖMO	4537 CH ₄ kg	7203 CH ₄ kg
ME	163321 MJ	259299 MJ

özgül metan oranı, enerji potansiyelleri sırasıyla; 9040 ton/yıl, 3877 ton/yıl, 7503 ton/yıl, 6332 ton/yıl, 7955 ton/yıl, 3411 ton/yıl, 6602 ton/yıl, 5572 ton/yıl, 7865 ton/yıl, 3373 ton/yıl, 6527 ton/yıl, 5509 ton/yıl, 1966 CH₄ kg, 843 CH₄ kg, 1632 CH₄ kg, 1377 CH₄ kg, 70784 MJ, 30353 MJ, 58745 MJ, 49583 MJ olarak saptanmıştır (Naneli, 2024a-2024b). Atık potansiyeli bakımından Kars lokasyonunda yaklaşık 1.6 milyon ton/yıl atık oluşmaktadır. Bahsi geçen atık miktarından yaklaşık 77 milyon m³ metan gazı elde edilebileceğini bildirmişlerdir (Demir, 2017). Diyarbakır lokasyonunda fazla sayıda bitki gruplarıyla gerçekleştirilen araştırmada araştırmacılar yaklaşık 827 milyon m³ biyogaz potansiyeli olduğunu bildirmişlerdir (Alibaş ve ark., 2015). Yapılan çalışmalarda bitki sayıları, bitki grupları, lokasyon farklılıkları gibi faktörler araştırmacıların elde ettiği verilerin örtüşmeme nedenidir.

4. SONUÇ

Ankara ve Konya illeri, önemli buğday atık potansiyellerine sahiptir. Yapılan araştırmada incelenen buğday sapı atık potansiyelleri, kuru madde, uçucu kuru madde, özgül metan oranı ve enerji potansiyeli parametrelerinden önemli veriler elde edilmiştir. Biyogaz enerjisi potansiyel metan değeri, Ankara ilinde 163321 MJ, Konya ilinde ise 259299 MJ olarak saptanmıştır. Konya ilinde buğday atıklarından elde edilen enerji değeri, Ankara iline kıyasla daha fazladır.

KAYNAKLAR

- Alibaş, İ., Özsoy, G. & Eliçin, A. K. (2015). Diyarbakır ili tarımsal kaynaklı biyogaz potansiyelinin belirlenmesi. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 11(1), 75-87.
- Arslan, E. & Solak, A. (2019). Türkiye’de yenilenebilir enerji tüketiminin ithalat üzerindeki etkisi. *OPUS–Uluslararası Toplum Araştırmaları Dergisi*, 10(17), 1380-1407. DOI: 10.26466/opus.521269.
- Aybek, A., Üçok, S., İspir, M. A. & Bilgili, M. E. (2015). Türkiye’de Kullanılabilir Hayvansal Gübre ve Tahıl Sap Atıklarının Biyogaz ve Enerji Potansiyelinin Belirlenerek Sayısal Haritalarının Oluşturulması. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 12(3), 109-120.
- Demir, M. (2017). Kars ilinin biyokütle enerji potansiyeli ve kullanılabilirliği. *Türk Coğrafya Dergisi*, (68), 31-41.
- Naneli, İ. (2022). Enerji açısından yulaf. İKSAD basımevi, Ankara. Ss: 150. ISBN: 978-625-8323-03-0.
- Naneli, İ. (2024a). Buğday Sap Atıklarının Enerji Potansiyel Değerlerinin Karşılaştırmalı Teorik Analizi: Afyon ve Uşak Örneği. 8th International Conference On Global Practice Of Multidisciplinary Scientific Studies September 25-29, 2024 / Dubai. The Proceedings Book. Ss: 641-646.
- Naneli, İ. (2024b). Buğday Sap Atıklarının Enerji Potansiyel Değerlerinin Karşılaştırmalı Teorik Analizi: Edirne ve Kırklareli Örneği. International Congress Of Recycling Economy & Sustainability Policy-II October 17-18, 2024 / Tekirdağ, Türkiye The Proceedings Book.
- Ozturk, H. H. & Bascetincelik, A. (2006). Energy exploitation of agricultural biomass potential in Turkey. *Energy Exploration & Exploitation*, 24(4), 313-330.
- Sharma, S. K., Mishra, I. M., Sharma, M. P. & Saini, J. S. (1988). Effect of particle size on biogas generation from biomass residues. *Biomass*, 17(4), 251-263.
- Taşova, M. & Naneli, İ. (2019). Bolu ve Tokat İllerindeki Buğday Sap Atıklarının Enerji Potansiyel Değerlerinin Teorik Analizi. *International Journal of Life Sciences and Biotechnology*, 2(3), 136-144.
- TÜİK. (2024). <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=92&locale=tr>

**BAZI LOKASYONLARDA BUĞDAY SAP ATIKLARININ ENERJİ POTANSİYEL
DEĞERLERİNİN KARŞILAŞTIRMALI TEORİK ANALİZİ**

Dr. Öğr. Üy. İsmail NANELİ (ORCID:0000-0002-6377-5263)

Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü,
Sakarya/Türkiye

Email:ismailnaneli@subu.edu.tr

Özet

Dünyada artan enerji talebinin karşılanması amacıyla çeşitli enerji üretim sistemleri bulunmaktadır. Biyogaz sistemleri; sanayi yan ürün atıklar, evsel atıklar ve belediye atıklarının hammadde olarak kullanılmasıyla küresel enerji ihtiyacının belirli bir kısmını tedarik eden sistemlerdir. Biyogaz tesisleri kurulumu amacıyla gerçekleştirilen yatırımlar yüksek maliyetlidir. Belirtilen maliyetin karşılanabilmesi ve tesislerin sürdürülebilirliğinin sağlanması yeterli miktarda organik atık bulunmasına bağlıdır. Araştırma, Aksaray ve Niğde lokasyonlarında gerçekleştirilmiştir. Belirtilen lokasyonlarda buğday sap atıklarının biyokütle, biyogaz, enerji potansiyel özellikleri belirlenmiş olup, elde edilen değerler literatürlerdeki formüller ile saptanmıştır. Aksaray ile Niğde illerine ait atık potansiyelleri, kuru madde, uçucu kuru madde, metan potansiyelleri ve enerji potansiyelleri sırasıyla; 3256-3584 ton, 2865-3154 ton, 2833-3118 ton, 708-780 CH₄ kg, 25496-28062 MJ olarak saptanmıştır. Aksaray ile Niğde buğday sap atıkları enerji potansiyeli kıyaslandığında Niğde ili ön plana çıkmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Aksaray, Buğday, Enerji, Metan potansiyelleri, Niğde

**COMPARATIVE THEORETICAL ANALYSIS OF ENERGY POTENTIAL VALUES
OF WHEAT STALK WASTES IN SOME LOCATIONS**

Abstract

There are various energy production systems in order to meet the increasing energy demand in the world. Biogas systems are systems that supply a certain part of the global energy demand by using industrial by-product waste, domestic waste and municipal waste as raw materials. Investments made for the purpose of establishing biogas facilities are costly. Meeting the specified cost and ensuring the sustainability of the facilities depend on the availability of sufficient organic waste. The research was carried out in Aksaray and Niğde locations. The biomass, biogas and energy potential properties of wheat stalk waste in the specified locations were determined and the obtained values were determined with the formulas in the literature. The waste potentials, dry matter, volatile dry matter, methane potentials and energy potentials of Aksaray and Niğde provinces are; It was determined as 3256-3584 tons, 2865-3154 tons, 2833-3118 tons, 708-780 CH₄ kg, 25496-28062 MJ. When the energy potential of Aksaray and Niğde wheat stalk waste is compared, Niğde province comes to the fore.

Keywords: Aksaray, Wheat, Energy, Methane potentials, Niğde

1. GİRİŞ

Sanayi, teknoloji, sağlık, eğitim ve günlük bireysel işlemler sırasında kullanılan fiziksel sistem özelliklerine enerji denir. Dünyada ve ülkemizde birçok alanda gereksinim duyulan temel ihtiyaçlar arasındadır. Enerji arz ve talep konularında, ülkeler ilişkilerinin sürekli pozitif yönde devam etmesini isterler. Enerji üretimi bakımından arz fazlası ülkeler, ihracat yaparak, kendi yeterliliklerini sağlayamayan ülkeler ise ithalat yaparak ihtiyaçlarını karşılama hedefindedirler. Enerji ihtiyacını ithalat ile karşılamaya çalışan ülkeler, ihraç eden ülkelerin çeşitli yaptırımları veya dayatmalarıyla karşılaşabilirler. Dahası, ülkeler özellikle kış aylarında doğalgaz vb. enerji ihtiyacının karşılanması amacıyla ülkesel olarak taviz vermek zorunda kalabilirler. Belirtilen nedenlerden dolayı, ülkelerin enerji ihtiyacını kendi kaynaklarını kullanarak karşılaması elzemdir. Türkiye, sürekli artış gösteren enerji ihtiyacını gerçekleştirdiği Ar-Ge çalışmaları ve yatırımlar ile karşılamaya çalışan, ancak ithalat yapan bir ülke konumundadır. Ülkemiz, artan enerji ihtiyacını %25 oranında karşılarken, kalan kısmı ithalat ile sağlamaktadır (Arslan ve Solak, 2019). Ülkelerin sosyal ve ekonomik gelişmişlik seviyeleri, yenilenebilir enerji kaynakları kullanarak enerji ihtiyaçlarını karşılaması, belirtilen enerji kaynaklarıyla arz fazlası enerji üretimi sağlamasıyla belirlenmektedir. Biyogaz tesislerinde üretilen metan gazı, ısı ve elektrik enerjisi üretimi bakımından önemli bir sistemdir. Dünyada ve ülkemizde yüksek potansiyelinden dolayı biyogaz tesisleri kabul görmektedir. Biyogaz tesislerinde substrat olarak kullanılan maddelerin çevrede meydana getirdiği olumsuz etkilerden dolayı, tesislerde işlenmesi, enerji üretilmesi ve kalan kısmının çevreye faydalı materyaller olarak kullanılması önemli ve olumlu özellikleridir. Biyogaz tesislerinde herhangi bir gaz sızıntısının olmaması, sürdürülebilir kaynak olarak substrat sağlanması, substratların sınıflandırılması, tesis alet-ekipman mukavemetinin yüksek olması, ısı ve elektrik enerjisi üretiminde tesislere optimum verimlilik sağlayacaktır (Bachmaier ve ark., 2009). Biyogaz tesislerinin yüksek maliyetli olmasından dolayı, kurulum sonrasında sürdürülebilir ve optimum verimlilik sağlandığında, yüksek kurulum maliyeti karşılanarak kârlılık gerçekleşecektir. Yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde biyogaz, fosil kaynaklı yakıtların ikamesi olan tek gazdır. Biyogaz tesislerinde substratların işlenmesi sonucu elde edilen biyogazın metan oranı artırıldığında, doğalgaz yerine kolaylıkla kullanılarak ısı ve elektrik enerjisi elde edilmektedir (Wellinger ve ark., 2013). Aksaray ve Niğde illerinde yapılan çalışmalarda, buğday atıklarının enerji potansiyellerinin teorik olarak saptanması, substrat potansiyellerinin belirlenmesi ve biyogaz tesis sürdürülebilirliğinin sağlanma ihtimalinin tespit edilmesi amaçlanmıştır.

2. MATERYAL VE METOT

2.1. ENERJİ POTANSİYELLERİNİN SAPTANDIĞI LOKASYONLAR

Aksaray ve Niğde illerinde buğday sap atıkları teorik olarak incelenmiş olup; enerji, biyogaz ve substrat parametrelerinden veriler elde edilmiştir. Aksaray ve Niğde illeri İç Anadolu Bölgesi'nde yer almaktadır. Aksaray ili 4589 km² yüzölçümüne sahip olup, 980 m yükseltidedir. Niğde ise, 7312 km² yüzölçümünde ve 1229 m yükseltidedir. Aksaray ve Niğde illerinde nadas alanlarının yüksek olduğu görülmektedir (Tablo 1). Her iki ilde de tahıl ve diğer bitkisel ürünler yüksek ekim alanlarına sahiptir. Aksaray ilindeki tahıl ve diğer bitkisel ürünler ekim alanları, Niğde ilinden yaklaşık 2 kat daha fazladır. Aksaray ve Niğde illerinde ekmeçlik ve makarnalık buğday ekim alanları Tablo 2'de görülmektedir. Öztürk & Başçetinçelik (2006), buğday saplarının substrat potansiyellerini hesaplarken, araştırmamızda da uyguladığımız %15'lik değeri kullanmıştır.

Tablo 1. Aksaray ve Niğde illerinde ekim alanları dağılımı (da)*

Arazi türü (da)	Aksaray	Niğde
Meyveler, İçecek ve Baharat Bitkileri	42465	329512
Nadas	832415	626086
Sebze	118717	101153
Süs Bitkileri	0	0
Tahıllar ve Diğer Bitkisel Ürünler	3168374	1703203

*: TÜİK, 2024

Tablo 2. Aksaray ve Niğde illerinde yıllara göre buğday ekim alanları (da)*

İller Yıllar	Aksaray		Niğde	
	Ekmeklik buğday	Makarnalık buğday	Ekmeklik buğday	Makarnalık buğday
2014	716014	104042	693910	23900
2015	772578	86228	669831	23730
2016	715911	85484	635248	20676
2017	718780	87211	643822	24626
2018	632494	103333	615917	24394
2019	611475	77418	632290	21887
2020	574709	72951	646233	26164
2021	569275	73515	618670	23500
2022	526450	70330	610450	23190
2023	522680	64026	621470	24280

*: TÜİK, 2024

Aksaray ve Niğde illerinde potansiyel buğday sap atıklarının teorik olarak saptanması, Sharma ve ark. (1988)'nin uyguladıkları yöntemlerle gerçekleştirilmiştir. Metan gazı enerji değeri ise Aybek ve ark. (2015) tarafından gerçekleştirilen metodolojiye göre saptanmıştır.

Denklemler:

$$AP = \left(\frac{EA \times 37 \times 15}{100} \right) / 1000$$

$$KM = \left(\frac{AP \times 88}{100} \right)$$

$$UKM = \left(\frac{AP \times 87}{100} \right)$$

$$\text{ÖMO} = UKM \times 0.25$$

$$ME = \text{ÖMO} \times 36$$

Denklemlerde,

AP: Buğday atık potansiyeli (ton/yıl)

EA: Buğday ekim alanı (da)

KM: Elde edilebilir kuru madde potansiyeli (ton/yıl)

UKM: Uçucu kuru madde potansiyeli (ton/yıl)

ÖMO: Özgül metan oranı (CH₄ kg)

ME: Metan gazı enerji değeri (MJ)

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Aksaray ve Niğde illerindeki buğday atıklarının potansiyel enerji değerleri saptanmıştır (Tablo 3). Buğdayda kuru madde (KM), uçucu kuru madde (UKM), atık potansiyeli (AP), özgül metan oranı (ÖMO) ve metan enerji değeri (ME) bakımından Niğde ili, Aksaray ilinden daha yüksek değerlere sahiptir.

Tablo 3. Aksaray ve Niğde illerinde buğday sap atıkları enerji potansiyelleri

İller	Aksaray	Niğde
Parametreler	Buğday sap	Buğday sap
AP	3256 ton	3584 ton
KM	2865 ton	3154 ton
UKM	2833 ton	3118 ton
ÖMO	708 CH ₄ kg	780 CH ₄ kg
ME	25496 MJ	28062 MJ

Taşova ve Naneli (2019) tarafından Tokat ilinde buğday ve mısır atıklarıyla ilgili substrat potansiyelleri ve enerji değerleri saptanmıştır. Araştırmacılar, Türkiye’de farklı illerde çok sayıda araştırma yapmıştır. Afyon, Uşak, Edirne, Kırklareli, Eskişehir, Bilecik illerinde buğday sapı atık potansiyelleri, kuru madde, uçucu kuru madde, özgül metan oranı ve enerji potansiyelleri sırasıyla; 9040 ton/yıl, 3877 ton/yıl, 7503 ton/yıl, 6332 ton/yıl, 1731 ton/yıl, 9797 ton/yıl, 7955 ton/yıl, 3411 ton/yıl, 6602 ton/yıl, 5572 ton/yıl, 1524 ton/yıl, 8621 ton/yıl, 7865 ton/yıl, 3373 ton/yıl, 6527 ton/yıl, 5509 ton/yıl, 1506 ton/yıl, 8523 ton/yıl, 1966 CH₄ kg, 843 CH₄ kg, 1632 CH₄ kg, 1377 CH₄ kg, 377 CH₄ kg, 2131 CH₄ kg, 70784 MJ, 30353 MJ, 58745 MJ, 49583 MJ, 13556 MJ ve 76710 MJ olarak belirlenmiştir (Naneli, 2024a,b,c). Kars ilinde gerçekleştirilen bir araştırmada, 77 milyon m³ metan gazı üretilecek kadar atık miktarı olduğu saptanmıştır (Demir, 2017). Güneydoğu Anadolu Bölgesi’nde Alibaş ve ark. (2015)’nin yaptıkları çalışmada ise 827 milyon m³ metan gazı potansiyeli tespit edilmiştir. Bitki grupları, bitki sayıları ve araştırmaların gerçekleştirildiği illerin farklı olması nedeniyle, araştırmacıların verileri birbirinden farklılık göstermektedir.

4. SONUÇ

Aksaray ve Niğde illerinde önemli buğday atık potansiyelleri bulunmaktadır. Belirtilen lokasyonlarda yapılan araştırmada uçucu kuru madde, kuru madde, sap atık potansiyelleri, özgül metan oranı ve enerji potansiyelleri bakımından önemli veriler elde edilmiştir. Buğday atıklarının biyogaz enerji potansiyeli, Aksaray ve Niğde illerinde sırasıyla 25496 MJ ve 28062 MJ olarak belirlenmiştir. Niğde ili, Aksaray iline kıyasla daha fazla buğday atığından elde edilen enerji potansiyel değerine sahiptir.

KAYNAKLAR

- Alibaş, İ., Özsoy, G. & Eliçin, A. K. (2015). Diyarbakır ili tarımsal kaynaklı biyogaz potansiyelinin belirlenmesi. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 11(1), 75-87.
- Arslan, E. & Solak, A. (2019). Türkiye’de yenilenebilir enerji tüketiminin ithalat üzerindeki etkisi. *OPUS–Uluslararası Toplum Araştırmaları Dergisi*, 10(17), 1380-1407. DOI: 10.26466/opus.521269.
- Aybek, A., Üçok, S., İspir, M. A. & Bilgili, M. E. (2015). Türkiye’de Kullanılabilir Hayvansal Gübre ve Tahıl Sap Atıklarının Biyogaz ve Enerji Potansiyelinin Belirlenerek Sayısal Haritalarının Oluşturulması. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 12(3), 109-120.
- Bachmaier, H., Bayer, K., Gronauer, A., Friedl, G., Rauh, S. & Pahl, H. (2009). Treibhausgasemissionen der Energieproduktion aus Biogas, *Biogas Forum Bayern, Arbeitsgemeinschaft Landtechnik und landwirtschaftliches Bauwesen in Bayern e.V., Freising, Germany, www.biogas-forum-bayern.de*.
- Demir, M. (2017). Kars ilinin biyokütle enerji potansiyeli ve kullanılabilirliği. *Türk Coğrafya Dergisi*, (68), 31-41.
- Naneli, İ. (2024a). Buğday Sap Atıklarının Enerji Potansiyel Değerlerinin Karşılaştırmalı Teorik Analizi: Afyon ve Uşak Örneği. 8th International Conference On Global Practice Of Multidisciplinary Scientific Studies September 25-29, 2024 / Dubai. The Proceedings Book. Ss: 641-646.
- Naneli, İ. (2024b). Buğday Sap Atıklarının Enerji Potansiyel Değerlerinin Karşılaştırmalı Teorik Analizi: Edirne ve Kırklareli Örneği. International Congress Of Recycling Economy & Sustainability Policy-II October 17-18, 2024 / Tekirdağ, Türkiye The Proceedings Book.
- Naneli, İ. (2024c). Bilecik ve Eskişehir Lokasyonları Buğday Sap Atıklarının Enerji Potansiyel Değerlerinin Karşılaştırmalı Teorik Analizi. 8th International Conference On Global Practice Of Multidisciplinary Scientific Studies September 25-29, 2024 / Dubai. The Proceedings Book. Ss: 635-640.
- Ozturk, H. H. & Bascetincelik, A. (2006). Energy exploitation of agricultural biomass potential in Turkey. *Energy Exploration & Exploitation*, 24(4), 313-330.
- Sharma, S. K., Mishra, I. M., Sharma, M. P. & Saini, J. S. (1988). Effect of particle size on biogas generation from biomass residues. *Biomass*, 17(4), 251-263.
- Taşova, M. & Naneli, İ. (2019). Bolu ve Tokat İllerindeki Buğday Sap Atıklarının Enerji Potansiyel Değerlerinin Teorik Analizi. *International Journal of Life Sciences and Biotechnology*, 2(3), 136-144.
- TÜİK. (2024). <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=92&locale=tr>
- Wellinger, A., Murphy, J. & Baxter, D. (2013). The biogas handbook. Science, production and applications. IEA Bioenergy. Woodhead Publishing Series in Energy, no: 52, New Delhi.

DOMATES OLGUNLUK AŞAMALARININ BELİRLENMESİ İÇİN YAPAY GÖRME TABANLI BİR RENK ÖLÇÜM SİSTEMİNİN GELİŞTİRİLMESİ

Doç. Dr. Ömer Barış ÖZLÜOYMAK (ORCID: 0000-0002-6721-0964)
Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği
Bölümü, Adana
Email: ozluoymak@cu.edu.tr

Özet

Domates, öncelikle likopen ve fenolik bileşiklerin varlığına atfedilen antioksidan özellikleri nedeniyle sağlığı geliştiren bileşiklerin önemli bir kaynağıdır. Özellikle renk, domates meyvesinin olgunluk aşamasının belirlenmesinde önemli bir göstergedir. Domatesin olgunlaşma aşamalarının belirlenmesi, insanlar tarafından geleneksel yöntemler kullanılarak manuel olarak gerçekleştirilmektedir. Bu yöntemler yoğun emek ister ve çok fazla zaman gerektirir. Son yıllarda, tarım ve gıda sektörlerinde meyve veya sebzelerin olgunluğunu belirlemek için yapay görme sistemleri giderek daha fazla kullanılmaktadır. Domatesin olgunlaşmasını izlemek için tahribatsız yöntemlerden olan görüntü işleme yöntemleri, domates olgunluk aşamalarının daha doğru ve hızlı bir şekilde belirlenmesi için yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu çalışmanın temel amacı, domatesin olgunluk aşamalarını ölçmek amacıyla LabVIEW programlama dilinde geliştirilen yeni bir görüntüleme yazılımı ile NI Vision Builder yazılımının eş zamanlı olarak çalıştırıldığı bir yapay görme sistemi geliştirmektir. Olgunlaşma sürecinin bir sonucu olarak domateslerde meydana gelen renk değişiklikleri; RGB ve CIELab renk uzaylarında, renk analizi için geliştirilen bir yapay görme sistemi kullanılarak analiz edilmiştir. Ayrıca, domatesleri olgunluk aşamalarına göre sınıflandırmak için kroma ve renk tonu açısı (radyan ve derece olarak) gibi belirli renk ölçüm parametreleri de kullanılmıştır. Araştırma sonuçları, domateslerin olgunluk aşamasının LabVIEW programlama dili ve NI Vision Builder yazılımı ile görüntü işleme yöntemleri kullanılarak doğru bir şekilde belirlenebileceğini göstermektedir. Domateslerdeki olgunlaşma aşamalarının belirlenmesine ilişkin sonuçlar hem görsel olarak hem de yapay görme tabanlı görüntüleme yazılımı ile tespit edilmiştir. Bu çalışmada, domateslerin renk parametrelerini ölçmek için yapay görme tekniğine dayalı, basit, ucuz ve taşınabilir bir sistem geliştirilmesi amaçlanmıştır. Görüntü işleme teknikleriyle birleştirilen bu yapay görme sistemi, domateslerin olgunluğunu manuel olarak belirlemeye bir alternatif sunar ve domates olgunluğunun değerlendirilmesini otomatikleştirerek tarım endüstrisine de fayda sağlayabilir.

Anahtar Kelimeler: Renk Ölçümü, LabVIEW, Domates, Vision Builder

**DEVELOPMENT OF A MACHINE VISION BASED COLOR MEASUREMENT
SYSTEM FOR THE IDENTIFICATION OF TOMATO RIPENESS STAGES**

Abstract

Tomatoes are a significant source of health-promoting compounds due to their antioxidant properties, which are primarily attributed to the presence of lycopene and phenolic compounds. Especially, color is an important indicator in determining the ripeness stage of tomato fruit. The identification of tomato ripening stages are manually carried out by using traditional methods by humans. These methods are labour-intensive and require a lot of time. In recent years, machine vision systems are increasingly used in the agricultural and food sectors to identify the ripeness of fruit or vegetables. Image processing methods, which are non-destructive methods for monitoring tomato ripening, are widely used for the identification of tomato ripeness stages more accurately and quickly. The main aim of this study is to develop a machine vision system comprising novel imaging software developed in LabVIEW programming language and NI Vision Builder software, which are executed concurrently, for the purpose of measuring the ripening stage of tomatoes. As a result of the ripening process, the color changes that occur in tomatoes were analysed by using a machine vision system developed for color analysis in RGB and CIE Lab color spaces. In addition, specific color measurement parameters such as chroma and hue angle (as radian and degree) were also used to classify tomatoes according to their ripeness stages. The results of the research indicate that the ripeness stage of tomatoes can be accurately determined using image processing methods with the LabVIEW programming language and NI Vision Builder software. The results of the identification of the ripening stages in tomatoes were identified both visually and by using the machine vision-based imaging software.

The aim of this study is to develop a simple, inexpensive and portable system based on machine vision technology to measure the color parameters of tomatoes. This machine vision system, combined with image processing techniques, provides an alternative to manually identifying the ripeness of tomatoes and could also benefit the agricultural industry by automating the assessment of tomato ripeness.

Keywords: Color Measurement, LabVIEW, Tomato, Vision Builder

1. INTRODUCTION

The assessment of tomato quality is largely dependent on the degree of ripeness. Consumers typically evaluate the quality of a tomato fruit based on its color and the degree of stiffness or firmness of its texture (Abdelhamid et al., 2021; Sherafati et al., 2022). Changes due to the degradation of chlorophyll and the biosynthesis of lycopene and beta-carotene are also important parameters in the ripening of tomato fruit (Schouten et al., 2014; Hoffmann et al., 2015). The assessment of tomato ripeness is a crucial step in determining the optimal timing for fruit harvest, optimising storage conditions, forecasting shelf life, and facilitating export planning (Choi et al., 1995). The manual sorting method is employed by farmers and distributors to evaluate the maturity of tomatoes. This approach is both time-consuming and labour-intensive. Color is one of the most valuable product attributes, and is therefore widely measured in post-harvest processing (Abdelhamid et al., 2021). Six ripening stages (green, breakers, turning, pink, light red and red) have been used as ripening criteria for classifying tomatoes based on color (USDA, 1991). Maturity and ripening stages of tomatoes based on United States standards for grades of fresh tomatoes are given in Figure 1 (Garcia et al., 2019).

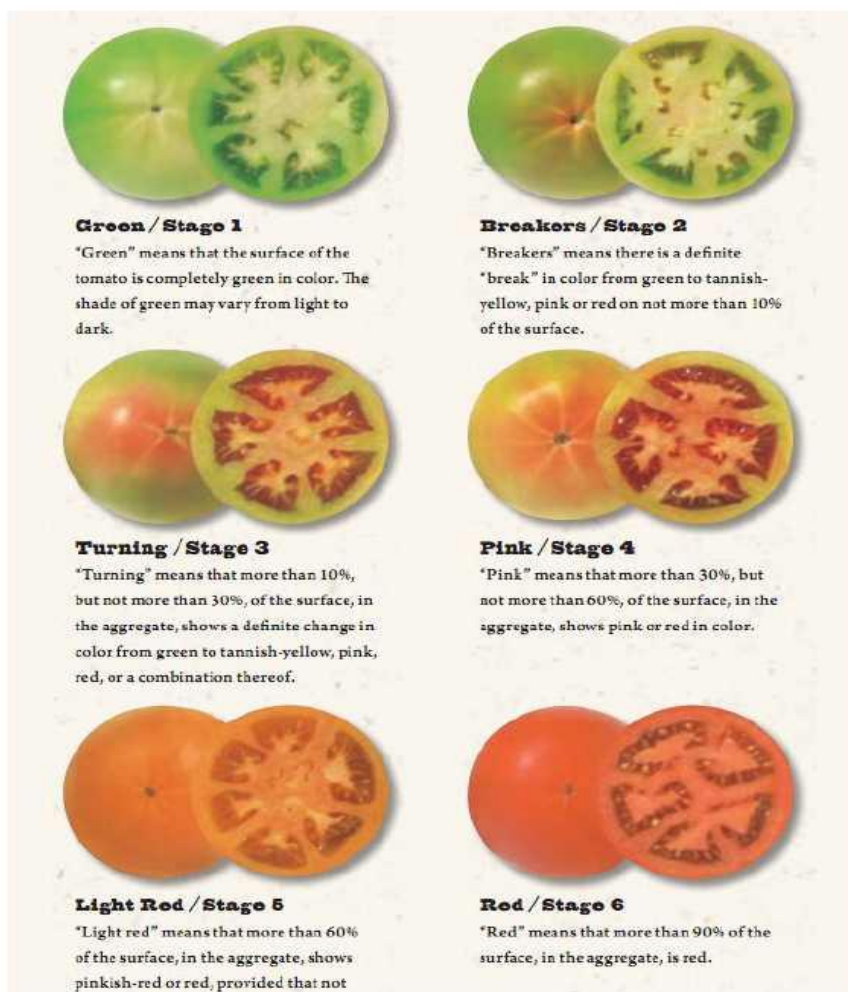


Figure 1. Maturity and ripening stages of tomatoes based on United States standards for grades of fresh tomatoes (Garcia et al., 2019)

Developments in digital image processing make it possible to improve performance in the detection of the degree of ripeness of tomatoes. Especially, RGB (Red-Green-Blue) color cameras are traditionally used in identifying the ripeness level of tomatoes. Nielsen et al. (1998) devised a methodology for correlating the attributes of size, color, shape and abnormalities, as observed in tomato images, with the intrinsic quality of the tomato samples. Monavar et al. (2011) recognised tomato fruit, stems, leaves and a stem-supporting pole using a CCD camera and image processing techniques. Hoffmann et al. (2015) evaluate the suitability of the multiparametric fluorescence technique as a tool for monitoring the pre- and postharvest ripening of tomato fruits. Ifmalinda et al. (2023) analysed image processing methods in determining the ripeness of tomatoes based on fruit skin color using the HSV (Hue, Saturation, Value) color model and application in determining the ripeness of tomatoes based on fruit skin color using the C# programming language with Android-based Unity 3D software. Sherafati et al. (2022) developed an Android-based application for determining the level of ripeness and the quality of tomato fruit. Garcia et al. (2019) proposed a machine learning approach using a support vector machine (SVM) classifier and CIELab color space, applied to the classification of ripeness maturity of tomatoes based on pixel color.

The objective of this study was to develop a novel imaging software for a machine vision system that would be capable of measuring the color parameters obtained from both the RGB and CIELab color spaces, with the ultimate goal of determining the degree of ripeness of tomato fruits.

2. MATERIAL AND METHOD

2.1. MATERIALS

A machine vision system was set up in the automation laboratory at the Department of Agricultural Machinery and Technologies Engineering of Çukurova University, Adana, TÜRKİYE. The tomatoes used in this study were procured from a local market. They were stored at $4\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ before conducting the experiments and taken out of storage prior to the experiments. The machine vision system comprised a black chamber (dimensions $300\times 300\times 300$ mm), a GigE camera (Mako G030C, Allied Vision) and 48 LED lamps (TL-4481, Cata) for artificial lighting. It was constructed for the purpose of measuring the color parameters of tomatoes under a homogeneous light source and from the standard height. Illumination intensity in the chamber was measured as 1425 lx. After the images were taken from the hole on the top of the black chamber, captured images were transferred and processed by using a laptop computer (Acer, Aspire, 4830TG) equipped with 4 GB RAM and an Intel Core i5-5200U CPU. LabVIEW (National Instruments Corporation, Austin-Texas-USA) programming language and NI Vision Builder (National Instruments Corporation, Austin-Texas-USA) software were used for image processing and measuring the color parameters of tomato samples. Additionally, a DC power supply (Pacific, 2305D+) was used to energise the GigE camera on the machine vision system. The machine vision system was shown in Figure 2.

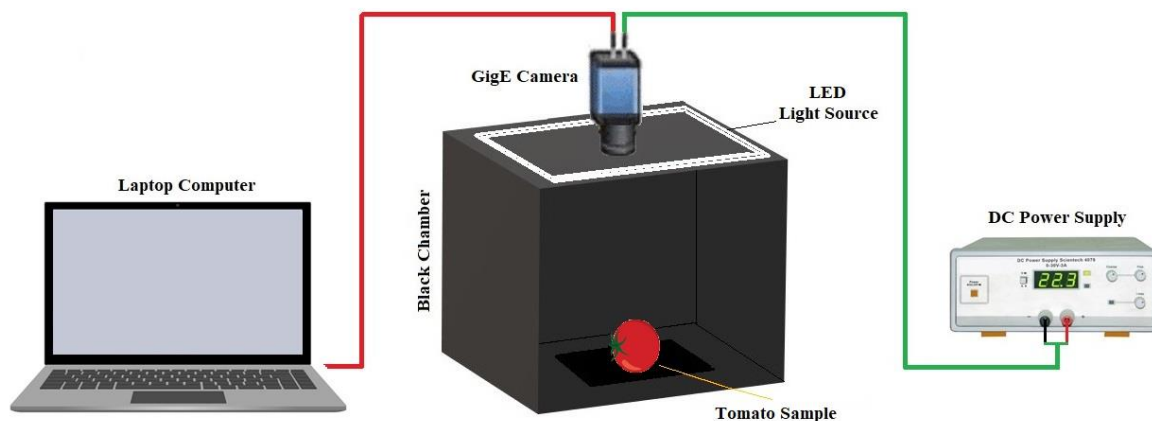


Figure 2. The machine vision system for determining the ripeness of tomato samples

2.2. METHODS

2.2.1. DIGITAL IMAGE PROCESSING

In order to extract information or to enhance the quality of an image, digital image processing is a useful method for converting an image into digital form and performing operations on it. The color parameters of tomato samples were firstly calculated in RGB color space. Once the RGB images had been extracted into their red (R), green (G) and blue (B) components, they were converted into the CIELab color space to be analysed for color changes. The RGB values were initially transformed into the XYZ color space, and subsequently, the XYZ values were converted to the CIELab color space. L^* , a^* , and b^* components were calculated as follows (Sharifian et al., 2013):

$$L^* = 116 \left(\sqrt[3]{\frac{Y}{Y_0}} \right) - 16 \quad (1)$$

$$a^* = 500 \left[\sqrt[3]{\frac{X}{X_0}} - \sqrt[3]{\frac{Y}{Y_0}} \right] \quad (2)$$

$$b^* = 200 \left[\sqrt[3]{\frac{Y}{Y_0}} - \sqrt[3]{\frac{Z}{Z_0}} \right] \quad (3)$$

where (X_0, Y_0, Z_0) were the X, Y and Z values for standard white. The X, Y and Z values were calculated using a linear transformation from RGB coordinates as follows:

$$\begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0.607 & 0.174 & 0.200 \\ 0.299 & 0.587 & 0.114 \\ 0.000 & 0.066 & 1.116 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} R \\ G \\ B \end{pmatrix} \quad (4)$$

In this coordinate system, the L^* value is the measure of lightness, with a range from 0 (black) to +100 (white). The a^* value ranges from -100 (greenness) to +100 (redness), while the b^* value ranges from -100 (blueness) to +100 (yellowness) (Martyntenko and Chen, 2013). In

addition to the data obtained from the CIELab color space, kinetic color parameters such as chroma and hue angle (as radian and degree) can be calculated using the L^* , a^* and b^* values as shown below (Sharifian et al., 2013).

$$Chroma = \sqrt{(a^{*2} + b^{*2})} \quad (5)$$

$$HueAngle = \tan^{-1} \left(\frac{b^*}{a^*} \right) \quad (6)$$

3. RESULTS and DISCUSSION

All experiments were performed to verify the accuracy performance of the imaging system in the laboratory conditions. The entire surface area of each tomato sample was subjected to analysis using a region of interest (ROI) function within the imaging software. The average colors of the tomato samples were determined for different ripening stages by the machine vision system, as given in Figure 3. It is obvious that the color estimated by the vision system is very close to the observed color.

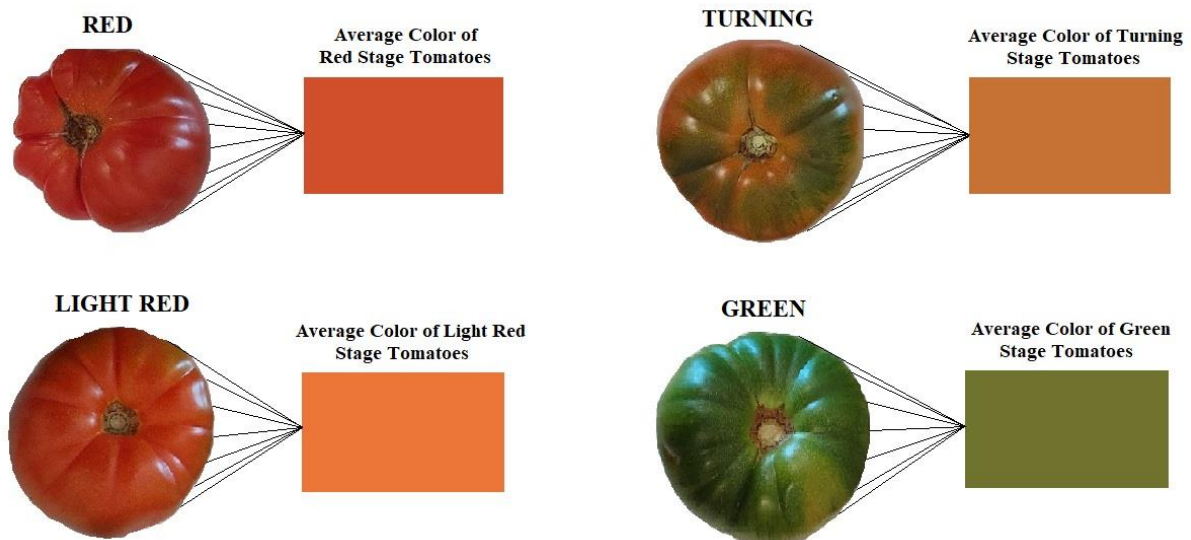


Figure 3. Average colors of tomatoes for different ripening stages determined by the developed machine vision system

While Figure 4 shows average colorimetric values of tomatoes at different stages of ripeness for RGB and CIELab color spaces, Figure 5 shows average specific color measurement parameters such as chroma and hue angle (in radians and degrees).

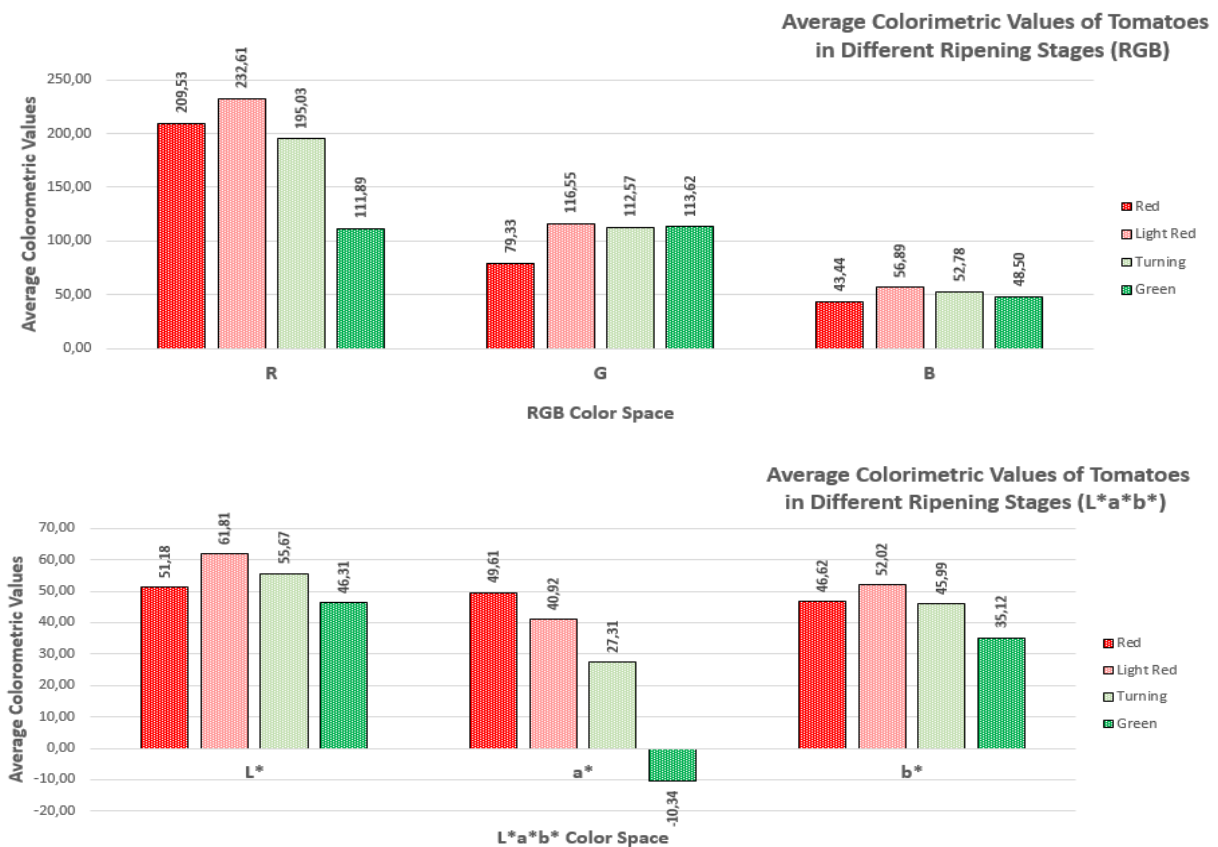


Figure 4. Average colorimetric values of tomatoes at different stages of ripeness for RGB and CIELab color spaces

When the results of the CIELab color parameters were examined, it was found that the L* values increased as the tomatoes ripened. Similar results were also obtained for a* and b* values.

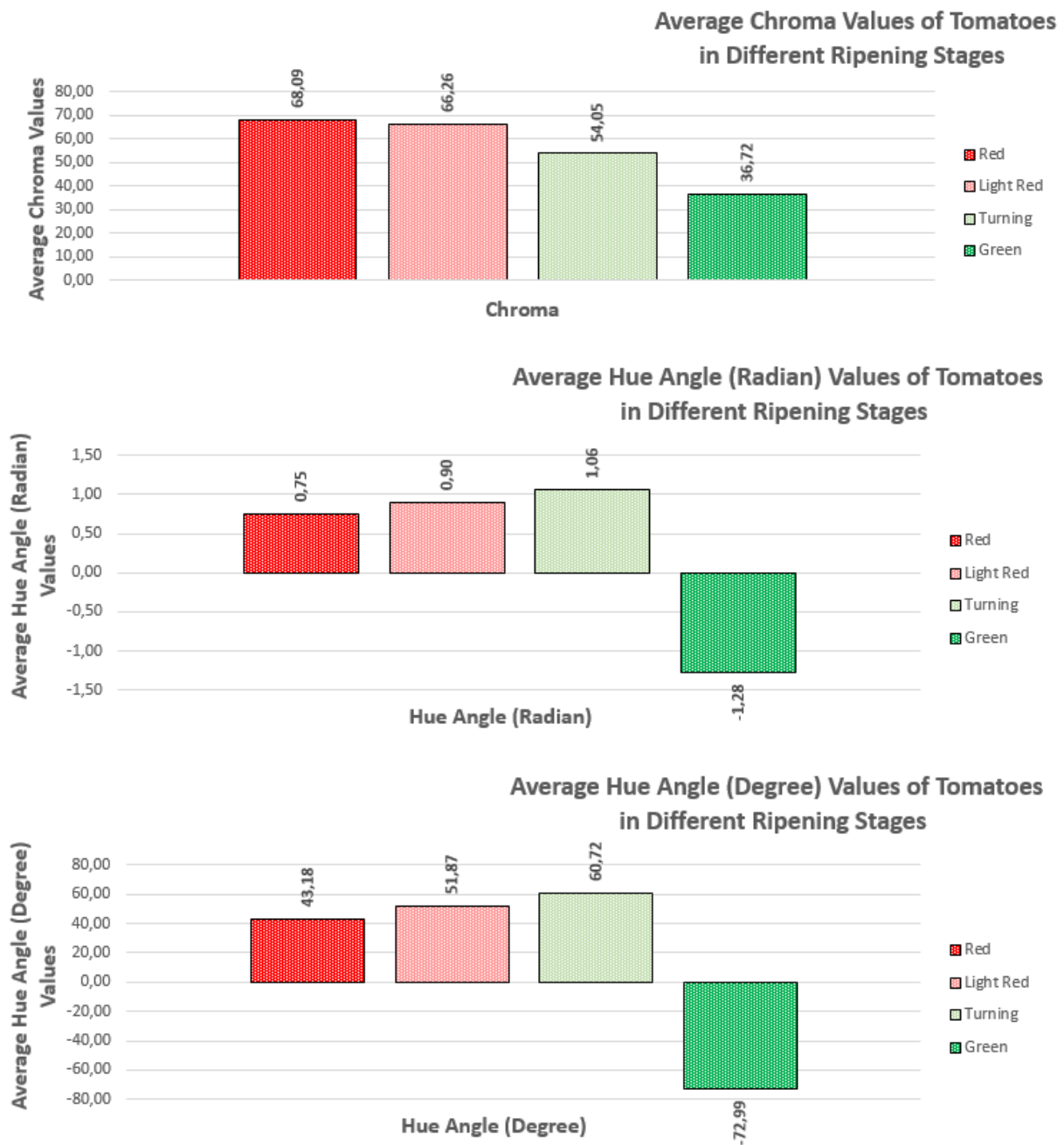


Figure 5. Average specific color measurement parameters such as chroma and hue angle (in radians and degrees)

As shown in Figure 5, the chroma changed significantly from the early stages of ripening and increased as the tomato turned red. In addition, the hue angle (in radians and degrees) increased as the tomato went from green to turning, and then decreased in the light red and red stages. Similar trends were found by Greer (2005), where color measurements in terms of hue angle (H°) decreased over time during the growing season of apples. The determination of ripeness by measuring the color of the hue angle has proved to be a reliable and non-destructive tool in tomatoes (López Camelo and Gómez, 2004). The imaging method, which is a non-destructive method, can be considered an important tool for the determination of tomato ripening stages.

CONCLUSIONS

In this study, a machine vision based color measurement system was developed to estimate the ripening stages of tomatoes. Color changes during tomato ripening were related to changes in L^* , a^* and b^* values. In addition to the CIELab color space calculated from the R, G and B values, kinetic color parameters such as chroma and hue angle (expressed in radians and degrees) were also found to be associated with the tomato ripening stages. This machine vision based color measurement system can be adapted and implemented to the post-harvest ripening process of tomato fruits and can classify them according to their ripening stage based on their color (CIELab) and kinetic color parameters (chroma and hue angle). This system can be used in the agricultural industry by automating the assessment of tomato ripeness and provides an alternative to manually identifying the ripeness of tomatoes.

REFERENCES

- Abdelhamid M.A., Sudnik Y., Alshinayyin H.J., Shaaban F. (2021). Non-destructive method for monitoring tomato ripening based on chlorophyll fluorescence induction. *Journal of Agricultural Engineering*, LII:1098, 1-7. Doi: 10.4081/jae.2020.1098.
- Choi K., Lee G., Han Y., Bunn J. (1995). Tomato maturity evaluation using color image analysis. *Transactions of the ASAE*, 38:171-6.
- Garcia M.B., Ambat S., Adao R.T. (2019). Tomayto, Tomahto: A Machine Learning Approach for Tomato Ripening Stage Identification Using Pixel-Based Color Image Classification. *IEEE*, 1-6.
- Greer D.H. (2005). Non-destructive chlorophyll fluorescence and colour measurements of 'Braeburn' and 'Royal Gala' apple (*Malus domestica*) fruit development throughout the growing season. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 33: 413-421.
- Hoffmann A.M., Noga G., Hunsche M. (2015). Fluorescence indices for monitoring the ripening of tomatoes in pre-and postharvest phases. *Scientia Horticulturae*, 191: 74-81. Doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.scienta.2015.05.001>.
- Ifmalinda, Andasuryani, Rasinta I. (2023). Identification of tomato ripeness levels (*Lycopersicon esculentum* Miil) using android-based digital image processing. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 1182, 012003, 1-12. Doi:10.1088/1755-1315/1182/1/012003.
- López Camelo A.F., Gómez P.A. (2004). Comparison of color indexes for tomato ripening. *Horticultura Brasileira*, 22(3): 534-537.
- Martynenko A., Chen Y. (2013) Computer Vision for Real-Time Measurements of Shrinkage and Color Changes in Blueberry Convective Drying. *Drying Technology*, 31: 1114-1123.
- Monavar H.M., Alimardani R., Omid M. (2011). Detection of Red Ripe Tomatoes on Stem Using Image Processing Techniques. *Journal of American Science*, 7(7): 376-379.
- Nielsen, H.M., Paul, W., Munack, A., Tantau, H.J. (1998). Modeling Image Processing Parameters and Consumer Aspects for Tomato Quality Grading. *Mathematical and Control Application in Agriculture and Horticulture*, Proceedings of the Third IFAC Workshop, Pergamon/Elsevier, Oxford, UK.
- Schouten R.E., Farneti B., Tijsskens L.M.M., Alarcon A.A., Woltering E.J. (2014). Quantifying lycopene synthesis and chlorophyll breakdown in tomato fruit using remittance VIS spectroscopy. *Postharvest Biology and Technology*, 96: 53-63. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2014.05.007>.
- Sharifian F., Modarres-Motlagh A., Komarizade M.H., Nikbakht A.M. (2013). Colour Change Analysis of Fig Fruit during Microwave Drying. *International Journal of Food Engineering*, 9(1): 107-114.
- Sherafati A., Mollazade K., Saba M.K., Vesali F. (2022). TomatoScan: An Android-based application for quality evaluation and ripening determination of tomato fruit. *Computers and Electronics in Agriculture*, 200:1-8, 107214. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.compag.2022.107214>.
- USDA (1991). United States Standards for Grades of Fresh Tomatoes, 1-14.

**TÜRKİYE'DE 2010-2022 YILLARI ARASINDAKİ SAKATAT SEKTÖRÜNÜN FAO
VERİLERİ İŞİĞİNDA İNCELENMESİ**

Dr. Öğr. Üyesi, Mustafa KİBAR (ORCID:0000-0002-1895-019X)
Siirt Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootekni Bölümü, Siirt, Türkiye
Email:mustafakibar@siirt.edu.tr

Özet

Bu çalışma, Türkiye'de 2010 ve 2022 yılları arasında sakatat üretiminde hayvanların payını ve üretim miktarlarını araştırmayı, ayrıca Türkiye'nin dünya sakatat üretimindeki konumunu ve yıllar içindeki değişimlerini analiz etmeyi amaçlamıştır. Veriler, Gıda ve Tarım Örgütü (GTÖ) web sitesinden “veri” ve “üretim” sekmeleri kullanılarak elde edilmiştir. Türkiye'de devegiller ve domuzların sakatatı tüketilmediği için, değerlendirmeler sığır, manda, koyun, keçi ve atgiller bakımından yapılmıştır. Türkiye'de sığır, manda, koyun ve keçi türlerinin toplam sakatat üretimi içerisindeki yüzdesel payı 2010-2022 yılları arasında sırasıyla %3.13 azalış, %43.06 artış, %4.79 artış ve %7.85 artış göstermiştir. Türkiye'de üzerinde durulan yıllarda sığır, manda, koyun ve keçi türlerinin toplam sakatat üretimi içerisindeki ortalama payları sırasıyla 64.90 ± 1.95 , 0.50 ± 0.08 , 26.69 ± 1.81 ve 7.84 ± 0.56 ; Dünya'da ise 43.36 ± 0.72 , 5.35 ± 0.20 , 8.02 ± 0.20 ve 5.54 ± 0.17 olarak bulunmuştur. Türkiye'nin toplam sakatat üretimi 2010-2022 yılları arasında %150.90; Dünya'daki toplam sakatat üretimindeki payı ise %119.22 artmıştır. Toplam sakatat üretimi içerisinde sığır, koyun ve keçinin payı Türkiye'de Dünya'dan daha yüksek bulunmuştur. Manda ve diğer (devegiller, atgiller ve domuz) türlerin payı ise Dünya'da Türkiye'den daha yüksektir. Türkiye'de 2010-2022 yılları arasında sığır, manda, koyun ve keçi türlerine ait hayvan başına sakatat veriminde sırasıyla %30.04 artış, %10.22 artış, %18.16 artış ve %0.62 azalış; Dünya'da ise %3.28 artış, %12.85 artış, %4.65 azalış ve %0.93 azalış görülmüştür. Türkiye'de sığır, manda, koyun ve keçi türlerine ait ortalama sakatat verimi sırasıyla 21.53 ± 2.08 kg, 22.52 ± 0.72 kg, 2.68 ± 0.15 kg ve 2.73 ± 0.12 kg; Dünya'da ise 30.54 ± 0.41 kg, 41.05 ± 2.07 kg, 2.96 ± 0.06 kg ve 2.47 ± 0.04 kg olarak bulunmuştur. Sadece keçi başına sakatat veriminde Türkiye Dünya ortalamasının üzerinde, diğer türler başına düşen sakatat verimi bakımından ise Dünya ortalamasının gerisinde kalmıştır. Sonuç olarak, Türkiye'de sakatat sektörünün gelişmekte olduğu ancak sakatat üretimi üzerine yapılan çalışmaların sınırlı olması nedeniyle bu alanda gerçekleştirilecek detaylı araştırmalara ihtiyaç vardır.

Anahtar kelimeler: Sakatat, üretim, sığır, manda, koyun, keçi

**INVESTIGATION OF THE OFFAL INDUSTRY IN TÜRKIYE BETWEEN 2010 AND
2022 IN LIGHT OF FAO DATA**

Abstract

The aim of this study was to investigate the contribution of different animal species to offal production in Türkiye between 2010 and 2022, and to analyze Türkiye's position in global offal production and the changes over the years. Data were obtained from the Food and Agriculture Organization (FAO) website using the "data" and "production" sections. Since camelid and pig offal are not consumed in Türkiye, the analysis focused on cattle, buffalo, sheep, goat, and equine species. Between 2010 and 2022, the share of total offal production in Türkiye for cattle, buffalo, sheep, and goat showed a decrease of 3.13%, and increases of 43.06%, 4.79%, and 7.85%, respectively. During the study period, the average shares of cattle, buffalo, sheep, and goat in total offal production in Türkiye were $64.90 \pm 1.95\%$, $0.50 \pm 0.08\%$, $26.69 \pm 1.81\%$, and $7.84 \pm 0.56\%$, respectively, compared to $43.36 \pm 0.72\%$, $5.35 \pm 0.20\%$, $8.02 \pm 0.20\%$, and $5.54 \pm 0.17\%$ globally. Türkiye's total offal production increased by 150.90% from 2010 to 2022, while its share in global offal production rose by 119.22%. In Türkiye, the contributions of cattle, sheep, and goat to total offal production were higher than the global averages, whereas the shares of buffalo and other species (including camelids, equines, and pigs) were higher globally than in Türkiye. Regarding offal yield per animal, cattle, buffalo, sheep, and goat in Türkiye recorded an increase of 30.04%, 10.22%, 18.16% and a decrease of 0.62%, respectively, from 2010 to 2022. In contrast, global offal yields for these species showed increases of 3.28% and 12.85%, and decreases of 4.65% and 0.93%, respectively. The average offal yields for cattle, buffalo, sheep, and goat in Türkiye were 21.53 ± 2.08 kg, 22.52 ± 0.72 kg, 2.68 ± 0.15 kg, and 2.73 ± 0.12 kg, respectively, compared to 30.54 ± 0.41 kg, 41.05 ± 2.07 kg, 2.96 ± 0.06 kg, and 2.47 ± 0.04 kg globally. Only the offal yield per goat in Türkiye exceeded the global average, while the yield per animal for the other species was below the global average. In conclusion, the offal industry is developing in Türkiye, but since studies on offal production are limited, there is a need for more detailed research in this area.

Keywords: Offal, Production, cattle, buffalo, sheep, goat

1. GİRİŞ

Dünya genelinde protein yetersizliği ve gıda güvensizliğiyle mücadele hayvansal yan ürünlerin tüketimini son on yılda muazzam bir büyümeye teşvik etmiştir (Alao ve ark., 2017). Daha güncel bir araştırmada ise, küresel anlamda meydana gelen et talebindeki artışın sakatatlar dahil olmak üzere yabani ve evcil hayvanlardan yan ürünlerin elde edilmesine neden olduğu belirtilmiştir (Latoch ve ark., 2024). Aynı araştırmacılar, sakatatın işlenmesi ve yemek hizmetlerinde en uygun şekilde kullanılmasının diyet kalitesinin artırılması, gıda güvenliğinin sağlanması ve doğal kaynakların korunması gibi insan yaşamının birçok alanına önemli faydalar sağlayacağını bildirmişlerdir. Topal (2019) sakatatların kırmızı ete kıyasla daha az miktarda yağ içermesine rağmen daha fazla su, karbonhidrat, vitamin ve mineral içerdiğini bildirmiştir. Türkiye’de sakatatın besinsel değeri ile ilgili yapılmış araştırmalar mevcut olsa da (Özlü ve Atasever, 2009; Bozkurt, 2021) genellikle tüketicilerin sakatat tüketim durumları üzerinde durulmuştur (Karakaya ve Kızıloğlu, 2017; Dayub, 2020; Çelik, 2021). Sakatat üretimi hem besinsel hem de ekonomik açıdan büyük bir öneme sahip olmasına rağmen, Türkiye’de hayvan türlerine göre sakatat üretiminin araştırıldığı akademik çalışmalara rastlanmamıştır. Bu durum, sakatatın sağladığı yüksek besin değerleri (protein, vitamin ve mineraller gibi) ile beraber, gıda sektörüne ve hayvancılık ekonomisine olan katkısının daha fazla araştırılmasına ihtiyaç olduğunu göstermektedir. Bu nedenle mevcut çalışma ile Türkiye’deki sakatat üretiminde hayvan türlerinin yıllar içindeki payları ve toplam üretimdeki değişimlerin incelenmesi, ayrıca Türkiye’nin dünya sakatat üretimindeki yeri ve bu alandaki değişim eğilimlerinin ortaya konulması amaçlanmaktadır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışmada kullanılan veriler, Gıda ve Tarım Örgütü (GTÖ) web sitesinden elde edilmiştir. Bu süreçte sırasıyla Veri ve Üretim sekmeleri takip edilmiştir (FAO, 2024). Bu süreçte 2010-2022 yılları arasında Türkiye ve Dünya’da toplam sakatat üretimi, hayvan türlerinin toplam üretimdeki payları, Türkiye’de yapılan üretimin Dünya’daki payı ve hayvan başına düşen sakatat üretimi gibi veriler elde edilmiştir. GTÖ’den alınan bu veriler, Microsoft Excel yazılımı kullanılarak sistematik bir biçimde düzenlenmiş ve bazı sayısal analizler yapılmıştır. Sayısal analiz sürecinde, Türkiye ve Dünya’ya ait elde edilen değerlerden tablolar oluşturulmuştur. Hayvan türlerinin toplam üretim içerisindeki payları verilirken sığır, manda, koyun ve keçi dışındaki türler Dünya ortalaması da verileceğinden dolayı diğer şekilde değerlendirilmiştir. Türkiye’de ise devegiller ve domuzlara ait üretim olmadığından dolayı sadece atgiller olarak verilmiştir. Mevcut araştırmada Türkiye üzerinde durulduğundan dolayı üretimi yapılmayan türler dikkate alınmamakla birlikte Dünya’da devegiller ve domuzlara ait sakatatların tüketildiği göz ardı edilmemelidir.

3. BULGULAR

Türkiye’de 2010 ve 2022 yılları arasındaki dönemde toplam sakatat üretimi, sakatat üretiminde farklı hayvan türlerinin (sığır, manda, koyun, keçi ve diğer) payı ve Türkiye’nin sakatat üretiminin Dünya’daki payı verilmiştir. Ayrıca, Türkiye ve Dünya’da üzerinde durulan yıllarda hayvan türlerinin toplam üretimdeki paylarına ait ortalama ve standart sapma değerleri de sunulmuştur (Çizelge 1). Türkiye’deki sakatat üretiminde sığır ortalama %64.90 ile en büyük paya sahip olmuştur. Yıllara göre hafif dalgalanmalar olsa da Türkiye’de sığırın sakatat üretiminde ana kaynak olduğu görülmektedir. Sığırın dünya genelindeki ortalama payı ise

%43.36'dır. Manda sakatat üretimi 2010-2022 yılları arasında oldukça düşük bir seviyede devam etmiş ve ortalama payı %0.50 olarak belirlenmiştir. Türkiye'de mandaların sakatat üretimindeki katkısı Dünya ortalamasına göre (%5.35) çok düşüktür. Türkiye'de sığırdan sonra sakatat üretiminde payı yüksek olan hayvanlar sırasıyla koyun (%26.69) ve keçi (%7.84) olmuştur. Türkiye'de koyun ve keçinin toplam sakatat üretimindeki payı dünya koyun (%8.02) ve keçi (%5.54) ortalamalarından yüksektir. Ancak, diğer hayvan grubu için Türkiye ortalaması (%0.07) dünya ortalamasından (%37.73) oldukça düşüktür. Türkiye'nin toplam sakatat üretimi, 2010 yılında 86.616 ton iken, 2022 yılına kadar yaklaşık iki buçuk katına çıkarak 217.324 tona ulaşmıştır. Türkiye'nin dünya sakatat üretimindeki payı da 2010'da %0.45 iken, 2022'de %0.99'a yükselmiştir.

Çizelge 1. Türkiye ve dünya genelinde 2010-2022 yılları arasında sakatat üretiminde hayvanların payı

Bölge	Yıl	Sakatat üretiminde hayvanların payı (%)					Toplam üretim (ton)	Dünya'da payı (%)
		Sığır	Manda	Koyun	Keçi	Diğer		
Türkiye	2010	64.25	0.48	27.84	7.31	0.13	86616.72	0.45
	2011	64.00	0.44	28.51	6.94	0.12	95494.58	0.50
	2012	64.78	0.42	27.22	7.48	0.10	104884.62	0.54
	2013	63.21	0.46	28.15	8.09	0.08	108682.65	0.55
	2014	63.13	0.50	27.83	8.47	0.08	111116.19	0.55
	2015	63.11	0.50	27.55	8.77	0.07	117482.52	0.57
	2016	63.95	0.47	26.87	8.65	0.06	128587.58	0.62
	2017	67.03	0.46	24.26	8.19	0.06	140335.74	0.68
	2018	68.47	0.45	23.44	7.60	0.04	160932.63	0.76
	2019	67.66	0.47	24.22	7.61	0.04	169079.04	0.81
	2020	66.12	0.53	25.66	7.66	0.03	174489.29	0.83
	2021	65.83	0.63	26.20	7.32	0.03	190835.79	0.88
	2022	62.24	0.69	29.17	7.88	0.02	217324.62	0.99
	Ortalama	64.90	0.50	26.69	7.84	0.07	138912.46	0.67
	SS	1.95	0.08	1.81	0.56	0.03	40349.84	0.17
Dünya	Ortalama	43.36	5.35	8.02	5.54	37.73	20534488.94	-
	SS	0.72	0.20	0.20	0.17	0.83	871357.03	-

SS: Standart sapma; Diğer: Domuz, Devegiller ve Atgiller

Türkiye ve dünya genelinde, 2010-2022 yılları arasında sığır, manda, koyun, keçi ve atgiller için hayvan başına düşen sakatat üretimi Çizelge 2'de verilmiştir. Buna göre, Türkiye'de 2010'da sığır başına 18.98 kg olan sakatat üretimi 2022 yılında 24.68 kg'a çıkmasına rağmen dünya ortalamasından (30.54 kg) düşük bulunmuştur. Manda başına sakatat üretimi 2010 yılında sığıra kıyasla daha yüksek olmasına rağmen 2022 yılında aradaki fark neredeyse kapanmış ve sığır ile aynı seviyeye gelmiştir. Manda başına sakatat üretiminde yıllar bazında genel bir artış olmasına rağmen, Türkiye'deki üretim dünya ortalamasına (41.95 kg) kıyasla oldukça düşük seviyededir. Koyun başına sakatat üretimi yıllar bazında artış göstermiş ancak Türkiye'deki üretim dünya ortalamasına göre (2.96 kg) kısmen düşük bulunmuştur. Keçi başına düşen sakatat üretimi ise yıllar bazında azalmış ancak Türkiye'deki üretim dünya ortalamasına göre (2.47 kg) daha yüksek bulunmuştur. Atgiller bakımından ise Türkiye'de yıllar bazında bir değişiklik olmamasına rağmen dünya genelinde bir artış görülmüştür.

Çizelge 2. Türkiye ve dünya genelinde 2010-2022 yılları arasında hayvan başına düşen sakatat üretimi

Yıl	Hayvan başına sakatat üretimi (kg)									
	Sığır		Manda		Koyun		Keçi		Atgiller	
	Türkiye	Dünya	Türkiye	Dünya	Türkiye	Dünya	Türkiye	Dünya	Türkiye	Dünya
2010	18.98	30.03	21.81	37.17	2.49	3.00	2.82	2.52	10.11	19.75
2011	19.55	29.96	21.78	37.97	2.54	3.07	2.77	2.52	10.11	19.77
2012	19.85	29.97	22.23	38.58	2.65	2.99	2.76	2.49	10.11	19.82
2013	19.87	30.16	23.51	41.14	2.73	2.96	2.69	2.40	10.11	19.55
2014	19.90	30.36	23.07	42.22	2.58	2.98	2.56	2.41	10.11	19.44
2015	20.00	30.83	22.72	42.87	2.53	3.03	2.52	2.43	10.11	21.11
2016	20.59	30.50	21.79	43.00	2.60	3.04	2.56	2.40	10.11	20.85
2017	21.71	30.54	21.94	43.34	2.57	2.95	2.64	2.50	10.11	20.96
2018	22.74	30.78	22.17	42.26	2.67	2.93	2.79	2.48	10.11	21.31
2019	23.55	31.08	22.08	42.36	2.82	2.93	2.85	2.47	10.11	20.79
2020	23.97	30.87	22.68	39.40	2.83	2.92	2.85	2.50	10.11	20.45
2021	24.47	30.96	22.99	41.33	2.92	2.88	2.85	2.48	10.11	21.00
2022	24.68	31.01	24.04	41.95	2.94	2.86	2.80	2.50	10.11	21.31
Ortalama	21.53	30.54	22.52	41.05	2.68	2.96	2.73	2.47	10.11	20.47
SS	2.08	0.41	0.72	2.07	0.15	0.06	0.12	0.04	0.00	0.70

SS: Standart sapma

4. TARTIŞMA

Türkiye'de sakatat üretimindeki sığırın yüksek payı, sığırın ülkedeki et ve sakatat üretiminde merkezi bir rol oynadığını vurgulamaktadır. Türkiye'de manda sakatat üretiminin düşük olması manda yetiştiriciliğinin sınırlı olmasından kaynaklanmaktadır. Ayrıca Türkiye'de manda yetiştiriciliği daha çok süt üretimine yönelik yapılmakta ve hayvanlar süt verdiği sürece kesime gönderilmemektedir. Türkiye'de koyun ve keçi yetiştiriciliğinin özellikle kırsal bölgelerde yaygın olduğu ve istikrarlı bir şekilde sakatat üretimine katkıda bulunduğu görülmektedir. Türkiye'de diğer (devegiller, atgiller ve domuz) hayvan türleri için sakatat üretiminin dünya genelinden daha düşük olması, daha çok oranda dünyada tüketimi oldukça yaygın olan ancak Türkiye'de sakatatı tüketilmeyen devegiller ve domuzlardan kaynaklanmaktadır. Türkiye'de yıllar bazında görülen sakatat üretimindeki artış, Türkiye'nin dünya genelinde sakatat üretiminde giderek daha önemli bir aktör haline geldiğini göstermektedir. Türkiye'deki sakatat üretiminde sığırın baskın rolü devam etmekte, koyun ve keçi gibi türlerin katkısı ise yıllar içinde artış göstermektedir. Türkiye, dünya ortalamaları ile karşılaştırıldığında özellikle sığır ve koyun sakatatı üretiminde dünya ortalamasının oldukça üzerindedir.

Sam ve Usoro (2022) beyaz Fulani sığırlarında hayvan yaşı ve canlı ağırlığının sakatat üretimi ile yüksek bir korelasyona sahip olduğunu ve regresyon modelleriyle sakatat üretiminin tahmin edilebileceğini belirtmiştir. Florek ve ark. (2012), organ tipinin sakatat içeriğinde yer alan birçok özellik üzerinde belirleyici bir etkiye sahip olduğunu, ancak dana tipinin (annesini emme süresine göre değişiklik göstermektedir), yetiştirme koşullarına bağlı olarak, sadece mineral içeriğinde sınırlı bir değişiklik oluşturduğunu bildirmiştir. Llauger ve ark. (2021) İspanya'da yaptığı çalışmada sakatat tüketiminde besinsel özelliklerin, çevresel sürdürülebilirliğin ve uygun fiyatın tüketimi artıran faktörler olduğunu; ancak duyuşsal özellikler, düşük tüketim sıklığı ve istenmeyen sakatat içeriğinin ise tüketimi olumsuz etkilediğini bildirmişlerdir. Yapılan çalışmalar ve mevcut araştırmanın sonuçları birlikte değerlendirildiğinde, tüketicilerin sakatat tüketimine ilişkin düşüncelerinin, alışkanlıklarının ve sosyo-demografik durumlarının belirleyici olduğu öngörülmektedir. Özellikle Türkiye'de devegiller ve domuz sakatatının tüketilmediği görülmekte, ancak dünya genelinde bu hayvanların sakatatının birçok ülkede yaygın olarak tüketildiği ortaya çıkmaktadır. Ayrıca, hayvan başına sakatat veriminin hayvanın

türü, ırkı, canlı ağırlığı ve yetiştirme metotlarına göre önemli farklılıklar gösterdiği tespit edilmiştir. İleri çalışmalar, dünya genelinde sakatat tüketimi ile sosyo-demografik yapıların arasındaki ilişkiyi inceleyerek, sakatat üretimi ve tüketimi açısından daha derinlemesine bir anlayış sunabilir. Bu tür araştırmalar, tüketim alışkanlıklarının ve üretim stratejilerinin geliştirilmesine katkı sağlayacaktır.

5. KAYNAKÇA

- Alao, B. O., Falowo, A. B., Chulayo, A., & Muchenje, V. (2017). The potential of animal by-products in food systems: Production, prospects and challenges. *Sustainability*, 9(7), 1089.
- Bozkurt, H. Ö. (2021). Türk mutfağı sakatat yemeklerinin gastronomi turizmi kapsamında incelenmesi. *Gastronomi Araştırmaları*, 110.
- Çelik, Ş. (2021). Hanehalkları kırmızı et tüketim alışkanlıkları üzerine bir araştırma: Doğrusal olmayan kanonik korelasyon uygulaması. *Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 4(2), 158-169.
- Dayub, J. (2020). Ankara'da ikamet eden mültecilerin hayvansal ürün tüketim yapısı ve alışkanlıkları. Doktora tezi, Ankara Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- FAO. (2024). Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL> (Erişim tarihi: 15.09.2024)
- Florek, M., Litwińczuk, Z., Skąlecki, P., Kędzierska-Matysek, M., & Grodzicki, T. (2012). Chemical composition and inherent properties of offal from calves maintained under two production systems. *Meat science*, 90(2), 402-409.
- Karakaya, E., & Kızıloğlu, S. (2017). Bingöl İl merkezinde yaşayan hanehalklarının kırmızı et talebini etkileyen faktörlerin analizi. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 32(2), 169-180.
- Latoch, A., Stasiak, D. M., & Siczek, P. (2024). Edible Offal as a Valuable Source of Nutrients in the Diet—A Review. *Nutrients*, 16(11), 1609.
- Llauger, M., Claret, A., Bou, R., López-Mas, L., & Guerrero, L. (2021). Consumer attitudes toward consumption of meat products containing offal and offal extracts. *Foods*, 10(7), 1454.
- Özlu, H., & Atasever, M. (2009). Sığır sakatat ve kaslarında iz element içeriğinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Sam, I. M., & Usoro, O. O. (2022). Influence of slaughter age on carcass composition and beef yield of white Fulani cattle. *Animal Research International*, 19(2), 4451-4459.
- Topal, B. (2019). Sakatat Nedir? Faydaları ve Zararları Nelerdir? Nelere Dikkat Edilmelidir?. Güncel Konular. URL: <https://www.birbes.com/?p=16755>. Erişim Tarihi: 13 Eylül 2024.

**ARTIRILMIŞ ARITMA ÇAMURU DOZLARIYLA SIK SULAMA SİLAJ MISIR
YETİŞTİRİLEN TOPRAĞIN KARARLI İNFİLTRASYON HIZINI ARTTIRIR**

Arş. Gör. Dr. Mehmet ALTUN* (ORCID:0000-0001-7807-9810)

Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Erzurum,
Türkiye

Email:mehmetaltun@atauni.edu.tr

Prof. Dr. Ustun SAHIN (ORCID:0000-0002-1924-1715)

Department of Agricultural Structures and Irrigation, Faculty of Agriculture, Atatürk
University, Erzurum, Türkiye

Email:ussahin@atauni.edu.tr

Özet

Arıtma çamuru, toprakların yapısal iyileştirilmesiyle infiltrasyona katkı sağlayabilir. Bu kapsamda iki yıllık bir saha çalışmasıyla, silajlık mısır yetiştirilen koşullarda, farklı kentsel stabilize arıtma çamuru dozlarında, farklı kuru kalma sürecine maruz toprakların infiltrasyon özelliklerindeki değişimler araştırılmış, kararlı infiltrasyon üzerine etkileri tartışılmıştır. Çalışma, Erzurum, Türkiye koşullarında dört farklı arıtma çamuru dozu (D0: 0 t/ha, D1: 30 t/ha, D2: 60 t/ha, D3: 90 t/ha) ve üç farklı sulama rejimi uygulamasında (Σ (Tahmini bitki su tüketimi – Etkili yağış) farkı 25 mm (S1), 50 mm (S2) ve 75 mm (S3) olduğunda sulama), faktöriyel deneme düzeninde, 3 tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Arıtma çamuru dozu ve sulama uygulamaları kararlı infiltrasyon hızlarında önemli değişimler sağlamıştır. İki yıllık ortalamada, D1, D2 ve D3 dozlarında, D0'a kıyasla sırasıyla, 2.1, 4.0 ve 7.0 kat daha yüksek kararlı infiltrasyon hızları belirlenmiştir. S1 ve S2 sulama uygulamaları da S3'e göre kararlı infiltrasyon hızını sırasıyla 1.3 ve 1.2 kat artırmıştır. Kararlı infiltrasyon hızları ile ıslak agregat stabilitesi değerleri arasındaki doğrusal pozitif ilişkinin önemli olduğu belirlenmiştir. Dolayısıyla, organik madde miktarı ve mineralizasyonunun katkısıyla artan agregasyonun kararlı infiltrasyon hızlarındaki artışın nedeni olduğu değerlendirilmiştir. Silajlık mısır üretim koşullarında, artan dozlarda arıtma çamuru kullanımının ve sık aralıklarla sulamanın kararlı infiltrasyonu iyileştirmede etkili bir pratik olduğu sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Stabilize arıtma çamuru, sulama rejimi, kararlı infiltrasyon hızı

**FREQUENT IRRIGATION WITH INCREASED DOSES OF SEWAGE SLUDGE
INCREASES STABLE INFILTRATION RATE OF SILAGE MAIZE CULTIVATED
SOIL**

Abstract

Sewage sludge can contribute to infiltration by improving the structure of soils. In this context, in a two-year field study, changes in the infiltration properties of soils exposed to different drying periods with irrigation regimes under different stabilized municipal sewage sludge doses under silage maize growing conditions were investigated and their effects on stable infiltration rate were discussed. The study was carried out in Erzurum, Türkiye, in a factorial experimental design with 3 replications, with four different sewage sludge doses (D0: 0 t/ha, D1: 30 t/ha, D2: 60 t/ha, D3: 90 t/ha) and three different irrigation regimes (irrigation when the \sum (Estimated crop evapotranspiration – Effective rainfall) difference was 25 mm (S1), 50 mm (S2) and 75 mm (S3)). Sewage sludge dose and irrigation regimes provided significant changes in stable infiltration rates. In two-year average, stable infiltration rates were determined as 2.1, 4.0 and 7.0 times higher in D1, D2 and D3 treatments, respectively, compared to D0. Irrigation treatments S1 and S2 also increased stable infiltration rates by 1.3 and 1.2 times, respectively, compared to S3. It was determined that the linear positive relationship between the stable infiltration rates and wet aggregate stability values was significant. Therefore, it was evaluated that the increase in stable infiltration rates was due to the increased aggregation with the contribution of the amount of organic matter and mineralization. It was concluded that the use of increased doses of sewage sludge and frequent irrigation is an effective practice in improving stable infiltration rate in silage maize production conditions.

Keywords: Stabilized sewage sludge, Irrigation regime, Stable infiltration rate

1. INTRODUCTION

Increasing urbanization and industrialization in the world and in Türkiye have led to a rapid increase in the number of wastewater treatment plants in order to protect the environment and human health. This increase also causes the amount of biosolids called sewage sludge to increase rapidly. Disposing of sewage sludge without harming the environment is considered a great necessity both technically, economically and environmentally (Altun & Sahin, 2021).

Disposal of sewage sludge in controlled and appropriate doses in agricultural production areas is considered to be one of the simplest and most widely used methods. This application makes the evaluation of sewage sludge in agricultural areas an important disposal option in terms of the environment (Mondal et al., 2015; Cakır and Cimrin, 2018; Poggere et al., 2019). Stabilized sewage sludge is a potential source in terms of organic matter and especially nutrients such as nitrogen and phosphorus (Altun and Sahin, 2021). In this way, in addition to organic matter to the soil by applying sewage sludge to the soil, it is possible to enrich the soil with nutrients such as N, P, K and microelements that are critical for plant nutrition (Szymańska et al., 2013; Zuo et al., 2019; Ravi et al., 2020). Sewage sludge is an important fertilizer source to enrich agricultural soils thanks to its high nitrogen and phosphorus content and organic matter contribution (Iticescu et al., 2018). Organic matter has a significant effect on the physical, chemical and biological properties of the soil, and this effect is particularly evident on the infiltration rate. Organic matter improves the structure of the soil, supports the formation of aggregates and increases soil porosity. This process allows water to penetrate the soil more easily and increases the infiltration rate. In addition, organic matter promotes the development of plant roots; roots create more voids in the soil, facilitating the passage of water to deeper layers. Materials such as sewage sludge with a high organic matter content increase the capillary permeability of the soil, allowing water to spread into the soil more efficiently. Many studies show that sewage sludge improves the physical and hydraulic properties of soils, such as aggregate stability, water holding capacity, bulk density, porosity, aeration capacity and infiltration (Mondal et al., 2015; Ors et al., 2015; Fan et al., 2016; Outhman, 2016). One of the important processes that can affect aggregation is the wetting–drying cycles that create and modify the pore distribution and size. The stress from wetting–drying can increase aggregation or destabilize the aggregates during frequent wetting and drying cycles. Moreover, wetting and drying can affect the microbial processing of organic matter, thereby changing the contribution of microbial processing to aggregation (Rabbi et al., 2024). Therefore, microbial activity that can develop depending on soil humidity is a dynamic factor in the mineralization of organic matter (Badaou and Sahin, 2022).

Therefore, in this study, the contribution of increased sewage sludge doses with different irrigation regimes depending soil surface dryness period to the improvement of stable infiltration rate was investigated under silage maize production conditions.

2. MATERIAL AND METHODS

The study was conducted in 2021 and 2022 at the Atatürk University Plant Production Application and Research Center in Erzurum, Türkiye. A total of 36 plots were created in a 4x3 factorial arrangement with three replications using four different stabilized sewage sludge doses and three irrigation regimes. The experimental area has a semiarid climate with an annual average rainfall of 396 mm. In the first experimental year, the average temperature during the

vegetation period was 18.2 °C, total precipitation was 80.1 mm, and total evaporation was 935.1 mm. These values in the second experimental year were 17.6 °C, 111.2 mm, and 826.2 mm, respectively. Prior to the experiment, the surface layer (0-30 cm) of the experimental area soil was clay loam, pH was 7.61, electrical conductivity was 0.163 dS/m, and organic matter content was 1.73%. Each plot was 25.2 m² (3.5 m x 7.2 m) in size and consisted of five rows. Irrigation was done by surface drip irrigation system using groundwater. The sewage sludge stabilized by the activities of bacteria under anaerobic and mesophilic conditions was collected from the municipal wastewater treatment plant of Erzurum-Ilıca. Stabilized sewage sludge with 29.9% dry matter content was applied to the plowed plots at D0 (0 t/ha), D1 (30 t/ha), D2 (60 t/ha) and D3 (90 t/ha) doses on September 22, 2020 and mixed with a hoe machine to a depth of 15 cm. In the first half of May in both years of the experiment, the plots were plowed with a vertical rotovator to a depth of 15 cm and DKC6777 maize variety seeds were sown in 5 rows at 15 cm × 70 cm intervals with a pneumatic seeder. Nitrogen and phosphorus fertilization was applied to the plots without sewage sludge considering regional requirements according to soil fertility analysis, and mineral fertilizer was not applied to the plots where sewage sludge was used. Hoeing was done in two stages when the plants reached a height of 15-20 cm and 40-50 cm. Irrigation was carried out by applying water in amounts that would bring the deficit moisture at the effective root depth to field capacity when $\sum(ET_c - Pe_{ff})$ reached approximately 25 mm (S1), 50 mm (S2) and 75 mm (S3) levels. Estimated crop evapotranspiration (ET_c) values were calculated using the ET_o × K_c equation, and plant coefficient (K_c) values were taken from the Evapotranspiration Guide for Irrigated Crops in Türkiye (TAGEM, 2017). Reference crop evapotranspiration (ET_o) calculations were made with the CROPWAT program according to the FAO Penman-Monteith method, the necessary climate data were taken from the Erzurum Airport meteorological station close to the experimental area, and precipitation data were measured with a pluviometer installed in the experimental area. Since there was no deep flow and surface flow, all precipitation was accepted as effective precipitation (Pe_{ff}). Soil moisture was determined by TDR in the upper layer and gravimetric method in the lower layers before each irrigation. In both years of the experiment, 3 measurements were made in all middle block plots after harvest with automatic infiltrometer and double cylinder infiltrometer for 2 hours, in the middle regions of the plots, and their averages were taken (Figure 1). Wet aggregate stability in samples taken from the surface soil layer was determined with a Yoder type wet sieving device (Kemper and Rosenau, 1986).



Figure 1. Infiltration measurements with automatic infiltrometer and double ring infiltrometer

3. RESULTS AND DISCUSSION

After harvest in both experimental years, the cumulative infiltration and mean infiltration rate equations obtained from the values measured by infiltration tests are given in Table 1, and the stable infiltration rates are given in Figure 2. Increasing the dose and frequent irrigation increased the cumulative infiltration, mean infiltration rate and stable infiltration rate. Compared to the D0 treatment, the stable infiltration rates at the D1, D2 and D3 treatments were found to be 2.3 times, 4.1 times and 7.7 times higher in the first experimental year, respectively. In the second year, these values increased by 1.9 times, 3.9 times and 6.4 times, respectively. In irrigation regimes, compared to the S3 treatment, 1.3 times and 1.1 times higher stable infiltration rates were determined in the first year in S1 and S2 treatments, respectively. In the second year, these values were determined to be 1.4 times and 1.2 times higher, respectively. Considering the dose \times irrigation regime interaction, the highest increase was determined in D3S1 treatment. Compared to D0S1, the stable infiltration rate increased 6.6 times in the first year and 5.6 times in the second year.

Table 1. Cumulative infiltration and mean infiltration rate equations in different sewage sludge doses and irrigation regimes

Year	Treatment	Cumulative infiltration (mm)	Mean infiltration rate (mm/h)
2021	D0S1	$D = 4.0891 X^{0.5801} R^2 = 0.9950$	$Y = 181.06 X^{-0.458} R^2 = 0.7731$
	D0S2	$D = 8.6784 X^{0.3941} R^2 = 0.9735$	$Y = 250.25 X^{-0.602} R^2 = 0.7869$
	D0S3	$D = 6.5561 X^{0.4380} R^2 = 0.9713$	$Y = 200.66 X^{-0.553} R^2 = 0.7544$
	D1S1	$D = 4.0831 X^{0.6801} R^2 = 0.9960$	$Y = 175.94 X^{-0.316} R^2 = 0.7650$
	D1S2	$D = 3.6356 X^{0.6854} R^2 = 0.9751$	$Y = 157.27 X^{-0.304} R^2 = 0.5588$
	D1S3	$D = 3.8757 X^{0.6742} R^2 = 0.9722$	$Y = 173.26 X^{-0.334} R^2 = 0.5840$
	D2S1	$D = 9.8125 X^{0.6320} R^2 = 0.9895$	$Y = 379.41 X^{-0.333} R^2 = 0.7320$
	D2S2	$D = 10.080 X^{0.6108} R^2 = 0.9851$	$Y = 330.58 X^{-0.318} R^2 = 0.5807$
	D2S3	$D = 12.720 X^{0.5236} R^2 = 0.9877$	$Y = 445.96 X^{-0.464} R^2 = 0.8113$
	D3S1	$D = 10.667 X^{0.7136} R^2 = 0.9778$	$Y = 582.10 X^{-0.309} R^2 = 0.3848$
	D3S2	$D = 11.348 X^{0.7010} R^2 = 0.9674$	$Y = 393.77 X^{-0.4281} R^2 = 0.4281$
	D3S3	$D = 11.215 X^{0.6582} R^2 = 0.9663$	$Y = 358.47 X^{-0.236} R^2 = 0.4173$
2022	D0S1	$D = 5.3039 X^{0.5462} R^2 = 0.9945$	$Y = 231.18 X^{-0.499} R^2 = 0.8865$
	D0S2	$D = 7.9063 X^{0.4414} R^2 = 0.9859$	$Y = 293.99 X^{-0.622} R^2 = 0.8670$
	D0S3	$D = 5.8453 X^{0.4609} R^2 = 0.9852$	$Y = 200.94 X^{-0.552} R^2 = 0.8261$
	D1S1	$D = 4.6592 X^{0.6579} R^2 = 0.9946$	$Y = 204.93 X^{-0.341} R^2 = 0.7912$
	D1S2	$D = 4.9691 X^{0.6363} R^2 = 0.9781$	$Y = 226.39 X^{-0.390} R^2 = 0.6756$
	D1S3	$D = 7,3197 X^{0.4932} R^2 = 0.9721$	$Y = 271.26 X^{-0.524} R^2 = 0.7508$
	D2S1	$D = 11.584 X^{0.5993} R^2 = 0.9887$	$Y = 434.58 X^{-0.367} R^2 = 0.7954$
	D2S2	$D = 9.1919 X^{0.6257} R^2 = 0.9881$	$Y = 333.13 X^{-0.327} R^2 = 0.6779$
	D2S3	$D = 9.9321 X^{0.5756} R^2 = 0.9902$	$Y = 392.61 X^{-0.421} R^2 = 0.7597$
	D3S1	$D = 11.394 X^{0.6454} R^2 = 0.9591$	$Y = 370.63 X^{-0.238} R^2 = 0.3855$
	D3S2	$D = 11.573 X^{0.6397} R^2 = 0.9379$	$Y = 342.82 X^{-0.247} R^2 = 0.2636$
	D3S3	$D = 13.230 X^{0.6043} R^2 = 0.9687$	$Y = 408.86 X^{-0.302} R^2 = 0.5352$

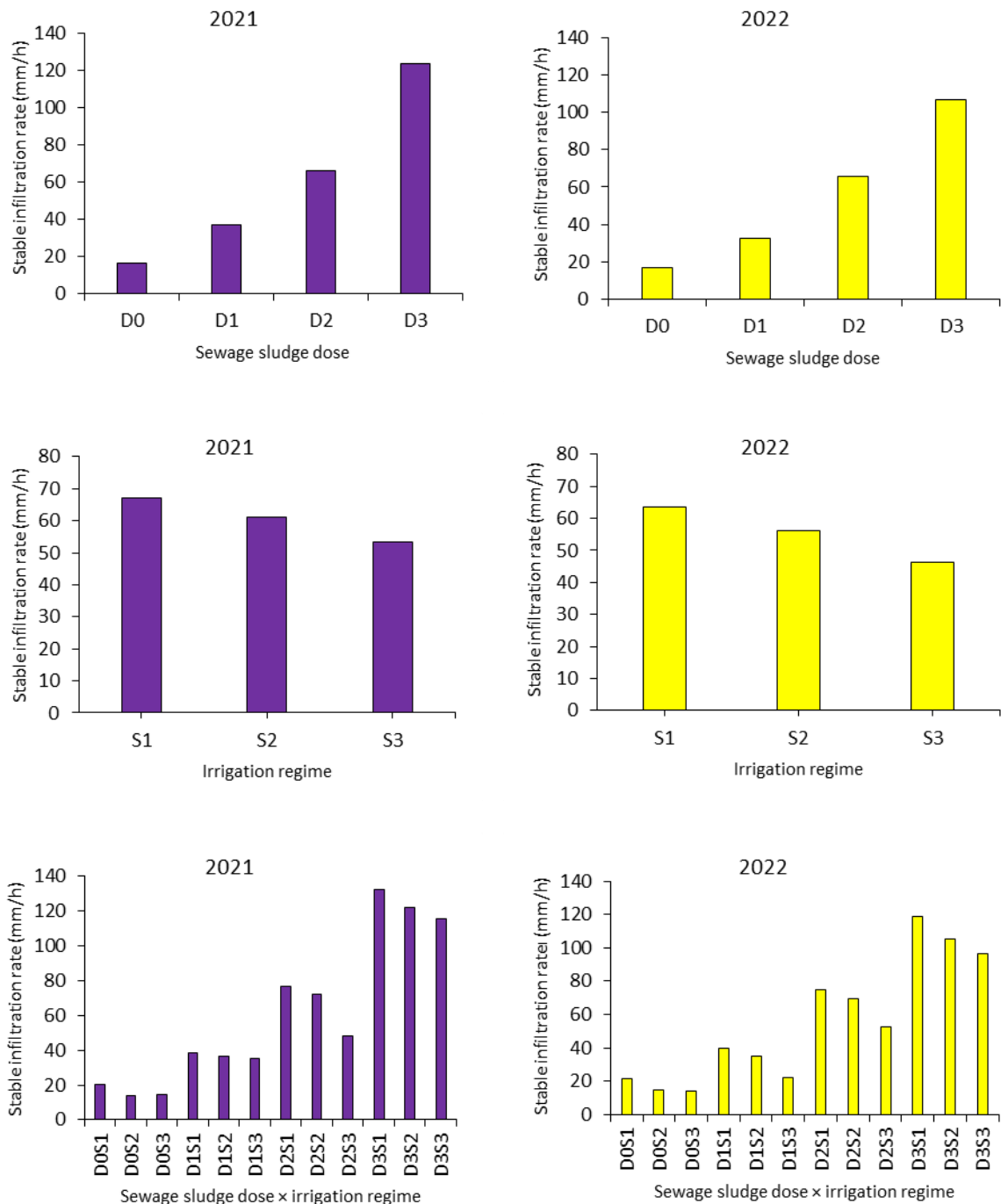


Figure 2. Stable infiltration rates in different sewage sludge doses and irrigation regimes

It was evaluated that the improvements in infiltration were related to the increase in the amount of organic matter in the soil with increasing sewage sludge dose and the improvements in aggregate formation due to the mineralization of organic matter with frequent irrigation. This result was also supported by the significant ($p < 0.01$) linear relationship between the stable infiltration rate and wet aggregate stability (Figure 3). Since organic matter supports microbial activity, adsorption of microbial metabolites and organic matter decomposition products on mineral surfaces supports aggregation (Rabbi et al., 2024). Yazdanpanah et al. (2016) and Peng

et al. (2024) stated that the increase in organic matter in the soil increased the infiltration rate by improving aggregate stability. Fan et al (2019) stated that the positive changes in the aggregate structure of sewage sludge applications increased saturated water permeability. Additionally, Sarı (2017) emphasized that there is a positive relationship between hydraulic conductivity and aggregate stability.

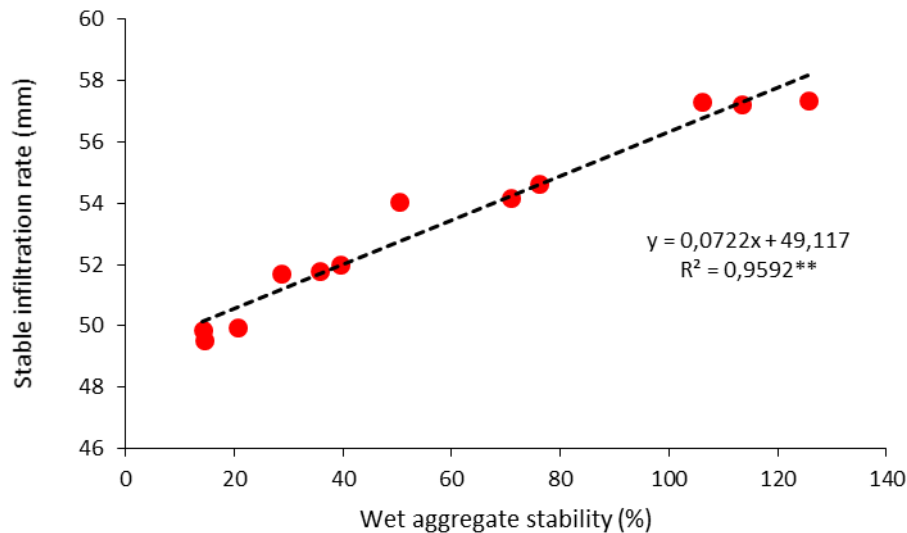


Figure 3. Relationship between wet aggregate stability and stable infiltration rate

Parlak et al. (2014) reported that changes in soil water content during wetting-drying cycles dynamically affect the formation or damage of soil structure. According to some research results, macro-aggregate stability decreases with increasing soil water content, while some studies state that increasing moisture content increases macro-aggregate stability, while many studies report that this change process is complex. Badaou and Sahin (2022) stated that in cases where the soil is not constantly wet or excessively dry for a long time, the formation of a better connection between the pores that provide water conduction in the soil can increase the infiltration rate and cumulative infiltration.

3. COCLUSIONS

The findings of this study revealed that stabilized municipal sewage sludge doses and irrigation regimes have significant effects on stable infiltration rate improvement. While the addition of sewage sludge to the silage maize field increases the stable infiltration rate, it was determined that the increase can be even greater with increasing dose. It was also determined that frequent irrigation provides higher stable infiltration rates. Therefore, the highest dose of 90 t/ha and frequent irrigation can be recommended. However, it was also determined that these findings should be improved by the next studies on the contribution of more dose effects and the effects of longer periods.

REFERENCES

- Altun, M., and Sahin U. (2021). The effects of irrigation regime on silage maize chlorophyll content (SPAD) in sewage sludge applied soil. International Conference on Food, Agriculture and Animal Sciences, 1-17 October 2021, Erzurum, Türkiye, pp. 315-325.
- Badaou, A. N. A. D., and Sahin, U. (2022). Effects of sewage sludge amendment and wetting-drying cycles of wastewater irrigation on structural improvement of clay soil. International Journal of Environmental Science and Technology, 19(7), 6453-6466. <https://doi.org/10.1007/s13762-021-03585-8>
- Cakır, H. N., and Cimrin, K. M. (2018). Effect of Municipal Sewage Sludge Applications: I. on some Nutrient Contents (N, P, K, Ca, Mg) of Plant Corn and Soil. KSU J. Agric Nat. 21(6):882-890.
- Fan X, Zhu W, Qian Y, Wu S, Shu S., and Lin N. (2019). Increasing the hydraulic conductivity of solidified sewage sludge for use as temporary landfill cover. Advan Civil Eng 2019:8163563.
- Fan, Y. J., Zhu, W., Gong, M., Su, Y., Zhang, H. W., and Zeng, J. N. (2016). Catalytic gasification of dewatered sewage sludge in supercritical water: Influences of formic acid on hydrogen production. International Journal of Hydrogen Energy, 41(7), 4366-4373.
- FAO, (2017). Soil Organic Carbon: the hidden potential. Food and Agriculture Organization of the United Nations Rome, Italy.
- Iticescu, C., Georgescu, L. P., Murariu, G., Circiumaru, A., and Timofti, M. (2018). The characteristics of sewage sludge used on agricultural lands. In AIP conference proceedings (Vol. 2022, No. 1). AIP Publishing.
- Kemper, W.D., and Rosenau, R.C. (1986). Aggregate stability and size distribution. In A. Klute (Ed.), Methods of Soil Analysis, Part-1, Physical and Mineralogical Methods, 2nd Edition. American Society of Agronomy and Soil Science Society America, Madison, pp. 425-441.
- Mondal, S., Singh, R. D., Patra, A. K., and Dwivedi, B. S. (2015). Changes in soil quality in response to short-term application of municipal sewage sludge in a typic haplustept under cowpea-wheat cropping system. Environmental Nanotechnology, Monitoring and Management, 4, 37-41. <https://doi.org/10.1016/j.enmm.2014.12.001>.
- Ors, S., Sahin, U., and Kiziloglu, F.M. (2015). Yield, quality and irrigation water use of drip-irrigated silage maize with different irrigation techniques. Pak. J. Agric. Sci. 52, 595-607.
- Outhman AM, (2016) Impact of use sewage sludge in agriculture on physical properties of soil. IOSR J Environ Sci Toxicol Food Tech 10:8-86.
- Parlak M., Yiğini Y., and Ekinci., H. (2014). Seasonal change of erodibility in the soils of Canakkale-Umurbey plain. COMU J Agr Fac 2:123-131.
- Peng, J., Wu, Y., Geng, T., Zhang, C., Wang, J., and Cai, C. (2024). Soil pore dynamics and infiltration characteristics as affected by cultivation duration for Mollisol in northeast China. Geoderma, 449, 117021.
- Poggere, G. C., Serrat, B. M., Mangrich, A. S., França, A. A., Corrêa, R. S. and Barbosa, J. Z. (2019). Clay mineralogy affects the efficiency of sewage sludge in reducing lead retention of soils. Journal of Environmental Sciences, 80, 45-57.
- Rabbi, S.M.F., Warren, C.R., Swarbrick, B., Minasny, B., McBratney, A.B., and Young, I.M. (2024). Microbial decomposition of organic matter and wetting-drying promotes aggregation in artificial soil but porosity increases only in wet-dry condition. Geoderma, 447, 116924. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2024.116924>

- Ravi, S., Young, T., Macinnis-Ng, C., Nyugen, T. V., Duxbury, M., Alfaro, A. C., and Leuzinger, S. (2020). Untargeted metabolomics in halophytes: The role of different metabolites in New Zealand mangroves under multi-factorial abiotic stress conditions. *Environmental and Experimental Botany*, 173, 103993.
- Sari H, (2017) The effect of some soil characteristics on the hydraulic conductivity of soil in Tekirdağ Province. *Alinteri J Agr Sci* 32:95–103.
- Szymanska, G., Sulewska, H., and Śmiatacz, K. (2013). Response of maize grown for silage on the application of sewage sludge. *Acta Scientiarum Polonorum. Agricultura*, 12(3).
- TAGEM, (2017). *Evapotranspiration Guide for Irrigated Crops in Türkiye*. General Directorate of Agricultural Research and Policies, Republic of Türkiye Ministry of Agriculture and Forestry, Ankara.
- Yazdanpanah, N., Mahmoodabadi, M., and Cerdà, A. (2016). The impact of organic amendments on soil hydrology, structure and microbial respiration in semiarid lands. *Geoderma* 266, 58-65.
- Zuo, W., Gu, C., Zhang, W., Xu, K., Wang, Y., Bai, Y., and Dai, Q. (2019). Sewage sludge amendment improved soil properties and sweet sorghum yield and quality in a newly reclaimed mudflat land. *Science of The Total Environment*, 654, 541-549.

**RASYONDA PROBİYOTİK (*Bacillus velezensis*) İLAVELİ ARPA KULLANIMININ
ERKEK ETLİK PİLİÇLERDE PERFORMANSA VE KESİM ÖZELLİKLERİNE
ETKİSİ**

Lec. Dr. Seyit Ahmet GÖKMEN (ORCID:0000-0003-2309-2473)

Ondokuz Mayıs University, Ladik Vocational School, Department of Plant and Animal
Production, Samsun, Türkiye

Email:seyitahmet.gokmen@omu.edu.tr

Prof. Dr. Yusuf CUFADAR (ORCID:0000-0001-9606-791X)

Selcuk University, Agriculture Faculty, Department of Animal Science, Konya, Türkiye

Email:ycufadar@selcuk.edu.tr

Res. Asst. Dr. Esra Tuğçe GÜL (ORCID:0000-0002-2496-685X)

Selcuk University, Agriculture Faculty, Department of Animal Science, Konya, Türkiye

Email:esra.gul@selcuk.edu.tr

Prof. Dr. Osman OLGUN (ORCID:0000-0002-3732-1137)

Selcuk University, Agriculture Faculty, Department of Animal Science, Konya, Türkiye

Email:oolgun@selcuk.edu.tr

Assoc. Prof. Dr. Behlül SEVİM (ORCID:0000-0003-2996-3241)

Aksaray University, Aksaray Technical Sciences Vocational School, Department of Food
Processing, Aksaray, Türkiye

Email:behlulsevim@aksaray.edu.tr

Özet

Bu çalışmanın amacı, 1 g/kg seviyesinde probiyotik (*Bacillus velezensis*) ilave edilmiş %20 veya %30 arpa içeren rasyonların erkek etlik piliçlerin performansı, karkas özellikleri ve iç organ ağırlıkları üzerindeki etkilerini belirlemektir. Çalışmada, günlük yaştaki 120 erkek Ross 308 civciv, her biri 10 civcivden oluşan 4 alt grup içeren 3 muamele grubuna dağıtılmıştır. Muamele grupları, arpa ve probiyotik içermeyen rasyonlardan (Arpa0), 1 g/kg probiyotik ilaveli ve %20 arpa içeren (Arpa20) ile 1 g/kg probiyotik ilaveli ve %30 arpa içeren (Arpa30) rasyonlardan oluşturulmuştur. Performans parametreleri 10., 25. ve 42. günlerde belirlenmiş ve karkas ve iç organ ağırlıkları çalışmanın sonunda (42. gün) tespit edilmiştir. Çalışmada, rasyona probiyotik ilaveli arpanın kullanılmasıyla 25. günde canlı ağırlık (Arpa20 ve Arpa30), 11-25. günlerde canlı ağırlık artışı (Arpa20 ve Arpa30) ve 11-25. günlerde yem tüketimi (Arpa20 ve Arpa30) ve 0-42. günlerde yem tüketimi önemli derecede düşürmüştür ($P<0,05$), ancak bu etki diğer dönemlerde gözlenmemiştir. Yem dönüşüm oranı, her iki probiyotik ve arpa düzeyiyle 11-25. ve 0-42. günlerde önemli düzeyde iyileşmiştir ($P<0,05$). Karkas ve iç organ ağırlıkları deneme rasyonlarından etkilenmemiştir ($P>0,05$). Bu çalışmanın sonuçlarına göre, erkek etlik piliç rasyonlarında probiyotik ilaveli arpa kullanımıyla yem dönüşüm oranı iyileşmiştir.

Anahtar Kelimeler: Arpa, etlik piliç, karkas, performans, probiyotik.

**EFFECT OF USING BARLEY SUPPLEMENTED WITH PROBIOTICS (*Bacillus
velezensis*) IN THE DIET ON PERFORMANCE AND SLAUGHTERING
CHARACTERISTICS IN BROILERS**

Abstract

The aim of this study was to determine the effects of diets containing 20 or 30% barley supplemented with 1 g/kg probiotics (*Bacillus velezensis*) on the performance, carcass characteristics and visceral weights of male broilers. In the study, 120 male Ross 308 chicks of day-old age were distributed into 3 treatment groups with 4 subgroups of 10 birds each. Treatment groups consisted of diets without barley and probiotics (Barley0), 20% barley and 1 g/kg probiotics (Barley20) or 30% barley and 1 g/kg probiotics (Barley30). Performance parameters were determined on the 10th, 25th and 42nd days, and carcass and visceral weights were determined at the end of the study (42nd day). In the study, the use of probiotics-added barley in the diet significantly reduced the body weight on the 25th day (Barley20 and Barley30), body weight gain on the 11-25th days (Barley20 and Barley30) and feed intake on the 11-25th (Barley20 and Barley30) and 0-42nd days (Barley30) ($P < 0.05$), but this effect was not observed in the other periods. Feed conversion ratio was significantly improved with each probiotics and barley levels on 11-25th and 0-42nd days ($P < 0.05$). Carcass and visceral weights were not affected by treatment diets ($P > 0.05$). According to the results of this study, the feed conversion ratio was improved with the use of probiotic-added barley in male broiler diets.

Keywords: Barley, broiler, carcass, performance, probiotics,

1. INTRODUCTION

Barley is a grain with limited use in broiler and pullet diets due to its low energy level and the difficulty in digesting beta-glucans and pentosans in its structure. The use of additives to reduce/eliminate these negative effects of barley is a common practice. One of these additives is probiotics, which have been used as growth promoters in poultry and have yielded positive results in many studies conducted since the 1970s but have received little attention in barley-containing diets (Jernigan et al., 1985). Toghyani et al. (2011) reported that adding probiotics to the diet is effective in increasing the body weight of broilers. Additionally, it is stated that the addition of probiotics to barley-containing diets improves the digestion of barley (Mehrabadi and Jamshidi, 2019). Mehrabadi and Jamshidi (2019) and Ehsani et al. (2011) noted that there was no difference in performance with the use of probiotic-added barley in the diet compared to corn-based diets. The aim of this study was to determine the effects of diets containing probiotic-added barley on performance parameters and slaughtering characteristics of male broilers.

2. MATERIAL AND METHOD

Male broiler chicks (Ross 308) and feed materials were purchased from commercial companies and the diets were prepared in the Feed Unit located in Selçuk University, Faculty of Agriculture, Prof. Dr. Orhan Düzgüneş Animal Husbandry Research and Application Facility. In the study, 120 male broiler chicks were randomly distributed into 3 treatment groups with 4 subgroups. *Bacillus velezensis* (1011 CFU/g) was used as probiotics in the study. These additives used in the studies were also supplied by commercial companies. Treatment groups were created of diets containing no barley and probiotics (Barley0), containing 20% barley and 1 g/kg probiotics (Barley20) or containing 30% barley and 1 g/kg probiotics (Barley30) (Table 1).

Table 1. Treatment diets using different levels of barley and nutrient contents

Ingredients	Treatment diets								
	Barley0			Barley20			Barley30		
	Starter (0-10. days)	Grower (11-25. days)	Finisher (26-42. days)	Starter (0-10. days)	Grower (11-25. days)	Finisher (26-42. days)	Starter (0-10. days)	Grower (11-25. days)	Finisher (26-42. days)
Maize	48.14	51.28	56.40	30.54	30.89	35.85	20.70	20.61	25.53
Barley	---	---	---	20.00	20.00	20.00	30.00	30.00	30.00
Soybean meal	42.70	39.00	33.80	34.57	37.70	32.60	33.80	37.10	32.00
Corn gluten	---	---	---	5.00	---	---	5.00	---	---
Soybean oil	5.40	6.30	6.80	6.00	8.00	8.60	6.64	8.90	9.50
Limestone	0.70	0.60	0.60	0.85	0.68	0.60	0.85	0.71	0.64
Dicalcium phosphate	2.20	2.00	1.75	2.05	1.90	1.70	2.00	1.85	1.68
Salt	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
Premix	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
L-lysine	0.17	0.26	0.12	0.32	0.26	0.12	0.33	0.26	0.12
DL-methionine	0.34	0.21	0.18	0.32	0.22	0.18	0.33	0.22	0.18
Calculated nutrient contents									
ME, kcal/kg	3003	3105	3203	3009	3101	3205	2998	3102	3204
Crude protein, %	23.012	21.530	19.496	23.040	21.504	19.506	22.997	21.509	19.507
Calcium, %	0.973	0.872	0.794	0.968	0.875	0.780	0.954	0.873	0.790
Available phosphorus, %	0.489	0.445	0.396	0.482	0.445	0.405	0.482	0.445	0.410
Lysine, %	1.288	1.291	1.063	1.295	1.285	1.060	1.297	1.284	1.058
Methionine, %	0.675	0.521	0.467	0.672	0.525	0.462	0.679	0.522	0.459
Methionine+cystine	0.974	0.899	0.815	1.035	0.906	0.812	1.043	0.904	0.810

¹ The premix provided the following per kg of diet: retinyl acetate, 4.0 mg; cholecalciferol, 0.055 mg; DL- α -tocopheryl acetate, 11 mg; nicotinic acid, 44 mg; calcium-D-pantothenate, 8.8 mg; riboflavin sodium phosphate, 5.8 mg; thiamine hydrochloride, 2.8 mg; cyanocobalamin, 0.66 mg; folic acid, 1 mg; biotin, 0.11 mg; choline, 220 mg; Zn, 60 mg; Mn, 60 mg; Fe, 30 mg; Cu, 5 mg; Iodine, 1.1 mg; Se, 0.1 mg.

During the experiment, body weight and feed intake were determined as g/chick by group weighings at the hatching, 10th day, 24th day, and final (42nd day) of the trial. Body weight gain was also found from these measurements. Feed conversion ratio was calculated as g feed/g gain with feed intake / body weight gain formula.

At the end of the experiment, two broilers at six weeks of age from each subgroup were euthanized by cervical dislocation. Carcass, thigh+drumstick, breast, gizzard, liver, pancreas, and abdominal fat were weighed with a 0.01 g precision scale, and then their relative weights were determined. Relative weights of carcasses and some organs were calculated as percentage of body weight. On the other hand, relative weights of thigh+drumstick and breast were determined as a percentage of the carcass. After data were obtained for slaughtering parameters, jejunum samples were taken for histological analysis.

Data were analysed in the SPSS 18.0 software package (SPSS Inc., Chicago, IL, USA) with a model of one-way ANOVA, using the group mean as an experimental unit. Differences among the group means were determined by Duncan's range tests. A probability value of $P < 0.05$ was considered statistically significant.

3. RESULTS AND DISCUSSION

The effects of using 20% and 30% barley with probiotics (1 g/kg) in broiler diets on performance are given in Table 2.

Table 2. Effect of probiotics-supplemented barley using in male broiler diets on performance

Parameters	Treatments			Standard error	P value
	Barley0	Barley20	Barley30		
Body weight, g/bird					
Hatching	41.50	41.13	42.13	0.222	0.183
10 th days	255.1	253.0	250.3	1.67	0.554
25 th days	1178.2 ^a	1142.0 ^b	1135.0 ^b	7.95	0.039
42 nd days	3169.4	3100.9	3056.7	22.17	0.102
Body weight gain, g/bird					
0-10 th days	213.6	211.9	208.2	1.70	0.458
11-25 th days	923.1 ^a	889.0 ^b	884.7 ^b	7.00	0.028
26-42 nd days	1991.3	1958.9	1921.7	19.08	0.363
0-42 nd days	3127.9	3059.8	3014.5	22.31	0.103
Feed intake, g/bird					
0-10 th days	271.5	277.2	270.7	1.76	0.275
11-25 th days	1253.4 ^a	1178.4 ^b	1141.8 ^b	15.53	0.001
26-42 nd days	3339.9	3231.4	3150.2	34.01	0.055
0-42 nd days	4864.7 ^a	4687.1 ^{ab}	4562.6 ^b	47.71	0.014
Feed conversion ratio					
0-10 th days	1.272	1.309	1.301	0.0134	0.541
11-25 th days	1.358 ^a	1.326 ^b	1.291 ^c	0.0091	<0.001
26-42 nd days	1.678	1.650	1.640	0.0076	0.093
0-42 nd days	1.555 ^a	1.532 ^b	1.514 ^c	1.124	0.002

Barley0: Group without barley and probiotics addition, **Barley20:** Group containing 20% barley with probiotics addition at 1 g/kg level, **Barley30:** Group containing 30% barley with

probiotics addition at 1 g/kg level. ^{a,b}: The difference between the means shown with different letters in the same row is statistically significant ($P < 0.05$).

The use of 1 g/kg probiotics-added barley in the diet (20% and 30%) statistically affected the 25th day body weight ($P < 0.05$), but this effect was insignificant in other periods ($P > 0.05$). In this study, the body weights of broilers were 41.50-42.13 g at hatching, 250.2-255.5 g on the 10th day and 3056.7-3169.4 g on the 42nd day. In the study, the use of probiotics-added barley in the diet decreased the body weight on the 25th day. Compared to the body weight (1178.2 g) of the control (Barley0) group, the body weight of the Barley20 (1142.0 g) and Barley30 (1135.0 g) groups was found to be significantly lower. The use of 1 g/kg probiotics-supplemented barley in the diet (20% and 30%) affected the body weight gain of broilers on the 11-25th days statistically ($P < 0.05$), but this effect was insignificant in other periods ($P > 0.05$). In the current research, body weight gains of broilers were 208.2-213.6 g on 0-10th days, 1921.7-1991.3 g on 26-42nd days, and 3014.5-3127.9 g on 0-42nd days. A decrease in body weight gain was observed on the 11-25th days with the use of probiotic and barley in the diet. Compared to the body weight gain (923.1 g) of the control (Barley0) group, the body weight gain of the Barley20 (889.0 g) and Barley30 (884.7 g) groups was found to be significantly lower. Feed intake was significantly affected by the use of probiotics-supplemented barley in the 11-25th and 0-42nd days periods ($P < 0.05$) but was not affected in the other periods ($P > 0.05$). According to the periods, feed intake of male broilers was 270.7-277.2 g on 0-10th days and 3150.2-3339.9 g on 26-42nd days. Feed intake in the 11-25th days period in the Barley0 group was 1253.4 g, and it was significantly higher than the Barley20 (1178.4 g) and Barley30 (1141.8 g) groups. In the study, feed intake decreased with increasing barley level in the 0-42nd days period, and this decrease was statistically significant in the Barley30 (4562.6 g) compared to the Barley0 group (4864.7 g). Feed conversion ratio of broilers was significantly affected using probiotic-added barley in the 11-25th and 0-42nd days periods ($P < 0.05$) but was not affected in the other periods ($P > 0.05$). For the periods, the feed conversion ratio was 1.272-1.309 on 0-10th days and 1.640-1.678 on 26-42nd days. The feed conversion ratio on 11-25th and 0-42nd days improved with the dietary barley levels and were 1.358 and 1.555 in the Barley0 group, 1.326 and 1.532 in the Barley20 group and 1.291-1.514 in the Barley30 group, respectively, and the difference among the group means was found to be statistically significant. It is known that the use of probiotics in the diet improves body weight gain (Toghyani et al., 2011). It is reported that diets containing barley with added probiotics are no different from corn-based diets in terms of digestion of nutrients and that this is due to the probiotics increasing the digestion of barley (Mehrabadi and Jamshidi, 2019). Contrary to the current study, Mehrabadi and Jamshidi (2019) stated that the addition of probiotics to broiler diets containing 20% barley did not affect performance parameters compared to corn-based diets. Similar results were noted by Ehsani et al. (2011). Although there was a decrease in body weight in the current study, the feed efficiency improved in the Barley20 due to the decrease in feed intake, and this improvement was more pronounced in the Barley30 group. For the producer, this means that there has been a reduction in the unit cost needed for unit production. Therefore, for the producer, this means that there has been a reduction in the unit cost needed for unit production.

The effects of using 20% and 30% barley with probiotics (1 g/kg) in broiler diets on carcass characteristics are demonstrated in Table 3. The effect of using probiotics-supplemented barley (20% and 30%) in broiler diets on carcass (75.11-76.35%), thigh+drumstick (27.04-28.66%), breast (36.84-38.79%), and abdominal fat (0.64-0.96%) was statistically insignificant ($P > 0.05$).

Table 3. Effect of probiotics-supplemented barley using in male broiler diets on slaughtering characteristics

Parameters	Treatments			Standard error	P value
	Barley0	Barley20	Barley30		
Carcass*	76.15	76.35	75.11	0.452	0.531
Thigh+drumstick**	27.04	28.66	28.62	0.426	0.220
Breast**	36.84	38.79	36.96	0.854	0.626
Abdominal fat*	0.96	0.68	0.64	0.083	0.241

Barley0: Group without barley and probiotics addition, **Barley20:** Group containing 20% barley with probiotics addition at 1 g/kg level, **Barley30:** Group containing 30% barley with probiotics addition at 1 g/kg level. *Given as a percentage of body weight. ** Given as a percentage of carcass

The effects of using 20% and 30% barley with probiotics (1 g/kg) in broiler diets on carcass characteristics are shown in Table 4. The effect of using probiotics-added barley (20% and 30%) in broiler diets on liver (1.71-1.75%), gizzard (1.41-1.52%), and pancreas (0.194-0.208%) ratios was statistically insignificant ($P>0.05$). In the present study, slaughtering traits and visceral weights were not affected by treatment diets. These results are similar to Denli et al. (2003), Pelicano et al. (2005), Cengiz et al. (2015), and Mehrabadi and Jamshidi (2019).

Table 4. Effect of probiotics-supplemented barley using in male broiler diets on visceral weights

Parameters*	Treatments			Standard error	P value
	Barley0	Barley20	Barley30		
Liver	1.73	1.71	1.75	0.025	0.827
Gizzard	1.48	1.41	1.52	0.039	0.558
Pancreas	0.208	0.203	0.194	0.0303	0.841

Barley0: Group without barley and probiotics addition, **Barley20:** Group containing 20% barley with probiotics addition at 1 g/kg level, **Barley30:** Group containing 30% barley with probiotics addition at 1 g/kg level. *Given as a percentage of body weight.

4. CONCLUSION

According to the results of this study, the use of probiotics-added barley in broiler diets caused a decrease in both body weight and feed intake but the feed conversion ratio improved significantly compared to corn-based diets. Therefore, the use of probiotics-supplemented barley was effective in improving feed efficiency in male broilers without changing slaughtering characteristics.

REFERENCES

- Cengiz, Ö., Köksal, B. H., Tatlı, O., Sevim, Ö., Ahsan, U., Üner, A. G., Ulutaş, P. A., Beyaz, D., Büyükyörük, S., Yakan, A., & Öno1, A. G. (2015). Effect of dietary probiotic and high stocking density on the performance, carcass yield, gut microflora, and stress indicators of broilers. *Poultry Science*, 94(10), 2395-2403.
- Denli, M. (2003). Effect of dietary probiotic, organic acid and antibiotic supplementations to diets on broiler performance and carcass yield. *Pakistan Journal of Nutrition*, 2(2), 96-98.
- Ehsani, M., Baratian, V., & Torki, M. (2011). Performance of broilers fed barley-based diets supplemented by two sources of commercial probiotics. *World Applied Science Journal*, 14, 9-14.
- Jernigan, M. A., Miles, R. D., & Arafa, A. S. (1985). Probiotics in Poultry Nutrition—A Review1. *World's Poultry Science Journal*, 41(2), 99-107.
- Mehrabadi, M., & Jamshidi, R. (2019). Effect of antibiotic, probiotic and prebiotic in diets containing barley on performance, digestibility, intestinal morphology, blood parameters and immunological response in broilers. *Iranian Journal of Applied Animal Science*, 9(3), 497-507.
- Pelicano, E. R. L., Souza, P. D., Souza, H. D., Figueiredo, D. F., Boiago, M. M., Carvalho, S. R., & Bordon, V. F. (2005). Intestinal mucosa development in broiler chickens fed natural growth promoters. *Brazilian Journal of Poultry Science*, 7, 221-229.
- Toghyani, M., Toghyani, M., & Tabeidian, S. A. (2011, May). Effect of probiotic and prebiotic as antibiotic growth promoter substitutions on productive and carcass traits of broiler chicks. In *International Conference on Food Engineering and Biotechnology* (Vol. 9, pp. 82-86).

**REGULATION OF PROLINE TRANSPORTER (prot) GENES IN TOMATO
(*Solanum lycopersicum*) UNDER HEAT STRESS**

M. Aydın AKBUDAK (ORCID: 0000-0002-1397-4678)

Akdeniz University, College of Agriculture, Department of Agricultural Biotechnology,
Antalya-Türkiye

Email: akbudak@akdeniz.edu.tr

Abstract

Proline transporter (PROT) genes play a vital role in enhancing heat stress resilience in tomato (*Solanum lycopersicum*). As a key osmolyte, proline supports cellular stability, osmotic regulation, and oxidative protection during abiotic stress. Analysis of four transporter genes—*SlProT1*, *SlProT2*, *SlProT3*, and *SlProT4*—under heat stress conditions reveals that *SlProT3* and *SlProT4* are significantly upregulated, suggesting a primary role in mobilizing proline to tissues under thermal pressure. This targeted transport supports both osmotic balance and protection in leaves and reproductive organs, preserving pollen viability and yield. These findings highlight PROT genes as promising targets for breeding heat-resilient tomato varieties, essential for maintaining productivity in warming climates.

Keywords: Proline transporter (ProT) genes, heat stress, tomato, gene expression

Introduction

Proline is a crucial amino acid that contributes to the resilience of tomato plants (*Solanum lycopersicum*) under various abiotic stresses, including drought, salinity, and extreme temperatures. As an osmolyte, it helps maintain osmotic balance within cells, stabilizes proteins and membranes, and acts as an antioxidant by scavenging harmful reactive oxygen species (ROS). However, the effectiveness of proline in stress mitigation depends not only on its synthesis but also on its efficient transport within the plant. Specialized proline transporters, primarily belonging to the Proline Transporter (ProT) family, play a pivotal role in regulating the distribution of proline across tissues, ensuring it accumulates where it is needed most during stress events (Akbudak & Filiz, 2020; Chen et al., 2024).

In tomato plants, the expression of proline transporters is highly responsive to environmental changes, including heat stress. Under normal conditions, these transporters maintain a dynamic balance by redistributing proline from source tissues, such as mature leaves, to sink tissues, including developing fruits and roots. When exposed to heat stress, however, this balance shifts dramatically. Proline transporter genes are upregulated to meet the increased demand for osmotic regulation and protection against oxidative damage. The activation of transcription factors such as WRKY3 and DREB in response to heat stress signals promotes the expression of these transporters, enhancing the mobilization of proline to tissues under thermal and oxidative pressure (Hichri et al., 2017). This rapid response helps mitigate protein denaturation, preserve cell membrane integrity, and maintain turgor pressure, which is essential for sustaining stomatal function and preventing water loss during extreme heat.

Reproductive tissues, including flowers and young fruits, are particularly vulnerable to heat stress. Proline transporters play a key role in ensuring that these tissues receive enough proline to avoid stress-induced damage. By facilitating the movement of proline into flowers, transporters help maintain pollen viability and prevent flower abortion, both of which are critical for ensuring successful fruit set and yield. This role becomes increasingly important in environments where heat waves coincide with the flowering and fruiting stages of tomato plants. Without efficient proline transport, flowers may abort prematurely, and fruits may experience metabolic imbalances, leading to reduced crop yield and quality (Akbudak et al., 2022; Manaa et al., 2011).

The regulation of proline transporters also ensures that stress-induced proline accumulation does not disrupt normal metabolic processes. During periods of recovery from heat stress, these transporters redistribute proline from stress-affected tissues to other parts of the plant, such as developing fruits, ensuring that resources are allocated efficiently for growth and productivity. This redistribution supports processes like fruit ripening, where proline is involved in sugar metabolism and enzyme activity, contributing to fruit quality and flavor. Thus, proline transporters act not only as mediators of stress tolerance but also as regulators of developmental processes that are essential for agricultural productivity (Alzahrani, 2021; Ghorbani et al., 2023).

The role of proline transporters in managing heat stress highlights their importance in agricultural research. As global temperatures continue to rise, crops like tomatoes to withstand heat stress becomes crucial. Enhancing the expression and activity of proline transporters offers a promising strategy for developing heat-tolerant tomato varieties. Breeding programs and

genetic engineering efforts that focus on these transporters can help create plants with better stress resilience, ensuring sustainable yields even under increasingly challenging environmental conditions (Ghorbani et al., 2023). Understanding the molecular mechanisms governing proline transporter expression and function, especially under heat stress, is essential for developing practical solutions to safeguard crop production in the face of climate change.

Research has demonstrated that proline transporters do more than simply move amino acids; they also influence the expression of stress-related genes and interact with hormonal pathways involved in plant growth and defense. This interplay suggests that proline transporters are integrated into a broader network of molecular responses that coordinate both stress tolerance and developmental processes in tomatoes. By ensuring that proline is efficiently distributed across tissues and between cellular compartments, these transporters enable plants to balance the demands of growth with the need for survival during heat stress and other environmental challenges (Chen et al., 2024; Akbudak et al., 2020).

The ability of proline transporters to enhance both stress tolerance and fruit quality underscores their agricultural significance. Future studies focusing on the regulation of these transporters under heat stress will provide further insights into how tomatoes and other crops can be optimized to cope with climate-induced stressors. Such research is critical for meeting the growing demand for food in an era marked by increasingly unpredictable weather patterns, making proline transporters key targets in efforts to ensure crop productivity and food security in the years to come.

Material and Methods

In this study, Kamenta F1 seedlings (Hazera Co., Antalya, Türkiye) were used. The plants were grown in a peat mixture (3:1) at 25 °C with 50% humidity under a long-day photoperiod of 16 h light and 8 h darkness ($140 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$). They were watered with tap water every third day. Heat stress was applied to 8-week-old seedlings, with the heat-stressed plants being kept in the greenhouse at 42 °C/37 °C (day/night) for 3 days, while control plants continued to grow under normal conditions. Subsequently, leaves and roots were harvested for RNA extraction. RNA was isolated using the RNA Plant Mini Kit (Qiagen, Cat No: 74904) according to the manufacturer's instructions. The RNA samples were treated with RQ1 RNase-Free DNase (Promega, USA), and RNA integrity and DNA contamination were assessed by gel electrophoresis. RNA concentrations were measured using Qubit (Invitrogen, USA), and gene expression analysis was performed via RT-qPCR using the Light Cycler 96 System (Roche). For the RT-qPCR, 10 ng of RNA was utilized, and measurements were conducted with the Luna Universal One-Step RT-qPCR Kit (NEB, USA). The primers used were the same as those reported by Akbudak and Filiz (2020). Actin isoform B (Actin) was used as the internal control, and gene expression was quantified using the $\Delta\Delta C_T$ method (Livak and Schmittgen, 2001). Average C_T values for leaf and root samples were obtained from three biological and three technical replicates per gene.

Results and discussion

The expression analysis of the four proline transporter genes, *SIProT1*, *SIProT2*, *SIProT3*, and *SIProT4*, in tomato leaves under heat stress reveals a differential regulatory response among these transporters (Fig. 1). The results show that *SIProT3* and *SIProT4* exhibit the highest

expression levels, with approximate values of 2.07 and 2.76, respectively. This pronounced upregulation suggests that *SIProT3* and *SIProT4* play significant roles in facilitating proline transport under heat stress conditions, potentially contributing to osmotic regulation and cellular protection within leaf tissues to support plant tolerance mechanisms at elevated temperatures.

Conversely, *SIProT1* and *SIProT2* display comparatively lower expression levels under the same conditions. This difference suggests that *SIProT1* and *SIProT2* may either be less responsive to heat stress in leaf tissues or may have more specialized roles under different environmental stresses or in other organs. The variation in expression among the proline transporter genes indicates a functional differentiation, where specific transporters like *SIProT2* may be selectively activated in response to heat stress, likely to ensure efficient proline distribution and help the plant adapt to high temperatures.

These differential expression patterns provide valuable insights into the regulatory mechanisms plants deploy to cope with heat stress. Proline, a multifunctional amino acid, acts as an osmoprotectant under abiotic stress conditions, supporting cellular osmotic balance, stabilizing protein structures, and protecting cellular membranes (Szabados & Savouré, 2010). Given these roles, the transport of proline becomes critical for plant resilience. The upregulation of *SIProT3* and *SIProT4* suggests these genes are central to mobilizing proline to areas susceptible to heat damage, as maintaining proline concentrations in cytoplasm can aid osmotic balance and counteract dehydration-induced stress (Verslues & Sharma, 2010).

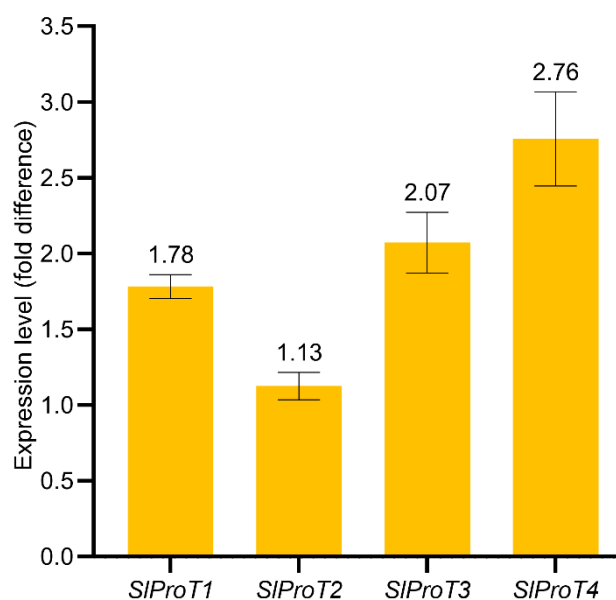


Figure 1. Expression profiling of *SIProT* genes in tomato leaves subjected to heat treatment, measured by RT-qPCR. Error bars represent the standard deviation of the mean (SDOM; n=3).

The targeted expression of *SIProT3* and *SIProT4* in leaf tissues underlines the necessity of specific proline transporters in managing osmotic and oxidative stresses, with proline acting both as an osmolyte and as a reactive oxygen species (ROS) scavenger (Kavi Kishor & Sreenivasulu, 2014). This role is especially important in leaves, where heat stress can disrupt

photosynthetic processes, leading to oxidative damage. Ensuring an adequate proline supply may therefore help protect photosynthetic machinery and promote stress resilience. On the other hand, the relatively low expression of *SIProT1* and *SIProT2* may suggest their limited involvement in heat stress response or that they have roles under alternative conditions, thus underscoring a level of functional specialization among proline transporters (Lehmann et al., 2011).

The role of transporter-specific gene regulation in heat tolerance has profound implications for crop improvement. The selective activation of transporters such as *SIProT3* and *SIProT4* under heat stress could be leveraged in breeding or genetic engineering programs to enhance stress resilience in crops. By focusing on these transporter genes, breeders may be able to improve crop performance under increasingly frequent heat stress conditions, thus contributing to sustainable agricultural practices (Kavi Kishor & Sreenivasulu, 2014).

References

- Akbudak, M. A., & Filiz, E. (2020). Genome-wide investigation of proline transporter (ProT) gene family in tomato: Bioinformatics and expression analyses in response to drought stress. *Plant Physiology and Biochemistry*, 151, 323-335.
- Chen, X., Han, H., Cong, Y., Li, X., Zhang, W., Cui, J., & Xu, W. (2024). Ascorbic acid improves tomato salt tolerance by regulating ion homeostasis and proline synthesis. *Plants*, 13(12), 1672.
- George, S., Minhas, N. M., Jatoi, S. A., Siddiqui, S. U., & Zubair, M. (2015). Impact of polyethylene glycol on proline and membrane stability index for water stress regime in tomato (*Solanum lycopersicum*). *Pakistan Journal of Botany*, 47(3), 891-897.
- Ghorbani, A., Pishkar, L., Saravi, K. V., & Chen, M. (2023). Melatonin-mediated nitric oxide boosts stability through proline metabolism in tomato under NaCl stress. *Frontiers in Plant Science*, 14, 1135943.
- Hayat, S., Hayat, Q., Alyemeni, M. N., Wani, A. S., Pichtel, J., & Ahmad, A. (2012). Role of proline under changing environments: A review. *Plant Signaling & Behavior*, 7(11), 1456-1466.
- Hichri, I., Muhovski, Y., Žižková, E., Dobrev, P. I., Motyka, V., Lutts, S., & Todorova, D. (2017). The *Solanum lycopersicum* WRKY3 transcription factor is involved in salt stress tolerance in tomato. *Frontiers in Plant Science*, 8, 1343.
- Kavi Kishor, P. B., & Sreenivasulu, N. (2014). Is proline accumulation per se correlated with stress tolerance or is proline homeostasis a more critical issue? *Plant, Cell & Environment*, 37(2), 300-311.
- Lehmann, S., Funck, D., Szabados, L., & Rentsch, D. (2011). Proline metabolism and transport in plant development. *Amino Acids*, 39(4), 949-962.
- Livak, K. J., & Schmittgen, T. D. (2001). Analysis of relative gene expression data using real-time quantitative PCR and the 2⁻ΔΔCT method. *Methods*, 25(4), 402-408.
- Manaa, A., Ahmed, H. B., Smiti, S., & Masmoudi, K. (2011). Salt-stress induced physiological and proteomic changes in tomato (*Solanum lycopersicum*) seedlings. *OMICS: A Journal of Integrative Biology*, 15(9), 625-636.
- Omari Alzahrani, F. (2021). Genome-wide analysis of amino acid transporter superfamily in tomato (*Solanum lycopersicum*). *Plants*, 10(2), 289.
- Szabados, L., & Saviouré, A. (2010). Proline: A multifunctional amino acid. *Trends in Plant Science*, 15(2), 89-97.
- Verslues, P. E., & Sharma, S. (2010). Proline metabolism and its implications for plant–environment interaction. *Arabidopsis Book*, 8, e0140.

DIFFERENTIAL EXPRESSION OF WHIRLY GENES IN TOMATO (*Solanum lycopersicum*) UNDER COLD STRESS: A COMPARATIVE ANALYSIS OF SIWHY1 AND SIWHY2

Durmus CETIN* (ORCID: 0000-0001-9567-4531)

Akdeniz University, College of Agriculture, Department of Agricultural Biotechnology,
Antalya-Türkiye

Email: durmuscetin@akdeniz.edu.tr

Doç. Dr. M. Aydın AKBUDAK (ORCID: 0000-0002-1397-4678)

Akdeniz University, College of Agriculture, Department of Agricultural Biotechnology,
Antalya-Türkiye

Email: akbudak@akdeniz.edu.tr

Abstract

Plants face various environmental stresses, including cold, which can significantly hinder growth and development. One key plant response mechanism involves the regulation of gene expression, including transcription factors like WHIRLY proteins, which are known to modulate responses to stress. This study investigates the differential expression of two *WHIRLY* genes, SIWhy1 and SIWhy2, in *Solanum lycopersicum* (tomato) under cold stress. Using RT-qPCR, we analyzed the gene expression profiles in tomato leaves and roots after exposure to cold conditions. Results showed that SIWhy1 exhibited higher expression levels in leaves, increasing by 25%, while SIWhy2 increased by 18%. However, in root tissues, both genes were downregulated, with SIWhy1 and SIWhy2 decreasing by 60% and 38%, respectively. These results indicate a tissue-specific regulation of *WHIRLY* genes in response to cold stress, highlighting their differential roles in stress tolerance across plant tissues. The findings contribute to a better understanding of the molecular mechanisms of cold stress tolerance, positioning WHIRLY proteins as potential targets for enhancing crop resilience in adverse environmental conditions.

Keywords: WHIRLY, cold stress, gene expression

Introduction

Plants face environmental stresses such as drought, cold, and heat, which can inhibit growth and development. These stresses lead to the production of reactive oxygen species (ROS) in various cellular compartments, causing damage to proteins, lipids, and DNA, ultimately leading to cell death. Antioxidants, both enzymatic and non-enzymatic, help mitigate ROS damage. Transcription factors, like WHIRLY (Why) proteins, play key roles in plant stress responses by regulating gene expression. WHIRLY proteins, small DNA-binding proteins, are involved in defense, transcription, and telomere maintenance. These proteins have been shown to affect mitochondrial and chloroplast functions, with *Arabidopsis* containing three WHIRLY proteins, each with distinct roles. Gene expression studies have further demonstrated the importance of WHIRLY proteins under various environmental stresses. For example, RNAi-mediated knockdown of the *HvWHIRLY1* gene in barley delayed the expression of genes associated with both senescence and drought stress, resulting in a stay-green phenotype under drought conditions (Janack et al. 2016). This indicates that WHIRLY proteins not only help mitigate stress damage but also influence developmental processes like senescence. Recent findings have highlighted the role of WHIRLY proteins in the regulation of DNA replication and maintenance in plastids, placing them within the plastid and nucleus-associated proteins (ptNAP) group (Krupinska et al. 2014). Overexpression of the tomato *WHIRLY* gene in transgenic tobacco has conferred drought tolerance and resistance to the bacterial pathogen *Pseudomonas solanacearum* (Zhao et al. 2018), underscoring their potential for improving stress tolerance in crops. Studies show WHIRLY proteins are involved in responses to stress, such as drought and pathogen resistance. For instance, overexpression of WHIRLY proteins in potato (Desveaux et al. 2000) and transgenic tobacco (Zhao et al. 2018), have been linked to improved stress tolerance. This study focused on examining the expression profiles of tomato *WHIRLY* genes during cold stress. The findings from this study highlight the significance of WHIRLY proteins in coordinating plant responses to cold stress at the transcriptional level, making them important targets for future research and crop improvement efforts.

Material and methods

In this study, Istek F1 seedlings from Istanbul Agri. Co. were employed. The plants were cultivated in a peat mixture (3:1) at 25°C with 50% humidity, exposed to a long-day photoperiod of 16 hours of light and 8 hours of darkness ($140 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$). They were irrigated with tap water every three days. After a 24-hour cold exposure at +4 °C, leaves and roots were collected for RNA extraction. RNA was extracted using the RNA Plant Mini Kit (Qiagen, Cat No: 74904) following the manufacturer's protocol. The RNA samples were treated with RQ1 RNase-Free DNase (Promega, USA), and RNA integrity and potential DNA contamination were evaluated by gel electrophoresis. RNA concentrations were measured using a Qubit (Invitrogen, USA), and gene expression analysis was conducted via RT-qPCR with the Light Cycler 96 System (Roche). For RT-qPCR, 10 ng of RNA was used, and the Luna Universal One-Step RT-qPCR Kit (NEB, USA) was employed. The primers were those reported by Akbudak and Filiz (2019). Actin isoform B (Actin) served as the internal control, and gene expression was quantified using the $\Delta\Delta C_T$ method (Livak and Schmittgen, 2001). Average C_T values for leaf and root samples were derived from three biological and three technical replicates per gene.

Results and discussion

SIWhy1 and SIWhy2 in tomato have distinct expression patterns. SIWhy1 generally exhibits higher expression levels than SIWhy2 across a range of tissues, including root tips and lateral roots, while both genes show lower expression in cotyledons. During developmental stages, SIWhy1 consistently maintains higher expression compared to SIWhy2, suggesting its significant role throughout plant development (Akbudak and Filiz, 2019). The expression analysis revealed that in the leaves, both *SIWhy* genes were upregulated, with *SIWhy1* increasing by 25% and *SIWhy2* by 18%. This indicated a rise in gene activity in response to cold stress in leaf tissues. In the roots, however, the trend was reversed. Both *SIWhy1* and *SIWhy2* were downregulated, with *SIWhy1* showing a more pronounced decrease of 60%, while *SIWhy2* showed a smaller reduction of 38% (Fig 1). This suggested a tissue-specific response to cold stress, where leaf tissues activated these genes, while root tissues suppressed their expression. The contrasting responses between the two tissues likely reflected distinct strategies for managing cold stress in different parts of the tomato plant.

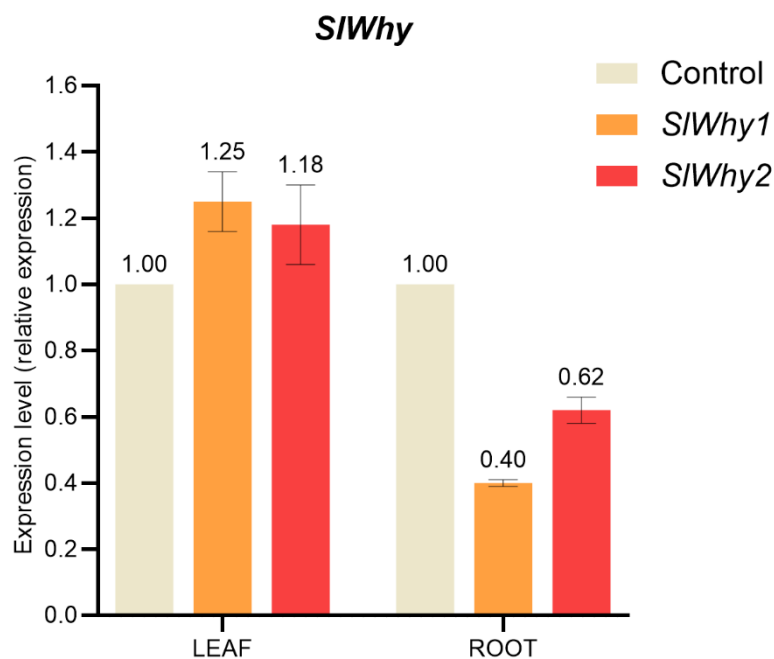


Fig. 1 Expression profiling of *SIWHY* genes in tomato leaves subjected to cold treatment, measured by RT-qPCR. Error bars represent the standard deviation of the mean (SDOM; n=3).

In a previous study, Akbudak and Filiz (2019) demonstrated that both genes are up-regulated under stress conditions, with SIWhy1 exhibiting more pronounced responses. SIWhy1 is particularly up-regulated by carbon nanotubes and reduced inositol-(1,4,5)-trisphosphate, and shows increased expression during drought stress. In contrast, SIWhy2 is more sensitive to light conditions and biotic stress, such as infection by *Botrytis cinerea*. Overall, SIWhy1 seems to play a more significant role in stress responses and developmental processes compared to SIWhy2, as its expression is more consistently elevated across different conditions.

References

- Akbudak, M. A., & Filiz, E. (2019). Whirly (Why) transcription factors in tomato (*Solanum lycopersicum* L.): genome-wide identification and transcriptional profiling under drought and salt stresses. *Molecular biology reports*, 46(4), 4139-4150.
- Desveaux, D., Després, C., Joyeux, A., Subramaniam, R., & Brisson, N. (2000). PBF-2 is a novel single-stranded DNA binding factor implicated in PR-10a gene activation in potato. *The Plant Cell*, 12(8), 1477-1489.
- Janack, B., Sosoi, P., Krupinska, K., & Humbeck, K. (2016). Knockdown of WHIRLY1 affects drought stress-induced leaf senescence and histone modifications of the senescence-associated gene HvS40. *Plants*, 5(3), 37.
- Krupinska, K., Oetke, S., Desel, C., Mulisch, M., Schäfer, A., Hollmann, J., ... & Hensel, G. (2014). WHIRLY1 is a major organizer of chloroplast nucleoids. *Frontiers in plant science*, 5, 432.
- Livak, K. J., & Schmittgen, T. D. (2001). Analysis of relative gene expression data using real-time quantitative PCR and the $2^{-\Delta\Delta CT}$ method. *methods*, 25(4), 402-408.
- Zhao, S. Y., Wang, G. D., Zhao, W. Y., Zhang, S., Kong, F. Y., Dong, X. C., & Meng, Q. W. (2018). Overexpression of tomato WHIRLY protein enhances tolerance to drought stress and resistance to *Pseudomonas solanacearum* in transgenic tobacco. *Biologia plantarum*, 62(1), 55-68.

**TUZ STRESİNDE LAHANA TOHUMLARININ ÇİMLENME TESTİ VE TARAMA
ELEKTRON MİKROSKOP ANALİZİ**

Altan ÇETİN

Ziraat Yüksek Mühendisi, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü
Email:altancetin705@gmail.com

Doç. Dr. Turgay KABAY

Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Erçiş Meslek Yüksekokulu
Email:tkabay@yyu.edu.tr

Doç. Dr. Van , Aytekin EKİNCİALP

Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Başkale Meslek Yüksekokulu
Email:aytekinekincialp@yyu.edu.tr

Dr. Öğr. Üyesi, Selma KIPÇAK BİTİK*

Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Başkale Meslek Yüksekokulu
Email:selmakipcak@yyu.edu.tr

Özet

Lahana yetiştiriciliği yapılan bölgelerde tuz içeriğinin yüksek olması, tohum çimlenmesini ve genel verimi olumsuz yönde etkilemektedir. Van ili Erçiş ilçesinde lahana genotiplerinin bolluğu göz önüne alındığında, bu çalışmada dört lahana genotipinin ve Yalova lahana çeşidinin değişen tuz konsantrasyonlarına (0, 50, 100 ve 150 ppm) tepkileri araştırılmıştır. her petriye 0, 50, 100 ve 150 ppm tuz dozları hazırlanıp, filtre kağıdı arasına tohum ekilmiş yapılmıştır. Çalışma, her biri dört petri kabından oluşan, üç tekrarlı, tesadüf parselleri faktöriyel deneme desenine göre yapılmıştır. Lahana tohum çimlenmesi 13 günde tamamlanmış, günlük çimlenme verileri kaydedilmiştir. Bu çalışmada Erçiş lahanası genotip tohumlarının değişen tuz konsantrasyonlarına (0, 50, 100 ve 150 ppm) tepkileri değerlendirilmiştir. Tuza tolerans gösteren lahana genotipleri daha yüksek çimlenme oranları ve daha kısa çimlenme süreleri göstermiştir. Taramalı elektron mikroskobu analizi, tohum yapılarında C, O, Ca, Si, Na, P, S, Cl, K ve Mg gibi elementlerin varlığını ortaya çıkardı. Tuza duyarlı genotiplerde C, O, Ca, Si, Na, P, S ve Cl elementleri tespit edilirken K ve Mg tespit edilememiştir. Ayrıca hassas genotipler, geç çimlenme ve düşük çimlenme oranları sergilemiştir. Taramalı elektron mikrografları, tuz konsantrasyonları arttıkça hücre büzülmesinde bir artış ve tohum kabuklarındaki hücre genişliğinde bir azalmanın yanı sıra tohum kıl yoğunluğunda bir azalma olduğunu göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Lahana Tohumu, Taramalı Elektronik Mikroskop, Tuz Stresi

**GERMINATION TEST AND SCANNING ELECTRON MICROSCOPE ANALYSIS
OF CABBAGE SEEDS UNDER SALT STRESS**

Abstract

The presence of high salt content in regions where cabbage is cultivated adversely affects seed germination and overall yield. Given the abundance of cabbage genotypes in the Erciş district of Van province, Turkey, this study investigated the responses of four cabbage genotypes and the Yalova cabbage variety to varying salt concentrations (0, 50, 100, and 150 ppm). Cabbage genotype seeds were planted in petri dishes, with 20 seeds per dish, on filter paper substrates. Salt solutions at concentrations of 0, 50, 100, and 150 ppm were prepared and applied to each petri dish containing seeds. The experimental design followed a randomized factorial trial with three replications, each consisting of four petri dishes. Daily germination data were recorded until cabbage seed germination was completed, which occurred after 13 days, marking the conclusion of the study. The responses of Erciş cabbage genotype seeds to varying salt concentrations (0, 50, 100, and 150 ppm) were assessed. Cabbage genotypes exhibiting salt tolerance demonstrated higher germination rates and shorter germination periods. Scanning electron microscope analysis revealed the presence of elements such as C, O, Ca, Si, Na, P, S, Cl, K, and Mg in the seed structures. In salt-sensitive genotypes, elements C, O, Ca, Si, Na, P, S, and Cl were detected, while K and Mg were not. Moreover, sensitive genotypes exhibited delayed germination and reduced germination rates. Scanning electron micrographs illustrated an increase in cell shrinkage and a decrease in cell width in seed coats as salt concentrations rose, along with a reduction in seed hair density.

Keywords: Cabbage seed, salt stres, scanning electronic microscope

1. INTRODUCTION

Soil salinity levels vary widely across agricultural production areas, exerting diverse negative impacts on seed germination, emergence, seedling establishment, and overall plant growth. Saline soils often contain high concentrations of chloride (Cl) and sulfate (SO₄) salts, posing significant challenges to crop production. Natural salinity stress, primarily induced by sodium (Na) salts such as sodium chloride (NaCl), further exacerbates these challenges (Shannon and Grieve, 1998).

Scanning Electron Microscope (SEM) Analysis employs a high-resolution imaging method to investigate surface morphology. Within SEM, a concentrated electron beam traverses the sample, generating signals through atomic interactions for imaging. Preparing the sample involves applying a conductive coating. Through the detection of signals like secondary electrons and backscattered electrons, the electron beam generates intricate images, unveiling microstructures and compositions. SEM finds broad utility in fields such as materials science, biology, and nanotechnology, offering microscopic insights into surface characteristics. Application of scanning electron microscopy could elucidate alterations in the seed coat during germination (Sembada et al., 2023).

Recent research has explored the effects of salt stress on seed germination and seedling development in various crops, shedding light on potential strategies to enhance salt tolerance. Ali et al. (2023) investigated the impact of priming chickpea seeds with a 150 ppm salicylic acid solution on seed germination and vegetative growth under salt stress conditions in soil and biochar environments. SEM analysis revealed that salicylic acid priming improved salt tolerance in chickpea seeds, particularly in the biochar environment. Similarly, Dutta et al. (2023) demonstrated the positive effects of seed priming on rice germination and seedling growth under salt stress. Rice seeds subjected to priming with a 1% NaCl solution exhibited higher germination percentages and increased photosynthetic pigment content, despite tissue deterioration observed in SEM images. Other studies have investigated the responses of various crops to salt stress, providing valuable insights into salt tolerance mechanisms. Öztürk et al. (2021) observed a decrease in germination and early seedling development in sweet corn with increasing NaCl doses. Soysal et al. (2021) found that salt doses negatively affected germination parameters in annual grass seeds, with significant impacts observed above 140 mM salt dose.

Additionally, research has highlighted the potential of seed priming and exogenous treatments to mitigate salt stress effects on seed germination and seedling growth. Gou et al. (2020) reported increased cucumber seed germination and seedling vigor following treatment with 0.3 mM silicon under salt stress conditions. Arslan and Aydınoglu (2019) observed high germination rates in damson seeds at various salt doses, up to 150 mM.

Furthermore, studies have examined the salt tolerance of different crop varieties, revealing variations in response to salt stress. Aydın (2015) found that wheat, tomato, bean, and corn varieties exhibited decreased germination and growth with increasing salt doses, with hybrid corn varieties displaying the highest tolerance. Uyanık et al. (2014) observed differential responses among rapeseed varieties to salt stress, with some varieties tolerating up to 100 mM salt dose. In addition, Dadaşoglu and Ekinçi (2013) reported a reduction in the germination of bean seeds with increasing salt doses, highlighting the sensitivity of beans to salinity. Bybordi

(2010) found that canola varieties varied in their tolerance to salt, with the Elite variety being the most sensitive and Licordi being the most tolerant, albeit with lower growth rates and yields compared to other varieties.

Moreover, Doğan (2008) determined the tolerance levels of tomato seeds to salt doses, revealing that tolerant genotypes started to exhibit damage at doses of 125-150 mM NaCl, while sensitive genotypes were affected at doses of 50-75 mM NaCl. Additionally, Leon et al. (2005) investigated the effects of nickel salts on the germination of *Grevillea exul* var *rubiginosa* seeds, finding that Ni chloride caused the greatest decrease in germination and root growth, with distinct distributions of Mn observed in Ni-treated samples.

The aim of the present study is to investigate the effects of salt stress on cabbage seed germination and seedling establishment, with a focus on different cabbage genotypes. We hypothesize that salt-tolerant cabbage genotypes will exhibit higher germination rates and enhanced seedling growth under salt stress conditions compared to salt-sensitive genotypes. Additionally, we anticipate observing morphological changes in cabbage seed structures under salt stress using scanning electron microscope (SEM) analysis.

2. MATERIALS AND METHODS

Germination tests of Erciş cabbage genotypes and scanning electron microscope (SEM) analysis of seeds from the commercial cabbage variety Yalova were conducted at salt doses of 0, 50, 100, and 150 mM NaCl. A 100% NaCl salt source was utilized to prepare the salt solutions.

During the setup phase of the trial, seeds were planted in plastic petri dishes lined with filter paper. The temperature and humidity of the experimental room were monitored using a Loyka Elite 100 device, with measurements taken every 2 hours and their averages recorded. Throughout the trial, the average temperature was maintained at 24.75°C, with an average relative humidity of 64.83%.

Cabbage seeds from the Yalova cabbage variety and the EL1, EL2, EL3, and EL4 cabbage genotypes were utilized. The seeds were evenly distributed on plastic petri dishes, with two layers of filter paper placed at the bottom of each dish. Twenty cabbage seeds were then sprinkled onto the filter papers in each petri dish, following the method outlined by Çalışkan (2009). An additional layer of filter paper was placed on top of the seeds to cover them.

Salt solutions at concentrations of 0, 50, 100, and 150 mM were prepared and applied to each petri dish containing the seeds. The experimental design followed a randomized factorial trial layout, with three replications and four petri dishes in each replication. Daily germination data were recorded for each cabbage seed in its respective petri dish. Upon completion of the germination process, which occurred after 13 days, the study was terminated, and the data were subjected to analysis.

2.1. GERMINATION PERCENTAGE (%)

The germination percentage of Erciş cabbage genotypes at the various salt doses was calculated using the formula:

Germination Percentage = (Number of seeds germinated/Total number of seeds) x100

This calculation method is in accordance with the approach outlined by Jalink and Van Der Schoor (2000), Al-Maskri et al. (2004), Li et al. (2007), and Çalışkan (2009).

2.2. AVERAGE NUMBER OF GERMINATION DAYS (DAYS)

Average number of days to germination = [(number of seeds germinating on day 1 x day 1) + (number of seeds germinating on day 2 x day 2) + ... + (number of seeds germinating on the last day x last day)] / Total number of seeds germinating (Jalink and Van Der Schoor, 2000; Al-Maskri et al., 2004; Li et al., 2007; Çalışkan, 2009).

2.3. GERMINATION INDEX

The average number of days to germination for the Erciş cabbage genotypes was calculated using the following formula:

Average number of days to germination = [(number of seeds germinating on day 1 x day 1) + (number of seeds germinating on day 2 x day 2) + ... + (number of seeds germinating on the last day x last day)] / total number of seeds germinating. This calculation method is consistent with the approach described by Jalink and Van Der Schoor (2000), Al-Maskri et al. (2004), Li et al. (2007), and Çalışkan (2009).

2.4. SCANNING ELECTRONIC MICROSCOPE (SEM) REVIEW

In the scanning electron microscopy (SEM) analysis conducted for this study, the following aspects were examined:

Interaction and Cell Damage in the Seed Coat: The SEM analysis allowed for the investigation of interactions between salt and the seed coat, as well as any resulting cell damage. This examination provided insights into the structural changes occurring in the seed coat under salt stress conditions.

Determination of Salt Interaction and Elemental Composition: Through SEM imaging, the interaction of salt with the seed coat was observed, and the elemental composition of the seed coat was determined. The elements present were identified, and the percentage amounts of these elements relative to the seed weight were calculated. This analysis provided quantitative data on the distribution of elements in the seed coat and their potential implications for seed germination and growth.

This approach aligns with previous studies by Leon et al. (2005), Carvalho et al. (2011), and Merino et al. (2021), which have utilized SEM to investigate salt-induced changes in seed coat morphology and elemental composition.

3. STATISTICAL ANALYSIS

The study was designed following a randomized factorial trial design with three replications. Subsequently, the obtained results underwent analysis of variance (ANOVA) using the SAS 9.0 statistical software package, in accordance with the experimental design.

To identify significant differences between treatment means, Duncan's multiple comparison test was applied. This post-hoc test allows for the comparison of all possible pairs of treatment means, enabling the determination of which means are significantly different from each other.

This statistical approach aligns with established methodologies outlined by Duncan (1955) and further supported by the work of Yesilova and Denizhan (2016), as well as the procedures recommended in the SAS software documentation (SAS Institute Inc., 2018).

4. RESULTS AND DISCUSSION

The present study investigated the responses of cabbage genotype seeds to varying salt doses, analyzed scanning electron microscope results, and conducted germination tests among genotypes.

4.1. YALOVA CABBAGE VARIETY

The germination rate, number of days to germination, and germination index of the seeds of the Yalova cabbage variety exhibited statistically significant differences across salt doses (Table 1). The highest germination rate was observed at the 0 mM salt dose, reaching 97.93%, whereas the lowest germination rate occurred at the 150 mM salt dose, with a rate of 57.94%. Similarly, the number of days to germination ranged from 3.83 days at the 0 mM salt dose to 6.49 days at the 150 mM salt dose. Additionally, the germination index peaked at the 0 mM salt dose with a value of 50.50, while it decreased to 23.49 at the 150 mM salt dose.

Table 1. Germination Rate, Number of Days to Germination, and Germination Index of Yalova Cabbage Variety Across Salt Doses

Salt Doses	Germination Rate (%)	Number of Days to Germination	Germination Index
0 mM	97.93 a*	3.83 d*	50.50 a*
50 mM	87.95 b	4.44 c	40.23 b
100 mM	71.62 c	5.25 b	34.09 c
150 mM	57.94 d	6.49 a	23.49 d

Different letters within the table indicate significant differences (* $p < 0.05$ level).

Scanning Electron Microscope (SEM) Examination Results

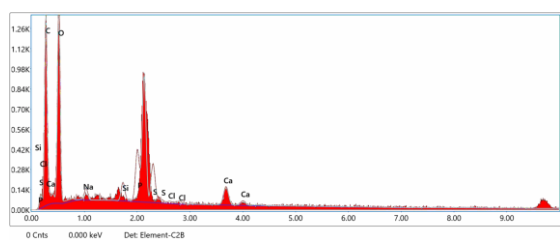
The nutrient element composition of Yalova cabbage variety seeds at different salt doses was analyzed using scanning electron microscopy (SEM). Table 2 presents the percentage amounts of various elements observed in the seeds at salt doses of 0 mM, 50 mM, 100 mM, and 150 mM. Additionally, Figure 1 illustrates the nutrient elements and their corresponding amounts observed in the SEM images. Figure 1 depicts the nutrient elements and their respective amounts observed in the SEM images of Yalova cabbage variety seeds at different salt doses.

Additionally, Figure 2 presents the SEM images of Yalova variety seeds at various salt doses. It illustrates that at the 0 mM salt dose, seed cells appear more vibrant and larger. However, as the salt doses increase (50 mM, 100 mM, and 150 mM), shrinkage between the cells and a

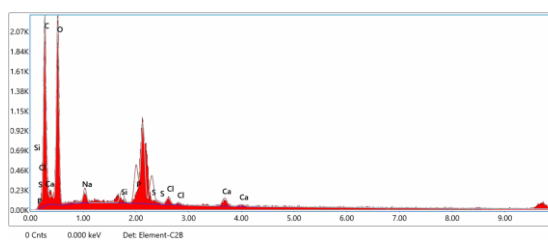
reduction in cell size become evident. Notably, at a salt dose of 150 mM, a significant increase in shrinkage and reduction in cell size are observed.

Table 2 Nutrient element amounts in scanning electronic microscope at salt doses of Yalova cabbage variety.

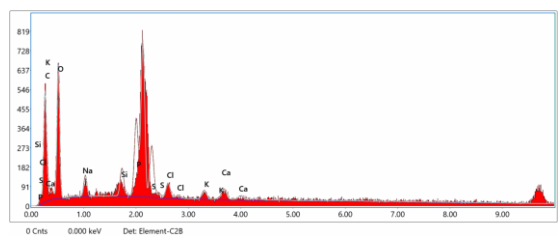
Elements seen in SEM	% amounts of elements seen in SEM in salt doses			
	0 mM salt	50 mM salt	100 mM salt	150 mM salt
C	41.03	44.38	40.56	42.11
O	41.10	40.76	32.05	37.96
Ca	4.83	2.33	2.90	3.35
K	-	-	1.94	-
Si	1.49	1.08	2.34	0.93
Na	1.50	2.01	2.82	6.53
P	5.61	4.67	8.81	-
S	4.39	3.64	6.34	-
Cl	0.05	1.04	2.23	9.12



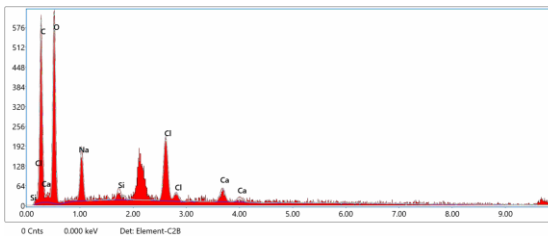
Yalova 0 mM salt



Yalova 50 mM salt

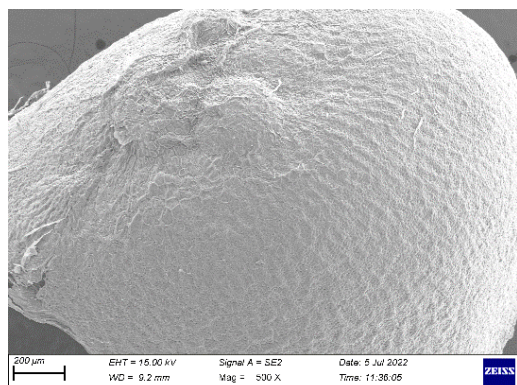


Yalova 100 mM salt

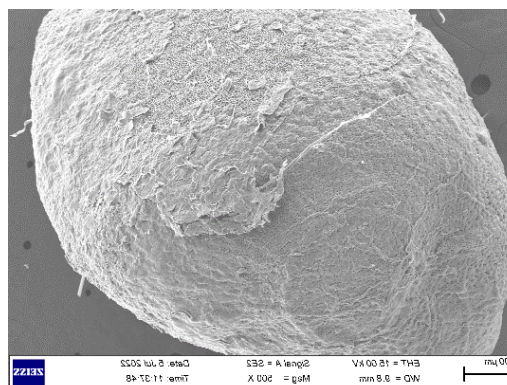


Yalova 150 mM salt

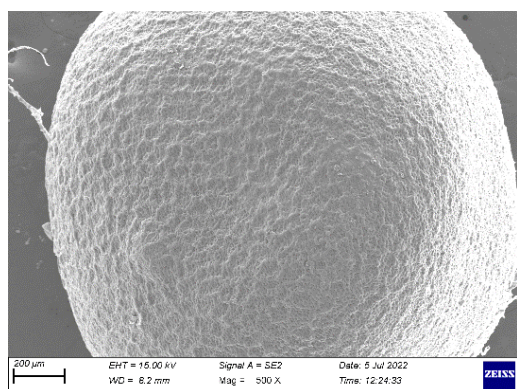
Figure 1. Nutrient elements and their amounts in scanning electronic microscope at salt doses of Yalova cabbage variety



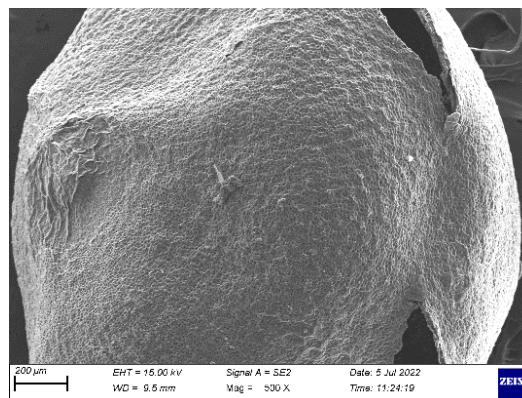
Yalova 0 mM salt



Yalova 50 mM salt



Yalova 100 mM salt



Yalova 150 mM salt

Figure 2. Seed images of Yalova variety seeds at salt doses in scanning electronic microscope

4.2. EL1 AND EL2 CABBAGE GENOTYPES

The germination rate, number of days to germination, and germination index of EL1 and EL2 cabbage genotype seeds exhibited statistically significant differences across salt doses (Table 3). At the 0 mM salt dose, the highest germination rate was observed for EL2 genotype seeds (95.47%), while EL1 genotype seeds showed a slightly lower germination rate of 75.79%. Conversely, at the 150 mM salt dose, both genotypes demonstrated reduced germination rates, with EL2 genotype seeds having a higher rate (57.75%) compared to EL1 genotype seeds (44.68%). The number of days to germination ranged from 3.94 days for EL2 genotype seeds at the 0 mM salt dose to 8.85 days for EL1 genotype seeds at the 150 mM salt dose. Additionally, the germination index peaked at the 0 mM salt dose for both genotypes, with EL2 genotype seeds showing a slightly higher index (50.55) compared to EL1 genotype seeds (39.10).

Table 3. Germination Rate, Number of Days to Germination, and Germination Index of EL1 and EL2 Cabbage Genotypes Across Salt Doses

Salt doses	EL1			EL2		
	Germination Rate (%)	Number of Days to Germination	Germination Index	Germination Rate (%)	Number of Days to Germination	Germination Index
0 mM	75.79 a*	6.60	39.10 a*	95.47 a*	3.94 d*	50.55 a*
50 mM	68.97 b	6.04	31.45 b	77.85 b	4.83 c	32.95 b
100 mM	62.47 c	7.65	22.63 c	68.85 c	5.85 b	28.81 c
150 mM	44.68 d	8.85	18.93 d	57.75 d	7.63 a	21.15 d

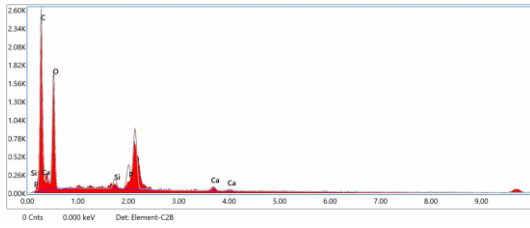
Different letters within the table indicate significant differences (*p < 0.05 level).

Examination Results of EL1 Cabbage Genotype Seeds under Scanning Electron Microscope

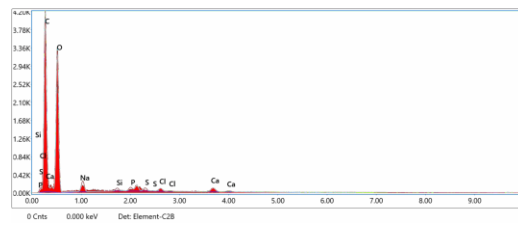
The scanning electron microscope analysis revealed the presence of various elements in the seeds of the EL1 cabbage genotype across different salt doses (Table 4, Figure 3). Elements such as C, O, Ca, Si, Na, P, S, and Cl were observed in varying proportions at 0, 50, 100, and 150 mM salt doses. The percentage of the C element in the seed weight decreased from 49.68% at 0 mM salt dose to 43.61% at 100 mM salt dose, with the highest proportion observed at 50 mM salt dose (47.63%) and the lowest at 150 mM salt dose (35.16%) (Table 4, Figure 3). Similarly, the Ca element exhibited variations in percentage, with the highest level observed at 0 mM salt dose (1.96%) and the lowest at 100 mM salt dose (1.05%). While Si and P elements were predominant at 0 mM salt dose, they were not observed at 150 mM salt dose, with the lowest percentages at 50 mM salt dose. Additionally, element S was absent at 0 mM and 100 mM salt doses but was present at 50 mM and 150 mM salt doses. Na and Cl elements were absent at 0 mM salt dose, with the highest percentages observed at 150 mM salt dose (Na = 6.82%, Cl = 6.52%) (Table 4, Figure 3). When examining the seed images, it was evident that seeds at 0 and 50 mM salt doses exhibited vibrant and larger cells. However, at 100 and 150 mM salt doses, shrinkage between the cells and cell shrinkage were observed, indicating the impact of salt stress on seed morphology. This effect was more pronounced at the 150 mM salt dose (Figure 4).

Table 4. Scanning Electron Microscope Analysis at Salt Doses of EL1 Cabbage Genotype

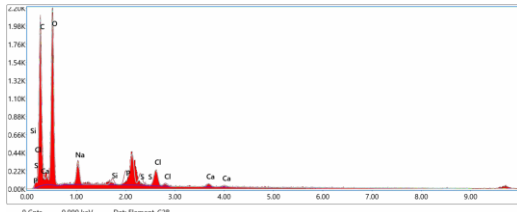
Elements seen in SEM	% amounts of elements seen in SEM in salt doses			
	0 ppm salt	50 ppm salt	100 ppm salt	150 ppm salt
C	49.68	45.11	43.61	48.69
O	42.02	47.63	43.53	35.16
Ca	1.96	1.81	1.05	2.81
Si	1.47	0.47	0.64	-
Na	-	2.70	4.24	6.82
P	4.88	0.79	2.04	-
S	-	0.69	1.78	-
Cl	-	0.79	3.13	6.52



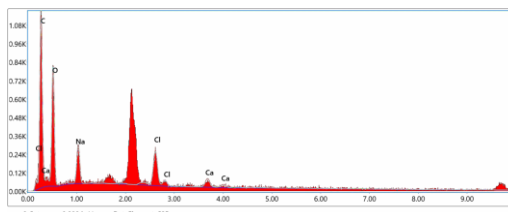
EL1 0 mM salt



EL1 50 mM salt

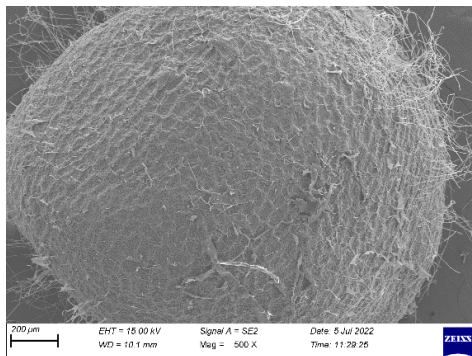


EL1 100 mM

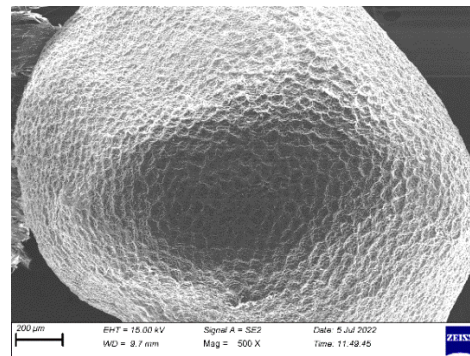


EL1 150 mM salt

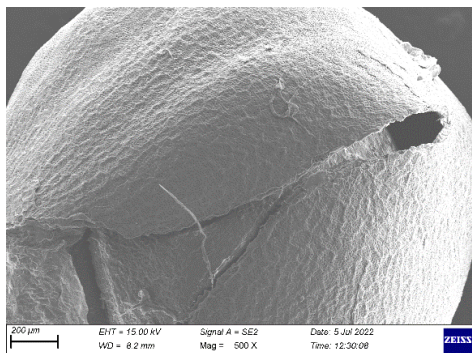
Figure 3. Nutrient elements and their amounts in scanning electron microscope at salt doses of EL1 cabbage genotype.



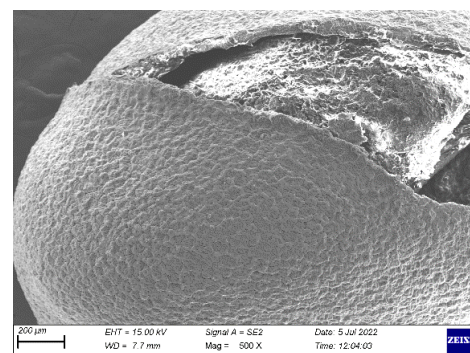
EL1 0 mM salt



EL1 50 mM salt



EL1 100 mM salt



EL1 150 mM salt

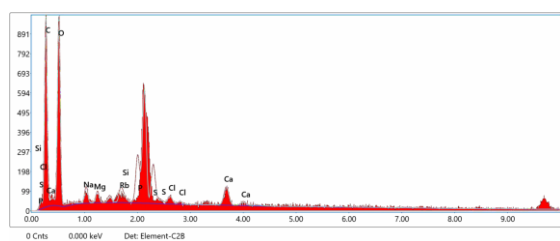
Figure 4. Seed images of EL1 cabbage genotype seeds at salt doses in scanning electron microscopy.

Examination Results of EL2 Cabbage Genotype Seeds under Scanning Electron Microscope

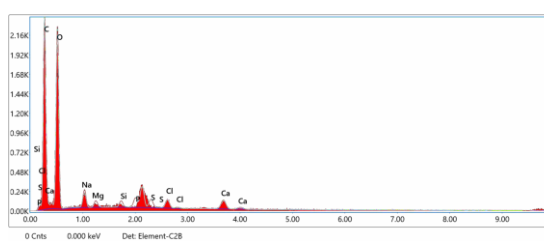
The scanning electron microscope analysis revealed the presence of various elements in the seeds of the EL2 cabbage genotype across different salt doses (Table 5, Figure 5). Elements such as C, O, Ca, Si, Na, P, S, and Cl were observed in varying proportions at 0, 50, 100, and 150 mM salt doses. The percentage of the C element in the seed weight varied from 41.68% at 0 mM salt dose to 47.66% at 150 mM salt dose, with the highest proportion observed at 100 mM salt dose (47.92%) and the lowest at 150 mM salt dose (34.30%) (Table 5, Figure 5). Similarly, the Ca element exhibited variations in percentage, with the highest level observed at 0 mM salt dose (4.75%) and the lowest at 150 mM salt dose (1.08%). Si element was not observed at 0 mM salt dose, and its highest value was observed at 150 mM salt dose. For elements P and S, the highest rate was seen at 0 mM salt dose, while the lowest rate was seen at 100 mM salt dose. The lowest rate of Na element was observed at 50 mM salt dose, while the lowest rate of Cl element was observed at 0 mM salt dose. When examining the seed images (Figure 6), seeds at 0 and 50 mM salt doses exhibited vibrant and larger cells. However, at 100 and 150 mM salt doses, shrinkage and damage to the cells were observed, indicating the impact of salt stress on seed morphology. This effect was more pronounced at the 150 mM salt dose.

Table 5 Elements seen in scanning electronic microscope at salt doses of EL2 cabbage genotype

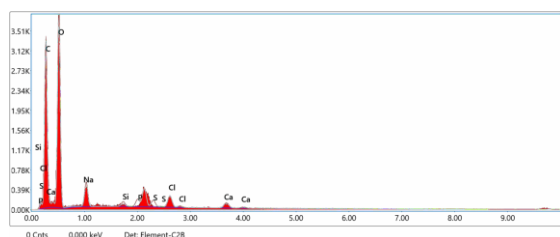
Elements seen in SEM	% amounts of elements seen in SEM in salt doses			
	0 mM salt	50 mM salt	100 mM salt	150 mM salt
C	41.68	42.59	40.35	47.66
O	37.90	45.21	47.92	34.30
Ca	4.73	3.05	1.88	1.08
Si	-	0.70	0.57	1.07
Na	2.06	0.79	4.76	4.04
P	5.02	1.41	1.13	3.98
S	4.31	1.32	1.08	3.78
Cl	0.95	1.64	2.31	3.33



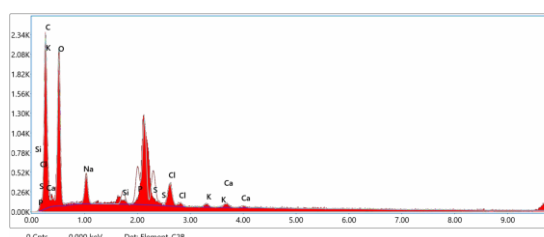
EL2 0 mM salt



EL2 50 mM salt



EL2 100 mM salt



EL2 150 mM salt

Figure 5 Nutrient elements and their amounts in scanning electronic microscope at salt doses of EL2 cabbage genotype

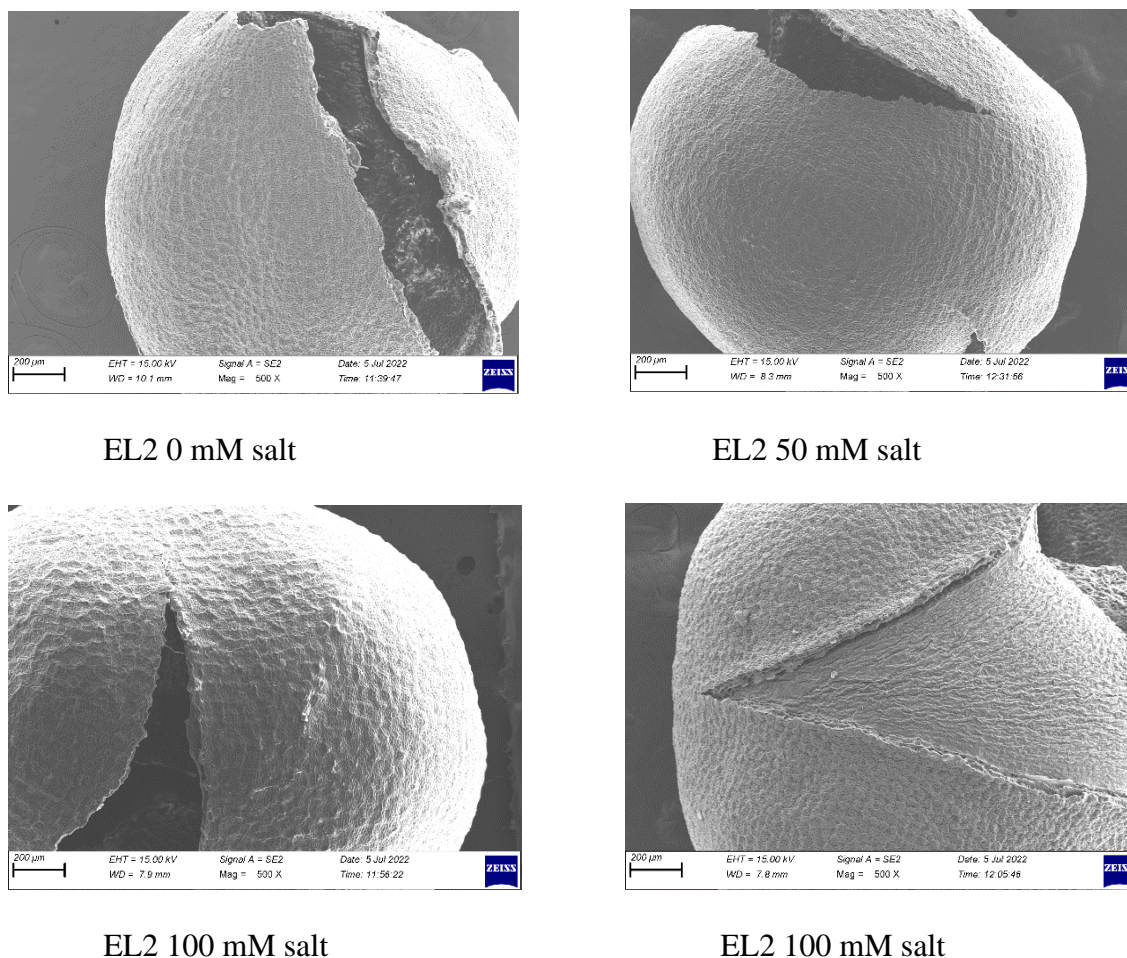


Figure 6 Seed images of EL2 cabbage genotype seeds at salt doses in scanning electronic microscope

4.3. EL3 AND EL4 CABBAGE GENOTYPES

Table p6 presents data on the germination rate, number of days to germination, and germination index of EL3 and EL4 cabbage genotypes at various salt doses. The results indicate significant differences between the two genotypes and across different salt doses.

For the EL3 genotype: The highest germination rate (97.91%) was observed at the 0 mM salt dose, while the lowest (57.77%) was at the 150 mM salt dose. The number of days to germination ranged from 3.83 days (at 0 mM salt dose) to 6.46 days (at 150 mM salt dose). The highest germination index (44.03) was recorded at the 0 mM salt dose, and the lowest (23.33) at the 150 mM salt dose.

For the EL4 genotype: The highest germination rate (77.76%) was observed at the 0 mM salt dose, while the lowest (35.56%) was at the 150 mM salt dose. The number of days to germination ranged from 4.36 days (at 0 mM salt dose) to 9.96 days (at 150 mM salt dose). The

highest germination index (35.46) was recorded at the 0 mM salt dose, and the lowest (16.12) at the 150 mM salt dose.

Overall, the EL3 genotype exhibited higher germination rates, lower number of days to germination, and higher germination index compared to the EL4 genotype across all salt doses tested. Additionally, increasing salt doses resulted in decreased germination rates, prolonged germination period, and decreased germination index for both genotypes, with more pronounced effects observed in the EL4 genotype.

Table 6 Germination rate, number of days to germination and germination index table of EL3 and EL4 cabbage genotypes at salt doses

Salt doses	EL3		EL4			
	Germination Rate (%)	Number of Days to Germination	Germination Index	Germination Rate (%)	Number of Days to Germination	Germination Index
0 mM	97.91 a*	3.83 d*	44.03 a*	77.76 a*	4.36 d*	35.46 a*
50 mM	84.40 b	4.42 c	33.03 b	62.23 b	5.46 c	26.13 b
100 mM	68.89 c	5.42 b	27.30 c	48.87 c	6.95 b	20.32 c
150 mM	57.77 d	6.46 a	23.33 d	35.56 d	9.96 a	16.12 d

Different letters within the table indicate significant differences (* $p < 0.05$ level).

Examination Results of EL3 Cabbage Genotype Seeds under Scanning Electron Microscope:
The examination results of the seeds of the EL3 cabbage genotype under the scanning electronic microscope are given in Table 7 and Figures 7 and 8. Elements such as C, O, Ca, Si, Na, P, S, K, Mg, and Cl were observed in EL3 cabbage genotype seeds at 0, 50, 100, and 150 mM salt doses (Table 7 and Figure 7). The elements seen in the scanning electron microscope were also calculated as a percentage of the element weight in the seed (Table 7 and Figure 7).

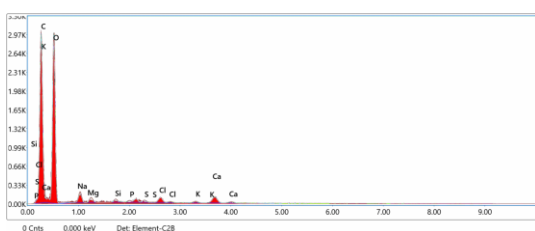
The percentage of the C element at 0 mM salt dose was 41.98% of the seed weight, which decreased to 43.46% at 100 mM salt dose (Table 7 and Figure 7). The highest rate of the C element was observed at 0 mM salt dose (49.36%), while the lowest rate was at 50 mM salt dose (31.96%). Similarly, the Ca element exhibited variations in percentage, with the highest rate at 0 mM salt dose (2.60%) and the lowest rate at 150 mM salt dose (1.32%).

The lowest rate of Si element was observed at 0 mM salt dose, while the highest value was observed at 100 mM salt dose. For element P, the lowest percentage amount was observed at 0 mM salt dose, while the highest value was observed at 50 mM salt dose. Element S was not seen at 150 mM salt dose, and the lowest value was observed at 0 mM salt dose. K and Mg elements were only observed at 0 mM salt dose.

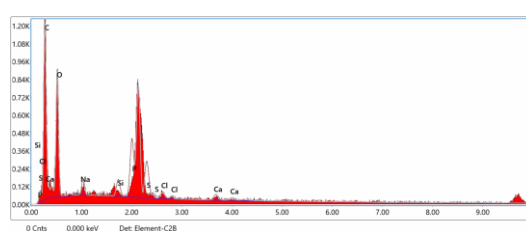
When examining the seed images (Figure 8), seeds at 0 mM salt dose appeared vibrant and larger, while at 50, 100, and 150 mM salt doses, shrinkage and damage to the cells were observed. This effect was more pronounced at the 150 mM salt dose.

Table 1. Elements seen in scanning electronic microscope at salt doses of EL3 cabbage genotype

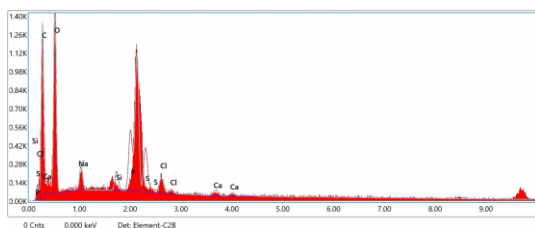
Elements seen in SEM	% amounts of elements seen in SEM in salt doses			
	0 mM salt	50 mM salt	100 mM salt	150 mM salt
C	41.98	50.74	43.46	44.44
O	49.36	31.96	37.47	33.87
Ca	2.60	1.59	1.36	1.32
Si	0.42	1.45	1.48	1.38
Na	2.47	2.14	3.08	7.72
P	0.32	6.87	6.32	4.73
S	0.41	4.46	4.83	-
K	0.50	-	-	-
Mg	0.74	-	-	-
Cl	1.20	0.79	2.00	1.32



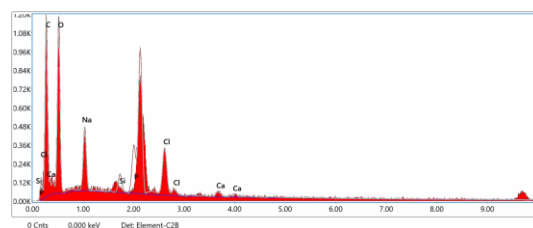
EL3 0 mM salt



EL3 50 mM salt



EL3 100 mM salt



EL3 150 mM salt

was observed at 50 mM salt dose, while the lowest ratio was observed at 100 mM salt dose. K element was not observed at 50 mM dose, and Mg element was not observed at 100 to 150 mM salt doses (Table 8 and Figure 9).

When examining the seed images (Figure 10), seeds at 0 mM salt dose appeared vibrant and larger, whereas at 50, 100, and 150 mM salt doses, shrinkage and damage to the cells were observed. This effect was more pronounced at the 150 mM salt dose.

Table 8 Elements seen in scanning electronic microscope at salt doses of EL4 cabbage genotype

Elements seen in SEM	% amounts of elements seen in SEM in salt doses			
	0 mM salt	50 mM salt	100 mM salt	150 mM salt
C	35.82	45.26	43.54	49.21
O	34.59	30.97	39.87	32.37
Ca	2.79	4.32	1.86	1.60
Si	-	2.69	0.73	0.65
Na	1.38	1.36	5.49	4.41
P	1.11	8.01	2.00	4.34
S	-	6.40	1.58	2.18
K	1.02	-	0.45	0.52
Mg	0.9	0.43	-	-
Cl	-	0.56	4.47	4.72

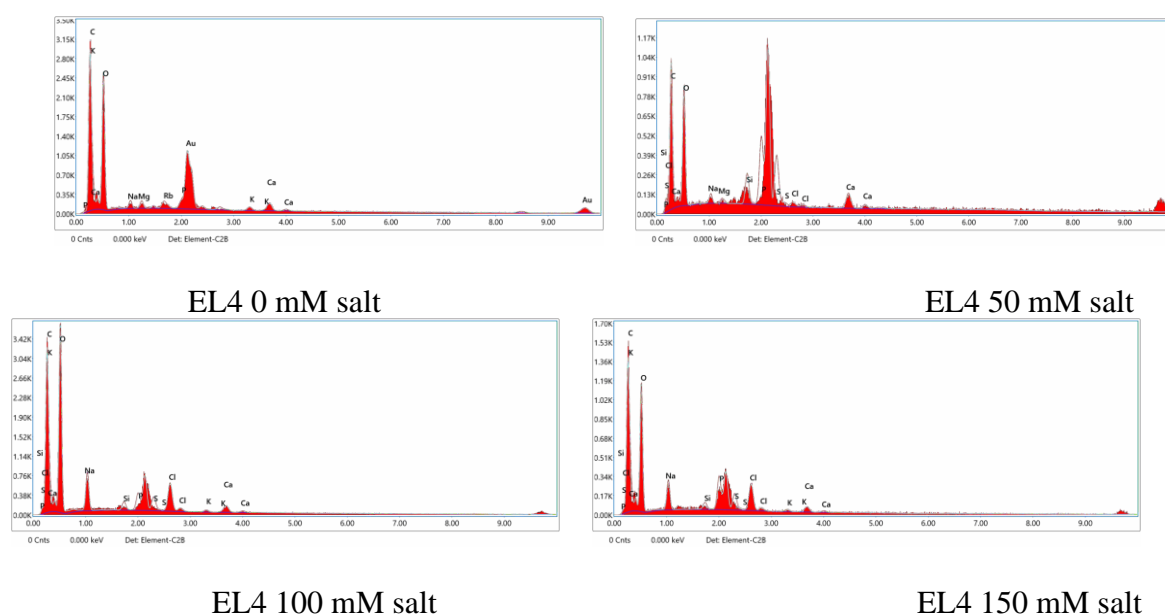
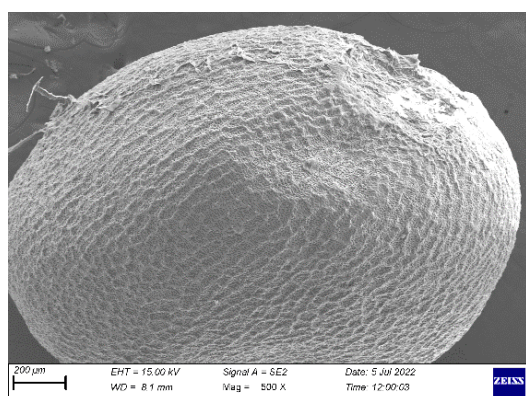
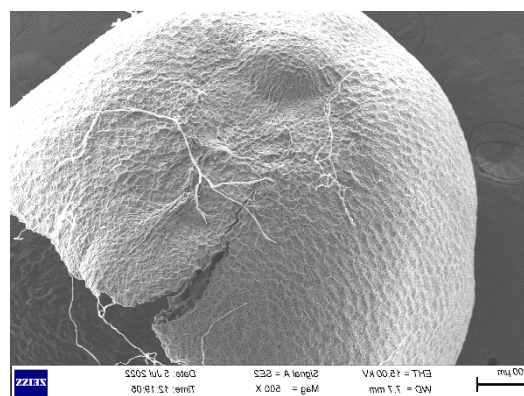


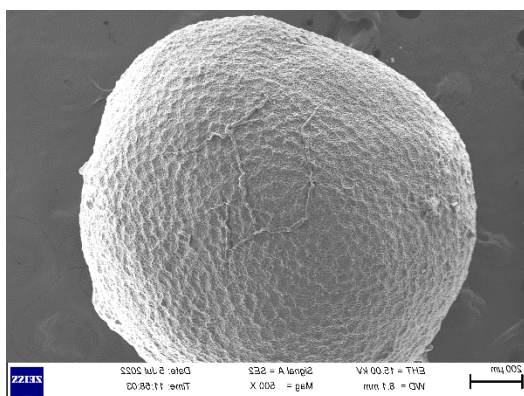
Figure 9 Nutrient elements and their amounts in scanning electronic microscope at salt doses of EL4 cabbage genotype



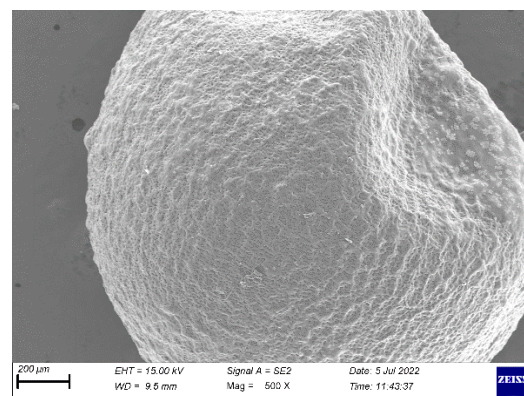
EL4 0 mM salt



EL4 50 mM salt



EL4 100 mM salt



EL4 150 mM salt

Figure 10 Seed images of EL4 cabbage genotype seeds at salt doses in scanning electronic microscope

4.4. GERMINATION TEST AMONG SEEDS OF CABBAGE GENOTYPES

The germination rate, number of germination days, and germination index of cabbage genotypes were analyzed and found to be statistically significant (Table 9). These parameters varied among cabbage genotypes and salt doses, indicating the sensitivity of different genotypes to salt stress.

At 0 mM salt dose, the highest germination rates were observed in the Yalova, EL2, and EL3 genotypes, with values of 97.93%, 95.47%, and 97.91% respectively, while the lowest germination rate was recorded in the ED4 genotype at 150 mM salt dose, with a rate of 35.56% (Table 9).

Regarding the number of germination days, the Yalova, EL2, and EL3 genotypes exhibited the shortest germination periods at 0 mM salt dose, with values of 3.83 days, 3.94 days, and 3.83 days respectively. In contrast, the ED4 genotype displayed the longest germination period, with 9.96 days required for germination at 150 mM salt dose (Table 9).

The germination index, representing both germination rate and germination time, also showed significant differences among genotypes and salt doses. The highest germination indices were

recorded at 0 mM salt dose for Yalova (50.50), EL2 (50.55), and EL3 (44.03) genotypes, while the lowest germination index was observed for the ED4 genotype at 150 mM salt dose, with a value of 16.12 (Table 9).

These results underscore the differential responses of cabbage genotypes to salt stress, with some genotypes exhibiting higher tolerance while others showing increased sensitivity. Such variations highlight the importance of selecting salt-tolerant genotypes for cultivation in saline environments.

Table 9. Germination Rate, Number of Germination Days, and Germination Index in Cabbage Genotypes at Salt Doses.

Genotype	Salt doses	Germination parameters examined in seeds		
		Germination rate (%)	Germination time (days)	Germination index
Yalova	0 mM	97.93 a*	3.83 f*	50.50 a*
	50 mM	87.95 b	4.44 e	40.23 b
	100 mM	71.62 cd	5.25 d	34.09 c
	150 mM	57.94 e	6.49 c	23.49 d
EL1	0 mM	75.79 c	6.60 c	39.10 a
	50 mM	68.97 d	6.04 cd	31.45 c
	100 mM	62.47 ed	7.65 b	22.63 d
	150 mM	44.68 f	8.85 ab	18.93 e
EL2	0 mM	95.47 a	3.94 f	50.55 a
	50 mM	77.85 c	4.83 ed	32.95 c
	100 mM	68.85 d	5.85 cd	28.81 cd
	150 mM	57.75 e	7.63 b	21.15 d
EL3	0 mM	97.91 a	3.83 f	44.03 ab
	50 mM	84.40 b	4.42 e	33.03 c
	100 mM	68.89 d	5.42 d	27.30 cd
	150 mM	57.77 e	6.46 c	23.33 d
EL4	0 mM	77.76 c	4.36 e	35.46 cb
	50 mM	62.23 ed	5.46 d	26.13 cd
	100 mM	48.87 f	6.95 c	20.32 d
	150 mM	35.56 g	9.96 a	16.12 e

Different letters within the table indicate significant differences (* $p < 0.05$ level).

Soil salinity stands as a formidable impediment to crop productivity, as extensively documented in numerous studies (Merino et al., 2021). The menace of salinity stress predominantly arises from the accumulation of chloride (Cl) and sulfate (SO₄) salts in affected soils, with sodium salts, particularly NaCl, emerging as primary instigators of salinity stress in natural settings (Shannon and Grieve, 1998). Abiotic stressors like salinity inflict deleterious effects on plant nutrient absorption and enzyme activities, findings corroborated by a plethora of studies (Kabay and Sensoy, 2016; Kabay, 2018; Kabay, 2020; Kabay, 2022; Kabay et al., 2022).

Mounting evidence underscores the detrimental impacts of salt stress on seed viability and seedling growth across diverse plant species. Studies have unequivocally demonstrated the injurious effects of salt stress on chickpea varieties (Ali et al., 2023) and rice seeds (Dutta et al., 2023). Furthermore, salt stress has been documented to curtail germination rates in an extensive array of seeds, encompassing parsley, leek, celery, tomato, onion, lettuce, basil, radish, cress, carrot, beans, cowpea, sweet corn, and grass (Yıldırım et al., 2000; Akbıyık and Aktaş, 2022; Özkorkmaz, 2017; Akçura, 2021; Öztürk et al., 2021; Soysal et al., 2021; Wu et al., 2019). Notably, salt stress exerts adverse effects on seed germination power, germination index, and viability index, as evidenced in broccoli seeds subjected to varying salt

concentrations (Wu et al., 2019). Moreover, salt stress manifests differential impacts on various plant species, as elucidated by studies on canola varieties (Bybordi, 2010), spinach seeds (Başdiç and Kabay, 2022), and grapevine cuttings (Gazioglu Sensoy, 2022).

The mechanisms underlying salt stress's deleterious effects on seed germination and plant growth are intricate and multifaceted. For instance, a study probing the impact of nickel salt on germinating seeds of the endemic sepantin proteaceae species revealed significant reductions in germination and root growth, alongside distinct alterations in the distribution of certain elements within seed coats (Leon et al., 2005). These findings underscore the complex interplay between salt stress and plant physiological processes, underscoring the imperative for further research to unravel underlying mechanisms and devise effective mitigation strategies.

5. CONCLUSION

Examination of the response of cabbage genotype seeds to varying salt doses unveiled notable disparities among genotypes. Salt-tolerant genotypes exhibited higher germination rates, shorter germination periods, and the presence of essential elements such as C, O, Ca, Si, Na, P, S, Cl, K, and Mg in scanning electron microscope results. In contrast, salt-sensitive genotypes displayed lower germination rates, protracted germination periods, and the presence of fewer elements. Remarkably, scanning microscope images revealed escalating cell shrinkage within the seed coat with increasing salt doses, concomitant with a reduction in cell width.

Of particular interest, seeds from salt-tolerant genotypes showcased the presence of K and Mg elements, whereas these elements were absent in seeds from sensitive genotypes. This underscores the criticality of selecting salt-tolerant genotypes for cultivation in saline environments, as they are less susceptible to germination losses compared to sensitive counterparts. By harnessing the resilience of salt-tolerant genotypes, farmers can alleviate the adverse impacts of soil salinity on cabbage crop productivity, thereby ensuring more dependable yields.

ACKNOWLEDGMENT

We gratefully acknowledge the support provided by the Van Yuzuncu Yil University Scientific Research Projects Coordination Unit under project number FYL-2022-10219. Their assistance was instrumental in the successful completion of this study.

REFERENCES

- Akbıyık, C., & Aktaş, H. (2022). Effects of pre-germination in acetyl salicylic acid solutions on germination and emergence of carrot seeds under salt stress. *Eurasian Journal of Biological and Chemical Sciences*, 5(2), 62-68.
- Akçura, S. (2021). Investigation of salt-tolerant genotypes in vegetable-type chickpeas. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 24(1), 99-107.
- Ali, U., Ullah, S., & Nafees, M. (2023). Resistance induction in chickpea (*Cicer arietinum* L.) against salinity stress through biochar as a soil amendment and salicylic acid-induced signaling. *Gesunde Pflanzen*, 1-13.
- Al-Maskri, A. Y., Khan, M. M., Iqbal, M. J., & Abbas, M. (2004). Germinability, vigour and electrical conductivity changes in acceleratedly aged watermelon (*Citrullus lanatus* T.) seeds. *Journal of Food, Agriculture and Environment*, 2(3-4), 100-103.
- Arslan, M., & Aydınöğlü, B. (2019). Effects of salinity (NaCl) stress on germination and early seedling development of *Lathyrus sativus* L. *Akademik Ziraat Dergisi*, 7(1), 49-54.
- Aydın, İ. (2015). Effects of salt stress on germination and seedling development in some crop plants. *Muş Alparslan Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 3(2).
- Başdiç, M. A., & Kabay, T. (2022). The Effects of Vermicompost and Algae on Some Physiological Factors in Spinach Under Salt Stress. *Turkish Journal of Agriculture and Natural Sciences*, 9(1), 188-194.
- Bybordi, A. (2010). The influence of salt stress on seed germination, growth and yield of canola cultivars. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 38(1), 128-133.
- Çalışkan, Ü. (2009). Response of some important summer vegetables to Cd, Cr, Ni, and Pb at the germination stage. Master's thesis, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş, Turkey.
- Carvalho, R. F., Piotto, F. A., Schmidt, D., Peters, L. P., Monteiro, C. C., & Azevedo, R. A. (2011). Seed priming with hormones does not alleviate induced oxidative stress in maize seedlings subjected to salt stress. *Scientia Agricola*, 68, 598-602.
- Doğan, M. (2008). Effect of salt stress on the germination of different tomato seeds. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Fen Dergisi*, 3(2), 174-182.
- Duncan, D. B. (1955). Multiple range and multiple F test. *Biometrics*, 11(1), 1-42.
- Dadaşoğlu, E., & Ekinçi, M. (2013). Effect of different temperature levels, salt, and salicylic acid applications on germination of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) seeds. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 44(2), 145-150.
- Dutta, B., Datta, A., Dey, A., Ghosh, A. K., & Bandopadhyay, R. (2023). Establishment of seed biopriming in salt stress mitigation of rice plants by mangrove derived *Bacillus* sp. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 48, 102626.
- Gazioglu Sensoy, R. I. (2022). Effects of Arbuscular Mycorrhizal Fungus (AMF) and whey applications on the grapevine (*Vitis vinifera* L.) cuttings exposed to salt stress. *Journal of Elementology*, 27(3).
- Gou, T., Chen, X., Han, R., Liu, J., Zhu, Y., & Gong, H. (2020). Silicon can improve seed germination and ameliorate oxidative damage of bud seedlings in cucumber under salt stress. *Acta Physiologiae Plantarum*, 42, 1-11.
- Jalink, H., & Van Der Schoor, I. R. (2000). *Seed Calculator 2.2 User's Guide*. Report 10. Plant Research International, Wageningen, pp. 12.
- Kabay, T., & Şensoy, S. (2016). Changes in enzyme, chlorophyll, and ion exchanges caused by drought stress in some bean genotypes. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 26(3), 380-395.

- Kabay, T. (2018). The effects of potassium applications on chlorophyll ion and enzyme activity changes in bean genotypes sensitive to high temperature. *Yuzuncu Yıl University Journal of Agricultural Sciences*, 28(3), 311-316.
- Kabay, T. (2020). Effects of different potassium doses on growth and development of drought-sensitive bean plants. *Acta Scientiarum Polonorum. Hortorum Cultus*, 19(4). DOI: 10.24326/asphc.2020.4.6
- Kabay, T. (2022). Effects of different potassium doses on growth rates and micronutrients of drought-sensitive beans. *Journal of Elementology*, 27(2). 10.5601/jelem.2021.26.4.2181
- Kabay, T., Ekincialp, A., & Şensoy, S. (2022). The Impact of High Temperatures on Some Plant Growth Parameters in Some Common Bean Genotypes. *Polish Journal of Environmental Studies*, 31(2).
- Leon, V., Rabier, J., Notonier, R., Barthelemy, R., Moreau, X., Bouraïma-Madjèbi, S., & Pineau, R. (2005). Effects of three nickel salts on germinating seeds of *Grevillea exul* var. *rubiginosa*, an endemic serpentine proteaceae. *Annals of Botany*, 95(4), 609-618.
- Li, C. X., Feng, S. L., Yun, S., Jiang, L. N., Lu, X. Y., & Hou, X. L. (2007). Effects of arsenic on seed germination and physiological activities of wheat seedlings. *Journal of Environmental Sciences*, 19(6), 725-732.
- Merino, D., Iglesias, M. J., Mansilla, A. Y., Casalongué, C. A., & Alvarez, V. A. (2021). Fighting against plant saline stress: Development of a novel bioactive composite based on bentonite and L-proline. *Clays and Clay Minerals*, 69(2), 232-242.
- Özkorkmaz, F., & Yılmaz, N. (2017). Determination of the effects of different salt concentrations on germination in beans (*Phaseolus vulgaris* L.) and cowpeas (*Vigna unguiculata* L.). *Ordu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 7(2), 196-200.
- Öztürk, E., Akaya, H., & Sezer, İ. (2021). Effect of salicylic acid pre-application on germination and early seedling development under salt stress in sugar corn. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 11(4), 3213-3221.
- Sembada, A. A., Maki, S., Faizal, A., Fukuhara, T., Suzuki, T., & Lenggoro, I. W. (2023). The role of silica nanoparticles in promoting the germination of tomato (*Solanum lycopersicum*) seeds. *Nanomaterials*, 13(14), 2110.
- Shannon, M. C., & Grieve, C. M. (1998). Tolerance of vegetable crops to salinity. *Scientia Horticulturae*, 78(1-4), 5-38.
- Soysal, A. Ö. Ş., Demirkol, G., Önal, Ö., Arıcı, Y. K., Acar, Z., & Yılmaz, N. (2021). Effects of salt stress on germination and seedling development characteristics in annual ryegrass (*Lolium multiflorum* L.). *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 8(2), 301-307.
- Uyanık, M., Kara, Ş., & Korkmaz, K. (2014). Determination of responses to salt stress during germination periods of some winter rapeseed (*Brassica napus* L.) varieties. *Journal of Agricultural Sciences*, 20(4), 368-375.
- Wu, L., Huo, W., Yao, D., & Li, M. (2019). Effects of solid matrix priming (SMP) and salt stress on broccoli and cauliflower seed germination and early seedling growth. *Scientia Horticulturae*, 255, 161-168.
- Yesilova, A., & Denizhan, E. (2016). Modeling mite counts using Poisson and negative binomial regressions. *Fresenius Environmental Bulletin*, 25(11), 5062-5066.

**ICONA MODELİ YARDIMIYLA POTANSİYEL EROZYON RİSKİNİN
BELİRLENMESİ: ÇAĞLAYANCERİT ÖRNEĞİ**

Dr. Halil AYTOP (ORCID:0000-0003-0506-3724)

T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Doğu Akdeniz

Geçit Kuşağı Tarımsal Araştırma Enstitüsü

Müdürlüğü, Kahramanmaraş, Türkiye

Email:halilaytop@gmail.com

Özet

Toprak erozyonu, arazilerin tarımsal verimliliğini azaltan ve temelinde insan baskısı olan önemli bir arazi bozulumu nedenidir. Toprak erozyonu ile birlikte toprakların en verimli olan üst katmanları yüzey akışına geçer ve buda toprakların verimliliğinin düşmesine sebep olur. Toprak erozyonunun azaltılması amacıyla uygulanan en önemli stratejilerden biri, arazilerin erozyon risk derecelerine göre tarımsal arazi kullanım planlamalarının geliştirilmesidir. Bunun için, öncelikle çalışılacak bölgenin erozyon riskini belirlemek gerekmektedir. Toprak erozyon riskinin belirlenmesinde birçok farklı model kullanılmaktadır. İspanya Tarım Bakanlığının erozyon riskini belirleyebilmek için geliştirdiği ICONA, erozyon riskinin belirlenmesinde kullanılan modellerden birisidir. Bu çalışma, Akdeniz Bölgesi içerisinde bulunan ve engebeli bir topoğrafyaya sahip olan Kahramanmaraş ili, Çağlayancerit İlçesi'nin erozyon riskinin belirlenmesi amacıyla ICONA modeli kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Modeli çalıştırmak için, çalışma alanına ait eğim, litoloji, bitki örtüsü ve CORINE 2018 arazi kullanım haritaları kullanılmıştır. Toplam alanı yaklaşık 642 km² olan çalışma alanı eğimli bir topoğrafyaya sahiptir. Bölgenin yaklaşık %38.5'i aşırı dik (%30+) eğim sınıfında yer almaktadır. CORINE 2018 arazi örtüsü-arazi kullanımı haritasına göre ilçenin yaklaşık %38'i yarı doğal alanlarla kaplıdır. NDVI haritasına göre ise çalışma alanının yalnızca yaklaşık 403 ha'ı, %75 ve üstünde kapalılığa sahiptir. Elde edilen bu haritalardan yararlanılarak, Çağlayancerit'e ait ICONA toprak koruma düzeyi ve aşınabilirlik haritaları oluşturulmuştur. Analiz sonucuna göre, çalışma alanının %39.35'i çok yüksek, %23.29'u yüksek, %23.70'i orta, %2.52'si düşük ve %11.14'ü çok düşük potansiyel erozyon riskine sahip olduğu belirlenmiştir. Sonuç olarak, ICONA modeli ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) erozyon riskinin belirlenmesinde birlikte kullanılacak güvenilir bir yaklaşımı oluşturmaktadır. Farklı alanlarda bu metotla oluşturulacak erozyon risk haritaları, karar vericiler tarafından toprak ve su yönetimi uygulamalarının güvenli bir şekilde belirlenmesinde ve uygulanmasında kullanılabilir.

Anahtar Kelimeler: Arazi örtüsü, CORINE, ICONA, toprak erozyonu

**DETERMINATION OF POTENTIAL EROSION RISK WITH THE HELP OF ICONA
MODEL: THE CASE OF CAGLAYANCERIT**

Abstract

Soil erosion is an important cause of land degradation that reduces the agricultural productivity of lands and is mainly caused by human pressure. With soil erosion, the most fertile upper layers of soil pass to surface runoff, causing a decrease in soil fertility. One of the most important strategies applied to reduce soil erosion is the development of agricultural land use planning according to the erosion risk levels of the lands. For this purpose, it is necessary to determine the erosion risk of the region to be studied first. Many different models are used to determine the soil erosion risk. ICONA, developed by the Spanish Ministry of Agriculture to assess erosion risk, is one of the models used to determine this risk. This study used the ICONA model to determine the erosion risk of the Çağlayancerit District of Kahramanmaraş province, located in the Mediterranean Region with a rugged topography. Slope, lithology, vegetation cover and CORINE 2018 land use maps of the study area were used to run the model. The study area has a total area of approximately 642 km² and has a sloping topography. Approximately 38.5% of the region is in the extremely steep (30+%) slope class. According to the CORINE 2018 land cover-land use map, approximately 38% of the district is covered by semi-natural areas. According to the NDVI map, only about 403 ha of the study area has a coverage of 75% and above. ICONA soil protection level and erodibility maps of Çağlayancerit were created using these maps. According to the analysis results, 39.35% of the study area is very high, 23.29% high, 23.70% medium, 2.52% low, and 11.14% very low potential erosion risk. In conclusion, the ICONA model and Geographical Information Systems (GIS) techniques are reliable approaches that can be used together to determine erosion risk. Erosion risk maps to be created with this method in different areas can be used by decision-makers to safely assess and implement soil and water management practices.

Keywords: Land cover, CORINE, ICONA, soil erosion

1. GİRİŞ

İnsan popülasyonunun hızla artması ve buna bağlı gelişen insan aktiviteleri ile arazi kullanım değişiklikleri arazi tahribatının ve toprak erozyonu ile gelişen diğer problemlerin ana kaynağı olmaktadır. Bu da doğal kaynakların, tarımsal alanların ve çevrenin sürdürülebilirliğini uzun vadede tehlikeye atmaktadır (Esmaili Gholzom ve ark., 2020). Tarımsal üretkenliğe odaklandığımızda, birçok çalışmanın erozyonun üretkenliğini önemli ölçüde azalttığı raporlanmıştır (Panagos ve ark., 2018; Aytıp ve Pınar, 2024). Türkiye’de arazi üretkenlik kaybı nedeniyle meydana gelen arazi verimlilik kaybı %0.92 olarak belirlenmiştir ve bu oran Avrupa Birliği ülkelerine göre 1.84 kat daha fazladır (Aytıp ve Pınar, 2024). Ayrıca erozyon nedeniyle dünyada her yıl 75 milyar ton toprağın ekilebilir arazilerden taşındığı ve bunun da yıllık 400 milyar dolar kayba karşılık geldiği raporlanmıştır (FAO, 2016).

Doğal kaynakların sürdürülebilir yönetimini sağlayabilmek için toprak ve su koruma önlemlerine ihtiyaç duyulmaktadır (Kheir ve ark., 2006). Fakat bazı araştırmacılar, herhangi bir toprak koruma önlemleri almadan önce, erozyon riskinin mekânsal olarak değerlendirilmesinin zorunlu olduğunu savunmaktadır (Moussa ve ark., 2002; Souchère ve ark., 2005). Toprak erozyonu risk haritaları, Dünyanın birçok bölgesinde erozyon açısından kritik alanları belirleyerek, bu alanlarda ki toprak koruma programlarının önceliklendirilmesi açısından kullanılmaktadır (Fox, 2006).

Ülkemizde ve dünyada, farklı ölçeklerde gerçekleştirilmiş çok sayıda toprak erozyonu riskinin tahmin edilmesi ile ilgili çalışmalar bulunmaktadır. Bu çalışmalarda ise yine belirli bir alana ya da amaca hizmet eden RUSLE (Revised Universal Soil Loss Equation), LISEM (The Limburg Soil Erosion Model), CREAMS (Chemicals Runoff Erosion in Agricultural Management Systems), KYERMO (Kentucky Erosion Model), WEPP (Water Erosion Prediction Project), EUROSEM (European Soil Erosion Model) ve SLEMSA (The Soil Loss Estimator Model for Southern Africa), QUERIM (Qualitative Erosion Risk Mapping), MPSIAC (Modified Pacific South-West Inter-Agency Committee) gibi çok sayıda farklı yöntem kullanılmaktadır (Salumbo, 2020). Ülkemizde ise toprak kayıplarının tahmininde ve değerlendirilmesinde daha çok USLE/RUSLE, WEPP, EPIC (erosion-productivity impact calculator), ICONA gibi yöntemler tercih edilmektedir. Bu yöntemler arasında nitel değerlendirme modelleri erozyonu ve erozyon duyarlılığını etkileyen öncelikleri değerlendirmede önemli bir rol oynamaktadır (Esmaili Gholzom ve ark., 2022).

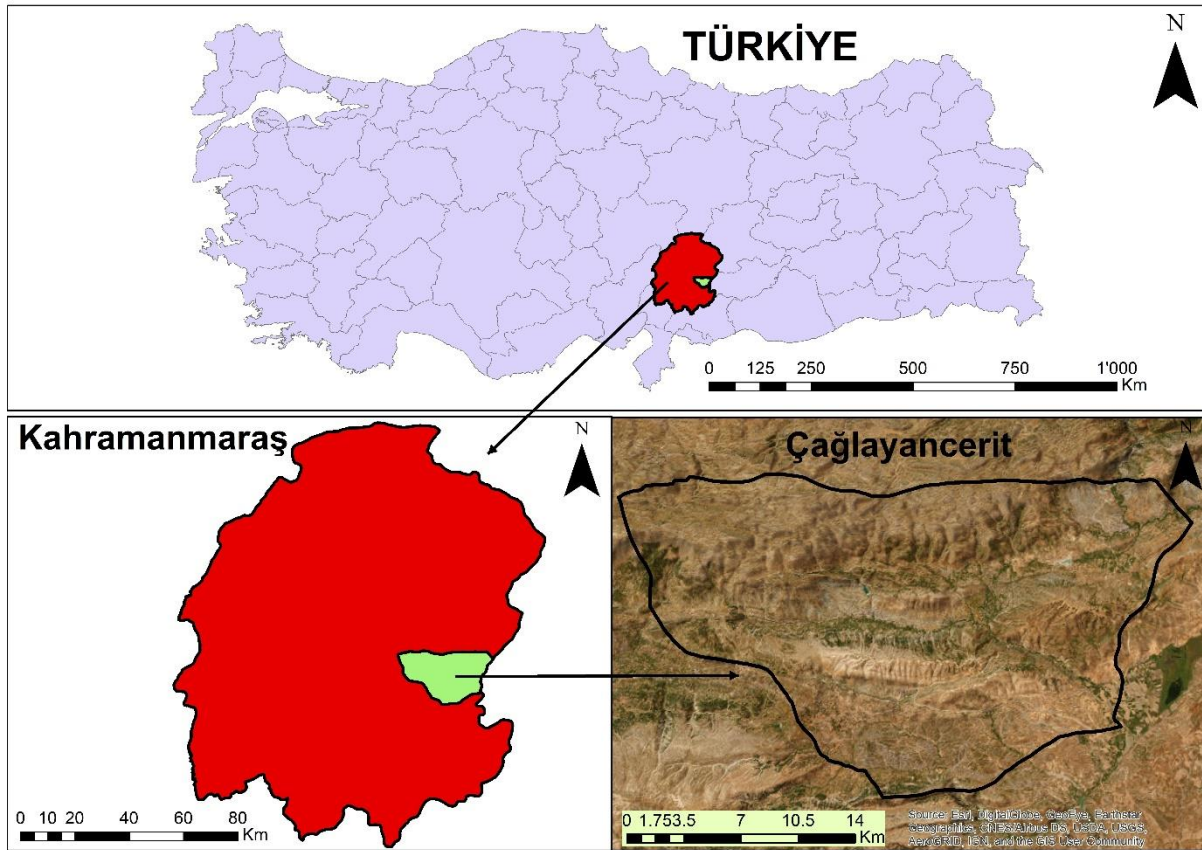
ICONA, İspanya Tarım Bakanlığı’nın geliştirdiği bir model olmakla birlikte modelin kolay kullanımı, Özellikle Akdeniz’e kıyısı olan ülkelerde erozyon riskinin niteliksel olarak tahmin edilmesi amacıyla onu birçok farklı ülkede ve bölgede güvenilir bir araç haline getirmiştir (ICONA, 1991; Bayramın ve ark., 2003; Tombuş ve ark., 2012). Bu model, çok az parametreye (eğim, litoloji, bitki örtüsü) erozyon risk sınıflarını hızlı şekilde büyük doğruluk oranıyla tahmin etmeye yarayan ampirik bir modeldir (Esmaili Gholzom ve ark., 2022).

Bu mevcut çalışmada ise, Kahramanmaraş İli, Çağlayancerit İlçesi’nin toprak erozyon risk durumunun CBS ve ICONA modeli kullanılarak belirlenmesi ve değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

2. MATERYAL ve YÖNTEM

2.1. Materyal

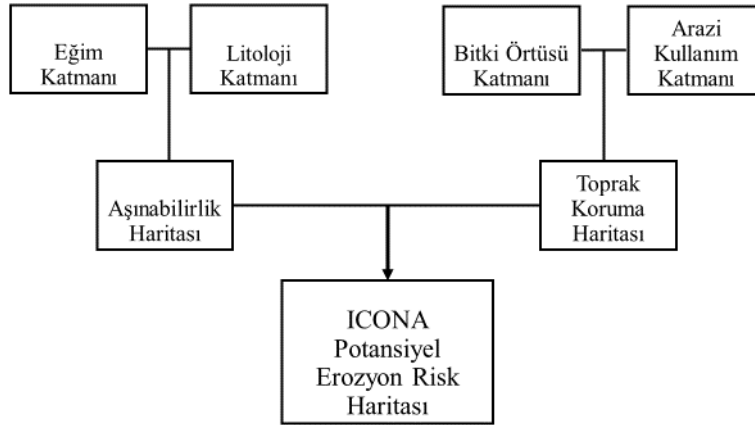
Çalışma alanı Çağlayancerit İlçesi'nin tamamı olarak belirlenmiştir. Çağlayancerit, Akdeniz Bölgesi'nde yer almakta ve Kahramanmaraş İli sınırları içerisinde bulunmaktadır (Şekil 1). İlçe, Kahramanmaraş merkeze yaklaşık 60 km uzaklıkta olup yüzölçümü yaklaşık 642 km²'dir ve denizden yüksekliği ortalama 1150 metredir (Anonim, 2024a). Karasal iklim ve Akdeniz iklimlerinin özellikleri beraber görünen alanda, yazları kurak ve sıcak, kışları soğuk ve kar yağışlıdır.



Şekil 1. Çağlayancerit İlçesi Lokasyon Haritası

2.2. Yöntem

Çalışma alanının potansiyel erozyon riskini belirlemek için ICONA Modeli kullanılmıştır. Model birçok Avrupa ülkesinde ve Akdeniz bölgesinde kolaylıkla uygulanabilmektedir. Üç bilgi katmanıyla çalıştırılabilen bu model (Bitki örtüsü, eğim ve jeoloji), esnek yapısı gereği birçok koşul için güvenilir sonuçlar vermekte ve su kaynaklı toprak kayıplarını tahmin etmek için nitel bir yaklaşım sunmaktadır (ICONA, 1991; Zaz ve Romshoo, 2012; Durak, 2022). Çalışmaya ait iş-aış şeması Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 2. ICONA modeli iş-akış şeması (ICONA, 1997)

Çağlayancerit ilçesinin ICONA modeline göre potansiyel erozyon riskini belirlemek için, ilçeye ait DEM, litoloji (Anonim, 2024b) ve CORINE (2018) haritaları kullanılmıştır. Eğim haritası, DEM haritası kullanılarak oluşturulmuştur. Çalışma alanına ait arazi kullanım haritasını oluşturmak için, CORINE (2018) haritası yeniden sınıflandırılmıştır. Bitki örtüsü haritası oluşturulması için alana ait NDVI görüntüsü kullanılmış, NDVI haritası Landsat 7 görüntüsü yardımıyla elde edilmiştir. NDVI, bitki örtüsünün zamansal ve mekânsal klorofil dağılımı, fotosentetik işlem aktivitesi ve verim bilgisi göstergesidir (Reed ve ark., 1994; Alizadeh ve ark., 2022). NDVI değerlerini dört farklı grupta sınıflandırılmıştır. Bunlar, >%25, %25 - 50, %50 - 75 ve %75 - 100 olarak ayrılmıştır (ICONA, 1997). Arazi örtüsü ve bitki örtüsü haritalarının çakıştırılması ile toprak koruma haritası; eğim haritası ile jeoloji haritasının çakıştırılmasıyla da alana ait aşınabilirlik haritaları elde oluşturulmuştur. En son aşamada ise toprak koruma ve aşınabilirlik haritaları üst üste bindirilerek çalışma alanına ait ICONA potansiyel erozyon risk haritası ortaya çıkartılmıştır (Şekil 2). Kartografik materyaller üzerinde yapılan işlemler için, CBS yazılımı olan ArcGIS 10.7'den yararlanılmıştır.

3. BULGULAR ve TARTIŞMA

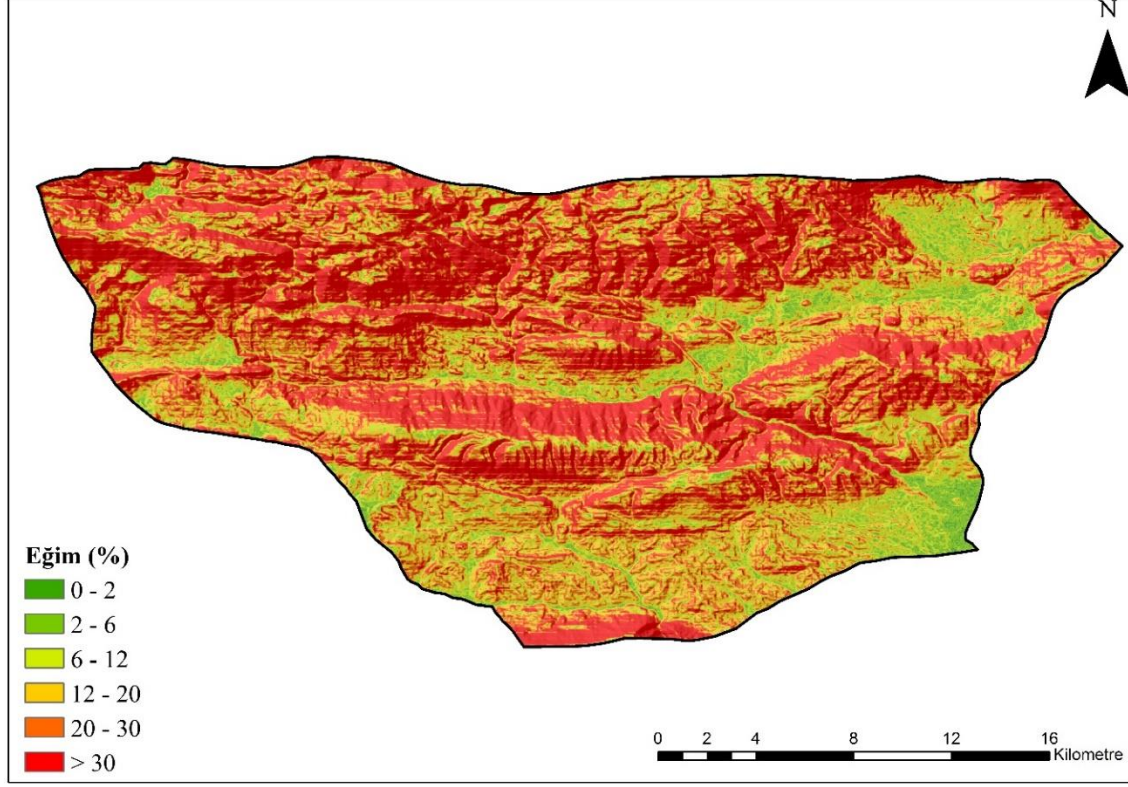
3.1. Eğim

Çağlayancerit'e ait eğim haritası Şekil 2'de verilmiştir. Eğim sınıflarına göre, çalışma alanının büyük bölümünün (%38.5) eğimi %30'dan fazladır (Çizelge 1) (Şekil 3). Eğim %2 ve %6 arasında değişim gösteren hafif eğime sahip alan varlığı toplam alanının %5.5'ini oluşturmaktadır. Eğimin %20 - %30 arasında olduğu çok dik alan varlığı ise toplam alanın %22.9'unu temsil etmektedir (Çizelge 1).

Çizelge 1. Çağlayancerit ilçesine ait eğim sınıfları ve kapladığı alanlar

Eğim Sınıfları	Kapladığı Alan	
	ha	%
0-2 (Düz veya düze yakın)	489	0.8
2-6 (Hafif)	3561	5.5
6-12 (Orta)	7979	12.4
12-20 (Dik)	12733	19.8
20-30 (Çok dik)	14723	22.9
30+ (Aşırı dik)	24716	38.5
Toplam	64200	100

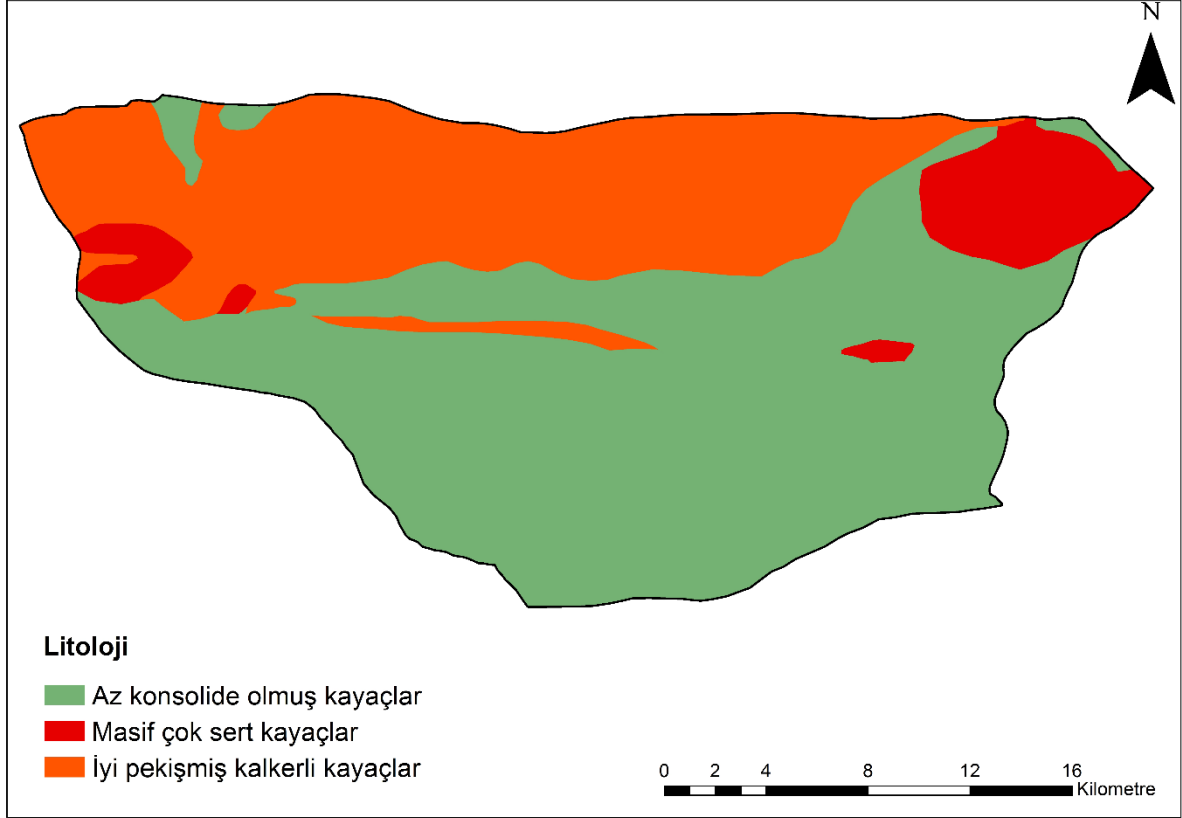
İlçenin Batı ve Güney bölgelerinde eğim daha azdır. Bu bölgelerde daha çok tarımsal faaliyetlerin yürütüldüğü küçük ovalar yer almaktadır. Dağlık alanlar ilçenin hemen hemen bütün bölgelerinde görülmektedir. Bölge, tektonik olarak aktif, ayrıca iki farklı kıtanın çarpıştığı önemli bir kuşakta yer almasından (Yalçın, 2022) dolayı engebeli topografyaya sahiptir.



Şekil 3. Çağlayancerit ilçesine ait eğim haritası

3.2. Litoloji

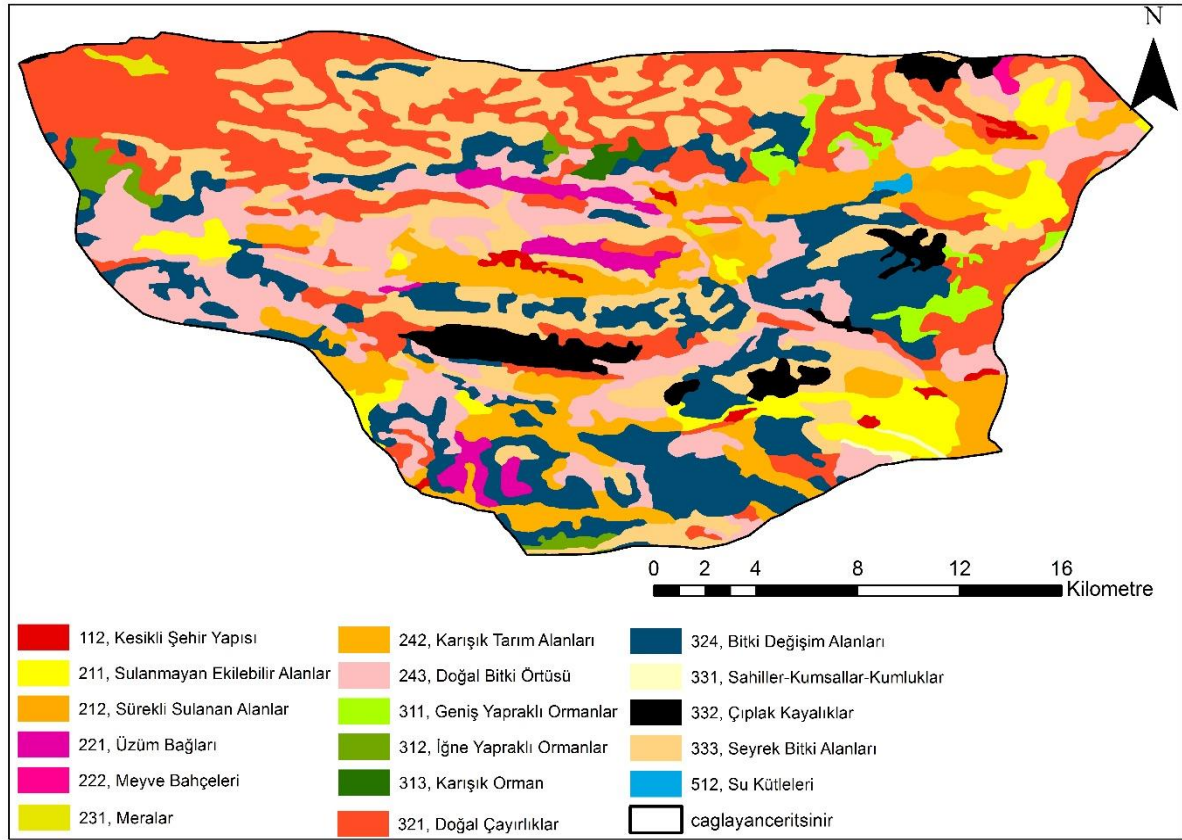
Çalışma alanını litolojik haritası Şekil 4’de sunulmuştur. İlçenin büyük çoğunluğu az konsolide olmuş kayalardan oluşmaktadır. Bu kayalar bölgenin çoğunlukla Güney kesimlerinde yer almaktadır. Az konsolide olmuş kayalar diğer kayalara göre daha aşınabilir yapıdadır. Bundan dolayı erozyona en hassas kayalar olarak bilinmektedir. Çalışma alanında hâkim olan ikinci jeolojik yapı, iyi pekişmiş kalkerli kayalardır. Bu kayaların tamamı bölgenin Kuzey kısmında yer almaktadır. İyi pekişmiş kalkerli kayalar, aşınmaya orta derecede dayanıklı kayalardır. Masif ve çok sert kayalar ise, çalışma alanında en az yer kaplayan kayalar olmuştur. Bu kayalar, aşınmaya en dayanıklı kayaç topluluklarını oluşturmaktadır (Korkmaz, 2023) ve çoğunlukla bölgenin Kuzeydoğu kısmında bulunmaktadır (Şekil 4).



Şekil 4. Çalışma alanına ait litolojik harita

3.3. Arazi Kullanımı

Çalışma alanına ait arazi kullanım haritası, CORINE (2018) verisinin yeniden sınıflandırılmasıyla hazırlanmıştır (Şekil 5). Arazi kullanım türleri yarı doğal alanlar (bitki değişim alanları, sahiller-kumsallar-kumluklar, çıplak kayalıklar, seyrek bitki alanları), tarım alanları (sulanan ekilebilir alanlar, sürekli sulanan alanlar, üzüm bağları, meyve bahçeleri, karışık tarım alanları, doğal bitki örtüsü ile birlikte bulunan tarım alanları), çayır-mera (doğal çayırliklar, meralar), Orman (Geniş yapraklı ormanlar, iğne yapraklı ormanlar, karışık ormanlar) ve diğer (kesikli şehir yapısı, su kütleleri) alanlar olmak üzere 5 sınıfa ayrılmıştır.



Şekil 5. Çalışma alanına ait Corine 2018 haritası

Çizelge 2’de görüldüğü üzere, alanın büyük kısmı yarı doğal alanlarla (%38) kaplı olup, bunu tarım alanları (%36), çayır-mera (%22), orman (%3), ve diğer alanlar (%1) takip etmektedir.

Çizelge 2. CORINE 2018 verilerine dayalı arazi kullanım haritası

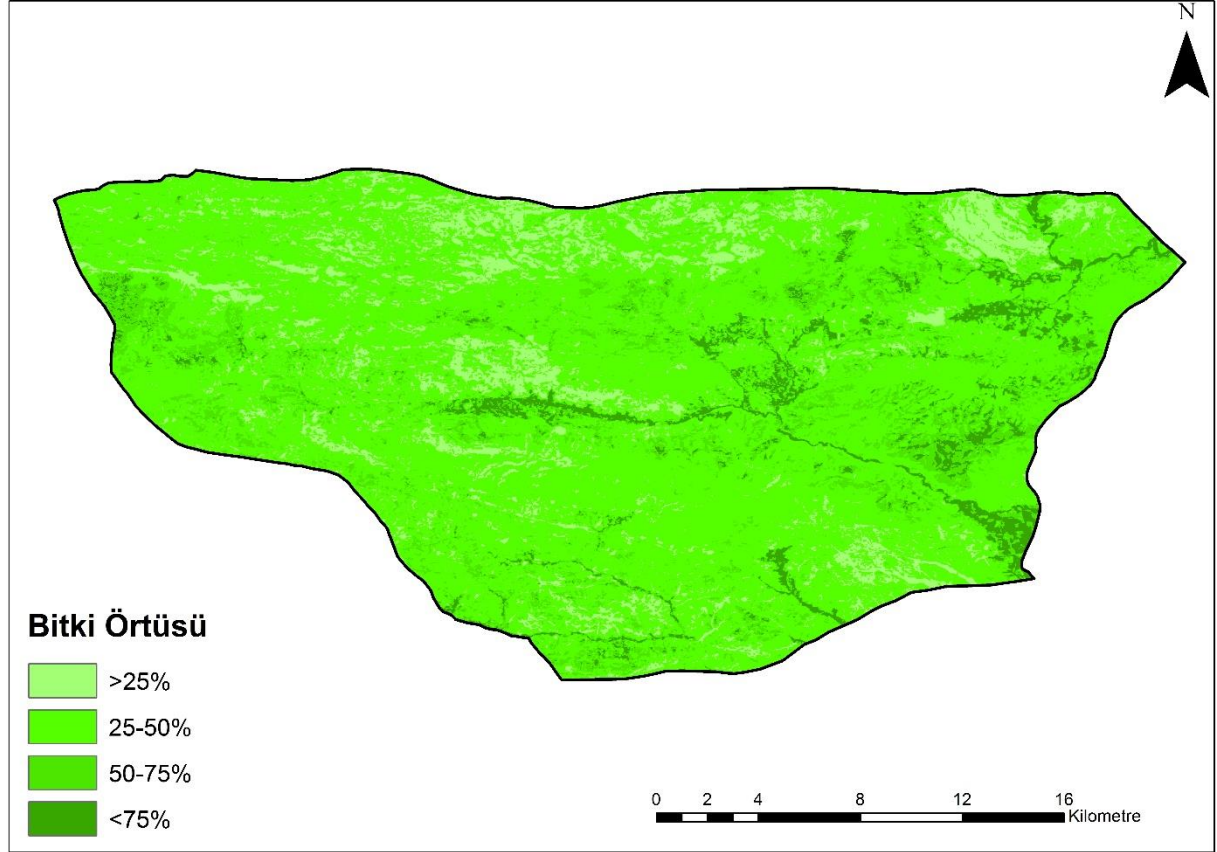
Arazi Kullanımı ve CORINE kodları	Alan	
	ha	%
Yarı Doğal Alanlar (324, 333)	24476	38
Tarım Alanları (211, 212, 221, 222, 242, 243)	23337	36
Çayır-Mera (231, 321)	13901	22
Orman (311, 312, 313)	1825	3
Diğer (112, 331, 332, 512)	661	1
Toplam	64200	100

3. 4. Bitki Örtüsü

Bitki örtüsü toprakların erozyondan korunması için en önemli faktörlerden biridir. Şekil 6 ve Çizelge 3’e baktığımızda, NDVI indeksine göre bitki örtüsü sınıflarının en yüksek alan yüzdesi (> %25 bitki örtüsü) çalışma alanının %83.83’ünü oluştururken, en küçük alan (%75 - 100 bitki örtüsü) ilçenin %0.63’ünü oluşturmaktadır. Orta düzeylerde bitki örtüsüne (%25 - 75 bitki örtüsü) sahip olan alan varlığı ise toplam alanın %15.55’ine karşılık gelmektedir (Çizelge 3).

Çizelge 3. Bitki örtüsü kapalılık düzeyleri ve kapladığı alanlar

Kapalılık Düzeyi (%)	Alan	
	ha	%
> 25	53818	83.83
25-50	7625	11.88
50-75	2355	3.67
75-100	403	0.63
Toplam	64200	100



Şekil 6. Çalışma alanı bitki örtüsü haritası

3. 5. Aşınabilirlik

Aşınabilirlik haritasının oluşturulması için eğim ve jeoloji haritaları kullanılmıştır (Çizelge 4). Masif çok sert kayaların indis değerleri tüm eğim yüzdelerinde 1 (Çok az aşınabilir) olarak belirlenmiştir. İyi pekişmiş kalkerli kayaların indis değerleri ise, %0-6 eğim arasında 2 (Az aşınabilir), %6-20 arasında 3 (Orta aşınabilir), %20-30 arasında 4 (Şiddetli aşınabilir) ve %>30'da ise 5 (Çok şiddetli aşınabilir) olarak alınmıştır. Az konsolide olmuş kayaç topluluklarının indis değerleri, %0-6 arasında 2, %6-12 arasında 3, %12-20 arasında 4 ve %>20'de ise 5 olarak atanmıştır.

Çizelge 4. Aşınabilirlik analizi çakıştırma kriterleri

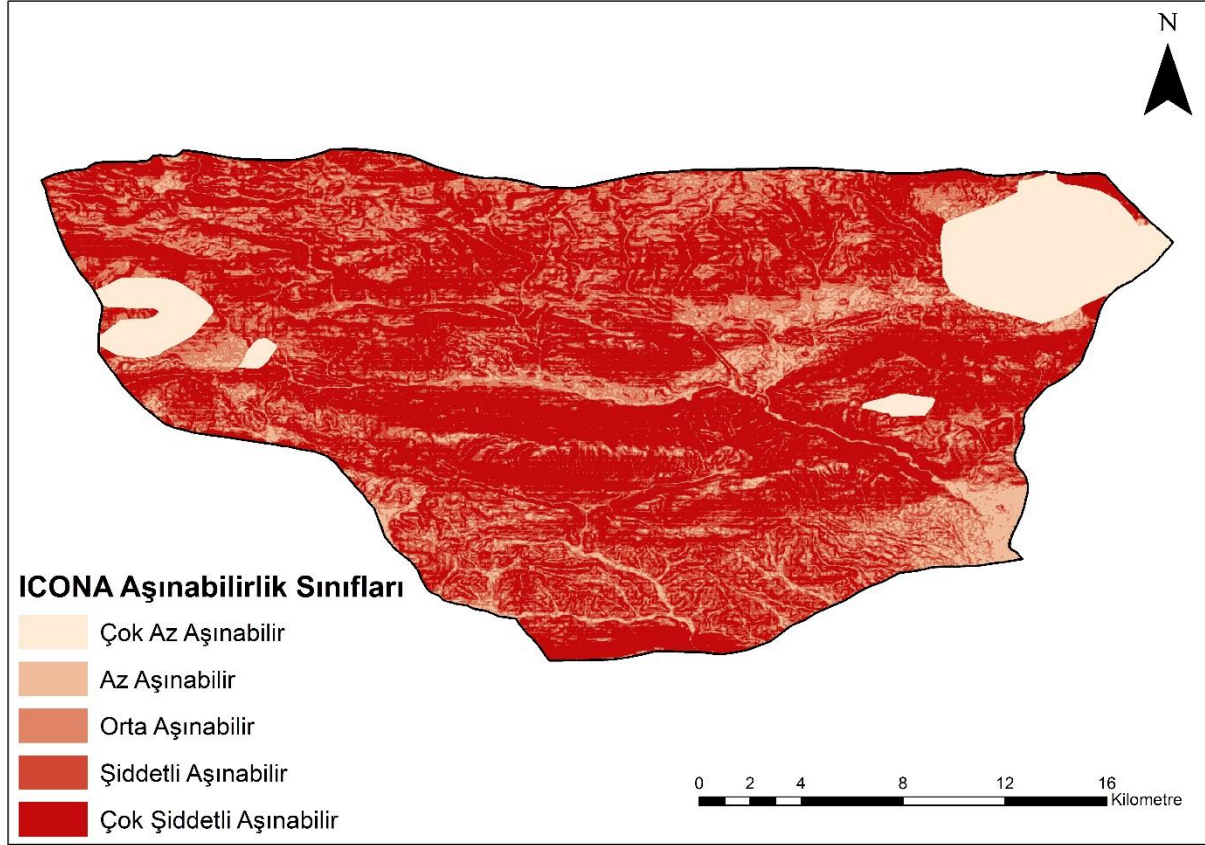
Yeniden sınıflanmış jeolojik formasyonlar	Eğim (%)					
	0-2	2-6	6-12	12-20	20-30	30+
Masif çok sert kayalar	1	1	1	1	1	1
İyi pekişmiş kalkerli kayalar	2	2	3	3	4	5
Az konsolide olmuş kayalar	2	2	3	4	5	5

Çalışma alanının büyük bir bölümü şiddetli ve çok şiddetli aşınabilir olarak belirlenmiştir (Şekil 6). Alanın yaklaşık %81.2'sinin dik, çok dik ve aşırı dik olarak sınıflandırılmış olması (Çizelge 1), eğimin ilçedeki toprak aşınabilirliğini güçlü bir şekilde etkilediğini göstermektedir. Ayrıca ilçenin litolojik özellikleri, toprak parçacıklarının ayrılmaya ve taşınmaya karşı düşük direnç göstermesine neden olmuştur (Şekil 4). Çalışma alanının büyük bir bölümünün (%70.83) şiddetli ve çok şiddetli aşınabilir sınıfta olduğu belirlenmiştir (Çizelge 5). Çalışma alanının yaklaşık 13.39'uda potansiyel olarak çok az ve az aşınabilir olarak bulunmuştur (Çizelge 5). Bu sonuçlara göre, toprak aşınabilirliği üzerine eğimin belirleyici olduğu anlaşılmaktadır. Daha dik eğime sahip araziler, toprak aşınabilirliğinde daha yüksek risk taşımaktadır (Alizadeh ve ark., 2022).

Çizelge 5. ICONA aşınabilirlik sınıfları ve kapladığı alanlar

ICONA Aşınabilirlik sınıfları	Alan	
	ha	%
Çok Az Aşınabilir	5193	8.09
Az Aşınabilir	3406	5.30
Orta Aşınabilir	10130	15.78
Şiddetli Aşınabilir	12966	20.20
Çok Şiddetli Aşınabilir	32506	50.63
Toplam	64200	100

Şekil 7, ilçenin topraklarının aşınabilirlik durumunu göstermektedir. Buna göre ilçe sınırına yakın olan Kuzeydoğu ve Batı kısımlarında ki küçük alanlar hariç, çalışma alanının büyük bölümü potansiyel olarak şiddetli ve çok şiddetli aşınabilir durumda olduğu görülmektedir.



Şekil 7. Çağlayancerit'e ait ICONA aşınabilirlik haritası

3. 6. Toprak Koruma

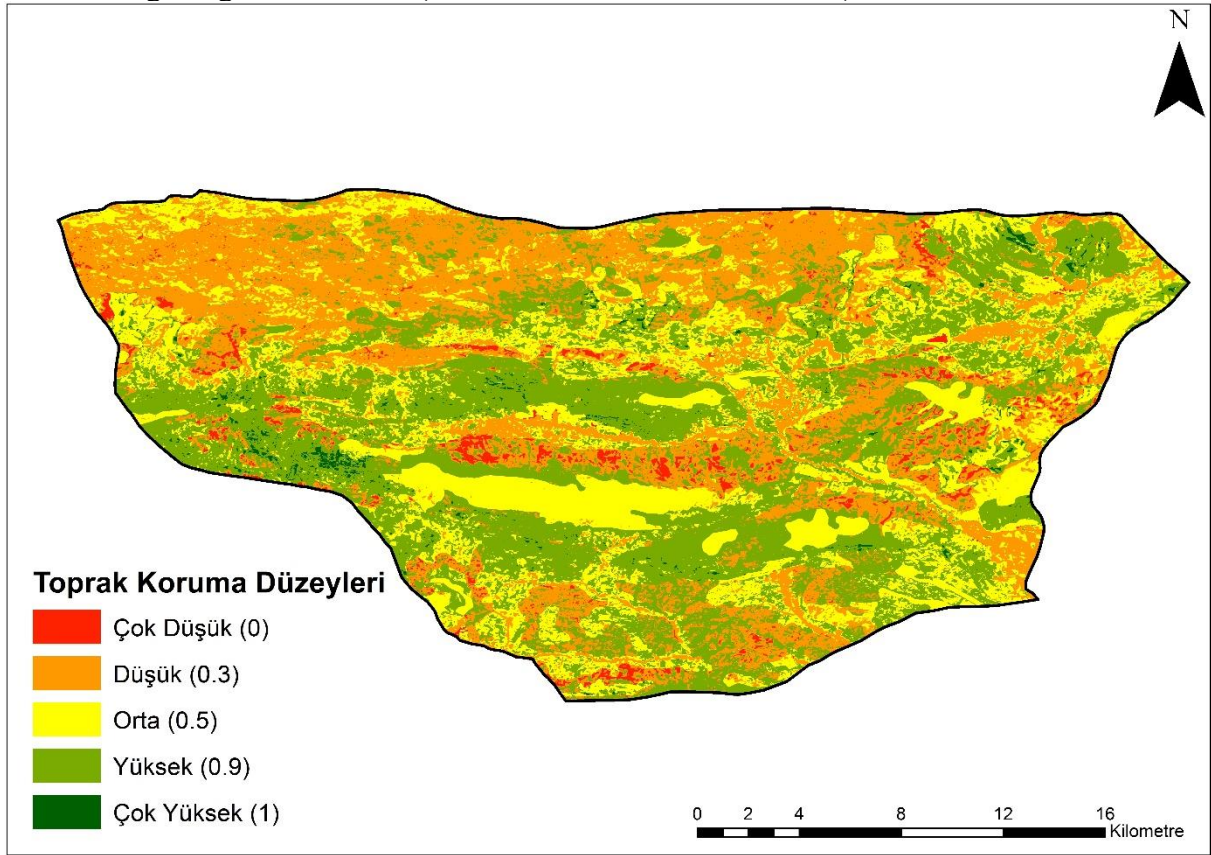
Şekil 8'deki toprak koruma düzeyi haritası Landsat 7 görüntülerinden oluşturulan NDVI haritası (bitki örtüsü haritası) ve CORINE (2018) haritasının birleştirilmesiyle oluşturulmuştur. Toprak koruma düzeyi belirlenirken, arazi örtüsü türleri ve bitki örtüsü birlikte değerlendirilmiştir. Bitki örtüsünün tüm derecelerinde orman arazilerinin tamamının toprak koruma düzeyi çok yüksek (1) olarak belirlenmiştir. Tarım alanları için bu değer %75'den fazla kapalılığa sahip alanlarda çok yüksek (0.3) olarak atanmıştır. Diğer arazi örtülerinin eğime göre değerlendirilen koruma indis değerleri Çizelge 6'da sunulmuştur.

Çizelge 6. Çalışma alanı için hazırlanan toprak koruma indisleri

Arazi Kullanımı (CORINE 2018)	Bitki Örtüsü (%)			
	<25	25-50	50-75	75-100
Orman alanları	1	1	1	1
Tarım alanları	0.3	0.5	0.9	1
Bitki değişim alanları- Bitki örtüsü az ya da olmayan alanlar- Sulanmayan ekilebilir alanlar, Çayır-mera, Çıplak alanlar	0	0.3	0.5	0.9

Toprak koruma haritası (Şekil 8), çalışma alanındaki toprağın yalnızca %0.76'sının yüksek oranda toprak koruma düzeyine sahip olduğunu, %36.54'ünün orta düzeyde korumalı olduğunu, %36.54'ünün ise düşük ila çok düşük seviyede koruma gösterdiğini göstermektedir (Çizelge

7). Bu sonuçlar çalışma alanının toprak kapalılık düzeyinin, erozyonu önlemede önemli bir faktör olduğunu göstermektedir (Esmaceli Gholzom ve ark., 2022).



Şekil 8. Çalışma alanı toprak koruma düzeyi haritası

Çizelge 7. Toprak koruma düzeyi sınıfları ve kapladığı alanlar

Toprak Koruma Düzeyi	Alan	
	ha	%
Çok Düşük	1646	2.56
Düşük	21813	33.98
Orta	16777	26.13
Yüksek	23478	36.57
Çok Yüksek	486	0.76
Toplam	64200	100

3.7. ICONA Potansiyel Erozyon Riski

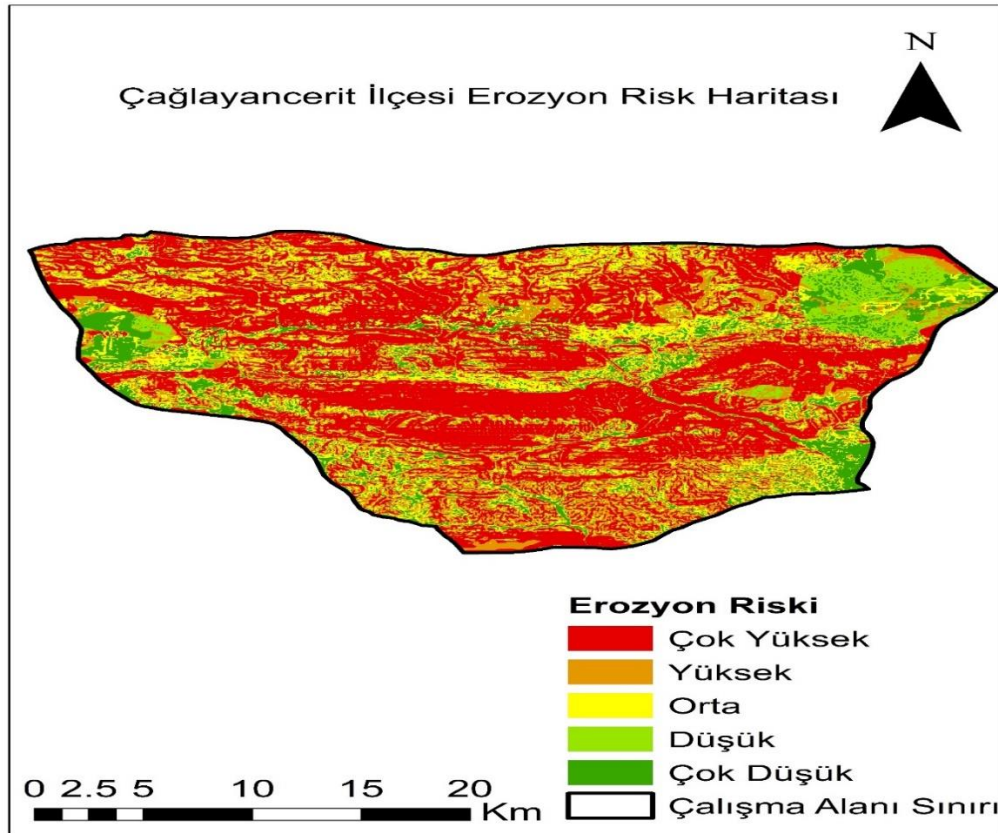
ICONA haritasına göre (Şekil 9), Çağlayancerit ilçesinin %62.64'lük kısmı yüksek ve çok yüksek erozyon riski taşımaktadır (Çizelge 8). Çalışma alanının düşük ve çok düşük erozyon riskine sahip alan varlığı ise toplam alanın %13.66'sını oluşturmaktadır. Eğimin az olduğu, masif kayaların bulunduğu ve bitki örtüsünün yoğun olduğu bölgeler en düşük erozyon riskine sahip alanlar olarak belirlenmiştir. Erozyon riskinin orta düzeyde olduğu alan varlığı ise, toplam alanın %23.70'ini oluşturmaktadır. Dengiz vd., (2014), ICONA yöntemi kullanılarak İnebolu Havzası'nda yürüttükleri çalışmada, havzanın %52.9'unun erozyon bakımından çok riskli olduğunu belirlemişlerdir.

Çizelge 8. ICONA potansiyel erozyon risk haritası ve kapladığı alanlar

ICONA Potansiyel Erozyon Riski	Alan	
	ha	%
Çok Düşük	7151	11.14
Düşük	1618	2.52
Orta	15214	23.70
Yüksek	14953	23.29
Çok Yüksek	25264	39.35
Toplam	64200	100

Düşük bitki örtüsü yüzdesi ve yüksek eğim derecelerine sahip alanlar potansiyel olarak en yüksek erozyon riskine sahip alanlar olarak bulunmuştur (Şekil 9). Buna karşılık, toprak koruma düzeyleri yüksek olan ve eğimin az olduğu Kuzeydoğu bölgeleri düşük erozyon riskinin olduğu alanları oluşturmaktadır. Bölgenin geçmişte yoğun tektonik faaliyetlere maruz kalması, çalışma alanının engebeli bir topografik yapıya sahip olmasının en önemli nedenlerindedir.

Çalışmanın bulguları, alanda yüksek bitki örtüsünün (orman alanları) eğimin etkisini yumuşattığını, genel olarak en yüksek erozyon risk sınıfının eğimin yüksek ve bitki örtüsünün zayıf olduğu yarı doğal alanlarda olduğunu göstermektedir. Bulgular, yüksek eğime ve düşük korumaya sahip yarı doğal alanlarda erozyon riskinin çok yüksek olduğunu göstermiştir. Bizim çalışmamızla benzer şekilde, Alizadeh ve ark. (2022), yoğun kapalılık gösteren orman alanlarında ve eğimin azaldığı bölgelerde potansiyel erozyon riskinin azaldığını bildirmişlerdir.



Şekil 9. Çalışma Alanına ait ICONA Erozyon Risk Haritası

4. SONUÇ

ICONA, yeterli karasal veriye sahip olmayan, çalışılması zor engebeli topoğrafyalarda suyun neden olduğu erozyondan kaynaklanan toprak kayıplarını tahmin etmek ve erozyonu değerlendirmek için uygun modellerden biridir. Fakat eğim uzunluğu ve dikliğinin yanı sıra, iklim faktörlerinin de değerlendirme dışında bırakılması, modelin zayıf yönlerini oluşturmaktadır.

Bu çalışma, Akdeniz iklimiyle karasal iklimin geçiş özelliklerini taşıyan Çağlayancerit İlçesi'nin potansiyel erozyon riskini daha az maliyetli ve kolay bir şekilde değerlendirmek için Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) ve ICONA modelinin birlikte kullanımının önemini vurgulamaktadır. Model, eğim, litolojik özellikler, arazi kullanımı/arazi örtüsü gibi erozyon faktörlerini içerir. Ortaya çıkan potansiyel erozyon riski haritası, yüksek erozyon riski yaşayan alanların belirlenmesine olanak tanır.

Araştırmanın sonucuna göre ilçenin %67'lik bölümü yüksek erozyon riskine sahiptir. Erozyon riskinin düşük ya da çok düşük olduğu alan varlığı ise toplam alanın yalnızca %15'ini oluşturmaktadır. Çalışma alanının büyük kısmının potansiyel olarak yüksek erozyon riski taşıması, bizlere bu çalışma alanımız için bir takım toprak koruma önlemlerinin alınması gerektiğini göstermektedir. Tarımsal faaliyetlerin yürütüldüğü ve eğimin yüksek olduğu bölgelerde, teraslama ve şeritvari ekim gibi toprak koruma önlemlerinin uygulanması gerekmektedir. Ayrıca, orman, çayır-mera gibi alanlardaki bitki yoğunluğunun artırılması da erozyon riskinin azaltılmasına yardımcı olacaktır.

Referanslar

- Alizadeh, M., Zabihi, H., Wolf, I. D., Langat, P. K., Pour, A. B., & Ahmad, A. (2022). Remote sensing technique and ICONA based-GIS mapping for assessing the risk of soil erosion: A case of the Rudbar Basin, Iran. *Environmental Earth Sciences*, 81(21), 512.
- Anonim. (2024a). Çağlayancerit ilçesi genel bilgileri. <https://tr.wikipedia.org/wiki/%C3%87a%C4%9Flayancerit>, Erişim Tarihi: 01/09/2024.
- Anonim. (2024b). Çağlayancerit ilçesi litoloji haritası. <https://www.mta.gov.tr/>, Erişim Tarihi: 05/09/2024.
- Aytop, H., & Pınar, M. Ö. (2024). Evaluation of Agricultural Productivity Loss of Vineyards Through Water Erosion in Türkiye. *Applied Fruit Science*, 66(2), 667-676.
- Bayramin, I., Dengiz, O., Başkan, O., & Parlak, M. (2003). Soil erosion risk assessment with ICONA model; case study: Beypazarı area. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 27(2), 105-116.
- CORINE. (2018) <https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover/clc2018>. Erişim Tarihi: 15/08/2024.
- Durak, E.Ö. (2022) Artvin Merkez İlçe ve Yakın Çevresinde Peyzaj Karakter Değerlendirmesi ile Peyzaj Planlama Rehberlerinin Geliştirilmesi, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa Lisansüstü Eğitim Enstitüsü.
- Esmaceli Gholzom, H., Ahmadi, H., Moeini, A., & Motamedvaziri, B. (2022). Soil erosion risk assessment in the natural and planted forests using ICONA model and GIS technique. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 1-16.
- FAO. (2016). Global soil partnership endorses guidelines on sustainable soil management. Retrieved July 10, 2024, from <http://fao.org/global-soilpartnership/resources/highlights/detail/en/c/416516/>
- Fox, A. D., Desholm, M., Kahlert, J., Christensen, T. K., & Krag Petersen, I. B. (2006). Information needs to support environmental impact assessment of the effects of European marine offshore wind farms on birds. *Ibis*, 148, 129-144.
- ICONA. (1991) Plan Nacional De Restauracion Hydrologico-Forestal Para Control De La Erosion. Ministerio de Agricultura, Pesca Alimentacion, Madrid
- ICONA. (1997) Guidelines for Mapping and Measurement of Rainfall-induced Erosion Processes in the Mediterranean Coastal Areas. Priorityaction programme regional activity centre, Split, Croatia
- Kheir, R. B., Cerdan, O., & Abdallah, C. (2006). Regional soil erosion risk mapping in Lebanon. *Geomorphology*, 82(3-4), 347-359.
- Korkmaz, S. (2023). Doğal Kaya Tırmanma Duvarları: Jeolojik ve Petrografik Açından Bir Değerlendirme. *Uluslararası Dağcılık ve Tırmanış Dergisi*, 6(2), 52-59.
- Moussa, R., Voltz, M., & Andrieux, P. (2002). Effects of the spatial organization of agricultural management on the hydrological behaviour of a farmed catchment during flood events. *Hydrological processes*, 16(2), 393-412.
- Panagos P, Standardi G, Borrelli P, Lugato E, Montanarella L, Bosello F. (2018). Cost of agricultural productivity loss due to soil erosion in the European Union: from direct cost evaluation approaches to the use of macroeconomic models. *Land Degrad Dev* 29(3):471-484
- Reed, B. C., Brown, J. F., VanderZee, D., Loveland, T. R., Merchant, J. W., & Ohlen, D. O. (1994). Measuring phenological variability from satellite imagery. *Journal of vegetation science*, 5(5), 703-714.

- Salumbo, A.M. de O. (2020). A Review of Soil Erosion Estimation Methods. *Agricultural Sciences*, 11, 667-691.
- Souchère, V., Cerdan, O., Dubreuil, N., Le Bissonnais, Y., & King, C. (2005). Modelling the impact of agri-environmental scenarios on runoff in a cultivated catchment (Normandy, France). *Catena*, 61(2-3), 229-240.
- Tombuş, F. E., Yüksel, M., Coşar, M., & Ozulu, İ. M. (2012). ICONA Erozyon Risk Belirlenme Yönteminde Zamansal Olarak NDVI Etkisinin İncelenmesi. *Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu, Zonguldak*.
- Yalçın, C. (2022). DEM and GIS-based assessment of structural elements in the collision zone: Çağlayancerit, Kahramanmaraş (Türkiye). *Advanced Remote Sensing*, 2(2), 66-73.
- Zaz, S. N., & Romshoo, S. A. (2012). Assessing the geoindicators of land degradation in the Kashmir Himalayan region, India. *Natural Hazards*, 64, 1219-1245.

**MARKETING OBSERVATION OF THE ORGANIZATION OF FISHERIES
PRODUCTION ON AGRICULTURAL FARMS THROUGH MICROECONOMIC
FINANCIAL ACTIVITIES**

Associate Professor, Snežana ĐOKIĆ (ORCID:0000-0002-3676-5553)

Nezavisni University Banja Luka,
Faculty of Economics Banja Luka, Bosnia and Hercegovina
Email:sunce.sunce@yahoo.com

Assistant Professor, Srđan JOVANOVIĆ (ORCID:0000-0003-2771-2852)

Nezavisni University Banja Luka
Faculty of Economics Banja Luka, Bosnia and Hercegovina
Email:srdjanjovanovic82@gmail.com

Associate Professor, Slobodan POPOVIĆ*(ORCID:0000-0002-6321-8141)

Faculty of Economics and Engineering Management, Cvecarska 2, Novi Sad, Republic of
Serbia, **Email:**slobodan.popovic49@gmail.com

Abstract

The marketing organization of any production should be viewed through micro-economic activities wherever it is carried out, that is, wherever the activity of a legal entity is essentially carried out. In the paper, the authors show the importance of marketing influence on the production of specific production, that is, fishing production, on the one hand, and on the other hand, it is observed through the analysis of the financial activities of the respective production on individual farms. Marketing, which essentially represents the sum of certain activities that are directed to specific flows of products and services performed by the producer in this case on his economic farm. All this happens in relation to the buyer of the product in this example through the observation of fishing production, but in the function of finances, which should further determine fish production through the financial activities of certain parts of individual farms in the example of the Republic of Serbia.

Key words: fish production, marketing, agriculture, finance.

INTRODUCTION

Marketing observation within individual farms should be viewed as a sum of activities used in order to direct the flow of products and services from the producer to the consumer in order to achieve better financial results as part of the overall observation of the operation of the farm [1-7]. Direction with respect to marketing cannot be separated from making business decisions that can significantly affect the organization of production [8-14].

Such a comprehensive marketing observation gives a chance to achieve better business results within production and turnover within legal entities that give a chance to achieve overall business results [15-23].

The effects of marketing in agricultural production are measured by the realized total income, that is, the profit that is realized at the end of the process [24-30].

MARKETING FUNCTIONING IN THE MEANING OF INCREASING THE PRODUCTION POTENTIAL OF AGRICULTURE FOR THE EXAMPLE OF FISH PRODUCTION

The presentation of marketing activities in increasing the range of products is given in the presentation of figure 1.

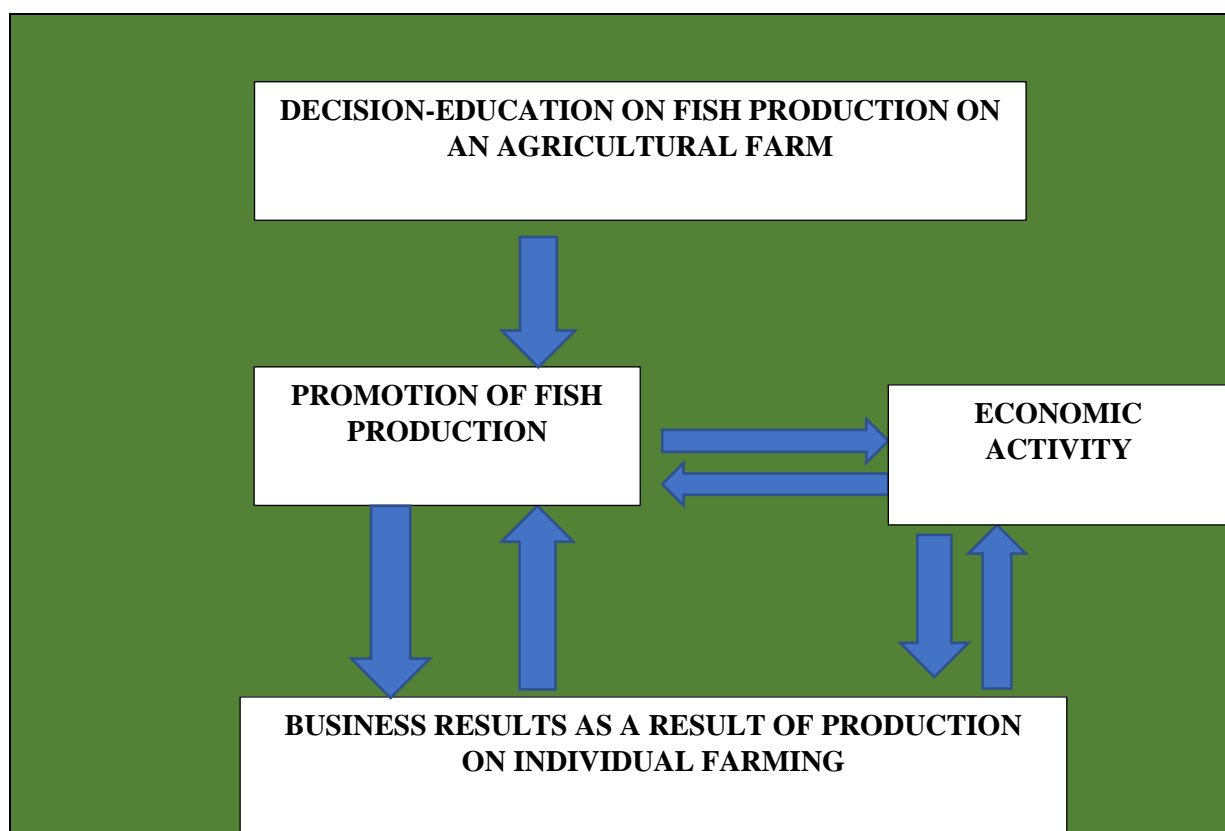


Figure 1: Presentation of business results as a result of production on individual farming.

Source: Authors, 2024.

MARKETING AS PART OF STRATEGIC ACTIVITIES

Marketing is a key part of any business strategy, which is very important in an organization such as individual production in agriculture.

This happens regardless of the type of work that individual agricultural producers do in a given economy.

Observation is carried out through:

- connection between buyer and seller,
- the process by which you present your products or services to customers,
- way of product promotion,
- application of different market strategies,
- market research as a whole,
- performance on the domestic or international market.

According to the definition of the American Marketing Association (AMA), marketing includes a set of institutions and processes for creating, communicating, delivering and exchanging offers that have value for customers, clients, partners and society as a whole.

dr. Philip Kotler defined marketing as "the science and art of researching, creating and delivering value to meet the needs of a target market with the goal of making a profit." Marketing identifies unmet needs and wants, measures market size and profit potential, and designs and promotes relevant products and services.

Everything mentioned should be included in the activities that fit into the organization of an individual farm.

CONCLUSION

Marketing organization is of great importance in the organization of an individual farm. It is responsible production, first of all, which should be viewed through micro-economic activities, for example, product promotion on the market. The performance of such an organization can be measured by economic indicators, where such activity is essentially carried out with the aim of achieving financial results and production by selling products, in this case fish, on the domestic or international market. In the paper, the authors show the importance of the marketing influence on the production of specific production, that is, fishing production, on the one hand, and on the other hand, it is observed through the analysis of financial activities that are realized on the market.

REFERENCES

- [1] Bakmaz, O., Dragosavac, M., Jestrović, V., Radaković, M., Davidov, T., Bjelica, B, Brakus, A., Popović, D., (2023). Management of plant production (narcissus l.) Through the application of non-standard growing methods in order to increase the financial value of production, *Economics of Agriculture*, Year 70, No. 2.
- [2] Popović, S., Laban, B., Vukasović, D., Ivić, M., Popović, V. (2018). Internal and external audit as a factor in improving the management of the Agricultural enterprise, *Poljoprivredna tehnika*, 4: 8–12.
- [3] Popović, S. (2015). Implementacija heterogenih rizika u radu interne revizije, *Revizor* 69: 7-19.
- [4] Bjelica, B., Bakmaz, O., Mijić, R., Popović, S. & Popović, V. (2017). The implementation of heterogeneous risk to the company's operations and transition countries respecting the behavior of agricultural enterprises in the republic of Serbia. *Annals of the „Constantin Brâncuși” University of Târgu Jiu, Economy Series*, 3/2017, 207-213, ISSN 2344 – 3685/ISSN-L 1844 –7007.
- [5] Radović, M., Vitomir, J., Laban, B., Jovin, S., Nastić, S., Popović, V. & Popović S. (2019). Management of joint stock companies and farms by using fair value of agricultural equipment in financial statements on the example of IMT 533 Tractor, *Economics of Agriculture*, 1: 35-50.
- [6] Popović, S. (2014). *Socio-ekonomski faktori ograničenja razvoja agrara*, monografija, Fimek, Novi Sad.
- [7] Bakmaz, O., Anđelić, S., Dragosavac, M., Grublješić, Ž., Nastić S., Popović, D., Tubić M. & Popović S. (2024). The importance of determining the efficiency of business of agricultural farms in relation to the use of credits in agriculture, the example of the Republic of Serbia, *Agricultural Engineering*, No. 1, 10-16.
- [8] Popović, S., Tošković, J., Majstorović, A., Brkanlić, S. & Katić, A. (2015). The importance of continuous audit of financial statements of the company of countries joining the EU, *Annals of the „Constantin Brâncuși” University of Târgu Jiu, Economy Series, Special Issue*, 241-246.
- [9] Radović, M., Vitomir, J. & Popović, S. (2021). Impact of internal control in enterprises founded by local self-government units: the case of Republic of Serbia, *Inzinerine Ekonomika-Engineering Economics*, 32(1): 82–90.
- [10] Ivaniš., M. & Popović., S. (2013). Altmanov Z-Score model analize, *Ekonomija-teorija i praksa* br.2, Fakultet za ekonomiju i inženjerski menadžment, Univerzitet Privredna akademija u Novom Sadu, 47-62.
- [11] Arnautović, I., Davidov, T., Nastić, S. & Popović, S. (2022). Značaj donošenja racionalne poslovne odluke top menadžmenta u poljoprivrednim preduzećima u Republici Srbiji, *Poljoprivredna tehnika*, 1-8.
- [12] Majstorović, A. & Popović, S. (2015). Revizija poslovanja poljoprivrednog preduzeća, *Računovodstvo*, 1: 77-85.
- [13] Tamas-Miškin, S., Vitomir, J., Dragosavac, M., Medan, N., Radaković, M., Vitomir, G., Davidov, T. & Popović, S. (2022). The significance of archiving documentation and assessment quality of archiving financial documentation given by top managers, *Economics of Agriculture*, Year 69, No. 4, 2022, (pp. 949-1252).
- [14] Popović, S., Vitomir, J., Tomaš-Miskin, S., Davidov, T., Nastić., S., Popović, V., Popović, D., Vitomir, G. (2021). The importance of a realistically determined amount of tax on property rights relating to the ownership of agricultural land in the Republic of Serbia

- adopted by tax authorities of local selfgovernment units, *Ekonomika poljoprivrede, Economics of agriculture*, Vol.LXVIII, 4: 1029-1042.
- [15] Popović, D., Vitomir, J., Tomaš-Miskin, S., Davidov, T., Popović, S., Jovanović, M., Aćimić-Remiković, M., Jovanović, S. (2021). Implementation of internal control with reference to the application of it in companies operating on the principles of the green economy. *Agriculture & Forestry*, Vol. 67 Issue 2: 261-269.
- [16] Majstorović, A., Popović, S., Volf, D. (2015). Theory and politics of balance, second amended and supplemented edition, Novi Sad: Feljton.
- [17] Popović, S. (2015). Implementacija heterogenih rizika u radu interne revizije, *Revizor* 69: 7-19.
- [18] Popović, Laban, B., Popović, V., Jovin, S., Grublješić, Ž., Filipović, V. (2018). Management by respecting the provision of conditions for the commencement of procurement and monitoring of implementation in agricultural enterprises, *Poljoprivredna tehnika*, 2: 30–35.
- [19] Bakmaz, O., Bjelica, B. & Vitomir, J. (2023). Application of software solutions in companies that strive to achieve increased financial stability in their regular business, *Temel-II*, 7:1, 13 – 20.
- [20] Popović, S., Anđelić, S., Dragosavac, M., Bakmaz, O., Nastić, S., Popović, D., Tubić, M. & Grublješić, Ž. (2024). Ocena vlasnika poljoprivrednih gazdinstava po pitanju primene softvera u poslovanju, sa ciljem unapređenja upravljanja, *Agricultural Engineering*, No. 2, 1-1.
- [21] Bakmaz, O., Đuranović-Miličić, J., Dugonjić, D, Brakus, A., Gligović, D., Grublješić, Ž. & Popović, S. (2024). Management of non-standard agricultural equipment based on assessments of farm owners and management of healthcare organizations based on common use for patient treatment needs, *poljoprivredna tehnika*, issn 0544-5587.
- [22] Popović, S., Ranko, M., Grublješić, Ž. (2014). Interna kontrola i interna revizija u funkciji menadžmenta, *Škola biznisa*, 1/2014, 95-107.
- [23] Popović, S.(2014). Valuation of Computer Equipment and Telephone Equipment in Order for Reports to Manage Companies, *Communications in dependability and QM*, IC 17;2, 47-52.
- [24] Popović, S., Grublješić, Ž., Mijić, R. (2014). Procena vrednosti opreme u upotrebi u preduzeću sa pretežnom poljoprivrednom delatnošću, *Agroekonomika*, 43:61-62, 80-89.
- [25] Popović, S., Tošković, J., Grublješić, Ž. (2014). Environmental-Economic Model of Developing Composters in Parks, Protected Areas and City Limits in the Republic of Serbia, *ProEnviroment* 7: 213-217.
- [26] Popović, S., (2015), Interna revizija kao pokretač finansijske analize u javnim preduzećima RS, *Revizor*, 72: 41-53.
- [27] Popović, S., Majstorović, A., Grublješić, Ž., Macura, R., Mijić, R., Nikolić, I., Garić, R., Petrović, V., Siljanoska, S. (2015). The importance of agro-ecological and economic strategic Management within the tertiary sector, *Annals of the „Constantin Brâncuși” University of Târgu Jiu, Economy Series*, 6: 159-165.
- [28] Bakmaz, O., Dragosavac, M., Popović, D., Brakus, A., Pajović, I., Turčinović, Ž., Radaković, M. & Popović, S. (2024). The significance of real financial reporting of agricultural mechanism in relation to the making of management decisions of individual farms and medium-sized agricultural enterprises, *The Journal "Agriculture and Forestry"*, 71:1, 171-184.
- [29] Popović, S., Laban, B., Popović, V., Jovin, S., Grublješić, Ž. (2018). Management services with respect to the new approach pvc packaging in the agricultural enterprises with agro-

- ecological aspects, *Poljoprivredna tehnika*, 3: 38–44.
- [30] Bakmaz, O., Dragosavac, M., Brakus, A., Radaković, M., Arnautović, I., Samardžić, V., Krstajić, G. & Popović, S. (2024). Financial security and invoicing in management of public enterprises whose founders are local self-government units, example Republic of Serbia, *Lex localis-Journal of Local Self-Government*, 22:2, 198-218.

**THE SIGNIFICANCE OF MARKETING IN THE LIMITATION OF CEREAL
PRODUCTION WITH THE GOAL OF INCREASE IN FINANCIAL RESULTS ON
THE EXAMPLE OF THE REPUBLIC OF SERBIA**

Associate Professor, Snežana ĐOKIĆ (ORCID:0000-0002-3676-5553)

Nezavisni University Banja Luka,
Faculty of Economics Banja Luka, Bosnia and Hercegovina
Email:sunce.sunce@yahoo.com

Assistant Professor, Srdan JOVANOVIĆ (ORCID:0000-0003-2771-2852)

Nezavisni University Banja Luka
Faculty of Economics Banja Luka, Bosnia and Hercegovina
Email:srdjanjovanovic82@gmail.com

Associate Professor, Slobodan POPOVIĆ*(ORCID:0000-0002-6321-8141)

Faculty of Economics and Engineering Management, Cvecarska 2, Novi Sad, Republic of
Serbia, **Email:**slobodan.popovic49@gmail.com

Abstract

The importance of marketing as an approach that takes place in the producer-customer relationship is of great importance for low accumulative activities, especially within the framework of observing agricultural production. Such observation of marketing is correlated with micro-economic activities that are strongly maintained on agricultural production. Measures related to agriculture, thanks to marketing, can create a wider range of new production that can be much more profitable and where it can take place within the broader activity of a legal entity, which is of great importance for agriculture as a low-accumulative activity. In the paper, the authors show the importance of marketing influence on the production of a specific production such as cereal production. It is possible to improve that production by marketing, which can mean presenting to farmers new production of cereals, new types, which are more expensive than the established production of cereals in a certain area.

Keywords: grain production, marketing, agricultural production, finance.

INTRODUCTION

Cereal production both on small individual agricultural farms and in the production of medium and large agricultural producers should be observed through the analysis of the financial activities of the production in question in order to make valid economic decisions regarding production in the future [1-8]. Marketing, which essentially represents the sum of certain activities that are directed to specific streams of grain production, but also the services provided by the producer in order to increase income in agriculture, is of great importance for the development of the entire agriculture [9-15]. The importance of marketing as an approach that takes place in the producer-customer relationship is of great importance for low-accumulative activities, especially within the framework of observing agricultural production, where the essential focus of state bodies and private companies that exist in agriculture is the production and marketing of grains [16-20].

THE IMPORTANCE OF DEFINING THE TARGET MARKET

The key starting point in choosing a marketing strategy is defining the target market, which in this paper means the target market for cereals is of great importance for all legal entities that produce these products. It is important to know:

- To whom the grains are sold,
- Who buys cereal,
- Effects of cereal activities,
- Understanding grain needs,
- Adaptation to time and space based on cereals,
- Increasing profits is the ultimate goal.

The presentation is given in figure 1.

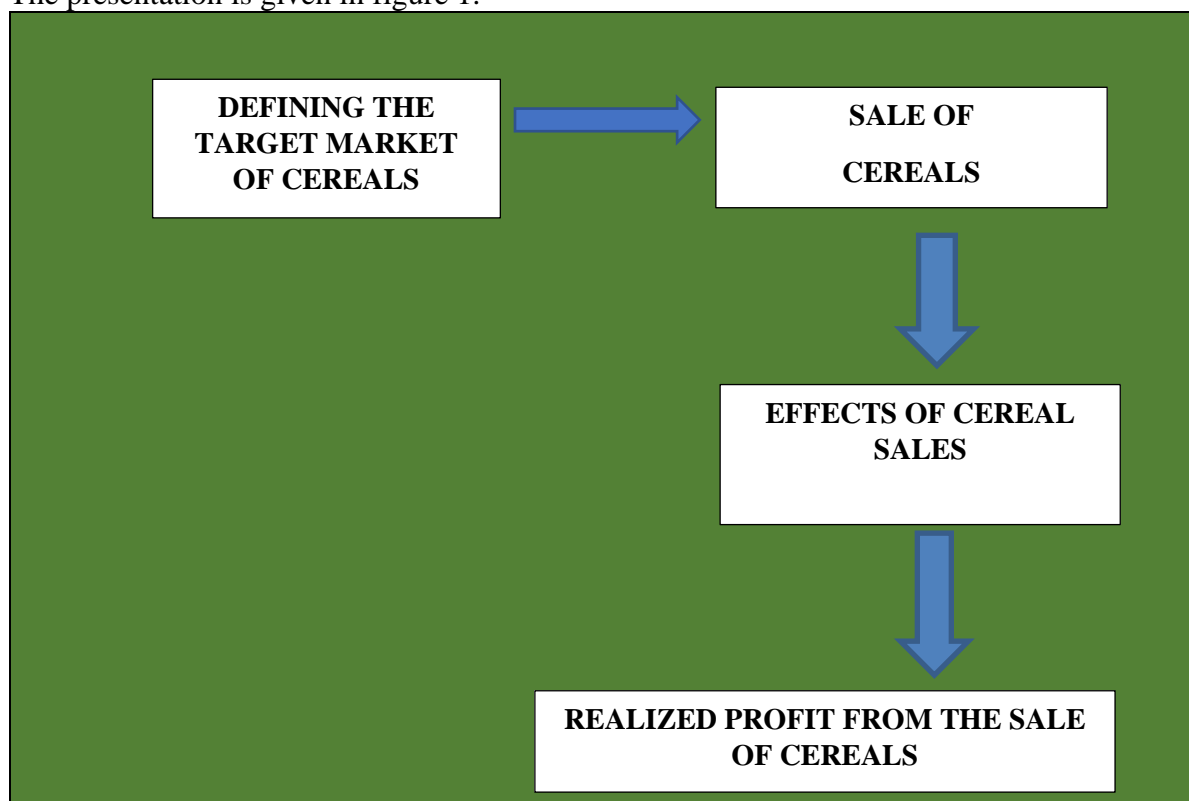


Figure 1: Presentation of realized profit from the sale of cereals. **Source:** Authors, 2024.

OBTAINING FEEDBACK IN THE PROCESS OF MARKETING AND SALES OF CEREALS DOMESTIC AND INTERNATIONAL

In addition to the importance of HOW you present your product or service, processing and responding to customer feedback is critical.

That way you can:

- meet additional market requirements,
- increase production effects,
- get to know the competition better,
- demand trends,
- sale of higher forms of processing,
- recognition of innovation activities,
- essential retention of competition, etc.

CONCLUSION

Successful agricultural companies strive to create, acquire and retain customers with the help of marketing while achieving a certain profit and/or other goals. This is of great importance for countries in transition like the Republic of Serbia. The basic task of real marketing in agriculture is to create long-term satisfaction, and not to hunt customers just for one sale of the desired goods on the domestic and international grain market. The goals of modern marketing are not always related to increasing profits. There are non-profit organizations and institutions that, with the help of marketing, achieve political, social, humanitarian and other goals, which is visible in some products based on the production of cereals.

REFERENCES

- [1] Bakmaz, O., Dragosavac, M., Jestrović, V., Radaković, M., Davidov, T., Bjelica, B, Brakus, A., Popović, D., (2023). Management of plant production (narcissus l.) Through the application of non-standard growing methods in order to increase the financial value of production, *Economics of Agriculture*, Year 70, No. 2.
- [2] Popović, S., Laban, B., Vukasović, D., Ivić, M., Popović, V. (2018). Internal and external audit as a factor in improving the management of the Agricultural enterprise, *Poljoprivredna tehnika*, 4: 8–12.
- [3] Popović, S. (2015). Implementacija heterogenih rizika u radu interne revizije, *Revizor* 69: 7-19.
- [4] Bakmaz, O., Dragosavac, M., Brakus, A., Radaković, M., Arnautović, I., Samardžić, V., Krstajić, G. & Popović, S. (2024). Financial security and invoicing in management of public enterprises whose founders are local self-government units, example Republic of Serbia, *Lex localis-Journal of Local Self-Government*, 22:2, 198-218.
- [5] Radović, M., Vitomir, J., Laban, B., Jovin, S., Nastić, S., Popović, V. & Popović S. (2019). Management of joint stock companies and farms by using fair value of agricultural equipment in financial statements on the example of IMT 533 Tractor, *Economics of Agriculture*, 1: 35-50.
- [6] Popović, S. (2014). Socio-ekonomski faktori ograničenja razvoja agrara, monografija, Fimek, Novi Sad.
- [7] Bakmaz, O., Dragosavac, M., Popović, D., Brakus, A., Pajović, I., Turčinović, Ž., Radaković, M. & Popović, S. (2024). The significance of real financial reporting of agricultural mechanism in relation to the making of management decisions of individual farms and medium-sized agricultural enterprises, *The Journal "Agriculture and Forestry"*, 71:1, 171-184.
- [8] Popović, S., Tošković, J., Majstorović, A., Brkanlić, S. & Katić, A. (2015). The importance of continuous audit of financial statements of the company of countries joining the EU, *Annals of the „Constantin Brâncuși” University of Târgu Jiu, Economy Series, Special Issue*, 241-246.
- [9] Radović, M., Vitomir, J. & Popović, S. (2021). Impact of internal control in enterprises founded by local self-government units: the case of Republic of Serbia, *Inzinerine Ekonomika-Engineering Economics*, 32(1): 82–90.
- [10] Ivaniš., M. & Popović., S. (2013). Altmanov Z-Score model analize, *Ekonomija-teorija i praksa* br.2, Fakultet za ekonomiju i inženjerski menadžment, Univerzitet Privredna akademija u Novom Sadu, 47-62.
- [11] Arnautović, I., Davidov, T., Nastić, S. & Popović, S. (2022). Značaj donošenja racionalne poslovne odluke top menadžmenta u poljoprivrednim preduzećima u Republici Srbiji, *Poljoprivredna tehnika*, 1-8.
- [12] Majstorović, A. & Popović, S. (2015). Revizija poslovanja poljoprivrednog preduzeća, *Računovodstvo*, 1: 77-85.
- [13] Tamas-Miškin, S., Vitomir, J., Dragosavac, M., Medan, N., Radaković, M., Vitomir, G., Davidov, T. & Popović, S. (2022). The significance of archiving documentation and assessment quality of archiving financial documentation given by top managers, *Economics of Agriculture*, Year 69, No. 4, 2022, (pp. 949-1252).
- [14] Popović, S., Vitomir, J., Tomaš-Miskin, S., Davidov, T., Nastić., S., Popović, V., Popović, D., Vitomir, G. (2021). The importance of a realistically determined amount of tax on property rights relating to the ownership of agricultural land in the Republic of Serbia

- adopted by tax authorities of local selfgovernment units, *Ekonomika poljoprivrede, Economics of agriculture*, Vol.LXVIII, 4: 1029-1042.
- [15] Popović, D., Vitomir, J., Tomaš-Miskin, S., Davidov, T., Popović, S., Jovanović, M., Aćimić-Remiković, M., Jovanović, S. (2021). Implementation of internal control with reference to the application of it in companies operating on the principles of the green economy. *Agriculture & Forestry*, Vol. 67 Issue 2: 261-269.
- [16] Majstorović, A., Popović, S., Volf, D. (2015). *Theory and politics of balance*, second amended and supplemented edition, Novi Sad: Feljton.
- [17] Popović, S. (2015). Implementacija heterogenih rizika u radu interne revizije, *Revizor* 69: 7-19.
- [18] Popović, Laban, B., Popović, V., Jovin, S., Grubljesić, Ž., Filipović, V. (2018). Management by respecting the provision of conditions for the commencement of procurement and monitoring of implementation in agricultural enterprises, *Poljoprivredna tehnika*, 2: 30–35.
- [19] Bakmaz, O., Bjelica, B. & Vitomir, J. (2023). Application of software solutions in companies that strive to achieve increased financial stability in their regular business, *Temel-II*, 7:1, 13 – 20.
- [20] Popović, S., Anđelić, S., Dragosavac, M., Bakmaz, O., Nastić, S., Popović, D., Tubić, M. & Grubljesić, Ž. (2024). Ocena vlasnika poljoprivrednih gazdinstava po pitanju primene softvera u poslovanju, sa ciljem unapređenja upravljanja, *Agricultural Engineering*, No. 2, 1-1.

**USES OF MARKETING IN THE SALE OF BASIC FOOD PRODUCTS FROM THE
POINT OF VIEW OF MANAGEMENT SECURITY, BOTH OF A COMPANY AND
OF A COUNTRY THAT SECURES ITS POPULATION**

Associate Professor, Snežana ĐOKIĆ (ORCID:0000-0002-3676-5553)

Nezavisni University Banja Luka,
Faculty of Economics Banja Luka, Bosnia and Hercegovina
Email:sunce.sunce@yahoo.com

Assistant Professor, Srdan JOVANOVIĆ (ORCID:0000-0003-2771-2852)

Nezavisni University Banja Luka
Faculty of Economics Banja Luka, Bosnia and Hercegovina
Email:srdjanjovanovic82@gmail.com

Associate Professor, Slobodan POPOVIĆ*(ORCID:0000-0002-6321-8141)

Faculty of Economics and Engineering Management, Cvecarska 2, Novi Sad, Republic of
Serbia, **Email:**slobodan.popovic49@gmail.com

Abstract

The use of marketing in the sale of basic foodstuffs from the point of view of management security should be viewed as an essential function in any economy. This applies especially to developing countries and countries that strive for accelerated development and integration processes because, as a rule, they have lower means of storing food reserves according to estimated food balances. Such observation is twofold and applies both to companies and to the state that provides for its population. An important safety factor of this important process is finances, which ensure additional safety of food storage in a country.

Keywords: food storage, marketing, agricultural production, finance.

INTRODUCTION

The safety of food storage comes to the fore more and more by taking into account numerous factors such as the management factor of management functions in enterprises of an economy [1-6].

Optimizing food storage slightly above the optimal estimated level refers to the making of management decisions in companies, but also at the level of state authorities that adopt safety measures in the storage of food and foodstuffs in emergency situations [7-14].

In addition, the so-called Crisis management on the basis of management decisions in companies and state bodies is limited by the amount of funds allocated on that basis [15-20].

DEFINING THE BASIC PROBLEMS OF FOOD PRESERVATION AND MARKETING THAT SHOULD ANALYZE, PROMOTE AND ACHIEVE A REAL IMPACT

Defining the basic problems of food preservation and marketing represents the basic of modern business to create and retain customers, that is, marketing has become its central function, which has been given a key role in achieving that purpose, which in this case is not in focus, but activities that are aimed at safe storage of foodstuffs to the extent that corresponds to the security of the state.

In real business life, it is much more difficult to acquire new customers than to keep existing ones. It is even more difficult to recover the lost ones. That's why marketing-oriented companies attach great importance to creating good relationships with existing customers by constantly improving their long-term satisfaction.

At the same time, they constantly work to win new customers by creating certain additional values, which do not always have to be in material form, such as: kindness and helpfulness of sellers, beauty and comfort of the sales area, adaptability of working hours, possibility of exchanging goods, etc.

Everything mentioned falls into the water in relation to existence:

- Immediate dangers of war,
- pandemic,
- Earthquakes,
- natural disasters,
- Continuous impact of climate on food production etc.

The basic task of their marketing is, therefore, to establish, develop and commercialize good long-term relations with customers¹, so that both parties achieve their interests - companies certain profit or other goals, and customers satisfying their needs on the one hand, and on the other such principles do not valid in case of extraordinary circumstances. For the application of the modern concept of marketing, three basic conditions must be met in the case of the existence of normal conditions:

- the company's activities must be focused on improving customer satisfaction, not convenience for the bidder
- achieving customer satisfaction must be based on the integrated efforts of all company functions
- the company must be focused on long-term success, on increasing the number of satisfied and loyal customers through the development and improvement of relations with them.
-

Extracurricular activities require marketing to:

- Adopting extraordinary measures to promote the rational use of food,
- Food production with minimal investment of resources,
- State redistribution of existing foodstuffs,
- Rationalization of all channels in food production,
- Rationalization of all channels in the redistribution of food.

MARKETING IN STANDARD CONDITIONS BASED ON POPULATION DIET

Marketing with non-standard conditions based on the diet of the population has its own forms, which can be shown in figure 1.



Figure 1: Presentation of safety effects of food storage.

Source: Authors, 2024.

CHARACTERISTICS OF THE MARKET OF AGRICULTURAL-FOOD PRODUCTS, I.E. POSSIBLE LIMITS

1. During the production process, it is not possible to change the quantity of the product in terms of increasing production (it is not possible to change the scope and properties of the product)
2. Technical and technological progress slowly penetrates agriculture (it takes from three to seven years to bring some technological innovation into production - for example, new varieties)
3. New cultivation methods and techniques (ecological production)
4. Agricultural production is dispersed (scattered) - so it is necessary to purchase and collect market surpluses.
5. The market of agricultural products is often not free (state intervention through regulatory-intervention measures)
6. Great uncertainty regarding the effects that will be achieved by the invested production factors - the influence of climate factors and the high risk of production effects.

CONCLUSION

In the paper, the authors showed the importance of marketing in conditions that are not standard based on the movement of food, its storage, and that above the optimal level if there is a need for what state bodies bring in their plans. The use of marketing in the sale of basic foodstuffs from the point of view of management security should be viewed as an essential function in any economy. This applies especially to developing countries and countries that strive for accelerated development and integration processes because, as a rule, they have lower means of storing food reserves according to estimated food balances. However, the existence of pandemics, wars, and natural disasters give marketing a new dimension that consists in promoting limited food consumption with strict management of rationalization of food use, which was the focus of this study and which all decision-makers should pay attention to in an economy.

REFERENCES

- [1] Bakmaz, O., Dragosavac, M., Jestrović, V., Radaković, M., Davidov, T., Bjelica, B, Brakus, A., Popović, D., (2023). Management of plant production (narcissus l.) Through the application of non-standard growing methods in order to increase the financial value of production, *Economics of Agriculture*, Year 70, No. 2.
- [2] Popović, S., Laban, B., Vukasović, D., Ivić, M., Popović, V. (2018). Internal and external audit as a factor in improving the management of the Agricultural enterprise, *Poljoprivredna tehnika*, 4: 8–12.
- [3] Popović, S. (2015). Implementacija heterogenih rizika u radu interne revizije, *Revizor* 69: 7-19.
- [4] Bakmaz, O., Dragosavac, M., Brakus, A., Radaković, M., Arnautović, I., Samardžić, V., Krstajić, G. & Popović, S. (2024). Financial security and invoicing in management of public enterprises whose founders are local self-government units, example Republic of Serbia, *Lex localis-Journal of Local Self-Government*, 22:2, 198-218.
- [5] Radović, M., Vitomir, J., Laban, B., Jovin, S., Nastić, S., Popović, V. & Popović S. (2019). Management of joint stock companies and farms by using fair value of agricultural equipment in financial statements on the example of IMT 533 Tractor, *Economics of Agriculture*, 1: 35-50.
- [6] Popović, S. (2014). Socio-ekonomski faktori ograničenja razvoja agrara, monografija, Fimek, Novi Sad.
- [7] Bakmaz, O., Dragosavac, M., Popović, D., Brakus, A., Pajović, I., Turčinović, Ž., Radaković, M. & Popović, S. (2024). The significance of real financial reporting of agricultural mechanism in relation to the making of management decisions of individual farms and medium-sized agricultural enterprises, *The Journal "Agriculture and Forestry"*, 71:1, 171-184.
- [8] Popović, S., Tošković, J., Majstorović, A., Brkanlić, S. & Katić, A. (2015). The importance of continuous audit of financial statements of the company of countries joining the EU, *Annals of the „Constantin Brâncuși” University of Târgu Jiu, Economy Series, Special Issue*, 241-246.
- [9] Radović, M., Vitomir, J. & Popović, S. (2021). Impact of internal control in enterprises founded by local self-government units: the case of Republic of Serbia, *Inzinerine Ekonomika-Engineering Economics*, 32(1): 82–90.
- [10] Ivaniš., M. & Popović., S. (2013). Altmanov Z-Score model analize, *Ekonomija-teorija i praksa* br.2, Fakultet za ekonomiju i inženjerski menadžment, Univerzitet Privredna akademija u Novom Sadu, 47-62.
- [11] Arnautović, I., Davidov, T., Nastić, S. & Popović, S. (2022). Značaj donošenja racionalne poslovne odluke top menadžmenta u poljoprivrednim preduzećima u Republici Srbiji, *Poljoprivredna tehnika*, 1-8.
- [12] Majstorović, A. & Popović, S. (2015). Revizija poslovanja poljoprivrednog preduzeća, *Računovodstvo*, 1: 77-85.
- [13] Tamas-Miškin, S., Vitomir, J., Dragosavac, M., Medan, N., Radaković, M., Vitomir, G., Davidov, T. & Popović, S. (2022). The significance of archiving documentation and assessment quality of archiving financial documentation given by top managers, *Economics of Agriculture*, Year 69, No. 4, 2022, (pp. 949-1252).
- [14] Popović, S., Vitomir, J., Tomaš-Miskin, S., Davidov, T., Nastić., S., Popović, V., Popović, D., Vitomir, G. (2021). The importance of a realistically determined amount of tax on property rights relating to the ownership of agricultural land in the Republic of Serbia

- adopted by tax authorities of local selfgovernment units, *Ekonomika poljoprivrede, Economics of agriculture*, Vol.LXVIII, 4: 1029-1042.
- [15] Popović, D., Vitomir, J., Tomaš-Miskin, S., Davidov, T., Popović, S., Jovanović, M., Aćimić-Remiković, M., Jovanović, S. (2021). Implementation of internal control with reference to the application of it in companies operating on the principles of the green economy. *Agriculture & Forestry*, Vol. 67 Issue 2: 261-269.
- [16] Majstorović, A., Popović, S., Volf, D. (2015). *Theory and politics of balance*, second amended and supplemented edition, Novi Sad: Feljton.
- [17] Popović, S. (2015). Implementacija heterogenih rizika u radu interne revizije, *Revizor* 69: 7-19.
- [18] Popović, Laban, B., Popović, V., Jovin, S., Grubljesić, Ž., Filipović, V. (2018). Management by respecting the provision of conditions for the commencement of procurement and monitoring of implementation in agricultural enterprises, *Poljoprivredna tehnika*, 2: 30–35.
- [19] Bakmaz, O., Bjelica, B. & Vitomir, J. (2023). Application of software solutions in companies that strive to achieve increased financial stability in their regular business, *Temel-II*, 7:1, 13 – 20.
- [20] Popović, S., Anđelić, S., Dragosavac, M., Bakmaz, O., Nastić, S., Popović, D., Tubić, M. & Grubljesić, Ž. (2024). Ocena vlasnika poljoprivrednih gazdinstava po pitanju primene softvera u poslovanju, sa ciljem unapređenja upravljanja, *Agricultural Engineering*, No. 2, 1-1.

**KARMA YEMLERDE HAYVANSAL PROTEİNLERİN MİKROSKOPİK
TESPİTİNDE WEB TABANLI KARAR DESTEK PROGRAMININ KULLANIMI**

Agricultural Engineer Habil UMUR (ORCID:0000-0002-9824-1165)

Food and Feed Control Central Research Institute

Email:habil.umur@tarimorman.gov.tr

Assistant Professor Hülya HANOĞLU ORAL (ORCID:0000-0003-3626-9637)

Department of Animal Production and Technologies, Faculty of Applied Sciences, Muş
Alparslan University

Email:h.hanoglu@alparslan.edu.tr

Agricultural Engineer Erdinç ALTINÇEKİÇ (ORCID:0000-0002-8728-3044)

PhD, Food and Feed Control Central Research Institute

Email:erdinc.altincekic@tarimorman.gov.tr

Veterinarian Figen KÜTÜKOĞLU (ORCID:0000-0002-3360-6485)

PhD, Food and Feed Control Central Research Institute

Email:figen.kutukoglu@tarimorman.gov.tr

Özet

Bu çalışmada, Türkiye’de hayvansal proteinlerin mikroskopik yöntemle belirlenmesinde rehber olarak kullanılmak üzere geliştirilen bir web tabanlı karar destek programının tanıtılması amaçlanmıştır. Yemlerin kalite kontrolünde ve değerlerinin belirlenmesinde fiziksel, kimyasal, biyolojik ve organoleptik analiz yöntemleri yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu yöntemler, yemlerin özellikleri, besin maddeleri içeriği, yararlılıkları ve kaliteleri hakkında bilgi sağlamaktadır. Ancak genellikle uzun sürede sonuç verirler ve maliyetleri yüksektir. Fiziksel analiz yöntemlerinden birisi olan mikroskopik analiz yöntemi ise, karma yemlerdeki hammaddelerin, yabancı maddelerin, yabancı ot tohumlarının ve bazı hayvan türlerinin yemlerine katılması yasak olan hayvansal proteinlerin varlığını, türünü ve miktarını belirlemek için kullanılmaktadır. Ayrıca, karma yemlerde etiket beyanlarının yasal mevzuata uygunluğunun doğrulanmasında da mikroskopik analiz yönteminden yararlanılmaktadır ve bu yöntemle hızlı sonuç alınabilmektedir. Ancak, güvenilir sonuçlar elde edebilmek, yöntemin uzun yıllar deneyim sahibi, sürekli eğitim almış ve alanında uzman personel tarafından uygulanmasıyla mümkündür. TÜBİTAK tarafından desteklenen 221O064 numaralı proje kapsamında, kamu ve özel laboratuvarlarda ve yem fabrikalarında çalışan mikroskopistlerin, yemlerdeki hayvansal proteinlerin belirlenmesinde rehber olarak kullanabileceği bir web tabanlı karar destek programı geliştirilmiş ve <https://yemmikroskobisi.tarimorman.gov.tr/> adresinden ücretsiz olarak erişime sunulmuştur. Proje kapsamında sığır süt yemi, sığır besi yemi, buzağı büyütme yemi, yumurta tavuk yemi ve hindi yemi olmak üzere beş farklı karma yem türüne, 19 çeşit hayvansal protein eklenerek yem karışımları hazırlanmıştır. Bu karışımlardaki hayvansal proteinlerin makroskobik özellikleri stereo mikroskop, histolojik özellikleri ise polarize ışık mikroskobu kullanılarak çeşitli boyama teknikleri ile belirlenmiştir. Programda, et-kemik unu, kanatlı unu, domuz unu, balık unu ve karides unu gibi çeşitli

hayvansal proteinler karakterize edilmiş; ayrıca literatürde daha önce yer almayan hamsi unu ve hindi ununa ait mikrograflar ilk kez hazırlanmıştır. Mikroskobik incelemeler sonucu elde edilen mikrograflar arşivlenmiş ve hayvansal proteinlerin özelliklerini en iyi yansıtan mikrograflar seçilerek, “Yemlerin Mikroskopik Veri Tabanı” ana sayfasındaki “Koleksiyonlar” sekmesinde yer alan “Hayvansal Protein Karar Destek Programı (AP-DSP)”na aktarılmıştır. Programda, ürünler; Türkçe ve Latince ad, doku, fraksiyon, mikroskopik teknik, boyama yöntemi ve büyütme oranına göre filtrelenerek arama yapılabilir. Yaklaşık 1000’den fazla yüksek çözünürlüklü mikrograf içeren program, kullanıcı dostu, sürekli güncellenebilir ve sürdürülebilir bir yapıya sahiptir. Program, Türkiye’de yem kontrolü ve güvenliğini artırmayı hedefleyerek, hayvansal proteinlerin analizini kolaylaştıracak yenilikçi bir çözüm sunmaktadır

Anahtar Kelimeler: Hayvansal protein, Mikroskopik analiz, Karar destek programı, Yem kalite kontrolü, Yem mikroskopisi

**UTILIZATION OF WEB-BASED DECISION SUPPORT PROGRAM FOR
MICROSCOPIC DETECTION OF ANIMAL PROTEINS IN COMPOUND FEEDS**

Abstract

This study aimed to introduce a web-based decision support program developed to serve as a guide for the microscopic detection of animal proteins in Türkiye. Physical, chemical, biological, and organoleptic analysis methods are widely used in the quality control and evaluation of feed values. These methods provide information about the properties, nutrient content, animal utilization, and quality of feeds. However, they often produce results over a long period and are costly. The microscopic analysis method, which is one of the physical analysis methods, is used to determine the presence, type, and amount of raw materials, foreign substances, weed seeds, and animal proteins that are prohibited from being added to the feed of certain animal species in compound feeds. Additionally, the microscopic analysis method is also utilized to verify the compliance of label declarations in compound feeds with legal regulations, and this method can provide rapid results. However, obtaining reliable results is only possible when the method is performed by highly experienced personnel who have undergone continuous training and are experts in their field. A web-based decision support program was developed within the scope of the project numbered 221O064 supported by TUBITAK, for microscopists working in public and private laboratories and feed factories to use as a guide in detecting animal proteins in feeds, and it has been made available for free access at <https://yemmikroskobisi.tarimorman.gov.tr/>. Within the scope of the project, feed mixtures were prepared by adding 19 different types of animal proteins to five different types of compound feeds: dairy cattle feed, beef cattle feed, calf growth feed, layer chicken feed, and turkey feed. The macroscopic characteristics of the animal proteins in these mixtures were determined using a stereo microscope, while their histological characteristics were identified using a polarized light microscope with various staining techniques. In the program, various animal proteins such as meat and bone meal, poultry meal, pork meal, fish meal, and shrimp meal have been characterized; additionally, micrographs of anchovy meal and turkey meal, which have not previously been included in the literature, have been prepared for the first time. The micrographs obtained from microscopic examinations were archived, and the micrographs that best reflected the characteristics of the animal proteins were selected and integrated into the “Animal Protein Decision Support Program (AP-DSP)”, which is available under the “Collections” tab on the main page of the “Microscopic Database of Feeds”. In the program, products can be searched by filtering according to Turkish and Latin names, tissue, fraction, microscopic technique, staining method, and magnification rate. The program, which contains over 1000 high-resolution micrographs, has a user-friendly, continuously updatable, and designed to be sustainable. Aiming to enhance feed control and safety in Türkiye, the program offers an innovative solution to facilitate the analysis of animal proteins.

Keywords: Animal protein, Microscopic analysis, Decision support program, Feed quality control, Feed microscopy

1. INTRODUCTION

In the European Union (EU) countries, the disease known as *bovine spongiform encephalopathy* (BSE) has posed a significant risk in the animal-based food production chain (Van Ramsdonk et al., 2004; Liu et al., 2011). Consequently, the use of animal proteins in the feed of animals raised for food purposes was banned as of January 1, 2001 (Veys & Baeten, 2010). These global preventive measures against BSE not only restricted the use of animal proteins in feeds but also highlighted the necessity to develop analytical techniques for detecting these proteins.

In this context, the STRATFEED project initiated by the EU in 2000 was implemented through a 10-partner consortium involving Belgium, the United Kingdom, Italy, Spain, and the Netherlands, aimed at improving the detection of animal proteins in feeds (Vermeulen et al., 2003). The project focused not only on advancing traditional microscopy techniques but also on exploring advanced technologies such as Real-time PCR, Enzyme-Linked Immunosorbent Assay (ELISA), Near-Infrared Spectroscopy (NIRS), and Near-Infrared Reflectance Microscopy (NIRM) (Vermeulen et al., 2003, 2004).

The results of the STRATFEED project were included in the EU's Commission Regulation (EU) No 51/2013 directive, which approved the combined use of classical microscopy and Real-time PCR methods for detecting animal proteins in feed. Prohibited proteins are first identified by light microscopy, followed by species verification through Real-time PCR. Among these two techniques, light microscopy remains the only officially approved method by the EU that is mandatorily used for the preliminary detection of prohibited animal proteins (Gizzi et al., 2004; Fumière et al., 2009).

Within the scope of the STRATFEED project, two decision support systems were developed. The STRATFEED Decision Support System (DSS) enables the identification of bone particles in feed using classical microscopy through an internet-based platform and ranks observations by comparing them across different animal species (Vermeulen et al., 2003). The other system, the Animal Remains Identification and Evaluation System (ARIES DSS), identifies bone particles in a stepwise manner through a three-module process; it determines the most likely results by utilizing decision trees based on text and images, along with a multi-entry key (Vermeulen et al., 2004). Additionally, ARIES DSS provides various information resources, including a comprehensive database, images, a glossary of terms, and links to relevant regulations. Based on the project results, the European Union Reference Laboratory (EURL) for animal proteins was established. EURL oversees and authorizes the reference laboratories of each EU country to enhance and standardize the reliability of analyses across the EU. In compliance with the ISO/IEC 17025 standard, it organizes inter-laboratory ring tests to ensure the accuracy of analytical procedures (Anonymous, 2024). In line with EU regulations, Türkiye has also implemented relevant regulations. Under the Regulation on the Placing on the Market and Use of Feed, the use of animal proteins (such as meat and bone meal, bone meal, blood meal, poultry meal, fish meal, hydrolyzed protein, etc.) in the feed of ruminant animals such as cattle, sheep, and goats is prohibited (Anonymous, 2011a). These regulations have increased the need for an effective analytical system to monitor the use of animal proteins in feed within a legal and reliable framework in Türkiye.

Microscopic methods, which detect animal proteins in a shorter time compared to other methods, are based on identifying the morphological characteristics of animal tissues with the

help of staining reagents. Especially during raw material acceptance at feed factories, an experienced microscopy expert can quickly assess product quality. However, obtaining reliable results from microscopic analyses requires the involvement of skilled personnel in this field. In this context, the decision support program serves as a valuable resource and guide for personnel working in the field of feed microscopy (Khajarearn & Khajarearn, 2008). Such a program enables fast, economical, and reliable analyses in laboratories, providing an effective solution for detecting prohibited animal proteins. In line with this need, the Animal Protein Decision Support Program (AP-DSP) was developed in Türkiye with the support of TUBITAK. Within the scope of project number TUBITAK 221O064, this decision support program provides guidance for detecting prohibited animal proteins in feed using microscopic methods. The program is designed for use by microscopists working in public and private laboratories, as well as in feed factories, and includes a database of approximately 1,000 high-resolution micrographs detailing the microscopic characteristics of 19 different animal proteins. This system, available for free access, was implemented to enhance feed safety in Türkiye. This study aims to introduce the use of the web-based AP-DSP for the identification of animal proteins in compound feeds in Türkiye using classical light microscopy.

2. MATERIALS AND METHODS

In the study, the animal proteins presented in Table 1 and the compound feeds presented in Table 2 were selected as samples and were obtained from compound feed factories in the Bursa between 2021 and 2023. The samples were ground using a Fritsch Pulverisette 14 laboratory mill (Idar-Oberstein, Germany) with a 1 mm sieve diameter and stored in glass jars under laboratory conditions. Compound feed mixtures containing animal proteins were prepared such that each compound feed contained each animal protein at a 2% level, resulting in 500 g analysis samples. A mixing process was applied for 5 minutes using a blender (Waring 8011 EB SET2) to ensure a homogeneous mixture. Through this method, a total of 475 compound feed samples containing animal proteins were prepared.

Table 1. Animal proteins used in the study

Product Group	Product Name	Number of Products (units)	Sample Amount (kg)
Ruminant Products	Meat meal		5
	Bone meal		5
	Meat and bone meal	5	5
	Blood meal		5
	Milk powder		5
Pork Products	Pork meal	1	5
Poultry Products	Turkey meal		5
	Chicken meal		5
	Broiler meal		5
	Feather meal	7	5
	Hydrolyzed feather meal		5
	Egg meal		5
Aquatic Products	Dried eggshells		5
	Fish meal		5
	Anchovy meal		5
	Marine worm meal (Tube worm)	6	5
	Marine worm meal (Rag worm) Mollusk meal (Squid meal) Shrimp meal		5
TOTAL		19	95

The macroscopic features of animal proteins and compound feeds containing animal proteins were determined using a stereomicroscope, while their histological characteristics were identified with a polarized light microscope using various staining techniques. Stereomicroscope examinations were conducted following the method described by Khajareem and Khajareem (2008), using a stereomicroscope (Leica S9i) equipped with an LED lighting system providing white light from both above and below, a zoom range of 0.61-5.5X, and a 10-megapixel camera imaging system. Light microscope examinations, on the other hand, were performed according to Anonymous (2013) with a polarized light microscope (Leica DM750 P), featuring a zoom range of 50, 100, 200, and 500X, and a 10-megapixel camera imaging system.

Table 2. Compound feeds used in the study

Compound Feed Group	Compound Feed Type	Number of Feeds (units)	Sample Amount (kg)
Ruminant	Dairy cattle feed	5	25
	Beef cattle feed	5	25
	Calf growth feed	5	25
Poultry	Layer chicken feed	5	25
	Turkey feed	5	25
TOTAL	5	25	125

Examinations with a stereo microscope were conducted on samples separated into sieve fractions. In contrast, samples analyzed with a polarized light microscope were subjected to flotation, separating them into sediment and float fractions for further analysis. For staining the sediments obtained through flotation, the alizarin red method reported by Frick et al. (2013a) was applied, while phenol-glycerin staining followed the method described by Frick et al. (2013b). The float fraction was stained using Fehling's solution, cystine, and Lugol's indicators, as defined by Frick et al. (2013a).

In microscopic examinations, the morphological and histological characteristics of tissues and parts, such as muscle fibers, cartilage, bone, horn, feathers, blood, wings, eggshells, fish bones, fish skeletons, and scales of animal proteins, were identified. Over 5,000 micrographs obtained with a stereo microscope and polarized light microscope were transferred to a computer using the LASX 5.03 software. From these, the research team selected 1,000 micrographs that best characterize animal proteins for use in the AP-DSP. The selected micrographs were resized and optimized with an image editing software (GIMP Open Source Image Editor) for uploading to the website and for faster viewing. After this step, each micrograph was watermarked with <https://yemmikroskobisi.tarimorman.gov.tr/> in a way that does not obstruct its identifying features.

The AP-DSP used in the project was developed by Keprin Information Technologies Co., Inc. This program, which is platform-independent and widely applicable, was written in the PHP programming language, with MySQL chosen as the database management system due to its speed, reliability, and multi-user support. To prevent unauthorized access, VPN encryption and hardware-based security systems controlling inbound and outbound network traffic were implemented. Domain and hosting processes were conducted through a subdomain linked to the Ministry of Agriculture and Forestry's internet address, and the micrographs produced as research outputs have been made available for free access to all users at <https://yemmikroskobisi.tarimorman.gov.tr/> as of 01.01.2024.

3. RESULTS

The AP-DSP, presented as a tool to ensure the accurate identification of animal proteins in feed in accordance with the analysis methods outlined in Annex-6 of the Regulation on Sampling and Analysis Methods for Official Feed Control (Anonymous, 2017), contains 1000 micrographs.

The prepared micrographs have been made accessible at <https://yemmikroskobisi.tarimorman.gov.tr/>. The user interface of the website can be defined in eleven sections.

The Home button leads to the landing page, which provides summary information about other sections (Figure 1).

The About Us button opens a page detailing the history of using microscopic analysis techniques in feed analysis in Türkiye.

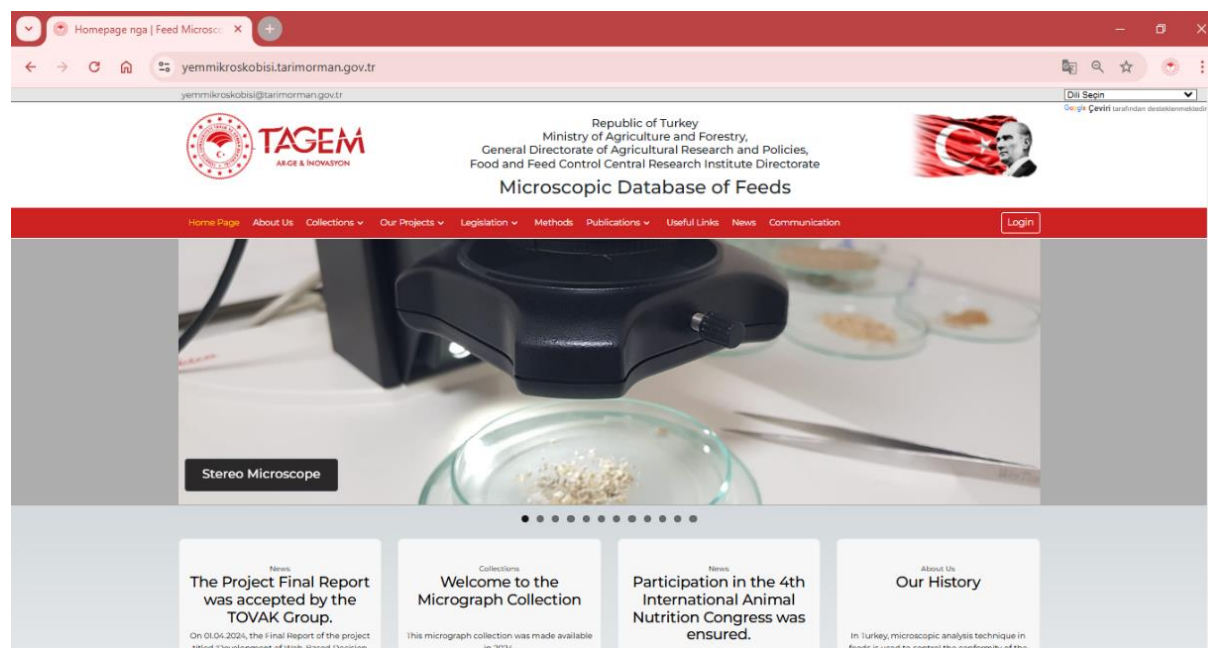


Figure 1. Homepage of the feed microscopic database website

The AP-DSP, located in the Collections section, is one of the most significant outcomes of the project. The main page in this section contains a database with all micrographs produced by the project team and information describing the micrographs in order (Figure 2). This AP-DSP is designed as a database where users can search for animal-derived feed materials used in feed production by their Turkish and Latin names, tissues, fractions, microscopic techniques, magnification levels, and staining options. The database, created to collect and store all data obtained within the project in a specialized structure, includes selected micrographs and information chosen by a committee formed from the project team. Through this database, users can quickly access the information and visuals they need. Additionally, new data is continuously added to the program based on the microscopic analyses conducted by the project team. In the

**ISPEC 16th INTERNATIONAL CONFERENCE ON AGRICULTURE, ANIMAL
SCIENCE & RURAL DEVELOPMENT**
November 15-17, 2024 / Konya, Türkiye

future, it is planned to add decision support programs related to other feed material groups to this Collections section.

Picture	Ordinary	Latin Name	Plant / Animal Tissue	Short Description	Faction	Microscopic Technique	Magnification	Painting	Assembly
	All	Tümü	Tümü	Raw Material	Tümü	All	All	All	All
	Eggshell	Gallus gallus domesticus	Shell	Raw Material	<200µ	Light	100x	Phenol-Glycerin	
	Eggshell	Gallus gallus domesticus	Shell	Polarized light	Raw Material	<200µ	Polarized	100x	Phenol-Glycerin

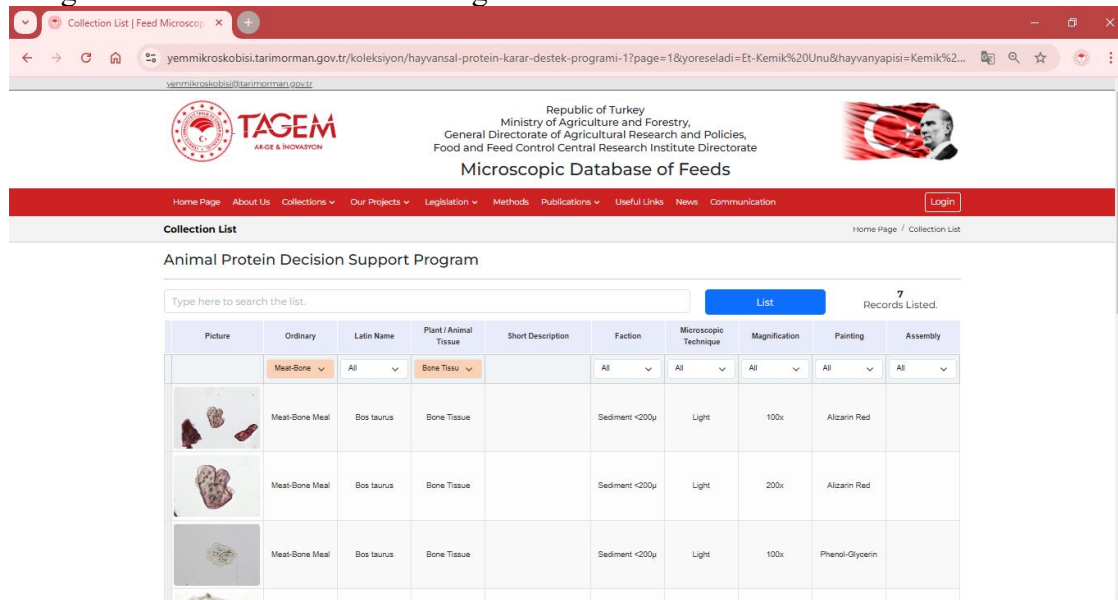
Figure 2. Homepage of the animal protein decision support program

The dropdown search boxes in the header row of this database allow users to perform queries by selecting specific terms. In this way, the desired micrographs and related information can be accessed easily. For example, as shown in Figure 3, when Meat-Bone Meal is selected in the Animal Protein Name query, the list of micrographs in the database is filtered according to this criterion.

Picture	Ordinary	Latin Name	Plant / Animal Tissue	Short Description	Faction	Microscopic Technique	Magnification	Painting	Assembly
	Meat-Bone	Tümü	Tümü		Tümü	All	All	All	All
	Meat-Bone Meal	Bos taurus	Bone Tissue		Sediment <200µ	Light	100x	Alizarin Red	
	Meat-Bone Meal	Bos taurus	Bone Tissue		Sediment <200µ	Light	200x	Alizarin Red	
	Meat-Bone Meal	Bos taurus	Bone Tissue		Sediment <200µ	Light	100x	Phenol-Glycerin	

Figure 3. Example of animal protein name query in the decision support program: Meat-Bone Meal

On the screen opened with the Meat-Bone Meal query, the search can be further refined using other options. For example, when Bone Tissue is selected in the Animal Tissue query, the resulting information list is shown in Figure 4.

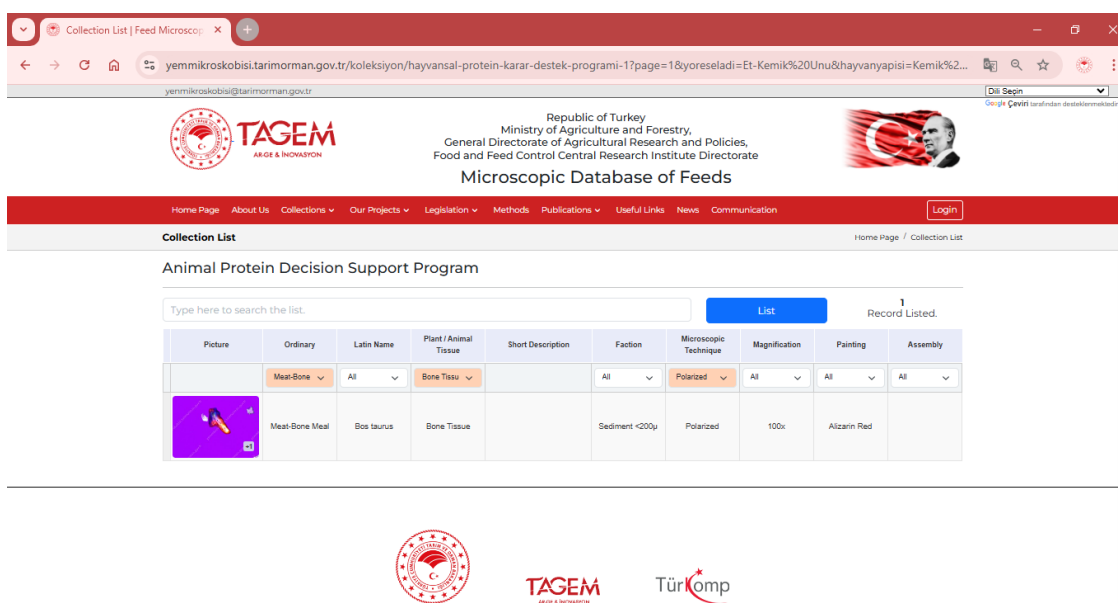


The screenshot shows the 'Animal Protein Decision Support Program' interface. A search bar contains 'Meat-Bone Meal'. Below the search bar, a table lists search results. The table has columns for Picture, Ordinary, Latin Name, Plant / Animal Tissue, Short Description, Faction, Microscopic Technique, Magnification, Painting, and Assembly. The 'Plant / Animal Tissue' column is filtered to 'Bone Tissue'. There are 7 records listed.

Picture	Ordinary	Latin Name	Plant / Animal Tissue	Short Description	Faction	Microscopic Technique	Magnification	Painting	Assembly
	Meat-Bone Meal	Bos taurus	Bone Tissue		All	Light	100x	Alizarin Red	
	Meat-Bone Meal	Bos taurus	Bone Tissue		Sediment <200µ	Light	200x	Alizarin Red	
	Meat-Bone Meal	Bos taurus	Bone Tissue		Sediment <200µ	Light	100x	Phenol-Glycerin	

Figure 4. Example of meat-bone meal tissue query in the decision support program: Bone Tissue

When the Meat-Bone Meal and Bone Tissue queries are active, selecting Polarized as the microscopic technique provides access to a single row of information containing two micrographs (Figure 5).



The screenshot shows the 'Animal Protein Decision Support Program' interface. A search bar contains 'Meat-Bone Meal'. Below the search bar, a table lists search results. The 'Plant / Animal Tissue' column is filtered to 'Bone Tissue' and the 'Microscopic Technique' column is filtered to 'Polarized'. There is 1 record listed.

Picture	Ordinary	Latin Name	Plant / Animal Tissue	Short Description	Faction	Microscopic Technique	Magnification	Painting	Assembly
	Meat-Bone Meal	Bos taurus	Bone Tissue		Sediment <200µ	Polarized	100x	Alizarin Red	

Figure 5. Example of microscopic technique query in the decision support program: Polarized

When the desired detailed data is reached through queries, users can click on the thumbnail image located at the beginning of the row to access a cached web version of the micrograph provided by the server (Figure 6). These web-version micrographs have been reduced in size to provide preliminary information to users and to reduce the load on the server; however, high-resolution original micrographs can be provided upon request.

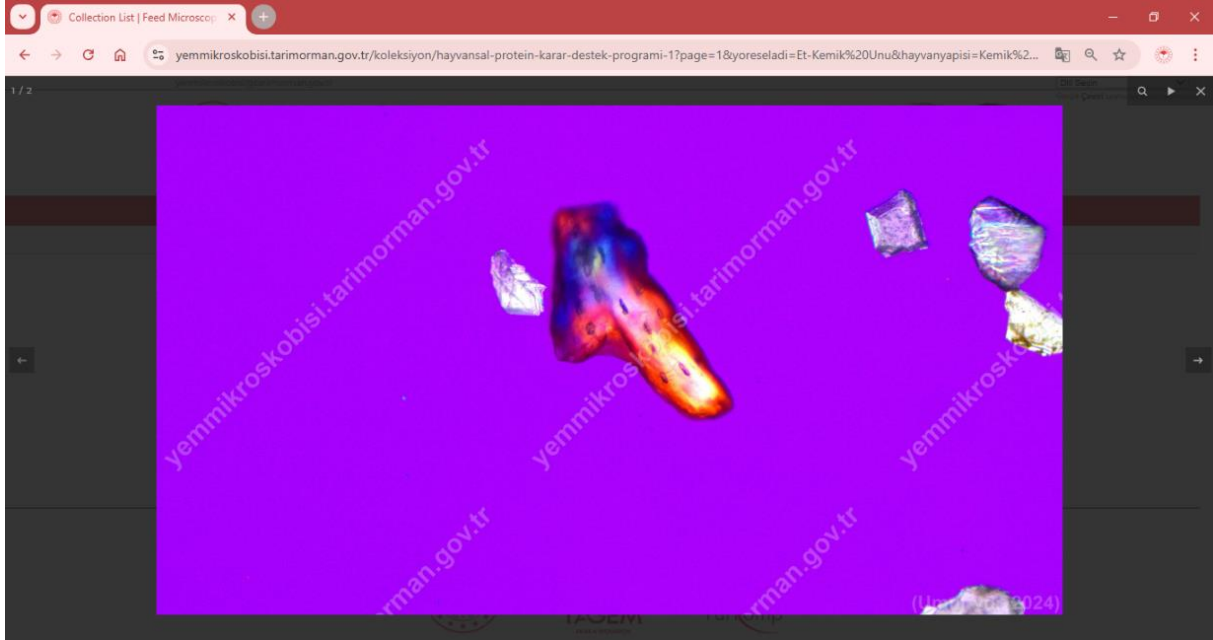


Figure 6. Micrograph obtained from queries in the decision support program

In the Projects section, there is a summary and citation information for the TUBITAK 1005 project titled “Development of a Web-Based Decision Support Program for Determining the Characteristic Features of Animal Proteins in Türkiye Using Microscopic Methods,” conducted under the TUBITAK 1005 – National New Ideas and Products Research Support Program.

In the Legislation section, there are current links related to the microscopic analysis of animal proteins, food safety, laboratory standards, and decision support systems within Turkish and EU legislation. These links are regularly reviewed and updated by the project team to ensure accuracy and relevance.

In the Methods section, there are links to standard methods related to sample preparation, the use of staining reagents, and microscopic analysis.

The page accessed via the Publications button contains information about scientific studies prepared by the project team as part of this project, which have been published in various journals and presented at conferences.

The Useful Links section contains links to institutions, organizations, and projects related to the topic.

The News page provides information to both users and the public about all stages of the project.

The Contact section includes the address, phone number, and location information of the project coordinator, the Food and Feed Control Central Research Institute, along with an interactive contact form.

The Login button provides authorized personnel with access to an interface where they can add, edit, update, and, if necessary, delete data within the system.

4. DISCUSSION

The AP-DSP developed in Türkiye is a tool aimed at protecting animal health and feed safety in compliance with national and international regulations by enabling the rapid and accurate detection of prohibited animal proteins in feeds. The program guides the identification of animal tissues in compound feeds through high-resolution micrographs based on the classical microscopy technique.

The first restriction aimed at preventing BSE in the EU began with Commission Decision 94/381/EC of 27 June 1994, which banned the use of animal proteins derived from all mammalian tissues in feed for ruminants (Anonymous, 1994). Subsequently, alternative thermal processing systems for the treatment of animal waste were approved by Commission Decision 96/449/EC of 18 July 1996 to inactivate the BSE agent (Anonymous, 1996). Finally, Directive 1774/2002/EC of 3 October 2002 established health rules for animal by-products not intended for human consumption, prohibiting the use of proteins derived from the same species in feed for that species (Anonymous, 2002).

Türkiye has implemented similar regulations as part of the EU harmonization process. The Regulation on the Placing on the Market and Use of Feed (Anonymous, 2011a), which came into effect on December 27, 2011, banned the use of animal proteins in ruminant feed. Additionally, the Regulation on Animal By-Products Not Intended for Human Consumption (Anonymous, 2011b), which came into effect on December 24, 2011, introduced additional restrictions on the use of proteins derived from specific species.

When reviewing the details of species-specific bans, restrictions on ruminant feed in the EU and Türkiye are implemented similarly, prohibiting the use of all animal proteins except those derived from milk-based products (Anonymous, 1994; Anonymous, 2011a). In the EU, only animal proteins derived from the same species are banned in poultry feed, whereas in Türkiye, proteins from the same species as well as those of porcine origin are prohibited in poultry feed. In fish feed, the use of proteins derived from the same species is banned in both the EU and Türkiye (Anonymous, 2002; Anonymous, 2011b). Additionally, while there are no restrictions on the use of animal proteins in pig feed in the EU, pig feed production is not practiced in Türkiye.

The DSS and ARIES DSS developed in the EU serve as significant references as the first comprehensive systems used for detecting animal proteins in feed. These multilayered systems, developed as part of measures against BSE, are designed to enable the identification of animal proteins. In this context, Commission Regulation (EU) No 51/2013, published in the EU, designates classical microscopy as the initial method and mandates Real-time PCR analysis for species-specific verification. The initial detection of animal components in feed is conducted using classical microscopy, following a specific observation protocol to identify animal components in feed and feed materials other than fishmeal. If more than five animal tissue particles (terrestrial animal or fish tissue) are found during the analysis, the presence of animal

components in the sample is recorded, and the particles are identified as tissues such as bone, cartilage, muscle, hair, and horn. In feeds that test positive for animal components through microscopic analysis, the Real-time PCR method is applied to verify the presence of prohibited species. In this method, if species-specific DNA is detected in the feed sample, the result is definitively considered positive. Thus, the final evaluation of animal components in feed is carried out using both classical microscopy and the Real-time PCR method. If no animal components are detected under the microscope, Real-time PCR analysis is not performed. The main reasons for the combined use of these two methods include the ability to distinguish between cross-contamination and intentional addition, the requirement for a specific kit for each animal species in the Real-time PCR method, and the increased analysis costs associated with this requirement.

In Türkiye, classical microscopy and Real-time PCR methods are applied as independent analyses within the scope of official feed controls, in accordance with the Regulation on Sampling and Analysis Methods for Official Feed Control (Anonymous, 2017). The Ministry of Agriculture and Forestry assigns the task of performing these two analyses to laboratories through the Food Safety Information System (FSIS). Unlike the EU, both methods are applied to each sample in Türkiye, using both microscopy and Real-time PCR analyses. This approach significantly increases costs, particularly due to the requirement for species-specific kits in the Real-time PCR method. To achieve cost efficiency, Türkiye needs to adopt the integrated protocols implemented in the EU.

The AP-DSP developed in Türkiye is the second system of its kind, following the DSS and ARIES DSS systems implemented in the EU, and represents the first initiative of this nature in Türkiye. While the program, like its EU counterparts, provides guidance for the detection of animal tissues, it distinguishes itself with a unique database featuring micrographs of animal tissues found in compound feeds. This distinctive feature allows users to conduct faster and more accurate detections. The program offers free access to micrographs, which are safeguarded through resizing and watermarking. However, for use in scientific articles or educational materials, high-resolution and watermark-free versions can be obtained upon request, provided appropriate citation is given. The web-based platform also facilitates the monitoring of updates in national and international regulations and advancements in analytical methods.

The systems in the EU have evolved into comprehensive databases categorized into “Animal Structures,” “Fungal Structures,” “Mineral and Additive Structures,” and “Plant Structures.” In contrast, the Turkish program is in its early stages of development but is open to expanding its database and including modules covering additional feed groups. As part of this development, the “Plant-Based Feed Materials Decision Support Program” will be integrated into the system, based on the results of the project titled “Microscopic Characterization of Certain Feed Ingredients in Türkiye and the Creation of a Feed Microscopy Atlas”, numbered TAGEM/HSGYAD/Ü/21/A3/P1/2319, supported by the General Directorate of Agricultural Research and Policies. This integration process will be supported by contributions from researchers in the field of microscopy, and their micrographs will be reviewed by the relevant institution for their technical and descriptive qualities before being added to the system. This process will provide researchers with the opportunity to increase their scientific visibility by gaining citations through the platform, while the links to related scientific publications within the system will further support the reach of their studies to a broader audience.

5. CONCLUSION

As a result, this program developed in Türkiye to prevent BSE and other feed-related animal diseases plays a significant role in enhancing feed safety by providing feed microscopists with guidance based on classical microscopy techniques. In alignment with EU systems, the development of the system in Türkiye is ongoing, aiming for a more comprehensive and effective control system through integration with international regulatory changes and transition to EU practices. In this context, it is essential to establish an Animal Proteins Reference Laboratory in Türkiye, which could play a key role in BSE control. This laboratory would organize ring tests to ensure coordination between public and private laboratories and contribute to the formation of relevant regulations.

ACKNOWLEDGMENTS

This article was based on the results of the project titled “Development of a Web-Based Decision Support Program for Determining the Characteristic Features of Animal Proteins in Türkiye Using Microscopic Methods,” project number 221O064, funded under the TUBITAK 1005 - National New Ideas and Products Research Support Program. The authors express their sincere gratitude to TUBITAK for their support.

REFERENCES

- Anonymous. (1994). 94/381/EC: Commission Decision of 27 June 1994 concerning certain protection measures with regard to bovine spongiform encephalopathy and the feeding of mammalian derived protein. <http://data.europa.eu/eli/dec/1994/381/oj>. Erişim: 05.11.2024
- Anonymous. (1996). 96/449/EC: Commission Decision of 18 July 1996 on the approval of alternative heat treatment systems for processing animal waste with a view to the inactivation of spongiform encephalopathy agents. <http://data.europa.eu/eli/dec/1996/449/oj>. Erişim: 05.11.2024
- Anonymous. (2002). Regulation (EC) No 1774/2002 of the European Parliament and of the Council of 3 October 2002 laying down health rules concerning animal by-products not intended for human consumption. <http://data.europa.eu/eli/reg/2002/1774/oj>. Erişim: 05.11.2024
- Anonymous. (2011a). Yemlerin Piyasaya Arzı ve Kullanımı Hakkında Yönetmelik. <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2011/12/20111227-12.htm>. Erişim: 05.11.2024
- Anonymous. (2011b). İnsan Tüketimi Amacıyla Kullanılmayan Hayvansal Yan Ürünler Yönetmeliği. <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2011/12/20111224-3.htm>. Erişim: 05.11.2024
- Anonymous. (2013). Commission Regulation (EU) No 51/2013 of 16 January 2013 amending Regulation (EC) No 152/2009 as regards the methods of analysis for the determination of constituents of animal origin for the official control of feed. <http://data.europa.eu/eli/reg/2013/51/oj>. Erişim: 05.11.2024
- Anonymous. (2017). Yemlerin Resmî Kontrolü İçin Numune Alma ve Analiz Metotlarına Dair Yönetmelik. <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2017/01/20170121M1-2.htm>. Erişim: 05.11.2024
- Anonymous, (2024). <https://www.eurl.craw.eu/> Erişim: 15.11.2024
- Frick, G., MAartensson, J., Paradies-Severin, I., Ujcic Vrhovnik, I., Van Raamsdonk, L., & Veys, P. (2013a). EURL-AP Standard Operating Procedure Use of staining reagents, 4.
- Frick, G., MAartensson, J., Paradies-Severin, I., Ujcic Vrhovnik, I., Van Raamsdonk, L., & Veys, P. (2013b). EURL-AP Standard Operating Procedure. Slide preparation and mounting, Version, 1.
- Fumière, O., Veys, P., Boix, A., von Holst, C., Baeten, V., & Berben, G. (2009). Methods of detection, species identification and quantification of processed animal proteins in feedingstuffs. Base.
- Gizzi, G., von Holst, C., Baeten, V., Berben, G., & van Raamsdonk, L. (2004). Determination of processed animal proteins, including meat and bone meal, in animal feed. *Journal of AOAC International*, 87(6), 1334-1341.
- Khajarearn, J., & Khajarearn, S. (2008). *Yem Mikroskopisi ve Kalite Kontrol El Kitabı*. 3. basım, Çeviri: Çoşkun, B. & Çizmeci S.Ü..
- Liu, X., Han, L., Veys, P., Baeten, V., Jiang, X., & Dardenne, P. (2011). An overview of the legislation and light microscopy for detection of processed animal proteins in feeds. *Microscopy Research and Technique*, 74(8), 735-743.
- van Raamsdonk LWD, Van Cutsem J, Zegers J, Frick G, Jorgenson JS, Pinckaers V, Bosch J, Paradies-Severin I. (2004). The microscopic detection of animal proteins in feeds. *Biotechnology, Agronomy, Society and Environment*. 8:241–247.

- Vermeulen, P., Baeten, V., Dardenne, P., van Raamsdonk, L., Oger, R., Monjoie, A. S., & Martinez, M. (2003). Development of a website and an information system for an European R&D project: the example of the STRATFEED project. BASE.
- Vermeulen, P., Oger, R., Martinez, M., Baeten, V., & Dardenne, P. (2004). Development of an Internet-based data explorer for a samples database: the example of the STRATFEED project. BASE.
- Veys, P., & Baeten, V. (2010). New approach for the quantification of processed animal proteins in feed using light microscopy. *Food Additives and Contaminants*, 27(7), 926-934.

**RUMİNANT BESLEMEDE AZOLLA (azolla pinnata) BİTKİSİNİN
KULLANIMI**

Nesrican KODAN*(ORCID NO: 0000-0002-4592-021X)

Siirt Üniversitesi Veteriner Fakültesi, Zootekni ve Hayvan Besleme Bölümü, Hayvan Besleme ve
Beslenme Hastalıkları Anabilim Dalı
Email:nesrican.kodan@siirt.edu.tr

Dr. Öğr. Üyesi, Mehmet IRMAK (ORCID NO: 0000 0003 3988 2859)

Siirt Üniversitesi Veteriner Fakültesi, Zootekni ve Hayvan Besleme Bölümü, Hayvan
Besleme ve Beslenme Hastalıkları Anabilim Dalı
Email:mehmet.irmak@siirt.edu.tr

Özet

Bu derlemede azolla bitkisinin ruminant rasyonlarında yem maddesi olarak kullanımının ruminant hayvanlar üzerindeki etkileri incelenerek ele alınmaktadır. Hayvancılığın yoğun olarak yapıldığı ülkelerde yetiştiriciler artan yem fiyatları karşısında hayvanları düşük kalitede olan yemlerle beslemektedir. Bu durumda ruminant hayvanlar süt verimi için gerekli olan besin maddelerini yemler aracılığıyla alamamaktadırlar. Son yıllarda artan yem fiyatlarına karşılık alternatif olabileceği düşünülen, ruminant beslemede kullanılmasıyla daha iyi süt verimi elde edilmesine katkı sağlayan yeni bir yem maddesi olarak azolla karşımıza çıkmaktadır. Azolla (*Azolla pinnata*), az masrafla kolayca yetiştirilebilen, yüksek verim potansiyeline sahip olan, sürdürülebilirlik açısından uygun olup protein ve çeşitli vitamin ile minerallerden yönünden zengin bir su eğrelti otudur. *Azolla pinnata*, ruminant hayvan rasyonlarında sıklıkla kullanılmakta ve azolla *pinnata*'nın ruminant rasyonlarında kullanımıyla beraber ruminant hayvanlarda kuru madde sindirilebilirliğini artırdığı, yemden yararlanma oranlarında iyileşmeleri sağladığı, süt verimi ve süt yağı düzeylerini artırdığı, canlı ağırlık artışını olumlu yönde etkilediği, ruminant beslemede yaygın olarak kullanılan yemlerin yerine ruminant hayvan rasyonlarında kullanılması halinde hayvanlarda herhangi bir olumsuzluğa neden olmadığını bildirmişlerdir. Ruminant rasyonlarında *Azolla* kullanımının geniş ölçekte yaygınlaşmamasının temel nedenleri arasında, *Azolla* üretimi ve kullanımı konusunda uzmanlaşmış kişilerin yeterli bilgiye sahip olmamaları, bu alanda çalışan kamu kurum kuruluşları ve yetiştirici birliklerinin hayvan üreticilerini yeterince bilgilendirmemesi nedenler arasında sayılabilir. Aynı zamanda azolla bitkisinin ruminant rasyonlarındaki potansiyel kullanımına yönelik bilimsel çalışmaların da sınırlı sayıda olması bu nedenler arasında sayılabilir. Bu faktörler, *Azolla*'nın ruminant beslemedeki yaygın kullanımını kısıtlamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Ruminant, Ruminant Yemi, *Azolla Pinnata*

USE OF AZOLLA (*azolla pinnata*) PLANT IN RUMINANT NUTRITION

Abstract

In this review examines the effects of using azolla as a feed ingredient in ruminant rations on ruminant animals. In countries where animal husbandry is intensive, breeders feed their animals with low-quality feeds in response to increasing feed prices. In this case, ruminant animals cannot obtain the nutrients necessary for milk yield through feed. Azolla has emerged as a new feed ingredient that is thought to be an alternative to increasing feed prices in recent years and contributes to better milk yield when used in ruminant feeding. Azolla (*Azolla pinnata*) is a water fern that can be easily grown at low cost, has high yield potential, is suitable for sustainability, and is rich in protein and various vitamins and minerals. *Azolla pinnata* is frequently used in ruminant animal rations and it has been reported that with the use of *Azolla pinnata* in ruminant rations, it increases dry matter digestibility in ruminant animals, provides improvements in feed conversion rates, increases milk yield and milk fat levels, positively affects live weight gain, and does not cause any adverse effects on animals when used in ruminant animal rations instead of feeds commonly used in ruminant nutrition. The main reasons why *Azolla* use in ruminant rations has not become widespread are the lack of sufficient knowledge of those specialized in *Azolla* production and use, and the failure of public institutions and organizations and breeder associations working in this field to adequately inform animal producers. At the same time, the limited number of scientific studies on the potential use of the *Azolla* plant in ruminant rations can be counted among these reasons. These factors limit the widespread use of *Azolla* in ruminant nutrition.

Keywords: Ruminant, Ruminant Feed, *Azolla Pinnata*

1.GİRİŞ

Hayvancılık işletmelerinde toplam maliyetin %60-70'ini besleme giderleri oluşturmaktadır (Verma ve ark., 2021). Yem fiyatlarının gittikçe artmasıyla beraber ülkelerde yem sıkıntısının yaşanması, sıklıkla kullanılan yemlerin içerik yönünden fakir olması gibi faktörler yetiştiricilerin hayvanları için yeni yem kaynakları arayışı içerisine girmesine sebep olmuştur (Başar ve ark., 2020). Yetiştiriciler için artan yem fiyatlarına karşın son yıllarda fazla bir masraf gerektirmeden kolayca yetiştirilebilen ve yüksek besin değeri sunan bir kaynak olan azolla bitkisi alternatif olarak sunulmaktadır (Lumpkin ve ark., 1982; Wagner, 1997). Azolla Salviniaceae familyasından Azolla cinsine ait olan serbest yüzebilen bir su eğreltisidir (Katole ve ark., 2017; Yadav ve ark., 2014). Azolla genellikle tropik ve subtropik bölgelerdeki su kanallarının, göletlerin, drenajların, nehirlerin ve bataklık arazilerin durgun sularında bulunup doğal olarak bu ortamlarda yetişir (Fadel ve ark., 2020). Azolla'nın dünyada bilinen en az sekiz tane türü olup bu türlerin sırasıyla Azolla pinnata, Azolla nilotica, Azolla caroliniana, Azolla japonica, Azolla circinata, Azolla microphylla, Azolla rubra ve Azolla mexicana olduğu bildirilmiştir (Mathur ve ark., 2013). Bu türler arasında kolay yetiştirilebilen ve geniş bir yayılım alanı gösteren tür Azolla pinnata'dır (Korsa ve ark., 2024). Yapılan çalışmalarda Azolla bitkisinin yapısında %25-35 oranında protein içerdiği, vitamin, mineraller, klorofil, karotenoidler ile amino asitlerin azolla bitkisinin diğer bileşenleri olduğu, aynı zamanda bu bitkinin iyi bir azot kaynağı olmasından dolayı hayvancılık için potansiyel oluşturabilecek bir yem bileşeni olabileceği bildirilmiştir (Lumpkin, 1984; Pannaerker, 1988). Azolla sürdürülebilirlik açısından uygun bir bitki olup azolla'nın ruminant rasyonlarında kullanılmasıyla beraber işletmelerde yem girdi düzeylerinde azalmaların olduğu, ruminant hayvanlarda yemden yararlanma oranlarında iyileşmelerin olduğu, süt bileşimi özellikleri ile süt verimi üzerine olumlu etkilerinin olduğu bildirilmiştir (Meena ve ark., 2017; Murthy ve ark., 2013; Singh ve ark., 2019).

2.AZOLLA'NIN YETİŞTİRİLDİĞİ ORTAM VE AZOLLA ÜRETİM SÜRECİ

Azolla bataklık alanlar ve göletler gibi durgun sularda yetiştirildiği gibi yapay göletlerde de yetiştirilebilir (Chekol ve ark., 2024). Azolla'nın üretim süreci bitkinin verimliliği açısından önemli olmakla beraber üretim aşamasında dikkat edilmesi gereken kurallar aşağıda sırasıyla verilmiştir.

- Sabit bir su seviyesini elde etmek ve bu seviyesi korumak için, köşelerin aynı seviyede olduğu 5 × 4 × 0,3 m ölçülerinde düz bir zemin çukuru oluşturulmalıdır.
- Çukurların üzerine eşit uzunlukta ve genişlikte Silpaulin levhalar (su geçirmeyen branda) yerleştirilmeli ve levhaların dış kenarlarının sıkıca sabitlendiğinden emin olunmalıdır.
- Temiz ve yumuşak toprak (10-15 cm) örtünün üzerine eşit şekilde yayılmalıdır.
- Çukur üçüncü veya dördüncü seviyeye kadar suyla doldurulmalı ve su seviyesini düzenli olarak sabit tutmak gerekir.
- Yaklaşık 15 kg fermente edilmiş inek gübresi 35 litre su ile dikkatlice karıştırılmalı, ardından karışım çukurun her yerine eşit şekilde dağıtılmalıdır.
- Önceki toprağa 10 L suda yaklaşık 30 gr süperfosfat eritilerek, toprağa zikzak çizecek şekilde ilave edilmelidir.
- Beş kilogram saf, taze azolla çukura ekilerek üzerine yavaş yavaş su serpilmelidir.

- Azolla bitkisinde oluşabilecek besin maddesi eksikliklerini önlemek ve büyümenin devamlılığını sağlamak için azolla bitkisine her 15 günde bir inek gübresi, süperfosfat ve minerallerin mutlaka uygulanması gerekir.
- Çukurun zararlılardan veya hastalıklardan etkilenmesi durumunda azolla bitkisinin büyümesi olumsuz etkilendiği için saf azolla kültürünün yeniden aşılması gerekir.
- Gelişimini tamamlayan azolla bitkisi hızlı büyüdüğü ve çukuru birkaç hafta içinde doldurduğu için her hafta hasat edilebilir.
- Azolla bitkisi hava geçirmez torbalara koyulmalı ve ihtiyaç duyulana kadar bu torbalarda saklanmalıdır. İki ila üç gün boyunca güneşte kurutulabileceği bildirilmiştir (Cherryl ve ark., 2014; Naggar ve ark., 2022).



Şekil 2.1. Azolla pinnata'nın üretimi için silpaulin levhaların hazırlanması ve Azolla pinnata (Kumar ve ark., 2017).

2.1.AZOLLA (AZOLLA PİNNATA) BİTKİSİ YETİŞTİRİCİLİĞİNDE BÜYÜMEYİ VE VERİMİ ETKİLEYEN FAKTÖRLER

Azolla yetiştiriciliği esnasında bazı dış faktörler, azolla bitkisinde büyüme ile verimliliği olumsuz yönde etkilemektedir. Azolla bitkisinden daha iyi bir büyüme ve verimlilik elde etmek için dikkat edilmesi gereken kurallar aşağıda verilmiştir.

- Azolla bitkisi yetiştiriciliğinde kullanılacak olan suyun derinliği 7-11 cm olmalı ve kullanılan suyun tuzlu olması bitkinin verim düzeyini olumsuz etkilemektedir.
- Azolla yetiştiriciliğinde daha iyi bir büyüme elde edilmesi için kullanılacak olan toprağın optimum pH'sı 5.0-7.2 olmalıdır. Hafif asidik ve hafif alkali karaktere sahip olan topraklarda daha iyi bir büyüme elde edilebilmektedir.

- Yetiştirildiği ortamda sıcaklığın yüksek olması azot fiksasyonunu ve büyümeyi olumsuz yönde etkilemektedir. Özellikle sıcaklığın 5°C'nin altında ve 35°C'nin üzerinde olması halinde azot fiksasyonu ile büyüme olumsuz yönde etkilenir.
- Daha iyi bir büyüme ve azot fiksasyonunun oluşabilmesi için uzun fotoperiyotlara ihtiyaç vardır.
- Normal bir büyümenin elde edilebilmesi için bitkiye azot haricinde tüm mikro ve makro minerallerin ilavesi gereklidir.
- Üretim sürecinde azotlu gübrelerin kullanılması bitkinin büyümesini olumsuz yönde etkilemektedir. Ancak düşük miktarlarda amonyum ve nitrat kullanımının azolla pinnata'nın büyümesini olumlu yönde etkilediği bildirilmektedir (Kumar ve ark., 2017).

3.AZOLLA BİTKİSİNİN HASADI

Azolla bitkisi yetiştirildiği çukuru 15 ile 17 günde doldurur (Kumar ve ark., 2017). Azolla bitkisinin hasadı ile ilgili hindistanda yapılan bir çalışmada 2.78 ton kuru madde/hektar alan azolla bitkisinin hasat edildiği bildirilmiştir (Hasan ve ark., 2009). Hasadı yapılan azolla'nın daha sonra suyla güzelce yıkanması gerektiği bildirilmiştir (Kumar ve ark., 2017).

4.AZOLLA BİTKİSİNİN BESİN MADDE İÇERİKLERİ VE DEĞERLERİ

Azolla bünyesinde çeşitli bileşenleri barındıran bir bitkidir. Zira içeriğinin %25-35'ini protein, %10-15'ini mineraller, %7-10'unu amino asitler, biyoaktif maddeler ile biyopolimerler oluşturmaktadır (Kathirvelan ve ark., 2015). Yapılan çalışmalarda azolla bitkisinin düşük düzeylerde karbonhidrat ile yağ içermesine ilaveten bu bitkinin lizin amino asiti yönünden zengin olduğu bildirilmiştir (Gouri ve ark., 2012; Van Hove, 1989). Azolla bitkisi vitaminlerden A, B₁₂ ve betakaroten ile minerallerden ise kalsiyum ve fosfor başta olmak üzere magnezyum, potasyum, demir ve bakır yönünden zengindir (Leterme ve ark., 2010).Yapılan başka bir çalışmada azolla bitkisinin (kuru madde bazında) NDF ile ADF düzeyini sırasıyla %43,8 ile %31,80 oranında içerdiği, bu bitkide nişasta düzeyinin ise %4,1 oranında bulunduğu bildirilmiştir (Pakhira ve ark., 2016).Azolla pinnata besin madde içeriği yönünden zengin bir bitki olup bu bitkiye ait besin maddesi içeriklerinin değerleri aşağıdaki tablo 4.1.'de verilmiştir (Bhatt ve ark., 2020).

Tablo 4.1. Azolla Pinnata Besin Maddesi İçerikleri Değerleri (% Kuru Madde Bazında) (Bhatt ve ark., 2020)

Besin Madde İçerikleri	Değerleri
Kuru Madde (%)	9.90
Organik Madde (%)	79.7
Ham Protein (%)	26.5
Ham Kül (%)	20.3
ADF (%)	39.4
NDF (%)	44.28
Eter Ekstrat (%)	3.9
Mineraller	
Kalsiyum (%)	1.51
Potasyum (%)	2.41
Manganez (ppm)	2170
Çinko (ppm)	230
Bakır (ppm)	4.1
Kobalt (ppm)	7.10
Demir (ppm)	1100
Nikel (ppm)	6.10
Krom (ppm)	2.01
Kadmiyum (ppm)	0.70

5. RUMİNANT BESLEMEDE AZOLLA (AZOLLA PİNNATA) BİTKİSİNİN KULLANIMI

Düveler, süt üretim işletmelerinin geleceğini oluşturmaktadır (Roy ve ark., 2016). Ancak hayvancılığın yoğun olarak yapıldığı ülkelerden biri olan Hindistan’da süt düvelerinin beslenmesi göz ardı edilen konulardan biri olup bu hayvanların beslenmesinde genellikle düşük kaliteli yemler kullanılmaktadır. Hayvanların süt verimi için gerekli olan besin madde ihtiyaçlarını yemlerle karşılayamamasından dolayı hayvanlarda süt veriminin düşük düzeylerde olduğu bildirilmiştir (Singh ve ark., 2019). Hindistan ve diğer ülkeler dahil olmak üzere hayvan yetiştiriciliğiyle uğraşan kişiler pahalı yemler yerine daha ucuz yem veya yem kaynağı arayışına girmişlerdir. Son yıllarda fazla maliyet gerektirmeden yetiştirilebilen ve sürdürülebilir bir yem kaynağı olan azolla’nın yetiştiriciliği üzerinde durulmaktadır (Gouri ve ark., 2012; Singh ve ark., 2019). Azolla ‘nın sürdürülebilir bir yem kaynağı olmasının yanında besin maddeleri yönünden zengin olması da ruminant rasyonları için yeni bir yem ya da yem katkı maddesi olarak kullanımını mümkün kılan bir diğer faktördür (Korsa ve ark., 2024; Singh ve ark., 2019).



Şekil 5.1.Ruminant Yetiştiriciliğinde Azolla Bitkisinin Yem Olarak Kullanımı
(Gouri ve ark., 2012; Yadav ve ark., 2014)

Anon (1985), yalnızca pirinç samanı ile beslenen manda rasyonlarına azolla ilavesinin etkisini araştırdığı çalışmada pirinç samanı rasyonlarına %45 düzeyinde azolla ilavesinin mandalarda büyüme oranını olumlu yönde etkilediğini belirtmektedir. Ahmed ve ark. (2016), yaptıkları bir çalışmada Corriedale ırkı koyunlarının diyetlerine %6 azolla ilavesinin bu ırk koyunlarda kuru madde sindirilebilirliği ile yemden yararlanma oranını artırdığını, gelişimi devam eden koyunların rasyonlarında %25 keten tohumu küspesi yerine %6 düzeyinde azolla kullanımının hayvanlarda performansı olumsuz etkilemediğini bildirmişlerdir. Ghodake ve ark. (2012), yaptıkları bir çalışmada Azolla pinnata küspesinin gelişimi devam eden oğlakların rasyonları için ihtiyaç duyulan konsantre karışımının %15' ine kadar kullanılabileceğini bildirmişlerdir. Kumar (2008), manda rasyonlarına azolla ilavesinin etkisini araştırdığı çalışmada azolla ilavesinin mandalarda süt verimi ile süt yağı düzeylerinde artışı sağladığını bildirmiştir. Kumar ve ark. (2020), yaptıkları bir çalışmada süt inekleri rasyonlarına günde 1000 grama kadar taze azolla ilavesinin ineklerde süt verimini %7-13 oranında artırdığını bildirmişlerdir. Murthy ve ark. (2013), yaptıkları bir çalışmada laktasyon döneminde bulunan süt sığırlarını ticari konsantre takviyesi yerine 2 kg taze azolla pinnata ile beslemenin süt üretim maliyetini %18,5 düzeyinde azalttığını, yem ve işçilik giderlerini ise %16,6 düzeyinde azalttığını bildirmişlerdir. Meena ve ark. (2017), süt mandalarının kaba yem ve konsantre yem karışımından oluşan rasyonlarına taze 1,5 kg azolla pinnata ilavesinin etkilerini araştırdıkları çalışmalarında azolla ilavesinin mandalarda süt üretimini %16,25 oranında artırdığını bildirmişlerdir. Roy ve ark. (2016), yaptıkları bir çalışmada Haryana düve rasyonlarında %5 azolla pinnata kullanımının bu düvelerde yemden yararlanma oranını %20 düzeyinde artırdığını, ortalama günlük canlı ağırlık artışını ise %15,7 düzeyinde artırdığını bildirmişlerdir. Sihag ve ark. (2018), yaptıkları bir çalışmada oğlak rasyonlarında bulunan konsantre karışımın yerine %15 oranında kurutulmuş azolla pinnata kullanımının yetiştiriciler açısından daha ekonomik olabileceğini, bu hayvanların rasyonlarına azolla ilavesinin hayvanlarda canlı ağırlık ve kuru madde sindirilebilirliği üzerine bir etkisinin olmadığını bildirmişlerdir. Wadhvani ve ark. (2010), yarı entansif sistemde yetiştirilen kuzulara kıyasla rasyonlarına %10 düzeyinde azolla ilave edilen kuzularda azolla takviyesinin etkilerini araştırdıkları bir çalışmada

rasyonlarına %10 azolla ilave edilen kuzularda canlı ağırlıkta artışının olduğunu, kuzularda yem tüketimi üzerine olumsuz bir etki yaratmadığını, yem maliyetini ise %22 oranında azalttığını bildirmişlerdir. Mitharwal ve ark. (2020), azolla bitkisinin başlangıçta rasyondaki yemle 1:1 oranında karıştırılarak bir hafta boyunca her gün hayvanların tüketimine sunulmasını önermiş olup bu bitkinin aynı zamanda sağlam hayvanlara ise günde 1.5 kg ila 2.0 kg verilebileceğini bildirmişlerdir.

5.1.AZOLLA (AZOLLAPINNATA) BİTKİSİNİN RUMİNANT YETİŞTİRİCİLİĞİNDE KULLANIMINI SINIRLANDIRAN ETMENLER

Azolla son yıllarda ruminant yetiştiriciliğinde artan yem fiyatlarına alternatif bir yem maddesi olarak önerilse de kullanımı zorlaştıran bazı faktörler vardır. Bu faktörler sırasıyla;

- Azolla'nın hayvan yemi olarak kullanılması için hayvan yetiştiriciliğinde büyük ölçekte kullanımının yaygın olmaması (Brouwer ve ark., 2018).
- Azolla'nın farklı amaçlar için kullanım pratiğinin olmamasının yanında bu amaçlar doğrultusunda gerekli olan teknolojiyi benimsemek için bir girişim programının olmaması, azolla'nın yetiştirilmesi ve hayvan beslemede kullanımı hakkında yayıncılar ve çiftçilerde farkındalık eksikliğinin olması, belirli amaçlar doğrultusunda azolla suşu geliştirmek için yeterince bilimsel araştırmaların yapılmaması, azolla bitkisinin hayvan beslenmesinde kullanımının yaygın olmaması gibi faktörler azolla'nın hayvan rasyonlarında kullanımını sınırlandırmaktadır (Kollah ve ark., 2016).

6.SONUÇ

Ruminant yetiştiricileri açısından pahalı yem fiyatlarına karşılık az masrafla kolayca yetiştirilebilen azolla bitkisi alternatif olarak gösterilmiştir. Azolla bitkisi yüksek besin değerleri sunan bir kaynak olup aynı zamanda iyi bir protein kaynağıdır. Azolla bitkisinin ruminant rasyonlarında kullanımıyla, yem maliyetlerinde azalmalar sağlandığı, süt verimi ve süt yağı oranlarında iyileşmeler gözlemlendiği, canlı ağırlık artışlarının desteklendiği bildirilmektedir. Aynı zamanda yem tüketimi ve kuru madde sindirilebilirliği artarken, yemden yararlanma oranı da iyileşmektedir. Geçmiş ve günümüzde yapılan çalışmalar, azolla bitkisinin hayvan beslemede kullanımının giderek yaygınlaşacağını göstermektedir.

KAYNAKLAR

1. Ahmed, H. A., Ganai, A. M., Beigh, Y. A., Sheikh, G. G., & Reshi, P. A. (2016). Performance of growing sheep on Azolla based diets. *Indian Journal of Animal Research*, 50(5), 721-724.
2. Alebachew Chekol, S., Nigussie, T. Z., & Fenta, B. A. (2024). Azolla as a beneficial macrophyte for livestock feed: a review. *Cogent Food & Agriculture*, 10(1), 2367804.
3. Anon (1985) Propagation and agricultural use of Azolla in Vietnam. FAO-AGPIRC/85/7(bl). International Rice Commission Sess. 16. Los Banos, The Philippines. FAO, Rome, Italy
4. Başar, Y., & Atalay, A. İ. (2020). Turunçgil Posalarının Ruminant Beslemede Alternatif Yem Kaynağı Olarak Kullanımı ve Metan Üretim Kapasiteleri. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 10(2), 1449-1455.
5. Bhatt, N., Chandra, R., Kumar, S., Singh, K., & Pratap, N. (2020). Nutritive analysis of Azolla pinnata and its cultivation during winter season. *Int J Curr Microbiol App Sci*, 9(3), 2012-8.
6. Brouwer, P., Schlupepmann, H., Nierop, K. G., Elderson, J., Bijl, P. K., van der Meer, I., de Visser, W., Reichart, G.-J., Smeekens, S., & van der Werf, A. (2018). Growing Azolla to produce sustainable protein feed: The effect of differing species and CO2 concentrations on biomass productivity and chemical composition. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 98(12), 4759–4768. <https://doi.org/10.1002/jsfa.9016>
7. Cherryl, D.M., Prasad, R.M.V., JagadeeswaraRao, S., Jayalaxmi, P and Kumar, S.D. 2014. A study on the nutritive value of Azolla pinnat. *Livest Res Int*. 2(1):13-15.
8. El Naggar, S., & El-Mesery, H. S. (2022). Azolla pinnata as unconventional feeds for ruminant feeding. *Bulletin of the National Research Centre*, 46(1), 66.
9. El-Fadel, A., Hassanein, H. A., & El-Sanafawy, H. A. (2020). Effect of partial replacement of protein sun flower meal by Azolla meal as source of protein on productive performance of growing lambs. *Journal of Animal and Poultry Production*, 11(4), 149-153.
10. Ghodake SLS, Fernandes AP, Darade RV, Zagade BG (2012) Efect of diferent levels of Azolla meal on growth performance of Osmanabadi kids. *Res J Anim Husb Dairy Sci* 3:13–16
11. Gouri M D, Jagadeesh S, Gopinath C R and Kalibavi C M (2012) Importance of Azolla as a sustainable feed for livestock and poultry *Agric Rev* 33(2) 93-103
12. Hasan, M. R., & Chakrabarti, R. (2009). Use of algae and aquatic macrophytes as feed in small-scale aquaculture. A review. *FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper (FAO)*, (531).
13. Jain, R., Jain, G., & Singh, N. J. (2019). Azolla: An alternate fodder supplement in livestock feed. *Innovations in agriculture, environment and health research for ecological restoration*, 24-253.
14. Kathirvelan, C., Banupriya, S. and Purushothaman, M.R. Azolla- an alternate and sustainable feed for livestock. *International Journal of Science, Environment and Technology*, 2015, 4,4:1153 – 1157.
15. Kollah, B., Patra, A. K., & Mohanty, S. R. (2016). Aquatic microphylla Azolla: A perspective paradigm for sustainable agriculture, environment and global climate

- change. *Environmental Science and Pollution Research*, 23(5), 4358–4369.
<https://doi.org/10.1007/s11356-015-5857-9>
16. Korsa, G., Alemu, D., & Ayele, A. (2024). Azolla plant production and their potential applications. *International Journal of Agronomy*, 2024, 1-12.
 17. Kumar G, Chander H. 2017. Study on the potential of Azolla pinnata as livestock feed supplement for climate change adaptation and Mitigation. *Asian J Adv Basic Sci* 5: 65-68.
 18. Kumar RK (2008) A study on Azolla as an oil seed meal replacer in dairy animal ration. *Asian J Anim Sci* 3 (1):96-97
 19. Kumar, U., Reager, M. L., & Mitharwal, B. S. (2020). Cultivation of azolla (*Azolla pinnata*) and its use as cattle feed supplement. *Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci*, 9(5), 1174-1178.
 20. Lumpkin T, Plucknet TL. Azolla as a green manure: use and management in crop production. Westview Press Boulder, Colorado. Westview Tropical Agriculture, Series #15, 1982, 230.
 21. Lumpkin, T. A., 1984. Assessing the potential for Azolla use in the humid tropics. *International Rice Commission news*, 33:30-33.
 22. Mathur,G.N., Sharma,R.R. and Choudhary,P.C.Use of Azolla (*Azolla pinnata*) as Cattle Feed Supplement. *Journal of Krishi Vigyan*,2013,2,1:73-75.
 23. Meena, G. S., Dhaka, B. L., Singh, B., Meena, R. K., & Meena, K. C. (2017). Effect of Azolla as feed supplement on milk yield in buffaloes. *International journal of current microbiology and applied sciences*, 6(12), 3490-94.
 24. Murthy, T. N. K., Ashok, M., Thirumalesh, T., Umesh, B. U., & Nataraju, O. R. (2013). Effect of partial replacement of Azolla for concentrate supplement on lactating crossbred cows.
 25. Pannaerker, S., 1988. Azolla as a livestock and poultry feed. *Livestock Adviser*, 13:22-26.
 26. Pascal Leterme, Angela M. Londoño, Diana C. Ordoñez, Alejandra Rosales, Fernando Estrada, Jérôme Bindelle, André Buldgen, (2010). Nutritional value and intake of aquatic ferns (*Azolla filiculoides* Lam. and *Salvinia molesta* Mitchell.) in sows, *Anim. Feed. Sci. and Techn.* 155: (1). 55-64
 27. R. K. Yadav, G. Abraham, Y. V. Singh, and P. K. Singh, “Advancements in the utilization of Azolla-Anabaena system in relation to sustainable agricultural practices,” *Proceedings of the Indian National Science Academy*, vol. 80, no. 2, pp. 301–316, 2014.
 28. Roy, D. C., Pakhira, M. C., & Roy, M. (2016). Estimation of Amino Acids, Minerals and Other Chemical Compositions of Azolla. *Advances in Life Sciences*, 5(7), 2692-2696.
 29. Roy, D., Kumar, V., Kumar, M., Sirohi, R., Singh, Y., & Singh, J. K. (2016). Effect of feeding Azolla pinnata on growth performance, feed intake, nutrient digestibility and blood biochemical's of Haryana heifers fed on roughage based diet. *Indian J. Dairy Sci*, 69(2), 190-196.
 30. S. B. Katole, S. R. Lende, and S. S. Patil, “A review on potential livestock feed: Azolla,” *International Journal of Livestock Research*, vol. 5, no. 1, pp. 1–9, 2017.
 31. Senthil Kumar, A., Murugesan, S., & Balamurugan, P. (2020). Feeding of Azolla as a green fodder feed supplement on productive performance and milk composition of crossbred dairy cows in Theni District of Tamil Nadu, India.

32. Sihag S, Sihag SZ, Kumar S, Singh N (2018) Effect of feeding Azolla (*Azolla pinnata*) based total mixed ration on growth performance and nutrients utilization in goats. *Forage Res* 43:314–318
33. Van Hove C (1989). Azolla and its multiple use with emphasis on Africa. Food and Agriculture Organization, Rome, 21: 112-116. Available at: <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=XF19910069349>
34. Verma, D., & Dey, K. P. S. D. (2021). Effect of supplementation of azolla (*Azolla pinnata*) on productive performance in cattle and economics of farmers: A field study. *Pharma Innov. J*, 10, 336-339.
35. Wadhvani KN, Parnerkar S, Saiyed LH, Patel AM (2010) Feedlot performance of weaner lambs on conventional and non conventional total mixed ration. *Indian J Anim Res* 44:16–21
36. Wagner, G.M. Azolla: A review of its biology and utilization. *The Botanical Review*, 1997, 63,1:1-26.

YEMEKLİK DANE BAKLAGİLLERDE ÇİNKOLU GÜBRELEMENİN ÖNEMİ

Doç. Dr. Feride ÖNCAN SÜMER (ORCID:0000-0002-6087-6966)

Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, AYDIN

Email:fsumer@adu.edu.tr

Özet

Çinkolu gübrelemenin baklagiller üzerindeki etkileri, bitki beslenmesi ve verim artışı açısından önemli bir konudur. Çinko, bitkilerin büyümesi ve gelişmesi için hayati bir mikro besin maddesidir. Baklagiller, azot fiksasyonu yoluyla toprağın verimliliğini artırırken, çinko eksikliği bitkilerin sağlığını olumsuz etkileyebilir. Araştırmalar, çinkolu gübrelemenin baklagillerin büyüme ve veriminde belirgin artışlar sağladığını göstermektedir. Çinko, bitkilerde klorofil sentezini destekleyerek fotosentez verimliliğini artırır. Ayrıca, çinko eksikliği durumunda görülen yaprak sararması ve bitki gelişimindeki duraklama gibi sorunların önüne geçer. Çinkolu gübreleme, stres durumunda baklagillerin sağlığını ve verimliliğini artırmada önemli bir rol oynar. Stres koşulları, kuraklık, tuzluluk, hastalık ve besin eksiklikleri gibi faktörleri içerebilir. Uygulama açısından, çinkolu gübrelerin doğru zamanlama ve dozajla kullanılması, maksimum verim artışı sağlar. Genel olarak, çinkolu gübrelemenin baklagillerin verimini artırdığı, hastalıklara karşı direncini yükselttiği ve genel bitki sağlığını iyileştirdiği sonucuna varılabilir. Bu nedenle, tarım uygulamalarında çinko gübrelemesine yer vermek, baklagil üretiminin verimliliğini artırmada kritik bir strateji olarak değerlendirilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Yemelik dane baklagil, çinko, kalite, verim.

THE IMPORTANCE OF ZINC FERTILIZATION IN LEGUMES

Abstract

The effects of zinc fertilization on legumes are an important topic in the context of plant nutrition and yield enhancement. Zinc is a vital micronutrient essential for the growth and development of plants. While legumes contribute to soil fertility through nitrogen fixation, zinc deficiency can adversely affect plant health. Research has shown that zinc fertilization can significantly improve the growth and yield of legumes. Zinc supports chlorophyll synthesis, enhancing photosynthetic efficiency. Additionally, it helps prevent issues such as leaf chlorosis and developmental stunting that occur due to zinc deficiency. Zinc fertilization plays an important role in enhancing the health and productivity of legumes under stress conditions. Stress factors can include drought, salinity, disease, and nutrient deficiencies. In terms of application, using zinc fertilizers at the right timing and dosage maximizes yield increase. Overall, it can be concluded that zinc fertilization boosts legume yields, enhances disease resistance, and improves overall plant health. Therefore, incorporating zinc fertilization into agricultural practices is a critical strategy for increasing legume production efficiency.

Keywords: Legume, zinc fertilization, quality, yield.

GİRİŞ

Artan nüfusla birlikte ortaya çıkan yetersiz beslenmenin önüne geçebilmek için, tarımsal faaliyetlerin de artırılması gerekmektedir. Gelecek nesillerin sağlıklı bir şekilde gelişebilmesi için, yeterli beslenmeyi sağlayacak protein kaynaklı gıdaları tüketilmesi gerekir. Protein ve vitamin kaynağı bakımından zengin içeriğe sahip olan yemeklik tane baklagillerin üretiminde artışın sağlanması önemlidir (Engin ve Yağmur, 2005). Bununla birlikte dünya üzerinde yaşayan insanların üçte biri çinko eksikliğiyle karşı karşıyadır.

Çinko (Zn) eksikliği, çoğunlukla temel gıda olarak tahıl tüketen nüfusun yoğun olduğu gelişmekte olan ülkelerde en yaygın görülen beslenme eksikliğidir (Çakmak, 2008). Dünyanın baklagiller yetiştirilen bölgelerinde çinko eksikliğine dair yeterli çalışmalar mevcuttur. Çinkonun toprakta bulunabilirliğini etkileyen başlıca faktörler düşük toplam çinko içeriği, yüksek pH ve düşük organik madde içeriğidir.

FAO tarafından yapılan bir çalışmada, dünya genelindeki tarım arazilerinin yaklaşık %30'unda çinko (Zn) eksikliği olduğu tespit edilmiştir (Sillanpaa, 1982). Hindistan, Pakistan, Irak, Lübnan, Suriye ve Türkiye gibi ülkelerin topraklarında alınabilir çinko düzeylerinin oldukça düşük olduğu rapor edilmiştir. Çinko eksikliğinin en yaygın olduğu bölgeler arasında Akdeniz, Güneydoğu ve Doğu Asya ülkeleri ile Avustralya yer almaktadır (White ve Zasoski 1999). Bu çalışmada, ülkemizde 14 milyon hektar tarım alanında potansiyel çinko eksikliği bulunduğu bulgulanmıştır. Türkiye'nin farklı bölgelerinden alınan 1511 toprak örneği üzerinde yapılan analizlerde ise, çinko eksikliğinin %49 oranında en yaygın mikro element eksikliği olarak belirlendiği bildirilmiştir (Eyüpoğlu ve ark., 1995). Toprakda çinko eksikliğinin başlıca nedeni, bu elementlerin bitkiler tarafından alınıp kullanılabilir formlarda bulunmamasıdır. Tarım arazilerinde genellikle yüksek pH seviyeleri, kireç, kil yapısı ve düşük organik madde içeriği, mikro besin elementlerinin bitkiler tarafından emilimini engellediği belirtilmiştir (Marschner, 1955). Çinko eksikliği özellikle kireçli, kurak ve yarı kurak iklim bölgelerindeki topraklarda yaygındır. Böyle topraklarda gübreleme yoluyla çinko eksikliği giderilmektedir bununla birlikte tohum kaplama ve yaprak gübreleme uygulamaları, çinko eksikliğini gidermek için tercih edilen yöntemler arasında yer almaktadır (Taban ve ark., 1998).

Çinko, auxin ve karbonhidrat metabolizmasında, protein sentezinde ve hücre duvarının yapısal bütünlüğünde yer alan sayısız enzimin temel yapısal bir bileşenidir (Tsonev ve ark., 2012). Ayrıca, çinko polen gelişimi, döllenme ve klorofil sentezinde kritik roller üstlenir (Karim ve ark., 2010). Çinko uygulaması, su kullanım verimliliğini (Khan ve ark., 2004) kök yapısını ve azot fiksasyonunu iyileştirir. Bu nedenle, çinko, bitki büyümesi ve beslenme durumu üzerinde genel iyileşmeler sağlamak için gerekli bir elementtir (Nazar et al., 2012; Vadlamudi ve ark., 2020).

BİTKİNİN TOPRAKTAKİ ÇİNKODAN YARARLANMASI

Ülkemiz topraklarında toplam çinko içeriğinin fakir olmadığı söylenebilir ancak toprağın bazı kimyasal ve fiziksel özelliklerinden dolayı bitki kökleri tarafından alınamamaktadır. Çinko alımının engellenmesinde etkili birçok faktör bulunmaktadır. Bu faktörler şu şekilde sıralanabilir:

1. Toprağın kireç içeriği ve pH değeri: Yapılan çalışmalarda düşük pH değerinin çinko alımını engellediği belirlenmiştir.

2. Toprakta çinkoyu bağlama yeteneğine sahip kil minerallerinin bulunması.
 3. Toprakta çinkonun kolaylıkla hareket etmesine ve çözünür formda kalmasına destek olan organik madde içeriğinin düşük olması.
 4. Çinkonun bitki köklerine taşınabilmesine yardımcı olan yağış miktarının düşük olması.
- Toprak yapısının çinkonun yıkanıp gitmesine sebep olan kumlu bünyede olması.
Yüksek doz fosfor uygulamaları ile topraktaki çinkonun yararlılığının azalması.



Çizelge 1.Dünyada çinko eksikliği bulunan topraklar (Alloway, 2008)

Çizelge 1 de dünya topraklarında yaygın olarak gözlenen çinko eksikliği görülmektedir. Turuncu renkli topraklarda yaygın eksiklik gözlenirken yeşil renkli topraklarda orta düzeyde eksiklik saptanmıştır. Araştırmacı çinko eksikliğinin düşük veya yüksek pH içeriği, yüksek kalsiyum karbonat içeriği, tuzluluk, yüksek fosfor içeriği ve su basması gibi nedenlerden kaynaklandığını belirtmiştir (Alloway 2008)

YEMEKLİK DANE BAKLAGİLLERDE ÇİNKO UYGULAMALARI

Bitkilerde çinko eksikliğinde bazı değişimler meydana gelir bunlara örnek olarak bitkide (boğum aralarının kısalması) bodurlaşma, orta damara paralel açık renkli şeritler, küçük yapraklılık ve genç yapraklarda kloroz gösterilebilir. Çinko toprakta yeterince bulunduğu zaman; özellikle bitki büyüme hormonlarının oluşumu tam olarak gerçekleşmekte, tohum verimi artmaktadır. Bitkilerce topraktan kaldırılan çinko miktarı genellikle 0.5 kg/ha/yıl düzeyinden daha düşüktür. Çinko noksanlığı çinko gübrelere toprak veya yaprak uygulamaları ile giderilebilir (Aydeniz ve ark., 1991).

Önceki çalışmalarda tahıllarda çinkolu gübre uygulamasıyla tane verimi ile birlikte tane çinko içeriğinin arttığı ve aynı zamanda beslenmede ihtiyaç duyulan çinko miktarının karşılandığı belirlenmiştir (Çakmak, 2008; Zou ve ark., 2012). Ancak düşük ya da yüksek pH ya sahip, organik maddece fakir topraklarda bitkinin topraktan çinko alımı kısıtlanmaktadır. Toprağın pH'sının 6'dan fazla olması, çinkonun kimyasal olarak (Zn(OH)₂ veya ZnCO₃)'e dönüşmesine sebep olmaktadır. Bunun sonucunda topraktaki elverişli çinko azalmaktadır. Yapaktan gübreleme çinkonun etkisini artırmaktadır (Saeed ve Fox, 1977; Singh ve ark., 1988). Soyada mikro elementlerin topraktaki kritik miktarı çinko için 1 mg kg⁻¹ olarak belirlenmiştir (Tehrani ve ark., 2015). Genel olarak çinko çoğunlukla fotosentezde şekerlerin nişastaya dönüştürülmesinde, protein ve oksinlerin metabolizmasında ve polenlerin oluşumunun yanı sıra dehidrogenaz, proteinaz, RNA enzimleri ve klorofil üretiminde rol oynamaktadır (Hansch ve Mendel 2009; Rohith ve ark., 2020). Eyüpoğlu ve ark., (1994) tarafından, Türkiye'deki tarım yapılan arazilerin %50'sinde çinko eksikliği olduğu saptanmıştır. Toprakların pH'sının 7,5-8,1 arasında olması ve kurak koşullar çinkonun toprakta hareketliliğini sınırlayan en önemli etkenlerdir (Çakmak, 1999). Bu tür alanlarda yetişen bitkilerde ve alınan tanede de çinko eksikliği görülür. Bu tanelere sahip baklagil veya tahıllarla beslenen insanlarda çinko eksikliği gözlenmektedir. Çinko eksikliği insanlarda bağışıklık sisteminde zayıflama, DNA hasarlanmaları gibi bazı rahatsızlıklara sebep olabilmektedir (Hotz ve Brown, 2004). Toprakta çinko alımının kısıtlı olduğu topraklarda çinkonun yapaktan uygulanması daha uygun bulunmuştur (Hafeez ve ark., 2013; Pandey ve ark., 2013). Yapaktan çinko elementi uygulaması en yaygın gözlenen uygulamalardan biridir.

Önceki çalışmalarda börülcede ham protein içeriği çinko uygulaması ile önemli ölçüde artmış ve 20 kg/ha ZnSO₄ altında kontrole göre önemli ölçüde daha yüksek ham protein içeriği ölçülmüştür. Çinko ribozomun temel bileşeni olduğu için, bitkilerde gelişim ve protein üretimi için gereklidir. Amino asit birikimi ve dolayısıyla protein üretimi çinko eksikliğine bağlı olarak azalır (Ganesh ve ark., 2015; Kumar ve ark., 2022).

SONUÇ

Sonuç olarak çinkolu gübrelemenin bitki gelişmesini olumlu yönde etkilediği yapılan çalışmalarla ortaya konulmuştur. Özellikle kuraklık, yüksek sıcaklık gibi stres durumlarında yapaktan çinko uygulaması bitkinin stres koşullarını tolere edebilmesini sağlamıştır. Genellikle çinko gübre uygulamasının topraktan yapılması yapaktan püskürterek yapılan uygulamaya göre daha olumlu sonuç vermektedir. Aluvyal topraklarda bitkilerin çinko uygulamasına orta derecede tepki verdiği, yapaktan çinko uygulamasının da etkili olabileceği saptanmıştır buna karşın kireçli topraklarda çinkonun topraktan uygulanması birim alan tane veriminde artış sağlamıştır.

KAYNAKÇA

- Alloway, B. J. 2008. Zinc in Soils and Crop Nutrition, 2nd edition. IZA Brussels, Belgium and IFA Paris, France
- Aydeniz, A., A.R. Brohi, 1991. Gübreler ve Gübreleme. Cumhuriyet Üniv. Tokat Ziraat Fak. Yayınları: 10, Ders Kitabı: 3. 880 s
- Cakmak, I. (2008). Enrichment of cereal grains with zinc: agronomic or genetic biofortification? *Plant and soil*, 302, 1-17.
- Engin, M., ve Yağmur, M., 2005. Nohut (*cicer arietinum* l.)'ta fosfor ve azot dozları ile bakteriyel (*rhizobium ciceri*) aşılamanın bazı morfolojik özellikler ile tane verimi üzerine etkileri ve bazı bitkisel özellikler arasındaki ilişkiler. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Bilimleri Dergisi* 15(2): 103-112.
- Eyüpoğlu, F., Kurucu, N., ve Talaz, S., 1995. Türkiye topraklarının bitkiye yararlı mikroelementler bakımından genel durumu. Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü. 620/A-002 Projesi Toplu Sonuç Raporu.
- Hafeez BMKY, Khanif YM, Saleem M.2013. Role of zinc in plant nutrition-a review. *American Journal of Experimental Agriculture* 3(2): 374.
- Hansch R, Mendel RR.2009. Physiological functions of mineral micronutrients (Cu, Zn, Mn, Fe, Ni, Mo,B, Cl). *Current Opinion in Plant Biology*12 (3):259–66. doi:10.1016/j.pbi.2009.05.006.
- Hotz C, Brown KH.2004. Assessment of the risk of zinc deficiency in population and options for its control. *Food Nutr. Bull.*25:94–204
- Karim, M. R., Zhang, Y. Q., Zhao, R. R., Chen, X. P., Zhang, F. S., & Zou, C. Q. (2012). Alleviation of drought stress in winter wheat by late foliar application of zinc, boron, and manganese. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 175(1), 142-151.
- Khan, H. R., McDonald, G. K., & Rengel, Z. (2004). Zinc fertilization and water stress affects plant water relations, stomatal conductance and osmotic adjustment in chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Plant and Soil*, 267, 271-284.
- Marschner, H. (1955). *Mineral Nutrition of Higher Plants*. 2. Ed., Acad. Press, Amsterdam.
- Nazar, H., Ereku, O., Koca, Y.O. (2012). Ekmeklik buğday çeşitlerinin tane verimi ve kalitesi üzerine farklı yaprak gübresi uygulamalarının etkisi. *Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 9(2), 5-12.
- Pandey N, Girish BG, Pathak C.2013. Enhanced yield and nutritional enrichment of seeds of *pisum sativum*L. through foliar application of zinc. *Scientia Horticulturae* 164: 474
- Saeed M, Fox RL.1977. Relation between suspension pH and zinc solubility in acid and calcareous soil. *Soil. Sci.* 124-199.
- Sillanpaa, M., 1982. Micronutrients and the nutrient status of soils. A global study. *FAO Soils Bulletin*, No.48, FAO, Rome, Italy.
- Singh V, Singh AK, Verma SS, Joshi YP.1988. Effect of nitrogen fertilization on yield and quality of multicut tropical forages. *Tropical Agriculture*, 65(2): 129-131.
- Taban, S., M, Alpaslan., A, Güneş., M, Aktaş., İ, Erdal., H, Eyüboğlu., İ, Baran. (1997). Değişik Şekillerde Uygulanan Çinkonun Buğday Bitkisinde Verim ve Çinkonun Biyolojik Yararlılığı Üzerine Etkisi. I. Ulusal Çinko Kongresi. 12-16 Mayıs, Eskişehir.
- Tehrani MM, Moshiri F, Gheibi MN, Rezaei H, Keshavarz P, Davoodi MH, Ziaei AH, Noorgholipour F, Majidi A, Hosseini SM, Saadat S, Rahmani HA, Khademi Z, Balali MR, Mostashari M.2015. Comprehensive Soil Fertility and Plant Nutrition Program 2014-025. Agricultural Research, Education and Extension Organization. Soil and Water Research Institute. Volume II, Iran, Tehran.

- Tsonev, T., & Cebola Lidon, F. J. (2012). Zinc in plants-an overview. *Emirates Journal of Food & Agriculture (EJFA)*, 24(4).
- Vadlamudi, K.; Upadhyay, H.; Singh, A.; Reddy, M. Influence of zinc application in plant growth: An overview. *Eur. J. Mol. Clin. Med.* 2020, 7, 2321–2327.
- White, J.G. and Zasoski, R.J. 1999. Mapping soil micronutrients. *Field Crops Res.*, 60:11-26.
- Zou CQ, Zhang YQ, Rashid A, Ram H, Savasli E, Arisoy RZ, Ortiz-Monasterio I, Simunji S, Wang ZH, Sohu V, Hassan M, Kaya Y, Onder O, Lungu O, Yaqub Mujahid M, Joshi AK, Zelenskiy Y, Zhang FS, Cakmak I.2012. Biofortification of wheat with zinc through zinc fertilization in seven countries. *Plant Soil.* 361:119–130.

YEMEKLİK DANE BAKLAGİLLERİN EKİM NÖBETİNDEKİ ÖNEMİ

Feride ÖNCAN SÜMER (ORCID:0000-0002-6087-6966)

Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, AYDIN

Email:fsumer@adu.edu.tr

Özet

Baklagiller, tarımsal üretimde önemli bir yere sahiptir ve ekim nöbeti uygulamalarında kritik rol oynarlar. Ekim nöbeti, farklı bitkilerin belirli bir alanda ardışık olarak ekilmesiyle toprak verimliliğini artırmayı amaçlayan bir tarım tekniğidir. Baklagiller, azot bağlama yetenekleri sayesinde toprakta azot seviyelerini artırır. Rhizobium bakterileri ile simbiyotik ilişki kurarak, atmosferdeki azotu toprağa kazandırır. Bu özellikleri, özellikle tahıllar gibi azot ihtiyacı yüksek bitkilerin öncesinde veya sonrasında ekildiğinde toprak verimliliğini artırır. Farklı bitkilerin dönüşümlü olarak ekilmesi, toprakta hastalık ve zararlılara karşı direnç sağlar. Baklagillerin, bazı hastalıkların ve zararlılarının yaşam döngüsünü kesintiye uğratarak bu sorunları azaltma potansiyeli vardır. Baklagillerin kök yapısı, toprağın havalanmasını ve su tutma kapasitesini artırır. Bu durum, toprak yapısının iyileşmesine ve erozyonun önlenmesine katkı sağlar. Baklagiller, hem insan tüketimi hem de hayvan yemi olarak değerli ürünlerdir. Ekim nöbetlerinde yer alarak çiftçilere ekonomik çeşitlilik sağlar ve gelirlerini artırır. Sonuç olarak, baklagillerin ekim nöbetindeki yeri, hem ekosistem sağlığı hem de tarımsal üretkenlik açısından büyük önem taşır.

Anahtar Kelimeler: Yemeklik dane baklagil, ekim nöbeti, verim

THE IMPORTANCE OF LEGUMES IN CROP ROTATION

Abstract

Legumes play an important role in agricultural production and are critical in crop rotation practices. Crop rotation is a farming technique that aims to increase soil fertility by planting different crops in a specific area sequentially. Legumes improve soil nitrogen levels due to their ability to fix nitrogen. By forming a symbiotic relationship with Rhizobium bacteria, they convert atmospheric nitrogen into a form that can be utilized by plants. This characteristic enhances soil fertility, especially when planted before or after high-nitrogen-demanding crops like cereals. Rotating different crops provides resistance against soil diseases and pests. Legumes have the potential to disrupt the life cycles of certain diseases and pests, thereby reducing these issues. Additionally, the root structure of legumes enhances soil aeration and water retention capacity, contributing to improved soil structure and erosion control. Legumes are valuable products for both human consumption and animal feed. Their inclusion in crop rotation provides economic diversity for farmers and increases their income. In conclusion, the role of legumes in crop rotation is significant for both ecosystem health and agricultural productivity.

Keywords: legume, crop rotation, yield

1. GİRİŞ

Baklagiller, insan beslenmesi açısından önemli bir besin kaynağıdır. Protein, lif, folat, demir, potasyum, magnezyum ve çeşitli vitaminler gibi makro ve mikro besin maddeleri bakımından zengin bir bitki grubudur (Chaudhary ve ark., 2018). Et yerine baklagil temelli protein kaynaklarıyla beslenmek, çevresel etkileri azaltırken aynı zamanda beslenme açısından da daha dengeli ve sağlıklı bir seçenek sunar (Peoples ve ark., 2019; Saget ve ark., 2020).

EAT-Lancet Komisyonu'nun "gezegen sağlıklı" diyeti, kırmızı etin tüketimini azaltmayı ve baklagil alımını artırmayı önererek, daha besleyici ve sürdürülebilir bir diyet hedeflemektedir (Willett ve ark., 2019). Ayrıca, Saget ve ark., 2021'nin yaptığı bir araştırmada, Almanya'da sadece %5 oranında sığır eti yerine bezelye proteinlerinin kullanılması durumunda, yıllık 8 milyon ton CO₂ eşdeğeri sera gazı emisyonunun azaltılabileceği ve bunun Almanya'nın yıllık sera gazı emisyonlarının %1'ine denk geldiği hesaplanmıştır. Bu, baklagillerin hem beslenme hem de çevre sağlığı açısından önemini vurgulamaktadır.

Dünyada nüfus artışı ile birlikte tarımsal ürünlerin verimlerini artırmak veya yılda birden fazla ürün almak önemli hale gelmiştir. Tarımsal uygulamalar, gıda güvenliğini sağlarken çevresel etkileri azaltmalıdır. Modern teknolojiler, gübreler ve su gibi girdilerin daha hassas bir şekilde uygulanmasını sağlamak için geliştirilmiş ve benimsenmiştir; bu da "konvansiyonel" yoğun sistemler içinde daha verimli tarım yapılmasını sağlamaktadır. Diğer yandan, fosfor gübreleri ve fosil enerji gibi tükenbilir kaynaklara olan yüksek bağımlılığı azaltırken, sera gazı emisyonlarını, reaktif azot kayıplarını ve toprak bozulmasını önlemeyi amaçlayan "agroekolojik" yoğunlaştırmayı teşvik etmek için yoğun tek ürün yetiştiriciliğinin azaltılması çabaları bulunmaktadır (Rockström ve ark., 2020). Bu agroekolojik yoğunlaştırma, baklagillerle biyolojik azot fikse edilmesini artırmayı, rotasyonları uzatmayı, ara ekim yapmayı ve olası olarak hayvancılığın ürün rotasyonlarına dahil edilmesini içerebilir. Avrupa Yeşil Mutabakatı'nın "Farm to Fork" stratejisi, 2030 yılına kadar sera gazı emisyonlarını ve kimyasal pestisit kullanımını %50, sentetik gübre kullanımını ise %20 oranında azaltmayı hedefleyerek "adil, sağlıklı ve çevre dostu bir gıda sistemi" geliştirmeyi amaçlamaktadır (Avrupa Birliği, 2020). Baklagiller, Leguminosae familyasından atmosferden azot fiksasyonu yapabilme yetenekleri sayesinde dış kaynaklardan gelen azot gübrelerine olan ihtiyacı ortadan kaldıran bitkilerdir (Peoples ve ark., 2019). Bu bitkiler, takip eden ürünlere önemli miktarda azot sağlar, böylece mineral gübre ihtiyaçlarını ve sera gazı emisyonlarını tüm rotasyonlar boyunca azaltabilirler (Rochette ve Janzen, 2005; Watson ve ark., 2017). Bunun yanında baklagiller ürün rotasyonlarının çeşitlendirilmesini sağlamaktadır (Nemecek ve ark., 2008; Hufnagel ve ark., 2020). Çeşitlendirilmiş rotasyonlar, zararlı ve hastalık döngülerinin kırılmasına yardımcı olabilir (MacWilliam ve ark., 2014), derin kök sistemleri sayesinde toprak kalitesini ve kuraklık direncini artırır ve polinatör böceklerin desteklenmesine katkıda bulunur (Peoples ve ark., 2019). Baklagil bazlı rotasyonların, toprak azotunu ve su kullanım verimliliğini (WUE) artırmada etkili bir strateji olduğu gösterilmiştir (Gan ve ark., 2015), bitki hastalıklarını (Kutcher ve ark., 2011) ve diğer zararlı istila durumlarını (Govaerts ve ark., 2007; Kathiresan, 2007) minimize etmekte ve takip eden tahılların verimliliğini artırmakta (Davis ve ark., 2012; Kremen ve Miles, 2012; Borrell ve ark., 2017) faydalıdır.

Ancak, baklagil bazlı rotasyon sistemlerine özgü iki bilgi boşluğu bulunmaktadır. İlk olarak, çoğu konvansiyonel baklagil bazlı rotasyonlar verim yanıtına odaklanmıştır, ancak entegre toprak-bitki perspektifinden bakıldığında, verim yanıtının toprak azotu ve su koşullarına, bitki

kanopi ve kök sistemine göre nasıl değiştiği konusunda belirsizlikler bulunmaktadır. İkinci olarak, bazı raporlar, entegre baklagil rotasyonlarının toprak kalitesinde, bitki büyümesinde ve rotasyonun sonraki tahlında tohum veriminde nasıl iyileşmelere yol açtığına dair ışık tutmuş olsa da (Chen ve ark., 2011; Zhang ve ark., 2011; Gan ve ark., 2015), baklagil türlerine göre rotasyon etkisinin nasıl değiştiği konusunda bazı eksiklikler vardır.

EKİM NÖBETİ TANIMI

Ekim nöbeti; aynı tarla üzerinde farklı kültür bitkilerinin belirli sıra dahilinde birbirini takip edecek şekilde yetiştirilmesine denir. Ekim nöbeti, tarla tarımının organize edilmesinde üzerinde durulacak en önemli konulardan biridir. Ekim nöbetinde asıl amaç toprağın üretkenliğinin sürdürülebilmesi ve birim alandan elde edilen verimin artırılmasıdır (Sencar ve ark., 1994). Bitkisel üretimle ilgili yapılan uygulamaların yüksek oranda verime çevrilebilmesi ve arzulanan tarımsal başarıya ulaşılabilmesinde doğal ve ekonomik şartlara uygun bir ekim nöbeti planının hayata geçirilmesi gerekir. Bu planın önemli konularından birisi de ekim nöbetinde yer alan bitkilerin ön bitki değeri ve ön bitki istekleridir. Bunu yaparken doğal kaynakların korunması esas alınarak bitki desenlerinin tespit edilmesi gerekmektedir (Kara ve ark., 2005)

Toprakların su ve azot içerikleri, ekim nöbetinde yer alan baklagiller tarafından önemli ölçüde artırılmaktadır. Baklagiller, fazla miktarda atmosferik azotu (N₂) toprağa bağlamaktadır. Bu nedenle baklagillerin ekim nöbetine girmesi, verimliliği artırmaktadır .

Bezelye (*Pisum sativum* L.), nohut (*Cicer arietinum* L.) ve mercimek (*Lens culinaris* Medikus), Kanada bozkırlarında en yaygın olarak yetiştirilen yıllık baklagillerdir. Bu baklagiller, atmosferden azot fiksasyonu yapabilme kapasitesine sahip olup, sırasıyla ortalama 54, 52 ve 49 kg N ha⁻¹ yıl⁻¹ miktarında azot fiksasyonu gerçekleştirebilmektedirler (Hossain ve ark., 2016). Fikse edilen azot miktarları, iklim koşulları, toprak azotu ve su mevcudiyeti ile ekim uygulamalarına bağlı olarak büyük ölçüde değişebilir (Hossain ve ark., 2018).

EKİM NÖBETİNİN FAYDALARI

Tarla tarımında önemli kültürel uygulamalardan biri olan ekim nöbeti, toprak sağlığı ve verimliliği açısından büyük faydalar sağlar. Doğru bir ekim nöbeti, hastalıklar, zararlılar ve yabancı otların yoğunluğunu azaltmanın yanı sıra, toprak canlılığını artırarak toprağın farklı katmanlarından dengeli şekilde yararlanılmasına imkan tanır. Ayrıca, erozyon riskini azaltarak toprak yapısının hem fiziksel hem de kimyasal açıdan iyileşmesine yardımcı olur. Tüm bu avantajlar, toprak verimliliğini artırırken, sonuç olarak elde edilen ürünün verimini de yükseltir. Ekim nöbetinin, sürekli mısır ekimiyle karşılaştırıldığında tane verimini belirgin şekilde artırır (Temu ve Aune, 1995).

YEMEKLİK TANE BAKLAGİLLERİN EKİM NÖBETİNDEKİ YERİ

Yamaklık Tane Baklagiller, %18-36 arasında tane protein oranı ve yüksek lizin içeriğiyle, tahıl tanelerinde eksik olan bu besin öğelerini tamamlayan değerli bir besin kaynağıdır. Sapları da yaklaşık %14 protein içerir ve hayvan beslemede, 1 ton baklagil sapı, 8 ton buğdaygil sapına eşdeğer besin değeri taşır (Çiftçi ve ark., 2020).

Methionin dışında, 200 gram yemeklik baklagil tanesinde bulunan protein amino asit içeriği, 100 gram et proteinine denk gelmektedir. Ayrıca, baklagiller karbonhidrat, fosfor, kalsiyum, demir, A vitamini, B1, B2, niasin ve C vitamini açısından da önemli bir kaynaktır (Akçin, 1988). Kısacası, baklagiller hem insan hem de hayvan beslenmesi için son derece besleyici olup, agroekosistem verimliliği ve sürdürülebilir tarım açısından da önemli avantajlar sunmaktadır.

Baklagillerin azot fikse etme kapasitesini Hasanuzzaman ve ark. (2020), aşağıdaki şekilde vermiştir.

Bakla (*Vicia faba* L.) 11.9–31.1 kg/da Bezelye (*Pisum sativum* L.) 3.7–12.5 kg/da Nohut (*Cicer arietinum* L.) 2.1–10.4 kg/da Mercimek (*Lens culinaris* Med.) 2.3–8.7 kg/da Fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) 1.6–7.2 kg/da Börülce (*Vigna unguiculata* L. Walp.) 3.6–7.5 kg/da Soya (*Glycine max* L. Merr.) 9.0–9.5 kg/da

Bir bölgede uygulanacak ekim nöbetine bölgenin iklimi, toprak karakteri, yetiştirilen bitki çeşitleri ve ekonomik koşullar etki etmektedir. Baklagiller ekildikleri toprakların verimliliklerini artırır. Ekim nöbetinde baklagillerin de yer alması ile o tarladan kaldırılan ürün miktarında belirli bir artış sağlanabilmektedir.

Baklagiller, köklerinde barındırdıkları *Rhizobium* türü bakteriler aracılığıyla atmosferdeki serbest azotu bağlarlar. Bu bakteriler, atmosferdeki azotu bitki köklerinde bulunan yumrulara biriktirir ve bu azot, bitki hasat edildikten sonra topraktaki mikroorganizmalar tarafından elementer formda serbest bırakılır. Bu süreç sayesinde baklagiller, köklerinin yayılma alanındaki toprak katmanlarını organik azot açısından zenginleştirir ve sonraki ekilen bitkiler bu zenginleşmiş azottan yararlanır.

Baklagillerin toprağa bağladıkları azot miktarı, bitki çeşidi ve çevre koşullarına bağlı olarak değişmekle birlikte, genellikle yılda 5-19 kg/da arasında bir değer sağlar. Örneğin, bakladan 19 kg/da, mercimekten 12 kg/da, bezelye ve börülceden 9 kg/da, nohuttan 8 kg/da ve fasulyeden ise 5 kg/da azot sağlanır.

Topraktaki yüksek azot içeren organik maddeler daha kısa sürede ayrışır. Yapılan araştırmalar, C/N oranı 13:1 olan baklagil köklerinin uygun koşullarda 1–2 hafta içinde parçalandığını, buna karşın C/N oranı 80:1 olan tahıl köklerinin ayrışma sürecinin 4-8 hafta sürdüğünü göstermektedir. Bu durum, baklagil köklerinin toprağa bıraktıkları zengin organik maddelerle mikroorganizma faaliyetlerini hızlandırarak, kök yayılma bölgesindeki toprak canlılığının artmasına katkıda bulunur.

SONUÇ

Tarımsal üretim sistemlerinde baklagillerin önemi, sadece hastalıklar, zararlı otlar, toprak ıslahı ve çevre sağlığı gibi alanlarda sağladıkları yararlarla sınırlı kalmaz. Özellikle havadaki serbest azotun fikse edilmesi yetenekleri, baklagilleri tarla tarımının ayrılmaz bir parçası haline getirmektedir. Baklagillerin üretim sistemlerinde yer alması, kısa vadeli ve tek yönlü yaklaşımlar yerine uzun vadeli ve bütünsel bir bakış açısıyla ele alınmalıdır. Bu bağlamda, baklagillerin ekim nöbeti veya birlikte ekim şeklinde yer alacağı ve her bölgenin özelliklerine uygun bitkisel üretim modelleri geliştirilmelidir. Yetiştiricilerin bu modelleri benimsemesi ve uygulamaya koyması sağlanmalıdır.

KAYNAKLAR

- Akçin, A. (1988). Yemelik Tane Baklagiller. Selçuk Üniversitesi Yayınları, 43, Ziraat Fakültesi Yayınları, 8, 377s, Konya.
- Avrupa Birliği (2020). Farm to Fork Strategy. European Union.
- Chaudhary, A., Marinangeli, C. P. F., Tremorin, D., and Mathys, A. (2018b). Nutritional combined greenhouse gas life cycle analysis for incorporating canadian yellow pea into cereal-based food products. *Nutrients* 10:490. doi: 10.3390/nu10040490
- Hasanuzzaman, M., Araújo, S., Gill, S.S. (2020). *The Plant Family Fabaceae Biology and Physiological Responses to Environmental Stresses*. ISBN 978-981-15- 4751-5, ISBN 978-981-15-4752-2, (eBook) <https://doi.org/10.1007/978-981-15-4752-2> © Springer Nature Singapore Pte Ltd
- Hossain, Z., Wang, X., Hamel, C., Diane Knight, J., Morrison, M. J., and Gan, Y. (2016). Biological nitrogen fixation by pulse crops on semiarid Canadian prairies. *Can. J. Plant Sci.* 97, 119–131. doi: 10.1139/cjps-2016-0185
- Hufnagel, J., Reckling, M., and Ewert, F. (2020). Diverse approaches to crop diversification in agricultural research. A review. *Agron. Sustain. Dev.* 40:14. doi: 10.1007/s13593-020-00617-4
- Kara, K., Çaldar, Ö., Doru, Ü., Öztürk, E., Polat, T. 2005. Sulu Şartlarda Buğday İçin Uygun Olan Ön Bitkilerin Belirlenmesi. Türkiye VI. Tarla Bitkileri Kongresi, 5-9 Eylül, Antalya Cilt I, Sayfa 143-148.
- MacWilliam, S., Wismer, M., and Kulshreshtha, S. (2014). Life cycle and economic assessment of Western Canadian pulse systems: the inclusion of pulses in crop rotations. *Agric. Syst.* 123, 43–53. doi: 10.1016/j.agsy.2013.08.009
- Peoples, M. B., Hauggaard-Nielsen, H., Huguenin-Elie, O., Jensen, E. S., Justes, E., and Williams, M. (2019). “The contributions of legumes to reducing the environmental risk of agricultural production,” in *Agroecosystem Diversity*, eds G. Lemaire, P. C. De Faccio Carvalho, S. Kronberg, and S. Recous, (Academic Press), 123–143.
- Saget, S., Costa, M., Barilli, E., Wilton de Vasconcelos, M., Santos, C. S., Styles, D., et al. (2020). Substituting wheat with chickpea flour in pasta production delivers more nutrition at a lower environmental cost. *Sustain. Prod. Consum.* 24, 26–38.
- Saget, S., Costa, M., Santos, C. S., Vasconcelos, M. W., Gibbons, J., Styles, D., et al. (2021). Substitution of beef with pea protein reduces the environmental footprint of meat balls whilst supporting health and climate stabilisation goals. *J. Clean. Prod.* 297: 126447. doi: 10.1016/j.jclepro.2021.126447
- Sencar, Ö., Gökmen, S., Kandemir, N. 1994. Tarla Bitkileri. Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No: 3, 302 s, Tokat
- Peoples, M. B., Hauggaard-Nielsen, H., Huguenin-Elie, O., Jensen, E. S., Justes, E., and Williams, M. (2019). “The contributions of legumes to reducing the environmental risk of agricultural production,” in *Agroecosystem Diversity*, eds G. Lemaire, P. C. De Faccio Carvalho, S. Kronberg, and S. Recous, (Academic Press), 123–143. doi: 10.1016/B978-0-12-811050-8.00008-X
- Rochette, P., and Janzen, H. H. (2005). Towards a revised coefficient for estimating N₂O emissions from legumes. *Nutr. Cycl. Agroecosyst.* 73, 171–179. doi: 10.1007/s10705-005-0357-9
- Temu, A.E.M. and J.B., Aune, 1995. Effect of green manuring and rotation on maize yield in the Southern Highlands of Tanzania. *Norwegian Journal of Agricultural Sciences*, Supplement 21, 93-98

- Watson, C. A., Reckling, M., Preissel, S., Bachinger, J., Bergkvist, G., Kuhlman, T., et al. (2017). Grain legume production and use in european agricultural systems. *Adv. Agron.* 144, 235–303. doi: 10.1016/bs.agron.2017.03.003
- Willett, W., Rockström, J., Loken, B., Springmann, M., Lang, T., Vermeulen, S., et al. (2019). Food in the anthropocene: the EAT–lancet commission on healthy diets from sustainable food systems. *Lancet.* 393:447–492. doi: 10.1016/S0140-6736(18)31788-4

**TÜRKİYE’NİN GÜNEY EGE BÖLGESİ KABAKGİL EKOSİSTEMİNDE CMV
VARYANLARI VE FİLOGENETİK ANALİZ**

Mustafa USTA*(ORCID:0000-0002-3940-2774 10)

Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Van- Türkiye

Email:mustafausta@yyu.edu.tr

Abdullah GÜLLER (ORCID:0000-0003-3887-4208 11)

Bingöl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Bingöl- Türkiye

Email:aguller@bingol.edu.tr

Serap DEMİREL (ORCID:0000-0002-3102-4924)

Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Fakültesi, Moleküler ve Biyoloji Bölümü, Van, Türkiye

Email:serap_comart@hotmail.com

Özet

Kabakgiller (*Cucurbitaceae*) insanlar için en çok tarımsal, ticari veya besin değeri olan bitki familyasıdır. Kabakgiller ailesinde salatalık, kabak, kavun, karpuz gibi tarımsal öneme sahip bitkiler birçok bitki virüsünün ana hedeflerindedir. *Cucumber mosaic cucumovirus* (CMV), enfekte ettiği bitkilerde ürettiği mozaik, sararma, bodurlaşma ve meyve anomalileri nedeniyle üretimde verim kayıplarına yol açar. 2023 yılında Denizli ilinde yürütülen bu çalışmada, hıyar ve kavun bitkilerinde yukarıdaki semptomlar gözlenmiştir. Viral varlığın belirlenmesi için, 28 örnek spesifik primerler kullanılarak moleküler olarak testlenmiştir. Test sonuçları 16 örnekte yaklaşık 700 bp büyüklüğünde CMV’ye spesifik bandların varlığına işaret etmiştir. Pozitif sonuçlardan rastgele ikisi dizilenmiş ve elde edilen 657 nükleotitik diziler gen bankasına PP869335 (kavun için) ve PP869335 (hıyar için) erişim numaraları ile kaydedilmiştir. CMV’nin dünyanın boyunca tespit edilen izolatlarıyla gerçekleştirilen filogenetik ağaç, Denizli CMV izolatlarının Subgrup IA grubunda olduğunu ve farklı konukçulardan Avustralya, İsrail, İspanya, Macaristan, Türkiye, Japonya ve Kore izolatlarıyla yüksek filogenetik yakınlığa sahip olduğunu doğrulamıştır.

Anahtar kelimeler: CMV, Filogenetik ağaç, Moleküler teşhis, CMV subgrup

Bu çalışma, Güney Ege Bölgesi kabakgıl ekosisteminde yetiştirilen hıyar ve kavun bitkilerinde CMV’nin varlığını, grup/subgrup teşhisini ve moleküler filogenesini ortaya çıkarmıştır.

**CMV VARIANTS and PHYLOGENETIC ANALYSIS in CUCURBIT ECOSYSTEM of
the SOUTHERN AEGEAN REGION, TURKIYE**

Abstract

The *Cucurbitaceae* family, which includes crops such as cucumber, squash, melon, and watermelon, holds significant agricultural, commercial, and nutritional value. These crops are major targets for various plant viruses. *Cucumber mosaic cucumovirus* (CMV) is one of the most impactful, causing mosaic patterns, yellowing, stunting, and fruit deformities, leading to substantial yield losses. In 2023, symptoms consistent with CMV were observed in cucumber and melon plants in the Denizli province. A total of 28 samples were tested using specific primers, and CMV-specific bands of approximately 700 bp were detected in 14 of the samples. Two positive samples were randomly selected for sequencing, and the resulting 657-nucleotide sequences were deposited in GenBank under accession numbers PP869335 (melon) and PP869335 (cucumber). Phylogenetic analysis revealed that the Denizli CMV isolates clustered within Subgroup IA, showing high genetic similarity to isolates from Australia, Israel, Spain, Hungary, Turkey, Japan, and Korea from various hosts. This study confirms the presence of CMV in cucumber and melon plants in the Southern Aegean region, providing subgroup identification and molecular phylogenetic insights.

Keywords: CMV, Phylogenetic tree, Molecular diagnosis, CMV subgroup.

Giriş

Hıyar mozaik virüsü ilk olarak 1916 yılında Amerika Birleşik Devletleri'nin Michigan eyaletindeki hıyar ve kavunlarda ve New York'taki hıyarlarda keşfedilmiştir (Doolittle, 1916). Günümüzde dünya çapında hem ılıman hem de tropikal iklimlerde görüldüğü ve en yaygın virüslerden biri olarak birçok tarımsal ve bahçecilik ürününü etkilediği bilinmektedir (Li ve ark., 2020). Virüs bitki özsuynunun mekanik inokülasyonu ile bulaşır ve yaprak bitleri doğal bulaşmanın en önemli aracıdır (Edwardson ve Christie, 1986). 80'den fazla yaprak biti türü CMV vektörü olarak tanımlanmıştır ve virüsü non-persistent stilet kaynaklı bir şekilde bulaştırır. CMV yaprak biti vektöründe üremez ve yavru yaprak bitlerine bulaşmaz. Sebzelerde *Myzus persicae* ve *Aphis gossypii* virüsün bulaşması için en etkili vektörlerdir (Conti et al., 1979). Non-persistent bulaşmanın en önemli özelliği, yaprak bitlerinin virüsü kısa süreliğine (normalde birkaç saniye) alması ve bitkiler üzerinde normal beslenmeden sonra virüsü kaybetmesidir. CMV ayrıca enfekte tohum, enfekte bitki artıkları, vektörsüz toprak artıkları, polen ve diğer yollarla da bulaşabilir (Pares ve Gunn, 1989; Zhou ve ark., 1994; Chen ve ark., 2000). CMV'yi kontrol etmek için ana biyolojik stratejiler, enfekte olmuş bitkilerin tarla arazisinden yok edilmesidir. CMV, *Carex vulpina*, *Solanum nigrum* ve *Datura stramonium* gibi birçok yabancı ot türü de dahil olmak üzere son derece geniş bir alternatif konukçu aralığına sahiptir (Kazinczi ve ark., 2004; Juan ve ark., 2006).

CMV, kavun ve hıyar bitkilerinde tipik mozaik belirtileri, bitki bodurluğu ve meyve veriminde azalma gibi sorunlara neden olur. Meyvelerde de beneklenme veya mozaik şeklinde semptomlar görülebilir. Bazı hıyar çeşitlerinde, enfeksiyonun ardından birkaç gün içinde bitkilerde ani solgunluk meydana gelebilir. Bal kabağında ise mozaik, sarı lekeler ve yaprak deformasyonları gibi CMV semptomları oldukça şiddetlidir. Enfekte bitkilerde meyve deformasyonu sıkça görülür, meyve tutumu azalabilir veya tamamen durabilir (Lecoq ve Desbiez, 2012). Bu virüs dünya genelinde ve Türkiye'nin birçok bölgesinde çeşitli bitkilerde tespit edilmiştir (Arlı Sökmen ve ark., 2005; Çağlar, 2006; Wu et al., 2006; Mijatovic ve ark., 2000; Zhao et al., 2009; Berniak ve ark., 2010; Temfack ve ark., 2022).

Hıyar mozaik virüsü (CMV), Bromoviridae familyasındaki Cucumovirus cinsinin ve alfa benzeri virüslerin süper ailesinin tipik bir üyesidir (Goldbach, 1987; Kenyon ve ark., 2014). Bu virüs, RNA1, RNA2 ve RNA3 olarak adlandırılan üç genomik RNA ile alt-genomik RNA4 ve RNA4A'dan oluşan, tek sarmallı pozitif anlamlı bir RNA genomuna sahiptir (Sivakumaran ve ark., 2002).

RNA1, viral genomun replikasyonu ile ilgili olan ve 1a olarak adlandırılan tek bir proteini kodlar. 1a proteininin dizisi, iki işlevsel alan ile oldukça korunmuştur. N-terminal alanı, genomik ve subgenomik RNA'ların 5'-ucu için metiltransferaz aktivitesine sahipken, C-terminal alanı viral replikasyon sırasında oluşan çift sarmallı RNA'yı "çözme" işlevi gören bir helikazdır (Zitter ve Murphy, 2009).

RNA2, 2a ve 2b olarak adlandırılan iki proteini kodlar. 2a proteini RNA'ya bağımlı RNA polimeraz (RdRp) aktivitesine sahip olup, 1a proteini ile birlikte viral replikasyonda görev alır. 2b proteini ise RNA2'nin 3' kısmında bulunan alt-genomik RNA4A'dan çevrilir. Bu protein, virüsün uzun mesafeli hareketi, sistemik semptomların oluşumu ve gen susturmanın baskılanmasında rol oynar (Ding ve ark., 1994; Brigneti ve ark., 1998). Ayrıca, CMV 2b

proteini, bitkinin gen susturmasını engelleyerek virüsün bitki dokularını istila etmesine olanak tanır (Zitter ve Murphy, 2009).

RNA3, 3a proteini ve subgenomik RNA4'ten eksprese edilen kaplama proteini (CP) ile ilişkilidir. 3a proteini, virüsün bitki içindeki hücreler arası hareketi ve uzun mesafeli taşınımını sağlar; bu nedenle "hareket proteini" (MP) olarak da bilinir. CP ise virüs partikülleri ile ilişkilendirilen tek proteindir ve yaprak biti vektörleri ile bulaşmanın başlıca belirleyicisidir. Kılıf proteininde meydana gelen küçük dizilim değişiklikleri, CMV suşlarının yaprak bitleri tarafından taşınma yeteneğini etkileyebilir (Palukaitis ve ark., 1992). Ayrıca, Mochizuki ve Ohki'ye (2005) göre, CP'nin bazı amino asit pozisyonları - özellikle 129. kalıntı - mutasyon sonucu konakçı semptomlarını ve virüsün bulaşma etkinliğini önemli ölçüde etkileyebilir.

Virüsün CP genlerinin seroloji ve filogenetik analizlerine göre, CMV izolatları son yıllarda iki alt grupta (I ve II) karakterize edilmiştir. Alt grup I ve II'deki CMV izolatlarının CP genlerinde nükleotid dizileri, aynı alt gruptaki izolatlar arasında %95'e kadar özdeşlik gösterebilirken, farklı alt gruplardaki izolatlar arasında bu oran %69-77 arasında değişmektedir (Palukaitis ve García-Arenal, 2003). Genellikle, alt grup I izolatları daha yüksek sıcaklık toleransı sergilerken, alt grup II izolatlarının semptom şiddeti daha hafiftir. Alt grup I, ayrıca alt grup IA ve IB olarak ikiye ayrılabilir. Alt grup IB popülasyonları özellikle Doğu Asya'da oldukça yaygındır (Palukaitis ve ark., 1992; Roossinck ve ark., 1999).

Bu çalışma, Türkiye'nin Güney Ege Bölgesi'nde bulunan Denizli ilindeki kabakgil ekosisteminden toplanan kavun ve hıyarlarda CMV'nin varlığını tespit etmek ve virüsün grup/altgrup kategorisini incelemeyi amaçlamaktadır. Aynı zamanda, bu çalışmayla dünya çapındaki diğer CMV izolatlarıyla Denizli'deki izolatların filogenetik ilişkileri de belirlenmiştir.

Materyal ve Yöntem

Biyolojik Materyal Ve Total RNA İzolasyonu

2023 yılında Denizli'de kabakgil yetiştirilen tarlalardan, CMV şüphesi taşıyan 12 hıyar ve 16 kavun olmak üzere toplam 28 örneği toplanmıştır. RNA izolasyonu, Foissac ve ark. (2001) tarafından tanımlanan yöntem kullanılarak gerçekleştirilmiş ve elde edilen RNA örnekleri -80°C'de saklanarak muhafaza edilmiştir.

Komplementer DNA (cDNA) Sentezi ve Reverse Transkriptaz Polimeraz Zincir Reaksiyonu (RT-PCR)

cDNA sentezinde, bir önceki aşamada elde edilen total RNA kalıp olarak kullanılmıştır. RNA'ların cDNA'ya dönüştürülmesi, random primer ve Reverse Transkriptaz enzimi kullanılarak Güller ve Usta (2019)'un belirttiği şekilde gerçekleştirilmiştir. Elde edilen cDNA'lar, RT-PCR testlerinde şablon olarak kullanılmıştır. CMV'nin kılıf proteininin amplifikasyonu sırasında aşağıdaki primerler kullanılmıştır (Tablo 1). Testin amplifikasyonunda kullanılan reaksiyon parametreleri ve sıcaklık döngüleri, Güller ve Usta (2019) tarafından rapor edilen protokole göre gerçekleştirilmiştir.

Tablo 1. Moleküler karakterizasyon testlerinde kullanılan CMV-kılıf protein spesifik primerler

Primer Türü ve Niteliği	Geri	İleri	Amplikon Büyüklüğü
Kılıf Protein Karakterizasyonu	TCAGACTGGGAGCACTCCAG	ATGGACAAATCTGAATCAAC	657 bp

Reaksiyon ürünleri (25 µl) ve standart marker (1 kb, Thermo), 1×TAE tamponu ve %1 EtBr içeren %1.5'lik agaroz jelde, 120 voltluk bir akım altında 40 dakika süreyle koşturulmuş ve UV ışığı altında görüntülenmiştir. PZR testlerinin doğruluğunu artırmak amacıyla, daha önceki çalışmalardan elde edilen bir CMV izolatu (Günay, 2019) pozitif kontrol olarak, semptomsuz kavun örnekleri ise negatif kontrol olarak kullanılmıştır.

Kılıf Protein Dizisinin Ortaya Çıkarılması ve Filogenetik İlişkinin Belirlenmesi

RT-PCR ile amplifiye edilen pozitif örneklerden ikisi agaroz jelden saflaştırılarak (Thermo Scientific, USA) nükleotit dizilemeye gönderilmiştir (Sentebiolab/Türkiye). Elde edilen bir kavun ve bir hıyara ait iki izolatu dizisi bilgileri NCBI veritabanına kaydedilmiştir.

Denizli ilinden elde edilen CMV kılıf protein dizileri ile birlikte, NCBI web sitesinden temin edilen farklı konukçu ve ülkelerden IA, IB ve II grup ve alt gruplarından toplam 25 CMV kılıf protein dizisi kullanılarak filogenetik bir ağaç oluşturulmuştur (Tablo 2). Bu filogenetik ağaç, Neighbor-Joining metodu (NJM) ve 100 tekerrür ile CLC Main Workbench 6.7.1 yazılımı kullanılarak inşa edilmiştir. Ağacın daha iyi dallanabilmesi için EF153735 erişim numarasına sahip Domates aspermi virüsü dış grup olarak atanmıştır.

Tablo 2. Denizli CMV izolatlarının moleküler filogenesinin incelenmesinde kullanılan izolatlar ile ilgili bilgiler

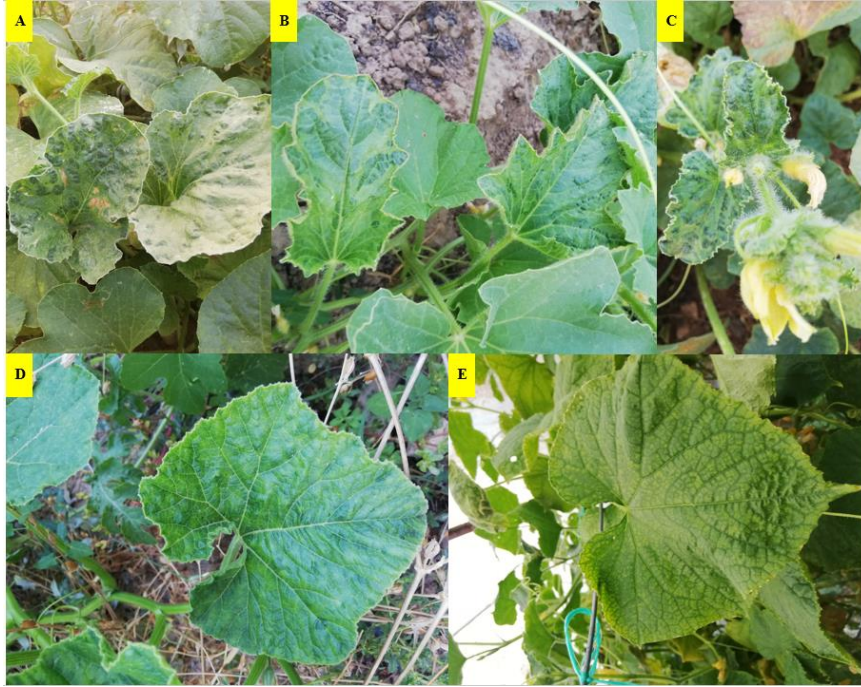
Ülke	Erişim Numarası	İzole Edilen Bitki	Gen Kaynağı	
1	Avustralya	U22821	-	Complete
2	İsrail	U66094	<i>Cucurbita pepo</i>	Complete
3	İspanya	AM183119	Domates	Complete
4	Macaristan	AJ517802	<i>Raphanus sativus</i>	Genomic RNA
5	Japonya	D28487	<i>Licopersicon esculentum</i>	Complete
6	Kore	L36251	-	Complete
7	Kore	AF013291	-	Complete
8	Hindistan	AF281864	<i>Datura innoxia</i>	Complete
9	Tayland	AJ810259	Acı biber	CP
10	Çin	KJ746022	<i>Nicotiana tabacum</i>	CP
11	Türkiye	KY474380	Börülce	CP
12	Türkiye	MW962980	<i>Cucumis melo</i>	CP
13	Türkiye	MT361015	<i>Cucumis melo</i>	CP
14	Türkiye	MT361016	<i>Cucumis melo</i>	CP
15	Japonya	AB042294	-	Complete
16	USA	U31220	Musa	Complete
17	Çin	AF268598	Banana	Complete
18	-	M21464	-	Complete
19	Hindistan	AJ585086	Lilium	Genomic RNA
20	USA	AF127976	-	Complete
21	Hindistan	HE583224	<i>Nicotiana glutinosa</i>	Genomic RNA
22	-	L15336	-	Complete
23	Japan	AB006813	-	Complete
24	Hollanda	AJ304397	Alstroemeria	CP
25	Türkiye	MW962980	<i>Cucumis melo</i>	CP

SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Simptomatoloji Ve PCR Test Sonuçları

Bitki hastalıklarının dünya çapında tarımsal verim üzerindeki etkisi oldukça büyüktür; yıllık verim kaybı %13 civarındadır. Bitki patojeni virüsler, bu kayıpların önemli bir kısmından sorumlu olup, doğada yaygın olarak bulunan ve ekonomik kayıplara neden olan ciddi bitki hastalıklarına yol açmaktadır (Fauquet ve ark., 2005; Strange ve Scott, 2005; Wani ve ark., 2010). Bu bağlamda, Hıyar Mozaik Virüsü (CMV), tüm dünyada çeşitli kültür bitkilerinde hastalıklara neden olan ve tarımsal üretimde kayıplara yol açan önemli bir patojendir. Asya, Avrupa, Afrika, Kuzey Amerika ve Avustralya gibi kıtalarda yaygın olarak görülen CMV, geniş konukçu aralığı ve bulaşma mekanizmaları ile küresel tarım ekonomisinde önemli rol oynamaktadır (Palukaitis ve Garcia-Arenal, 2003). Türkiye'de de yaygın olarak tespit edilen CMV, çeşitli tarım bitkilerinde görülen başlıca virüslerden biridir. Ülkemizde, tütün, fasulye, biber, domates ve zeytin gibi bitkilerde CMV varlığı tespit edilmiş olup, geniş viral yayılım haritası Güller ve Usta (2020) tarafından rapor edilmiştir.

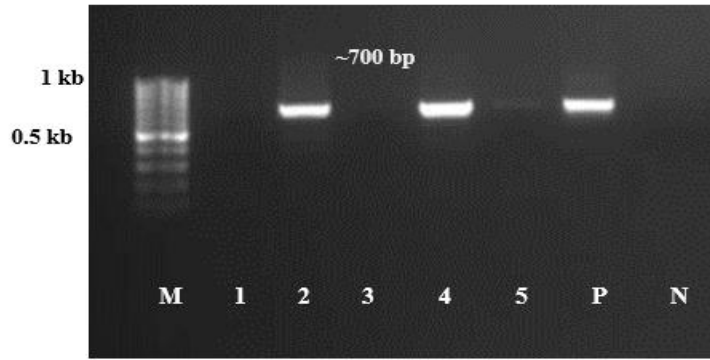
Denizli ilinde CMV varlığı daha önce Özdemir ve Erilmez (2007) tarafından rapor edilmesine rağmen, bu bölgedeki izolatların filogenetik ilişkileri bugüne kadar detaylı olarak incelenmemiştir. Bu çalışmada, Ege bölgesinin Denizli ilinde yürütülen saha çalışmaları sırasında, kabakgöl üretim alanlarından hıyar (*Cucumis sativus*) ve kavun (*Cucumis melo*) bitkilerinden toplam 28 yaprak örneği toplanmıştır. Toplanan örneklerde, yapraklarda mozaik, kabarıklık, sarı lekeler ve yaprak deformasyonları gibi virüs veya virüs benzeri belirtiler gözlemlenmiştir (Şekil 1). Bu semptomlar, literatürde daha önce bildirilen ve CMV ile ilişkilendirilen belirtilerle örtüşmektedir (Katul ve Makkouk, 1987; Tobias ve Tulipan, 2002; Massumi ve ark., 2007; Sydanmetsa ve Mbanzibwa, 2016; Güller ve Usta, 2020).



Şekil 1. Denizli ilinden toplanan kabakgillerde gözlenen virüs şüpheli belirtiler, A, B, C: Kavun bitkilerinde virüs benzeri semptomlar. D, E: Hıyar bitkilerinde virüs benzeri semptomlar

Çeşitli ülkelerde farklı yöntemlerle CMV enfeksiyonu rapor edilmiş ve bu patojenin geniş bir konukçu aralığı olduğu ortaya konmuştur (Ko ve ark., 2007; Massumi ve ark., 2007; Mnari-Hattab ve ark., 2008; Silveria ve ark., 2009; Karamanlı ve Kamberoğlu, 2010; Trkulja ve ark., 2013; Ayo-John ve ark., 2014; Ibaba ve ark., 2015). Ayrıca, literatürde CMV'nin diğer kabakgil virüsleri veya farklı bitki virüsleri ile karışık enfeksiyonlara neden olduğu da belirtilmiştir (Palukaitis ve Garcia-Arenal, 2003).

Toplanan örneklerde hıyar mozaik virüsü (CMV)'nün araştırılması RT-PCR testi ile gerçekleştirilmiştir. Moleküler testler, örneklerin 16'sının virüs ile enfekte olduğunu göstermiş ve agaroz jelde yaklaşık 700 band büyüklüğünde DNA fragmentleri üretmiştir (Şekil 2).



Şekil 2. Denizli ilinden izole edilen CMV etmenine ait kılıf protein geninin amplifikasyonu sonucunda elde edilen agaroz jel görüntüsü. M: Marker (100-1000 bp), P: Pozitif kontrol, N: Negatif kontrol, 2, 4, 5: CMV amplifikasyonu sonucu oluşan fragmentler

Dizileme ve Filogenetik Analiz

Denizli ilinde yürütülen testler sonucunda pozitif sonuç veren biri kavun ve diğeri hıyar olmak üzere iki bitki örneğinden izole edilen 657 nükleotitlik CMV kılıf protein DNA'sının nükleotit dizisi başarıyla belirlenmiştir. Bu diziler, literatürde kavun için "Denizli CK4" ve hıyar için "Denizli CK3" olarak adlandırılmış ve GenBank veri tabanında PP869335 ve PP869334 erişim numaraları ile kaydedilmiştir. Kılıf protein geni nükleotit dizi ve amino asit bilgileri aşağıdaki tabloda verilmiştir (Tablo 3).

Tablo 3. Denizli ilinden izole edilen CMV etmeninin nükleotit ve amino asit dizisi

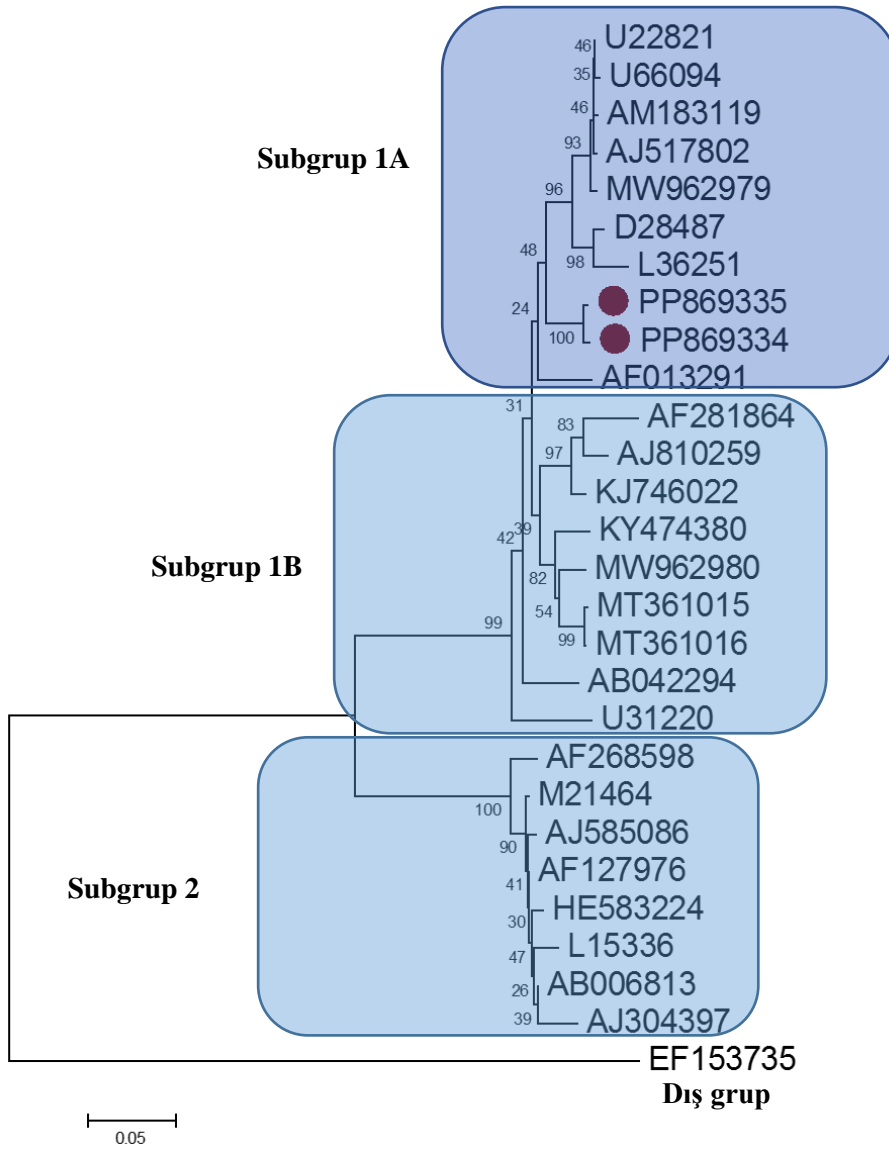
İzolat	Denizli CK4 PP869335 (Kavun izolatu)	Denizli CK3 PP869334 (Hıyar izolatu)
Kılıf Protein Nükleotit Dizisi	ATGGACAAATCTGAATCAACCAGTGCCGGT TCGTAATCGTCGACGTCGTCGCCGTCGTCG GTTCCCGCTCCGCTCCCTCCTCCGCGGATG CTAACTTTAGAGTCTTGTGCGCAGCAGCTTT CGCGACTTAACAAGACGTTAGCAGCTGGT CGTCCAACCTATTAACCAACCAACCTTTGT GGGTAGTGAACGCTGTAAACCTGGGTACA CGTTCACATCTATTACCCTGAAGCCGCCG AAAATAGACCGCGGGTCTTATTATGGTAA AAGGTTGTTGCTACCTGATTCAGTCACGG AGTTCGATAAGAAGCTTGTTCGCGCATT CAAATTCGAGTTAATCCTTTGCCGAAATT TGATTCTACCGTGTGGGTGACAGTCCGTA AAGTTCCTGCCTCCTCGACTTATCCGTTG CCGCTATCTGCTATGTTTGCAGCAGGA GCCTCACCGGTAAGGTTTATCAGTATGC TGCATCCGGCGTTCAAGCCAACAACAAT TGTGTACGATCTTTCGGCGATGCGCGCT GATATTGGCGACATGAGAAAAGTACGCCGT CCTCGTGTATTCAAAAAGACGATGCGCTCG AGACGGACGAGTTAGTACTTCATGTTGAC ATCGAGCACCAACGCATTCCACATCTGG GGTGCTCCAGTTTGA	ATGGACAAATCTGAATCAACCAGTGCCGGT GTAATCGTCGACGTCGTCGCCGTCGTCGTTCC CGCTCCGCTTCCCTCCTCCGCGGATGCTAACTT TAGAGTCTTGTGCGCAGCAGCTTTCCGCGACTTA ACAAGACGTTAGCAGCTGGTTCGTTCAACTATT AACCACCAACCTTTGTGGGTAGTGAACGCTG TAAACCTGGGTACACGTTACATCTATTACC TGAAGCCGCCGAAAATAGACCGCGGGTCTTA TTATGGTAAAAGGTTGTCACTACCTGATTGAG TCACGGAGTTCGATAAGAAGCTTGTTCGCGC ATTCAAATTCGAGTTAATCCTTTGCCGAAATT TGATTCTACCGTGTGGGTGACAGTCCGTA TTCTGCCTCCTCGACTTATCCGTTGCCGCT ATCTCTGCTATGTTTGCAGCAGGAGCCTCACC GGTACTGGTTTATCAGTATGCTGCATCCGGCG TTCAAGCCAACAACAATGTTGTACGATCTT TCGGCGATGCGCGCTGATATTGGCGACATGA GAAAGTACGCCGCTCCTCGTGTATTCAAAAAGA CGATGCGCTCGAGACGGACGAGTTAGTACTT CATGTTGACATCGAGCACCAACGCATTCCAC ATCTGGGGTGCTCCCAGTCTGA
Kılıf Protein Amino Asit Dizisi	MDKSESTSAGRNRPRRRRPRGRSRSAPSSADA NFRVLSQQLSRLNKTLAAGRPTINHPTFVGS ERCKPGYTFITSITLKPPIKIDRGSYYGKRLLLP DSVTEFDKLLVSRQIRVNPLPKFDSTVWVT VRKVPASSDLVSAASAMFADGASPVLVYQ YAASGVQANNKLLYDLSAMRADIGDMRK YAVLVYSKDDALETDELVLHVDIEHQRIPTS GVLPV	MDKSESTSAGRNRPRRRRPRGRSRSASSADANFR VLSQQLSRLNKTLAAGRPTINHPTFVGSERCKP GYFTSITLKPPIKIDRGSYYGKRLSLPDSVTEFD KKLVSRIQIRVNPLPKFDSTVWVTVRKVPASSD LSVAAISAMFADGASPVLVYQYAASGVQANNK LLYDLSAMRADIGDMRKYAVLVYSKDDALET ELVLHVDIEHQRIPTSGVLPV

Denizli CMV izolatlarının nükleotit dizisinin benzerlik oranını belirlemek amacıyla BLASTn analizi uygulanmıştır. Farklı lokasyonlardan CMV izolatlarıyla karşılaştırıldığında, kavun ve hıyardan izole edilen Denizli izolatlarının kendi aralarında %99.39 oranında ve diğer ilk 30 izolatla nükleotit düzeyinde %98.48 ile %99.39 arasında benzerlik gösterdiği tespit edilmiştir (Şekil 2). Ülkemizdeki CMV izolatlarının moleküler karakterizasyonu üzerine yapılan önceki araştırmalarda, Türkiye’deki CMV izolatlarının genel olarak dünya çapındaki izolatlarla %80-100 arasında benzerlik gösterdiği raporlanmıştır (Karanfil ve Korkmaz, 2017; Güneş ve Gümüş, 2019). Bu bağlamda, Türk Denizli izolatlarının benzerlik oranları yurt çapındaki diğer izolatların benzerlik oranlarıyla uyum içindedir.

Şekil 3. Denizli izolatlarının ve dünyadaki diğer izolatların arasındaki nükleotid benzerlik oranları

select all 30 sequences selected		GenBank	Graphics	Distance tree of results	MSA Viewer			
Description	Scientific Name	Max Score	Total Score	Query Cover	E value	Per. Ident	Acc. Len	Accession
<input checked="" type="checkbox"/> Cucumber mosaic virus isolate Denizli CK3 coat protein (CP) gene, complete cds	Cucumber mosai...	1214	1214	100%	0.0	100.00%	657	PP869334.1
<input checked="" type="checkbox"/> Cucumber mosaic virus isolate Denizli CK4 coat protein (CP) gene, complete cds	Cucumber mosai...	1192	1192	100%	0.0	99.39%	657	PP869335.1
<input checked="" type="checkbox"/> Cucumber mosaic virus isolate Pun-In capsid protein (CP) gene, complete cds	Cucumber mosai...	1188	1188	99%	0.0	99.39%	666	JF279608.1
<input checked="" type="checkbox"/> Cucumber mosaic virus isolate 113 coat protein gene, complete cds	Cucumber mosai...	1186	1186	100%	0.0	99.24%	657	AF523340.1
<input checked="" type="checkbox"/> Cucumber mosaic virus isolate DSMZ PV-0504 segment RNA 3, complete sequence	Cucumber mosai...	1186	1186	100%	0.0	99.24%	2221	PP928867.1
<input checked="" type="checkbox"/> Cucumber mosaic virus isolate New Delhi segment RNA3, complete sequence	Cucumber mosai...	1186	1186	100%	0.0	99.24%	2214	GU111229.1
<input checked="" type="checkbox"/> Cucumber mosaic virus isolate Ban-In capsid protein (CP) gene, partial cds	Cucumber mosai...	1182	1182	99%	0.0	99.24%	665	JF279607.1
<input checked="" type="checkbox"/> Cucumber mosaic virus isolate Br-Nar.2 coat protein (CP) gene, complete cds	Cucumber mosai...	1181	1181	100%	0.0	99.09%	657	GQ844888.1
<input checked="" type="checkbox"/> Cucumber mosaic virus isolate Lucknow segment RNA3, complete sequence	Cucumber mosai...	1181	1181	100%	0.0	99.09%	2220	EF153734.2
<input checked="" type="checkbox"/> Cucumber mosaic virus genes for 3a, coat protein, complete cds, segment 3	Cucumber mosai...	1181	1181	100%	0.0	99.09%	2214	D28780.1
<input checked="" type="checkbox"/> Cucumber mosaic virus isolate DSMZ PV-1391 segment RNA3, complete sequence	Cucumber mosai...	1181	1181	100%	0.0	99.09%	2226	OR082787.1
<input checked="" type="checkbox"/> Cucumber mosaic cucumovirus RNA3 3a gene and gene encoding coat protein	Cucumber mosai...	1181	1181	100%	0.0	99.09%	2220	Y16926.1
<input checked="" type="checkbox"/> Cucumber mosaic virus partial MP gene for 3a protein and CP gene for coat protein, genomic RNA, isolate BAR...	Cucumber mosai...	1181	1181	100%	0.0	99.09%	1835	AJ829778.1
<input checked="" type="checkbox"/> Cucumber mosaic virus isolate Tfr-In segment RNA-3, complete sequence	Cucumber mosai...	1177	1177	99%	0.0	99.08%	2214	JF279606.1
<input checked="" type="checkbox"/> Cucumber mosaic virus CMV-Tlq1 gene for coat protein, complete cds	Cucumber mosai...	1175	1175	100%	0.0	98.93%	660	LC468038.1
<input checked="" type="checkbox"/> Cucumber mosaic virus gene encoding coat protein	Cucumber mosai...	1175	1175	100%	0.0	98.93%	668	Y10886.1
<input checked="" type="checkbox"/> Cucumber mosaic virus CMV-KP1 gene for coat protein, complete cds	Cucumber mosai...	1175	1175	100%	0.0	98.93%	662	LC468042.1
<input checked="" type="checkbox"/> Cucumber mosaic virus clone RKJ-15 capsid protein (CP) gene, complete cds	Cucumber mosai...	1170	1170	100%	0.0	98.78%	657	MN520214.1
<input checked="" type="checkbox"/> Cucumber mosaic virus clone RKJ-7 capsid protein gene, complete cds	Cucumber mosai...	1170	1170	100%	0.0	98.78%	657	MN380718.1
<input checked="" type="checkbox"/> Cucumber mosaic virus clone RKJ-14 capsid protein (CP) gene, complete cds	Cucumber mosai...	1170	1170	100%	0.0	98.78%	657	MN520212.1
<input checked="" type="checkbox"/> Cucumber mosaic virus clone BYB-148 capsid protein gene, complete cds	Cucumber mosai...	1164	1164	100%	0.0	98.63%	657	MN380720.1
<input checked="" type="checkbox"/> Cucumber mosaic virus isolate VCP2 coat protein gene, complete cds	Cucumber mosai...	1164	1164	100%	0.0	98.63%	657	MW662135.1
<input checked="" type="checkbox"/> Cucumber mosaic virus clone RKJ-13 capsid protein gene, complete cds	Cucumber mosai...	1164	1164	100%	0.0	98.63%	657	MN514839.1
<input checked="" type="checkbox"/> Cucumber mosaic virus isolate PV-0929 coat protein (CP) gene, complete cds	Cucumber mosai...	1164	1164	100%	0.0	98.63%	657	KU976465.1
<input checked="" type="checkbox"/> Cucumber mosaic virus isolate DSMZ PV-0929 segment RNA 3, partial sequence	Cucumber mosai...	1164	1164	100%	0.0	98.63%	2220	ON013902.1
<input checked="" type="checkbox"/> Cucumber mosaic virus isolate PV-0474 coat protein (CP) gene, complete cds	Cucumber mosai...	1164	1164	100%	0.0	98.63%	657	KU976474.1
<input checked="" type="checkbox"/> Cucumber mosaic virus partial MP gene for 3a protein and CP gene for coat protein, genomic RNA, isolate VAL...	Cucumber mosai...	1164	1164	100%	0.0	98.63%	1835	AJ829779.1
<input checked="" type="checkbox"/> Cucumber mosaic virus clone RKJ-27 capsid protein (CP) gene, partial cds	Cucumber mosai...	1162	1162	99%	0.0	98.77%	656	MT006241.1
<input checked="" type="checkbox"/> Cucumber mosaic virus isolate PV-0473 coat protein (CP) gene, complete cds	Cucumber mosai...	1158	1158	100%	0.0	98.48%	657	KU976475.1
<input checked="" type="checkbox"/> Cucumber mosaic virus (strain PI-1) genomic RNA segment RNA3, strain PI-1, complete sequence	Cucumber mosai...	1158	1158	100%	0.0	98.48%	2217	AM183116.1

Moleküler filogeni ve CMV grup/alt grup ilişkisini ortaya çıkarmak için farklı lokasyon ve konaklardan CMV izolatları bir araya getirilmiş ve CLC Main Workbench 6.7.1 yardımıyla filogenetik ağaç oluşturulmuştur. Oluşturulan filogenetik ağaç Türk Denizli CMV izolatlarının Avustralya, İsrail, İspanya, Macaristan, Türkiye, Japonya ve Kore izolatlarıyla filogenetik kökene sahip olduğunu ve CMV Subgrup IA grubunda yer aldığını doğrulamıştır (Şekil 4).



Şekil 4. Denizli CMV izolatlarının filogenetik ilişkisi ve grup/subgrup ayırımını gösteren dendrogram. Bordo belirteçler Denizli izolatlarını göstermektedir.

Grup/Subgrup tayini aynı zamanda grup/subgrup spesifik primerler kullanılarak da belirlenmiştir. Usta ve ark. (2020) Adıyaman'daki tütün tarlalarında CMV belirtilerine sahip 40 tütün örneğinde spesifik primerler yardımıyla ters transkripsiyon polimeraz zincir reaksiyonu (RT-PCR) ile CMV pozitif sonuçlar elde edilmiştir. Çalışmada rastgele seçilen beş CMV izolatı klonlanarak genetik analiz yapılmış ve Adıyaman tütünlerinde CMV IA ve IB izolatlarının varlığı ilk kez rapor edilmiştir. Benzer şekilde Diyarbakır ilinden izole edilen CMV izolatının da IA grubunda olduğu rapor edilmiştir (Güller ve ark., 2024). Farklı bir gruptan izolatlar (MT361015 ve MT361016) kavun bitkisinden Bingöl ilinde belirlenmiştir. Bu da Türkiye'nin Doğu Anadolu Bölgesi'nde CMV varyantlarındaki çeşitliliği göstermektedir. Bu muhtemelen, evrimsel süreçte, organizmaların genetik yapısında, gen akışı veya mutasyonlar gibi etkenlerle yeni allellerin eklenmesi sonucu varyasyonlar ortaya çıkmasından kaynaklanmaktadır (Ahsan ve ark., 2021).

Referanslar

- Ahsan, M., Ashfaq, M., Riaz, H., Khan, Z., Hamza, M. Z., & Asad, Z. (2021). Genetic diversity and molecular characterization of Cucumber mosaic cucumovirus (CMV) subgroup II infecting Spinach (*Spinacia oleracea*) and Pea (*Pisum sativum*) in Pothwar region of Pakistan. *Brazilian Journal of Biology*, 83, e245865.
- Arlı-Sökmen, M., Mennan, H., Şevik M.A., Ecevit, O., 2005. Occurrence of Viruses in Field grown Pepper Crops and Some of Their Reservoir Weed Hosts in Samsun, Turkey. *Phytoparasitica*, 33: 347-358.
- Ayo-John, E.I., Olorunmaiye, P.M., Odedara, O.O., Dada, O.B., Abiola, K.O. and Oladokun, J.O. 2014. Assessment of field-grown cucurbit crops and weeds within farms in SouthWest Nigeria for viral diseases. *AcademicPres, Cluj-Napoca, Romania, Notulae Scientia Biologicae*, 6(3): 321-325.
- Berniak, H., Kaminska, M., Malinowski, T. (2010). Cucumber mosaic virus groups IA and II are represented among isolates from naturally infected lilies. *European Journal of Plant Pathology*. 127. 305-309. 10.1007/s10658-010-9600-6.
- Brigneti, G., Voinnet, O., Li, W., Ji, L., Ding, S., and Baulcombe, D. C. (1998). Viral pathogenicity determinants are suppressors of transgene silencing in *Nicotiana benthamiana*. *EMBO J.* 17, 6739–6746. doi: 10.1093/emboj/17.22.6739
- Chen, J., Chai, L., Li, Q., and Feng, M. (2000). Relationship between the rampancy of cucumber mosaic virus and climate warming and counter-measures. *Ecoagriculture Res.* 8, 23–26. doi: 10.1016/j.ajem.2010.02.001
- Conti, M., Caciagli, P., and Casetta, A. (1979). Infection sources and aphid vectors in relation to the spread of cucumber mosaic virus in pepper crops. *Phytopath. Medit.* 18, 123–128. doi: 10.2307/42684442
- Çağlar, B.K., 2006. Hıyar mozaik virüsü (CMV)'nün kavun (Cmv-K), domates (Cmv-D), biber (Cmv-B) izolatlarının biyolojik, serolojik, moleküler yöntemlerle karakterizasyonu ve satellit RNA'lerin virüs üzerindeki etkisi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Adana, Doktora Tezi.
- Ding, S. W., Anderson, B. J., Haase, H. R., and Symons, R. H. (1994). New overlapping gene encoded by the cucumber mosaic virus genome. *Virology* 198, 593–601. doi: 10.1006/viro.1994.1071
- Doolittle, S.P. 1916. A new infectious mosaic disease of cucumber. *Phytopathology* 6:145-147.
- Edwardson, J. R., and Christie, R. G. (1986). "Viruses infecting Forage Legumes," in *Viruses Infecting Forage Legumes*, eds J. R. Edwardson and R. G. Christie (Gainesville: Florida Agric. Expt. Sta).
- Fauquet, C.M., Mayo, M.A., Maniloff, J., Desselberger, U. and Ball, L.A. (Eds.) (2005) *Virus Taxonomy: VIIIth Report of the International Committee on Taxonomy of Viruses*. Elsevier Academic Press, San Diego. 1162.
- Foissac, L., Gentit, P., Svanetia-Dumas, L., Dulucq, M. J., Candresse, T. 2001. Polyvalent detection of fruit tree tricho, capillo, and foveaviruses by nested RT-PCR using degenerated and inosine-containing primers (PDO RT-PCR). *Acta Horticulturae*, 550: 3743.
- Goldbach, R. (1987). Genome similarities between plant and animal RNA viruses. *Microbiol. Sci.* 4, 197–202.
- Güller, A., Usta, M. (2019). Occurrence and Characterization of Coat Protein Gene of Zucchini yellow mosaic potyvirus (ZYMV) Isolate Infecting Pumpkin (*Cucurbita pepo* L.) in Bingol Province (Turkey). *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 6(4), 798-807.

- Güller, A., Usta, M. (2020). Occurrence of Cucumber mosaic cucumovirus and Watermelon mosaic potyvirus on Melon exhibiting viral symptoms in Bingöl province of Turkey and Their Phylogenetic Affinities. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 7(4), 948-958.
- Günay, A. 2019. Adıyaman İli Tütün Üretim Alanlarındaki Bazı Tütün Virüslerinin Multipleks RT-PCR Yöntemi İle Araştırılması Ve Bazı Virüs İzolatlarının Moleküler Karakterizasyonu. Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. Yüksek Lisans Tezi. Bitki Koruma Anabilim Dalı. Van. 63s.
- Ibaba, J.D, Laing, M.D. and Gubba, A. 2015. Incidence and phylogeny of viruses infecting cucurbit crops in KwaZulu-Natal, Republic of South Africa. *Crop Protection*, 75: 46- 54.
- Juan, O., Jaime, E. A., Ricardo, R., and Paulina, S. R. (2006). Datura genus weeds as an epidemiological factor of alfalfa mosaic virus (AMV), cucumber mosaic virus (CMV), and potato virus Y (PVY) on *Solanaceus* crops. *Chilean J. Agricult. Res.* 66, 333–341.
- Karamanlı, A. and Kamberoğlu, M.A. 2010. Survey of Cucumber mosaic virus (CMV) and Zucchini Yellow Mosaic Virus (ZYMV) in Turkish Republic of Northern Cyprus in Cucurbits Growth Fields. *Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü*, Cilt: 22-23.
- Katul, L., Makkouk, K.M. 1987. Occurrence and serological relatedness of five cucurbit potyviruses in Lebanon and Syria. *Phytopathologia Mediterranea*, 26(1): 36- 42.
- Kazinczi, G., Horváth, J., Takács, A. P., Gáborjányi, R., and Béres, I. (2004). Experimental and natural weed host-virus relations. *Commun. Agric. Appl. Biol. Sci.* 69, 53–60.
- Kenyon, L., Kumar, S., Tsai, W. S., and Hughes, J. D. A. (2014). Virus diseases of peppers (*Capsicum* spp.) and their control. *Adv. Virus Res.* 90, 297–354. doi: 10.1016/B978-0-12-801246-8.00006-8
- Ko, S.J., Lee, Y.H., Cho, M.S., Park, J.W., Choi, H.S., Lim, G.C. and Kim, K.H. 2007. The incidence of virus diseases on melon in Jeonnam Province during 2000- 2002. *Plant Pathology Journal*, 23(3): 215-218.
- Lecoq, H., and Desbiez, C. 2012. Virus of cucurbit crops in the Mediterranean Region: an ever-changing picture. In: Loebenstein, G., Lecoq, H. (Eds.), *Viruses and Virus Diseases of Vegetables in the Mediterranean Basin*. *Adv. Virus Research*, 84: 67-126.
- Li, N., Yu, C., Yin, Y., Gao, S., Wang, F., Jiao, C., & Yao, M. (2020). Pepper crop improvement against cucumber mosaic virus (CMV): A review. *Frontiers in plant science*, 11, 598798.
- Massumi, H., Samei, A., Pour, A. H., Shaabani, M., & Rahimian, H. (2007). Occurrence, distribution, and relative incidence of seven viruses infecting greenhouse-grown cucurbits in Iran. *Plant Disease*, 91(2), 159-163.
- Mijatovic, M., Zdravkovic J., Markovic Z., Obradovic A., 2000. Disease Intensity of Some Tomato Viruses in Serbia, *Acta Physiologiae Plantarum*, 22(3): 332-335.
- Mnari-Hattab, M., Jebari, H., and Zouba, A. 2008. Identification and distribution of viruses responsible for mosaic diseases affecting cucurbits in Tunisia. *Bulletin OEPP/EPPO Bulletin*, 38(3): 497-506.
- Özdemir, S., Erilmez, S. 2007. Denizli ilinde yetiştirilen biber, patlıcan ve marul üretim alanlarında bazı viral etmenlerin Saptanması. *Türkiye II. Bitki Koruma Kongresi Bildirileri*. 27-29 Ağustos Isparta. 114s.
- Palukaitis, P., and Garcíaarenal, F. (2003). Cucumoviruses. *Adv. Virus Res.* 62, 241–323. doi: 10.1016/S0065-3527(03)62005-1
- Palukaitis, P., Roossinck, M. J., Dietzgen, R. G., and Francki, R. I. B. (1992). Cucumber mosaic virus. *Adv. Virus Res.* 41, 281–348. doi: 10.1016/S0065-3527(03)62005-1
- Pares, R. D., and Gunn, L. V. (1989). The role of non-vectored soil transmission as a primary source of infection by pepper mild mottle and cucumber mosaic viruses in glasshouse-

- grown Capsicum in Australia. *J. Phytopathol.* 126, 353–360. doi: 10.1111/j.1439-0434.1989.tb04498.x
- Roossinck, M. J., Zhang, L., and Hellwald, K. H. (1999). Rearrangements in the 5' nontranslated region and phylogenetic analyses of cucumber mosaic virus RNA 3 indicate radial evolution of three subgroups. *J. Virol.* 73, 6752–6758. doi: 10.1128/jvi.73.8.6752-6758.1999.
- Silveira, L.M., Queiroz, M.A, Lima, J.A.A., Nascimento, A.K.Q. and Lima Neto I.S. 2009. Serological survey of virus in cucurbit species in the Lower Middle São Francisco River Basin, Brazil. *Tropical Plant Pathology*, 34(2): 123-126.
- Sivakumaran, K., Chen, M., Roossinck, M. J., and Kao, C. C. (2002). Core promoter for initiation of cucumber mosaic virus subgenomic RNA4A. *Mol. Plant Pathol.* 3, 43–52. doi: 10.1046/j.1464-6722.2001.00089.x
- Strange, R.N. and Scott, P.R. (2005) *Plant Disease: A Threat to Global Food Security*. *Annu. Rev. Phytopathol.* 43, 83–116.
- Sydanmetsa, M., & Mbanzibwa, D. R. (2016). Occurrence of Cucumber mosaic virus, Zucchini yellow mosaic virus and Watermelon mosaic virus in cultivated and wild cucurbits in the coastal areas of Tanzania. *African Journal of Agricultural Research*, 11(40), 4062-4069.
- Temfack D., Dély C., Chofong, G., Mbuli, A., Gentil, I., Ouboum, F., Manock, A., Kamgaing, M., Théophile, F., Achiangia, N. (2022). Detection of Cucumber mosaic virus on *Solanum lycopersicum* L. and *Capsicum annum* L. in Western region of Cameroon. *Journal of Agriculture and Food Research*. 8. 100294. 10.1016/j.jafr.2022.100294.
- Tobias, I., Szabo, B., Salanki, K., Sari, L., Kuhlmann, H. and Palkovics, L. 2008. Seed borne transmission of Zucchini yellow mosaic virus and Cucumber mosaic virus in Styrian Hulless group of *Cucurbita pepo*, in: M. Pitrat (Ed.), *Proceedings of the IX EUCARPA Meeting of Genetics and Plant Breeding of Cucurbitaceae*, INRA, Avignon, France, pp189–197.
- Trkulja, V., Kovačić, D., Ćurković, B., Vučurović, A., Stanković, I., Bulajić, A. and Krstić B. 2013. First report of Cucumber mosaic virus on melon in Bosnia and Herzegovina. *Plant Disease*, 97(8): 1124-1125.
- Usta M., Güller, A., Günay, A. (2020). The molecular characterization of the coat protein sequence and differentiation of CMV-subgroup I on tobacco from native flora in Turkey. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 48(2), 523-534.
- Wani, S.H., Sanghera, G.S. and Singh N.B. (2010) Biotechnology and plant disease control role of RNA interference. *American Journal of Plant Sciences*. 1(02), 55–68.
- Wu, X., Wang, S., and Cao, P. (2006). Progresses on resistance of cucumber mosaic virus in pepper. *J. China Capsicum* 4–9.
- Zhao, J., Wang, L., Yun, X., and Zhang, B. (2009). Review and prospect of genetic breeding on CMV resistance in pepper. *China Vegetables* 1, 1–7.
- Zhou, X., Pu, Z., and Fang, Z. (1994). Non-vectored soil transmission of cucumber mosaic virus. *J. Nanjing Agricult. Univ.* 17, 39–42.
- Zitter, T. A., and Murphy, J. F. (2009). Cucumber mosaic. *Plant Health Instructor* doi: 10.1094/PHI-I-2009-0518-01

GÜNEŞ ENERJİ SANTRALLERİNİN YER SEÇİM KRİTERLERİ VE UYGUNLUK ANALİZİNİN ÖNEMİ

Dr. Öğr. Üyesi Barış KAHVECİ (ORCID:0000-0002-8508-1748)

Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü

Email:baris.kahveci@ohu.edu.tr

Şeyda ÖZDEMİR KAHVECİ (ORCID:0000-0003-2678-239X)

Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı

Email:seydaozdemir2389@gmail.com

Özet

Nüfus, gelir düzeyindeki artış, sanayileşme, kentleşme ve ulaşım, iletişim ve tarım gibi sektörlerdeki gelişmelerle birlikte enerji tüketimi sürekli olarak artış göstermekte ve enerjiye olan talep ve hızlı erişim isteği her geçen gün artmaktadır. Bu durumda, doğal olarak ve sürekli kendini tekrar edebilen yenilenebilir enerji kaynakları, enerji ihtiyacını karşılamada vazgeçilemez ve çevre dostu kaynak haline gelmiştir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının en başında düşük bakım maliyetleri ve yer seçimine daha az önem verilerek, tüm alanlardan doğrudan yararlanılma gibi nedenlerden dolayı güneş enerjisi gelmektedir. Güneş enerji santrallerinin yer seçiminde, günün şartlarını ve ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla en ulaşılabilir/erişilebilir alanlarda kullanılabilir. Ancak, yapılacak planlama ve uygun yer seçimi ile enerjiden daha fazla ve sürdürülebilir verim elde edilebilirken, arazi örtüsü/alan kullanımlarının yanlış kullanımların da kaçınılabilir. Bunun yanı sıra; yenilenebilir enerji kaynaklarının da yenilenemez enerji kaynaklarında olduğu gibi çevreye etkileri olabilmektedir. Bu kapsamda değerlendirme yapıldığında güneş enerji santralleri; elde edilmesi planlanan enerji miktarına göre yüksek düzeyde arazi örtüsü kullanabilmektedir. Ayrıca, bu durumda karbon depolama, sera gazına etkileri ve görüntü kirliliği gibi çevresel etkiler mümkün kılınmaktadır ve ek olarak yerel/bölgesel ekosisteme etkileri de yapılan araştırmalarla belirlenmiştir. Tüm bu olumlu ve olumsuz etkilerinden dolayı güneş enerji santralleri kurulmadan önce, proje aşamasında uygun yer seçimi analizi yöntemlerinin belirlenmesi ve uygulanması gerekmektedir. Bu çalışmada, güneş enerji santralleri yer seçim analizlerinde kullanılan uygunluk değerlendirme kriterleri irdelenmiştir. Bu kriterler; verimlilik, sürdürülebilirlik, çevresel etkileri ve arazi örtüsünün doğru kullanımı kapsamında değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Güneş Enerjisi, Güneş Enerji Santralleri (GES), GES Yer Seçimi Uygunluk Analizi

**SITE SELECTION CRITERIA OF SOLAR POWER PLANTS AND THE
IMPORTANCE OF SUITABILITY ANALYSIS**

Abstract

With the increase in population, income level, industrialisation, urbanisation and developments in sectors such as transportation, communication and agriculture, energy consumption is constantly increasing and the demand for energy and the desire for fast access to energy is increasing day by day. In this case, renewable energy sources, which can naturally and continuously repeat themselves, have become an indispensable resource in meeting energy needs. Solar energy is one of the most important renewable energy sources due to its low maintenance costs and direct utilisation with less emphasis on site selection.

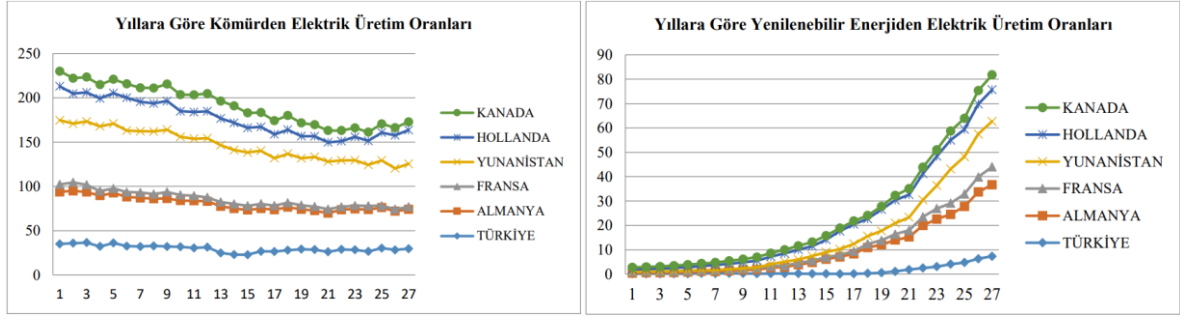
In the site selection of solar power plants, the most accessible areas can be used in order to meet the conditions and needs of the day. However, while more and sustainable efficiency can be obtained from energy with planning and appropriate site selection, misuse of land cover / land use can also be avoided. In addition, renewable energy sources also have environmental impacts as in non-renewable energy sources. In this context, solar power plants can use high levels of land cover according to the energy to be obtained. In addition, it is possible to have carbon storage, greenhouse gas effects and visual pollution effects in this case, and its effects on the ecosystem locally have been determined by researches. Due to all these positive and negative effects, appropriate site selection analyses should be made at the project stage before the solar power plants are established. In this study, the suitability assessment criteria used in the site selection analysis of solar power plants are examined. These criteria are evaluated within the scope of efficiency, sustainability, environmental impacts and proper use of land cover.

Keywords: Solar Energy, Solar Power Plants (SPP), SPP Site Selection Conformity Analysis

1. GİRİŞ

Nüfus, kentleşme, teknolojik ve sektörel gelişmeler ile birlikte Dünya'nın enerjiye olan ihtiyacı her geçen gün artmaktadır. Bu artış, sınırlı ve yenilenemeyen enerji kaynaklarının (fosil yakıtların) hızla tükenmesine ve bu kaynakların tüketimine bağlı olarak hava, toprak, su, gürültü ve görüntü kirliliği çevre sorunlarına neden olmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynakları ise doğadan sürekli olarak elde edilebilen ve tükenmeyen enerji kaynakları olarak bilinmektedir. Ayrıca, bu kaynakların çevreye fosil yakıtların neden olduğu iklim değişikliği ve çevresel kirlilik gibi sorunlara daha az katkı sunması ve çevresel sorunları çözme yolunda planlamalar ve önlemler alınabiliyor olması, enerji üretimine alternatif sunmaktadır.

Enerji üretimi için kaynakların sınırlı olması başta olmak üzere, çevresel sorunların etkilerinin de küresel boyutlara ulaşması gibi nedenler ile ülkeler yenilenebilir enerji kaynaklarından enerji üretimlerini artırmaktadır. Şekil 1.1'de, bazı OECD ülkelerin 1991-2017 yılları arasında kömür ve yenilenebilir enerjiden elektrik üretimi süreçleri görülmektedir.



Şekil 1.1. Bazı OECD ülkelerine ait kömürden ve yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik üretim oranları (World Bank, 2018'den; Altun & İşleyen, 2018)

Yenilenebilir enerji kaynaklarının değerlendirilmesinde; enerji üretimi (sürdürülebilirlik ve verimlilik), çevreye etkileri, maliyet, bakım, uygulanabilirlik ve yer seçimi gibi kriterler göz önünde bulundurulduğunda güneş ve rüzgar enerjisi diğerlerine kıyasla daha çok tercih edilebilir olduğu bilinmektedir. Güneş ve rüzgar enerjisi arasında tercih yapılması için ise bölgesel ve alansal olarak ayrıca potansiyel belirleme analizlerin yapılması gerekmektedir (Arıkan & Çam; 2017).

Bu çalışmada, Güneş Enerji Santrallerinin (GES), yer seçimi kriterleri/parametreleri ve yer seçimi analizinin önemi konuları literatür taramaları ve yapılan önceki çalışmalar kapsamında değerlendirilmiştir. Ayrıca GES için yapılacak yer seçimi analizinin gerekliliklerine öneriler getirilmiştir.

2. GÜNEŞ ENERJİ SANTRALLERİ YER SEÇİMİ KRİTERLERİ (PARAMETRELERİ)

Günün şartlarını ve enerji ihtiyacını karşılamak amacıyla, GES yer seçiminde en çok verimlilik ve kolay ulaşılabilirlik/erişilebilirlik kriterleri üzerinde durulmaktadır. Ancak, yapılacak planlama ve uygun yer seçimi analizi ile enerjiden daha fazla ve sürdürülebilir verim elde edilebilir ve yanlış arazi örtüsü/alan kullanımlarının doğuracağı sorunlar planlama aşamasında

bertaraf edilebilir. Çünkü, yenilenebilir enerji kaynaklarının da yenilenemez enerji kaynaklarında olduğu gibi çevreye etkileri olabilmektedir.

Bu kapsamda GES; elde edilmesi planlanan enerji miktarına göre yüksek düzeyde alan ve yanlış arazi örtüsü kullanabilmektedir (Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, 2017). Bu durumda, karbon depolama, sera gazına etkileri ve görüntü kirliliği gibi çevresel etkiler mümkün kılınmaktadır ve ek olarak yerel/bölgesel ekosisteme etkileri de yapılan araştırmalarla belirlenmiştir (Şenlik, 2017). Olumlu ve olumsuz etkilerinden ve/veya enerji verimliliği ve sürdürülebilirliği gibi durumlar değerlendirildiğinde, GES kurulmadan önce, proje aşamasında uygun yer seçimi analizi yöntemlerinin belirlenmesi ve uygulanması gerekmektedir.

Bu kapsamda, çalışmada GES yer seçiminde kullanılan ve kullanılması beklenen uygunluk değerlendirme kriterleri parametreleri, verimlilik, sürdürülebilirlik, olası çevresel etkileri ve arazi örtüsünün doğru kullanımı başlıklarında şu şekilde belirtilmiştir:

Verimlilik ve Sürdürülebilirlik

- Güneş Enerjisi Potansiyeli (Radyasyon Değerleri, Güneşlenme Süreleri),
- İklim (Sıcaklık, Bağıl Nem),
- Arazi Eğimi, Bakı ve Yükseklik,
- Ulaşım Alanlarına,
- Yerleşim Alanlarına,
- Enerji İletim Hatlarına,
- Tarım Alanları ve
- Sanayi Tesislerine Uzaklık,

Çevresel Etkileri ve Arazi Örtüsünün Doğru Kullanımı

- Ekolojik Hassasiyetler (Koruma Alanlarına Uzaklık),
- Su Kütlelerine Uzaklık (Akarsu ve Göllere),
- Depremsellik ve diğer Jeoteknik Koşullar,
- Arazi Kullanımı (Tarım, Mera, Orman, vb.).

Önceki çalışmalar değerlendirildiğinde yer seçimi parametrelerinden en yaygın güneş radyasyonu ve eğim – bakı gibi verimlilik, yerleşim, sanayi, tarım ve enerji iletim hatlarına uzaklık gibi ulaşılabilirlik parametrelerinin kullanıldığı tespit edilmiştir. Orman alanlarına uzaklık, koruma alanlarına uzaklık, alanın toprak tipi arazi örtüsü kullanımını ve olası çevresel etkilere neden olabilecek parametreler çok az değerlendirilmiş ve/veya hiç değerlendirilmemiştir.

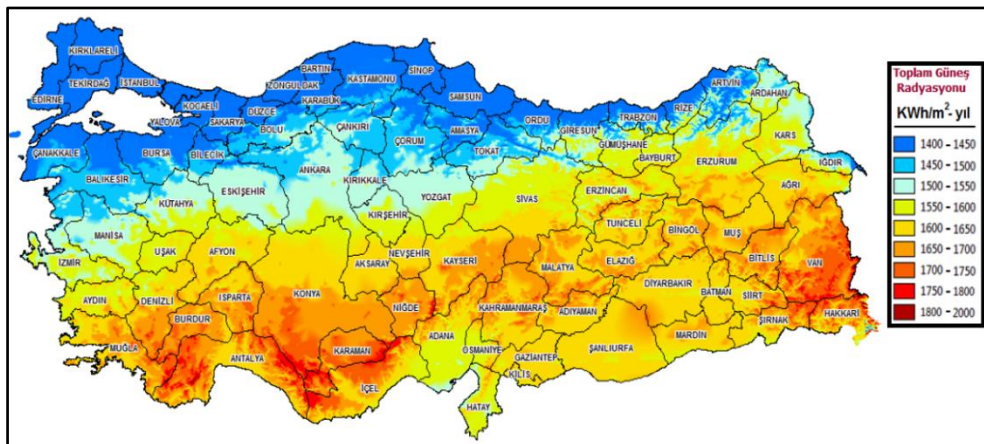
KAYNAKLAR References	Aydın ve ark.,2013	Uyan,2013	Tahri ve ark.,2015	Sanchez-Lozano ve ark., 2013	Watson & Hudson, 2015	Alami Merrouni ve ark.,2018	Noorollahi ve ark.,2016	Özdemir & Şahin,2018	Ali ve ark., 2019	Doorge ve ark.,2019	Şekerli,2021	Bıçaklı,2021	Tannikulu & Partigöç,2024	Demirkıran Göbeoğlu, 2024	Parametre Ağırlığı (%)
Güneş Enerji Değişkenleri (Parametreler) Solar Energy Variables (Parameters)															
Güneş Radyasyonu	X		X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	87
Sıcaklık			X	X			X		X	X			X	X	53
Bağıl Nem							X			X					13
Güneşlenme Süresi							X	X		X				X	27
Yükseklik							X		X	X		X	X		40
Eğim ve Bakı	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	100
Yerleşim ve Sanayiye Uzaklık	X	X	X	X	X		X		X		X	X	X	X	80
Ulaşım Alanlarına Uzaklık		X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	73
Enerji İletim Hatlarına Uzaklık	X	X		X	X			X	X		X	X	X	X	73
Koruma Alanlarına Uzaklık (Sulak, Tarihi, Yaban Hayatı...)	X	X			X			X	X		X	X			47
Tarım Alanlarına Uzaklık	X	X	X	X	X			X	X		X	X	X		67
Orman Alanlarına Uzaklık											X	X	X		20
Havaalanlarına Uzaklık	X								X						13
Su Kütelleri	X					X					X	X			34
Nüfus Yoğunluğu															0
Madenlere Yakınlık															0
Kapasite/Elektrik İhtiyacı															0
Arazi ve Kurulum Maliyeti									X					X	13
Güvenlik				X				X							13
Askeri Alanlar															0
Gürültü															0
Toprak Tipi / Jeolojik Kaya Tipi														X	13

Çizelge 2.1. Güneş Enerji Santrallerinin Yer Seçim Kriterleri Analitik Literatür Özeti

3. GÜNEŞ ENERJİ SANTRALLERİ YER SEÇİMİ KRİTERLERİNİN ÖNEMİ

3.1. Verimlilik ve Sürdürülebilirlik

Güneş enerji santrallerinin verimliliği, kurulum yapılacak bölgenin güneş enerji potansiyeli ile doğrudan etkilidir. Ülkemizde toplam güneş ışınım şiddeti yıllık 1527 kWh/m², yıllık toplam güneşlenme süresi ise 2 bin 741 saattir. Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası'na göre günlük ışınım değerlerinin en az 3,29 kWh/m², en fazla 5,48 kWh/m² olduğu görülmektedir. Yer seçiminde verilen atlastan yararlanabileceği gibi **güneş radyasyonu** ve güneş enerji potansiyeli bölgesel olarak hesaplanabilir (Yolcan & Köse, 2020; T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2022).

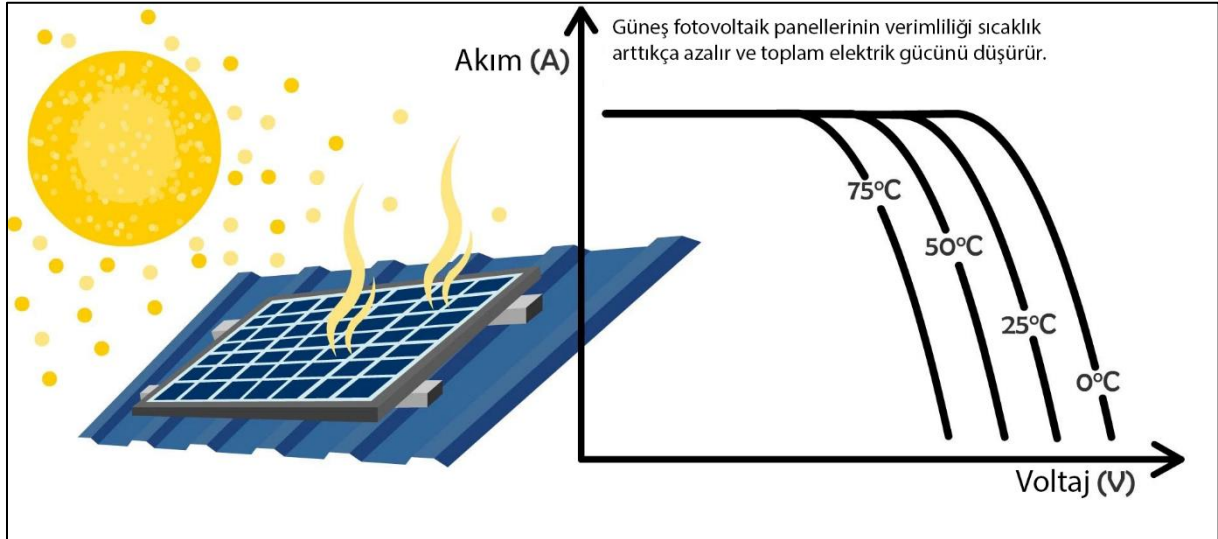


Şekil 3.1. Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası (GEPA) (T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2022).

Güneş ışınımı dışında verimlilik açısından diğer bir parametre arazi eğimi ve bakışı olduğu önceki çalışmalar ile belirlenmiştir (Çizelge 2.1). Eğim ve baki parametrelerinin önemi şu kriterlerle değerlendirilebilir (Brewer, 2015; Yolcan ve Köse, 2020; Tanrikulu & Partigöç, 2024).

- Eğim arttıkça inşaat zorlaşır ve kurulum maliyetleri artar.
- Düz ve düze yakın arazilerde ise panellerin optimum açılar kolaylıkla ayarlanabilir ve eğim arttıkça bu durum da zorlaşmaktadır.
- Eğimi yüksek alanlar ve dik yamaçlarda panellerin montajı erozyon, drenaj ve statik problemlere yol açmaktadır.
- Ayrıca, kuzey yönlü bakıda güneş enerjisi elde etmek oldukça zor bir süreçtir.

İklim parametrelerinden sıcaklık, panellerin verimliliğini etkileyen önemli bir kriterlerdendir. Panellerin optimum verimde elektrik enerjisi üretebilmesi için en uygun hava sıcaklık aralığı 15 °C – 40 °C aralığıdır (Kereush & Perovych, 2017; Yolcan & Köse, 2020; Demirkıran Göbeloğlu, 2024). Ayrıca, fotovoltaiik sistemlerde güç çıkışı ile panel sıcaklığı arasında ters bir orantı olup, panellerde sıcaklığın yükselmesiyle panellerden alınan güç azalmaktadır (ArgeSim Group, 2020).



Şekil 3.2. Güneş panellerinin sıcaklığa bağlı verimliliği (Skyworth Group, 2022).

Ulaşılabilirlik/erişebilirlik açısından, GES'in enerji iletim şebekesine olan mesafesi bir diğer önemli kriterdir. Santralin şebekeye olan yakınlığı altyapı kurulum gerekliliğini ortadan kaldırarak maliyeti düşürmektedir. Santralin kullanım alanına yakınlığı ise enerji iletim kayıplarını önlemekte, altyapı ve işletme maliyetlerini azaltmaktadır.

Santralin şebekeye yakın olması, yeni altyapı kurulumunu önleyerek kurulum maliyetini azaltmaktadır. Santralin, elektrik tüketiminin yoğun olduğu bölgelere (yerleşim, tarım ve sanayi gibi sektörler) yakın kurulması, iletim kayıplarını ve altyapı maliyetlerini azaltarak, kurulum ve işletme maliyetlerini önemli ölçüde azaltmaktadır.

Şekil 3.3'de sanayi alan kullanımı ve yakınındaki güneş enerji panellerinin yakınlığı görülmektedir.



Şekil 3.3. Kayseri Organize Sanayi Bölgesi yakınındaki Güneş Enerji Santrali (GÜNDER, 2019)

3.2. Çevresel Etkileri ve Arazi Örtüsünün Doğru Kullanımı

GES yer seçimi kriterlerinde, yapılan önceki çalışmalara göre değerlendirme yapıldığında verimlilik kriterlerine göre daha az oranda değerlendirilen çevresel etkileri ile ilgili parametreler çevre sorunlarının oluşmadan önlenmesi için gereklidir. GES'in, geniş arazi ve alan kullanımına gereksinim duyması mevcut alan kullanımları (tarım, mera, orman vb.) ve koruma statüsündeki alanlar ile çelişki oluşturmaktadır. Bu durum planlama aşamasında gerekli tedbirler alınarak önlenmelidir (IFC, 2015; Kereush & Perovych, 2017; Yolcan & Köse, 2020). Proje yerinin Şekil 3.4'deki gibi verimli tarım topraklarının bulunduğu alanlara değil tarımsal üretim potansiyeli çok düşük olan marjinal tarım alanları olarak seçilmelidir. Bu durum tarımsal alan kayıplarını önleyecek ve tarımsal üretim potansiyelinin azalmasını önleyecektir. Ayrıca, planlama açısından alan kullanımları arasındaki çelişkiler giderilecektir.



Şekil 3.4. Tarım alanları üzerine inşa edilmiş güneş enerji panelleri (GES, 2021)

Ekolojik hassasiyetler yani yerel ve bölgesel ekosistemlerin bozulma riski yine önemle dikkat edilmesi gereken kriterlerdendir. Bu kapsamda, GES kurulum alanının; özel koruma niteliği, bitki örtüsü ve yaban hayatı açısından endemik ve/veya nesli tükenmekte olan özel türleri ve bu türlerin habitatını alansal olarak kaplaması veya bölmesi durumları düşünülmeli ve yer seçimi kriterlerine dahil edilmelidir (Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, 2017).

4. SONUÇ ve ÖNERİLER

Güneş Enerji Santrallerinin yer seçim kriterleri ve uygunluk analizi verimlilik, enerjiye hızlı ve güvenli erişim, kurulum maliyeti ve iş gücü tasarrufu açısından önem taşımaktadır. Aynı zamanda güncel çalışmalarda, arazinin etkin kullanımı ve çevresel etkilerinin azaltılması konuları da yer seçimi analizinde ele alınmalıdır. Bu durumda, GES uygunluk kriterlerinin titizlikle belirlenmesi ve uygulanmasında maddeler halinde verilen konulara uyum sağlanmalıdır.

- GES kurulmadan önce verimlilik düzeyi ve/veya düzeyleri belirlenmelidir.

Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleriyle uydu verilerinden, iklim, alan/arazi örtüsü özelliklerinden ve matematiksel-istatistiksel hesaplamalardan yararlanılmalıdır)

- Çevresel etkiler ve alan kullanıma yönelik çelişkiler planlama aşamasında belirlenmelidir.

Tarım, mera ve orman arazileri üzerinde GES kurulmamalıdır. Akarsu, Göl ve yaban hayatına zarar verecek yakınlıkta kurulumlar yapılmamalı, bitki ve hayvan türlerin yaşam alanları önceden belirlenmelidir. Ayrıca, kullanım ömrünün sonunda panellerin atıl bir şekilde kalmasının önüne geçilmeli, onarım çalışmaları sırasında toprak ve suyun ağır metallere korunması gerekliliği titizlikle uygulanmalıdır.

- Tüm GES projeleri herhangi bir sınır değeri ve/veya kriter olmadan Çevresel Etki Değerlendirme Yönetmeliği kapsamına alınmalı ve denetimleri yapılmalıdır. Ayrıca; inşaat, işletme ve işletme sonrası alınacak önlemlerin uygulanması için gerekli yöntem ve yönetmelikler hazırlanmalıdır.
- Tüm sektörel planlamalarda olduğu gibi GES projeleri kesinlikle Peyzaj Yönetimi konularına dahil edilmeli ve Peyzaj Planı kapsamında değerlendirilmeli ve GES en uygun yer analizlerinin yapılmasında peyzaj mimarları görev almalıdır.

KAYNAKÇA

- Alami Merrouni, A., Elwali Elalaoui, F., Mezrhab, A., Mezrhab, A., Ghennioui, A. (2018). Large scale PV sites selection by combining GIS and Analytical Hierarchy Process. Case study: eastern Morocco, *Renew. Energy* 119: 863 - 873, <https://doi.org/10.1016/j.renene.2017.10.044>.
- Ali, S., Taweekun, J., Techato, K., Waewsak, J., Gyawali, S. (2019). GIS Based Site Suitability Assessment for Wind and Solar Farms in Songkhla, Thailand. *Renewable Energy*, 132, 1360-1372.
- Altun, Y., & İşleyen, Ş. (2018). Bazı OECD Ülkelerinde Yenilenebilir Enerji Kaynaklarından Elektrik Üretimine Yönelim Üzerine Ampirik Bir Çalışma. *Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 22(3), 1577-1590.
- ArGeSim Group. (2020). Güneş Enerji Santralleri için Sıcaklık Sensörleri. Web Sitesi: <https://www.sevensensor.com/tr/gunes-enerji-santralleri-icin-sicaklik-sensorleri#:~:text=Fotovoltaik%20sistemlerde%20g%C3%BC%C3%A7%20%C3%A7%C4%B1k%C4%B1%C5%9F%C4%B1%20ile,%C3%BCretilen%20enerjide%20azalma%20meydana%20gelecektir,Erişim Tarihi: 13.11.2024>.
- Arıkan, Y., & Çam, E. (2017). Implementation of Feasibility Analysis of Wind and Solar Energy on the Web Base. *International Journal of Engineering Research and Development*, 9(1), 1-10. <https://doi.org/10.29137/umagd.346161>.
- Aydin, N.Y., Kentel, E., Duzgun, H.S. (2013). GIS-based site selection methodology for hybrid renewable energy systems: a case study from western Turkey. *Energy conversion and management*, 70: 90–106.
- Bıçaklı, F. (2021). Güneş Enerjisi Santrali Yer Seçimi Uygunluk Analizi. Web Sitesi: <https://storymaps.arcgis.com/stories/328602d650a8407c9497e593e439de54>, Erişim Tarihi: 24.11.2024.
- Brewer, J., Ames, D.P., Solan, D., Lee, R., Carlisle, J. (2015). Using GIS analytics and social preference data to evaluate utility-scale solar power site suitability. *Renewable Energy* 81 S 825- 836.
- Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı (2017). Güneş Enerji Santralleri. Çevre ve Şehircilik Bakanlığının ÇED Alanında Kapasitesinin Güçlendirilmesi için Teknik Yardım Projesi, 29, Ankara.
- Demirkıran Göbeloğlu, E. (2024). Türkiye'de Güneş Enerjisi Santrali Yer Seçiminin AHP-Vıkor Hibrit Yöntemi ile Değerlendirilmesi. *Sakarya Üniversitesi İşletme Enstitüsü, İşletme Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi*, 103, Sakarya.
- Doorga, J. R., Rughooputh, S. D., & Boojhawon, R. (2019). Multicriteria GIS-based modelling technique for identifying potential solar farm sites: A case study in Mauritius. *Renewable Energy*, 133, 1201–1219.
- GES. (2021). Solar Energy System. Web Sitesi: <https://gesdergisi.com/ekvator-enerji-grubundan-4-gunes-santrali-yatirimi/>, Erişim Tarihi: 09.11.2024.
- International Finance Corporation (IFC). (2015). *Utility-Scale Solar Photovoltaic Power Plants in partnership with a Project Developer's Guide*, 206, Pennsylvania Avenue, N.W. Washington.
- Kereush, D. & Perovych, I., (2017). Determining Criteria For Optimal Site Selection For Solar Power Plants, *Geomatics, Landmanagement and Landscape C 4 S 39-54*.
- Noorollahi, E., Fadai, D., Akbarpour Shirazi, M., & Ghodsipour, S. H. (2016). Land Suitability Analysis for Solar Farms Exploitation Using GIS and Fuzzy Analytic Hierarchy Process (FAHP)—A Case Study of Iran. *Energies*, 9(8), 643. <https://doi.org/10.3390/en9080643>.

- Ozdemir, S., Sahin, G. (2018). Multi-criteria decision-making in the location selection for a solar PV power plant using AHP. *Measurement*, 129: 218-226.
- Sánchez-Lozano, Juan M. & Teruel-Solano, Jerónimo & Soto-Elvira, Pedro L. & Socorro García-Cascales, M. (2013). "Geographical Information Systems (GIS) and Multi-Criteria Decision Making (MCDM) methods for the evaluation of solar farms locations: Case study in south-eastern Spain," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Elsevier, vol. 24(C), pages 544-556.
- Skyworth Group. (2022). Performance of solar photovoltaic power generation at different temperatures. Web Sitesi: <https://www.skyworth-pv.com/info/performance-of-solar-photovoltaic-power-genera-72871518.html>, Erişim Tarihi: 09.11.2024.
- Şekerci, F. (2021). Güneş Enerjisi Santrali Yer Seçimi Uygunluk Analizi. Web Sitesi: <https://storymaps.arcgis.com/stories/880ce4699d034ca28e9a10c44a293b29>, Erişim Tarihi: 10.11.2024.
- Şenlik, İ. (2017). Güneş Enerjisi Santrallerinin Yer Seçimi. *Elektrik Mühendisliği*, Sayı: 462, Sayfa: 94-98.
- Tahri, M., Hakdaoui, M., Maanan, M. (2015). "The evaluation of solar farm locations applying Geographic Information System and Multi-Criteria Decision-Making methods: Case study in southern Morocco". *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, 51, 1354-1362.
- Tanrikulu, Y. S. & Partigöç, N. S. (2024). "Güneş Enerjisi Santrallerinin (GES) Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) Tabanlı Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) Yöntemi İle Yer Seçimi: Denizli İli Örneği", *Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, sayı 60, Denizli, ss. 401-418.
- T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. (2022). Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası (GEPA). Web Sitesi: <https://gepa.enerji.gov.tr/>, Erişim Tarihi: 10.11.2024.
- Uluslararası Güneş Enerjisi Derneği Türkiye Bölümü (GÜNDER). (2019). Kayseri OSB Güneş Enerjisi Santrali. Web Sitesi: <https://www.solar.ist/kayseri-osb-gunes-enerjisi-santrali-ile-gunduz-kullanilan-elektrigin-yuzde-20si-karsilaniyor/>, Erişim Tarihi: 11.11.2024.
- Uyan, M. (2013). GIS-based solar farms site selection using analytic hierarchy process (AHP) in Karapınar region, Konya/Turkey. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 28,11–17.
- Watson, J.J.W. & Hudson, M.D. (2015). Regional Scale wind farm and solar farm suitability assessment using GIS-assisted multi-criteria evaluation, *Landsc. Urban Plann.* 138: 20-31.
- Yolcan, O. O., & Köse, R. (2020). Türkiye'nin Güneş Enerjisi Durumu ve Güneş Enerjisi Santrali Kurulumunda Önemli Parametreler. *Kırklareli University Journal of Engineering and Science*, 6(2), 196-215. <https://doi.org/10.34186/klujes.793471>.

**THE EFFECT OF DIFFERENT ROW SPACING ON YIELD AND YIELD
COMPONENTS OF BLACK CUMIN PLANT IN BORNOVA ECOLOGICAL
CONDITIONS**

Birkan SAHIN

Faculty of Agriculture, Department of Field Crops, Ege University, Bornova, Izmir 35100,
Turkey

Sıdıka EKREN*(ORCID:0000-0002-6812-9586)

Faculty of Agriculture, Department of Field Crops, Ege University, Bornova, Izmir 35100,
Turkey

Email:sidika.ekren@ege.edu.tr

Abstract

This research was carried out in Bornova ecological conditions in 2024 to determine the effect of different row spacing on yield and yield components of black cumin plant. Cameli variety was used as research material in the study. The experiment was carried out in three replications according to the randomized blocks experimental design and sowing was done at row spacing of 20, 30 and 40 cm. Characteristics such as emergence time (days), flowering time (days), growing time (days), plant height (cm), total number of branches (pcs/plant), total number of capsules (pcs/plant), thousand grain weight (g), seed yield (kg/ha) were analyzed. The highest plant height was 40.6 cm at 40 cm row spacing Total number of branches and capsules varied between 4.2-5.2 pieces/plant and 4.0-4.9 pieces/plant, respectively. The highest seed yield was 42.5 kg/ha at 40 cm row spacing as in plant height. It was determined that the most suitable row spacing in terms of yield and yield components in Bornova ecological conditions was 40 cm.

Keywords: *Nigella sativa* L., black cumin, seed yield, plant height, capsule number

INTRODUCTION

In recent years, people's demand and interest in natural products has increased in the world and in our country. There are many reasons for this increase in interest and demand. The increase in negative perception about synthetic products due to potential toxic and carcinogenic effects, the fact that natural products are healthier and the pandemic process experienced worldwide are thought to be the main sources of this increase.

Turkey is a rich country in terms of origin and diversity of medicinal and aromatic plants. Among the medicinal plants, black cumin, black seed, cuccam, coccam, known by many names such as black cumin, black seed, cuccam, coccam in different regions of our country, is known to be widely used among the people in traditional medicine (Baytop, 1999; Telci et al., 2011).

Black cumin (*Nigella sativa* L.), a plant of the Ranunculacea family, is cultivated in many countries around the world; however, it is grown more intensively in Southwest Asia and the Mediterranean Region (Kaskoos, 2011, Kara et al., 2015). It has an annual herbaceous form and is naturally distributed.

Nigella sativa L., *Nigella damascena* L. black cumin seeds belonging to the species are more widely used in our country. However, *Nigella sativa* L. is the species that is cultivated and commercially used more intensively (Faydacı, 2019).

In our country, black cumin seed is mostly cultivated in Bursa, Afyonkarahisar, Konya, Burdur, Nevşehir, Gaziantep and Mardin provinces. According to the data of Turkish Statistical Institute, it is seen that there has been an increase in the production area and production amount of black cumin seed over the years. In 2020, 3412 tonnes from 3377 decares, 6435 tonnes from 8391 decares of production area in 2021 and 10089 tonnes of black cumin seeds from 10802 decares in 2022 (TUIK, 2022). Although there has been an increase in the amount of production over the years, it is seen that we are net importers when we evaluate the import and export data of the last ten years.

As clearly stated above, the increase in the amount of production in recent years cannot meet the amount in our consumption of black cumin seed, which has a wide usage area. Because black cumin seed is a versatile plant from folk medicine to therapeutic aspect; from its use in food products to its consumption as a spice (Akgul, 1993; Kucukemre, 2009). It is known to be an auxiliary plant in the treatment of diseases such as muscle relaxant, relieving various pains, immune strengthening, cholesterol and blood pressure regulator as a result of its wide range of effects such as antitumour, antibacterial, antioxidant, antimicrobial, antifungal activities in the oil content.

In terms of cultivation technique, it is considered to be a profitable production due to its suitability for both irrigated and dry agricultural areas and considering the increase in demand in domestic and foreign markets. In our country, black cumin is cultivated and grown especially from regional populations.

Currently, there is only one registered variety. This variety, which was bred in Eskisehir Gecit Kusagı Agricultural Research Institute and registered on 8 April 2014, is Cameli variety (Anonymous, 2020). Although there are many studies on the cultivation technique, fertilisation

and irrigation of black cumin, the number of studies on sowing norm is very few for the Aegean Region. (Das et al., 1991; Hajar et al., 1996; Geren et al., 1997; Mozaffari et al., 2000; Ashraf et al., 2006; Akgören, 2011; Baytöre, 2011; Kılıç and Arabacı, 2016; Gülhan, 2020).

The aim of this study was to determine the effect of different row spacing on yield and yield components of black cumin (*Nigella sativa* L.) under Bornova ecological conditions.

MATERIAL and METHODS

The research was carried out in the field of Ege University, Faculty of Agriculture, Department of Field Crops in 2023-24. Cameli variety was used as research material in the study. The field was ploughed with a tractor before sowing and then a rotavator was used. Rows were opened for sowing in the experimental field and plot sizes were determined. When the average temperature (17.1°C), average relative humidity (64.4%) and total precipitation (350 mm) during the vegetation period from sowing to harvesting of black cumin plant are compared with the long-term averages, it is seen that the values of temperature (16.6°C) and humidity (63.0%) are higher than the long-term data, while the total precipitation (496 mm) is lower (Anonymous, 2023-2024). The soil structure of the experimental area is clay loam (30.4 % clay, 38.6 % silt and 31.0 % sand 0-60 cm). As the soil properties of the field, it was determined that it had clay loam structure at 0-30 cm soil depth, pH medium alkaline reaction, low organic matter content, rich in lime, medium in nitrogen, deficient in phosphorus and sufficient in potassium (Kacar, 2009). The study was established on 06th January 2024 according to randomized blocks experimental design with 3 replications. Sowing was carried out 40 cm, 30 cm, 20 cm between rows. The seeds weighed with the calculation of 2 kg per decare were thrown by hand into the scratches opened to a depth of 1-2 cm and covered. Each of the test plots; Plot width: 1,2 m Plot length: 3.0 m 1.2 m x 3.0 m = 3.6 m². Total trial area is 61.6 m². The first emergence was observed on 07th February 2024. Inorganic compound fertilisers were used at a rate of 8 kg/ha pure nitrogen. Half of the nitrogen fertilisers were applied separately to each plot after sowing and the other half 2 months later (Telci, 1995; Sönmez et al., 2009). Plants were thinned so that 10 cm spacing was left on the row. Cultural operations such as irrigation and weed were carried out separately according to the weather conditions required by the plant. Since no disease or pest was encountered during the vegetation period, no spraying was carried out. Due to extreme climatic conditions, irrigation was carried out twice. On 29th February and 23th March, weed cleaning was carried out between the rows and on the rows. The plants that reached harvest maturity were harvested manually with the help of a knife, leaving 5-10 cm above the soil on 15th June 2024. The seeds were then removed from the capsules separately for each plot. In the study; emergence, flowering and growing time (days), plant height (cm), total number of branches (number/plant), total number of capsules (number/plant), thousand grain weight (g), seed yield (kg/ha) were analysed. Statistical evaluation of the results will be carried out by using TotemStat Statistical Programme according to randomized blocks experimental design. The data obtained from the research will be subjected to variance analysis and the differences between treatments were determined by using LSD test (Acikgoz et al. 1994).

RESEARCH RESULTS and DISCUSSION

When the experiment was analysed, it was observed that there was no difference in terms of emergence, flowering and growing times in terms of different row spacing. It was found that

the emergence time of black cumin seeds varied between 27-28 days. It was found that the fastest emergence (27 days) was at 40 cm row spacing. It was also observed that flowering and growing times followed a parallel course in accordance with the emergence time. Flowering time was found to vary between 92-93 days. Cultivation period was determined between 150-151 days as can be seen in Table 1. It was stated that germination, flowering and vegetation periods vary depending on the genotypic structure of the plant, sowing time (summer-winter), cultural processes such as fertilisation, irrigation and climatic conditions of the region and year (Ertaş, 2016). In a study in which 3 different black cumin seed genotypes were examined in Kırşehir ecological conditions, it was found that germination period varied between 17-25 days, flowering period between 54-86 days and vegetation period between 107-153 days (Selicioğlu, 2018). In the study in which 10 different black cumin seed genotypes belonging to *Nigella sativa* L. and *Nigella damascana* L. species were investigated in Isparta ecological conditions, it was determined that the vegetation period varied between 134-157 days (Faydacı, 2019). In our research, it is seen that the results of germination, flowering and vegetation periods are compatible with the above literature findings.

Table 1. The effect of different row spacing on emergence, flowering and growing time of black cumin.

Row Spacing (cm)	Emergence Time (day)	Flowering Time (day)	Growing Time (day)
20	20	93	151
30	30	92	151
40	40	93	150
Average	27.6	92.6	150.6
LSD (%1)	ns	ns	ns

ns.not significant

The effect of different row spacing on plant height, total number of branches and capsules of black cumin plant was statistically significant (Table 2).

Table 2. The effect of different row spacing on yield and yield components of black cumin plant.

Row Spacing (cm)	Plant Height (cm)	Total Number of Branches (pcs/plant)	Total Number of Capsules (pcs/plant)	Thousand Grain Weight (g)	Seed Yield (kg/ha)
20	36.6	4.2	4.0	2.1	39.5
30	37.0	4.7	4.5	2.2	40.6
40	40.6	5.2	4.9	2.2	42.5
Average	38.1	4.7	4.6	2.2	40.9
LSD (%1)	20.134*	3.25*	ns	ns	18.322*

p<0.01*

ns.not significant

It was determined that plant height of black cumin plant varied between 36.6-40.6 cm. The highest plant height (46.6 cm) was reached at 40 cm inter-row distance. In some studies conducted on black cumin plant, plant height was found to be 28.6-32.1 cm in Ankara ecology (Arslan, 1994) and 29.17-56.53 cm (Arslan et al. 2011). They found that plant height varied between 34.53-38.10 cm in Tekirdağ ecology (Baytöre, 2011), 33-43.67 cm in Eskişehir ecology (Kulan et al., 2012), 32.33-35.47 cm (Tavas et al., 2013) and 34.81-37.48 cm (Turan

2014) and 22.0- 47.7 cm in Erzurum ecology (Ürüsan, 2016). In our research, the values we found for plant height were found to be compatible with the results of the above mentioned researches.

The total number of branches was found to be 4.2, 4.7 and 5.2 at 20, 30 and 40 cm row spacing, respectively. The highest number of branches was obtained at 40 cm row spacing with 5.2 pieces. In a study in which different sowing times and seed amounts were investigated in black cumin, it was found that the number of branches varied between 3.80-9.54 pieces/plant (Kılıç and Arabacı, 2016). In other studies, it was determined that the number of branches varied between 2.50-6.90 (Kalçın, 2003; Baytöre, 2011; Taqi, 2013, Faydacı, 2019). It is seen that the results obtained in our study regarding the number of branches are compatible with the value range of the above research results.

As in total number of branches, the highest value in total number of capsules was obtained at 40 cm row spacing. Total number of capsules varied between 4.0-4.9 pieces/plant for different row spacing. It was determined that the number of capsules varied between 5-7 in summer sowing and 7-14 in winter sowing in Tokat ecological conditions (Ertaş, 2016). In the research conducted in Ankara, 4.57- 13.72 pieces (Kalçın, 2003) and in Şanlıurfa, 4.03- 7.63 pieces (Koşar and Özel, 2018) were found to vary in the range. It is seen that the results obtained in our research are within the range of the results found in (Koşar and Özel, 2018).

It was determined that the highest thousand grain weight was obtained at 40 cm row spacing with 2.2 g compared to the control. It was followed by 30 cm row spacing with 2.2 g and 20 cm row spacing with 2.2 g. In the study in which different seed amount and sowing times were investigated, it was determined that thousand seed weight varied between 1.94-2.59 (Kılıç and Arabacı, 2016). In different studies, it was determined that thousand seed weight varied between 2.57-2.79 g (Taqi, 2013), 2.22-2.695 g (Kulan et al., 2012), 2.40-2.90 g (Tektaş, 2015). In our research, it is seen that the results we found regarding thousand seed weight are in harmony with the literature values mentioned above.

The highest seed yield was found at 40 cm row spacing with 42.45 kg/da. This was followed by 30 cm row spacing with 40.55 kg/da and 20 cm row spacing with 39.50 kg/da. When the results obtained in the studies on seed yield are examined; it is seen that the results ranging between 28.4-43.5 kg/da (Baytöre, 2011), 67.7-90.3 kg/da (Kulan et al., 2012); 28.1-89.1; kg/da (Kılıç and Arabacı, 2016). It was determined that the results obtained in our research were compatible with the mentioned literatures.

CONCLUSION and RECOMMENDATIONS

In terms of germination time, it was determined that 20 cm distance germinated in a shorter time than the others. In terms of flowering and growing time, it was determined that 30 cm distance was shorter than 20 and 40 cm.

When the results of the research were interpreted in terms of yield amounts; it was determined that 40 cm row spacing gave better results than 30 and 20 cm row spacing. Since the study is a one-year study, it is thought that it would be better to carry out at least one more year and interpret the results.

LITERATURE

- Açıkgöz, N., İlker, E., Gökçöl, A., 2004, Biyolojik araştırmaların bilgisayarda değerlendirilmeleri E.Ü. Tohum Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi Yayın No:2 Bornova/İzmir.
- Akgören, G., 2011, Bazı Çörek Otu (*Nigella sativa* L.) Popülasyonlarının Tarımsal Özellikleri. Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Eskişehir.
- Akgül, A., 1993, Baharat Bilimi ve Teknolojisi. Gıda Teknolojisi Yayınları, No:15, Sayfa 72-74, Ankara.
- Anonim, 2020, Çörek Otu Fizibilite Raporu ve Yatırımcı Rehberi. TC Tarım ve Orman Bakanlığı Bitkisel Üretim Genel Müdürlüğü. Ankara.
- Anonim, 2023-24, www.mgm.gov.tr T.C. Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Meteoroloji Genel Müdürlüğü. Erişim Tarihi: 18.06.2024
- Arslan, N., 1994, Ekim Zamanı ve Bitki Sıklığının Çörek Otu (*Nigella sativa*) Verimine Etkisi. Ankara Üniversitesi, Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi, Cilt:3, Sayı: (1-2), 73-80.
- Arslan, Y., Katar, D., Subaşı, İ., 2011, Çörek Otu (*Nigella sativa* L.)'nda Farklı Ekim Zamanlarının Verim ve Bazı Bitkisel Özellikler Üzerine Etkileri. Tıbbi ve Aromatik Bitkiler Sempozyumu 13-15 Eylül 2012 Tokat, Bildiri Kitabı Sayfa: 132-139.
- Ashraf, M., Ali, Q., Iqbal, Z., 2006, Effect of nitrogen application rate on the content and composition of oil, essential oil and minerals in black cumin (*Nigella sativa* L.) seeds. Journal of the Science of Food and Agriculture. 86(6):871-876.
- Baytop, T., 1999, Türkiye'de Bitkiler ile Tedavi (Geçmişte ve Bugün) 2. Baskı. ISBN:9754200211, Nobel Tıbbi Kitap Evleri.
- Baytöre, F., 2011, Bazı Çörek Otu (*Nigella sativa* L.) Popülasyonlarının Verim ve Verim Kriterlerinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi, Tekirdağ.
- Das, A.K., Sadhu, M.K. and Som, M.G., 1991. Effect of N and P levels on growth and yield of black cumin (*Nigella sativa* linn.). Horticultura Journal. 4(1):41- 47.
- Ertaş, M.E., 2016, Tokat Kazova Ekolojik Koşullarında Kışlık ve Yazlık Ekilen Çörek Otu (*Nigella* sp.) Genotiplerinin Agronomik ve Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi, Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Fen Bilimleri, Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, 49s, Tokat.
- Faydacı, 2019, Isparta Koşullarında Çörek Otu (*Nigella sativa* L.) Genotiplerinin Fenolojik Agronomik ve Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi. Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. Tarla Bitkileri Anabilim Dalı. Yüksek Lisans Tezi. Isparta.
- Geren, H., Bayram, E., Ceylan, A., 1997, Çörekotu (*Nigella sativa* L.)'unda farklı ekim zamanı ve fosforlu gübre uygulamasının verim ve kaliteye etkisi. Türkiye II. Tarla Bitkileri Kongresi, 22-25 Eylül, 376-380, Samsun.
- Gülhan, M. F., 2020, Aksaray Ekolojik Koşullarında Farklı ekim Zamanlarında Çörek Otunun (*Nigella sativa* L.) Verim, Kimyasal İçerik ve Antioksidan Kapasitesinin Belirlenmesi. EJONS International Journal on Mathematic, Engineering and Natural Science. Vol. 15 ISSN 2602-4136.
- Hajar, A.S., Zidan, M.A. and Al Zahrani, H.S., 1996, Effect of salinity stress on the germination, growth and some physiological activities of black cumin (*Nigella sativa* L.). Arab Gulf Journal of Scientific Research. 14(2):445-454.
- Kacar, B., 2009, Toprak Analizleri. 2. Baskı, Nobel Yayınları, Ankara.467 p.

- Kalçın, F.T., 2003, İki Çörek Otu Türünde (*Nigella sativa* L., *Nigella damascena* L.) Ekim Sıklıklarının Verim ve Verim Ögelerine Etkisi, Ankara Üniversitesi, A.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 32s, Ankara.
- Kara, N., D., Katar, H. Baydar., 2015, Yield and quality of black cumin (*Nigella sativa* L.) populations: the effect of ecological conditions. Turk J Field Crops 2015, 20(1), 9-14.
- Kaskoos, R.A., 2011, Fatty acid composition of black cumin oil from Iraq. Research Journal of Medicinal Plant 5(1): 85-89.
- Kılıç, C., Arabacı, O., 2016, Çörek otu (*Nigella sativa* L.)'nda farklı ekim zamanı ve tohumluk miktarının verim ve kaliteye etkisi. Adnan Menderes Üniversitesi.
- Koşar, İ., A. Özel., 2018, Çörekotu (*Nigella sativa* L.) çeşit ve popülasyonlarının karakterizasyonu: I. Tarımsal özellikler. DOI: 10.29050/harran.ziraat.399540 Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Derg. 2018, 22(4): 533-543.
- Kulan, E.G., Turan, Y.S., Gülmezoğlu, N., Kara, İ., Aytaç, Z., 2012, Kuru Koşullarda Yetiştirilen Çörek Otu (*Nigella sativa* L.) Bazı Agronomik ve Kalite Özellikleri. Tıbbi ve Aromatik Bitkiler Sempozyumu 13-15 Eylül 2012, Tokat, 177-181.
- Küçükemre, D., 2009. Çörek Otunda (*Nigella sativa* L.) Farklı Sıra Aralıkları ve Ekim Normlarının Verim ve Kalite Özelliklerine Etkileri. Yüksek Lisans Tezi Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Mozoffari, F.S., Ghorbanli, M., Babai, A., Sepehr, M.F., 2000, Effects of watter stress on the seed oil of *Nigella sativa* L. Journal of Essential Oil Research. 12(1):36-38.
- Selicioğlu, M., 2018, Kırşehir-Boztepe ekolojik koşullarında bazı çörek otu popülasyonlarının bitkisel ve tarımsal özelliklerini belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta, 36s.
- Sönmez, Ç., S, Ekren., S, Sancaktaroğlu., 2009, Farklı Çörekotu (*Nigella sativa* L.) Popülasyonlarının Verim ve Kalite Özellikleri. Türkiye 8. Tarla Bitkileri Kongresi 19-22 Ekim Cilt II. Poster Bildiriler. 303-307. Antakya.
- Taqi, H., 2013, Samsun Koşullarında Bazı Çörek Otu (*Nigella sativa* L.) Populasyonlarında Önemli Tarımsal ve Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Samsun.
- Tavas, N., Katar, N. ve Aytaç, Z., 2013, Eskişehir ekolojik koşullarında yetiştirilen çörek otu (*Nigella sativa* L.)'nda verim, verim özellikleri ve sabit yağ bileşenleri, II. Tıbbi ve Aromatik Bitkiler Sempozyumu Bildiri Kitabı, 23-25 Eylül, Yalova, 623-629.
- Tektaş, E., 2015, Harran Ovası Koşullarında Birim Alandaki Tohum Sayısının Çörek Otu (*Nigella sativa* L.)'nun Verim ve Bazı Bitkisel Özelliklerine Etkisi, (Basılmamış Yüksek Lisans Tezi) Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Şanlıurfa.
- Telci, İ., 1995, Tokat Şartlarında Farklı Ekim Sıklığının Çörek otu (*Nigella sativa* L.)'unda Verim, Verim Unsurları ve Bazı Bitkisel Özelliklerine Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Tokat.
- Telci, İ., Bayram, E., Ekren, S. ve Sönmez, Ç., 2011, Türkiye'de Tıbbi ve Aromatik Bitkilerin Üretimi, 1. Ali Numan Kırış Tarla Bitkileri Kongresi Bildiri Kitabı, 27-30 Nisan, Eskişehir, 2263.
- Tuik, 2022, www.tuik.gov.tr Türkiye İstatistik Kurumu (TUIK) Erişim tarihi: 22 Mart 2023
- Turan, Y., 2014, İki çörek otu genotipine (Çameli çeşidi, Bilecik popülasyonu) uygulanan farklı fosfor dozlarının verim ve kalite unsurları üzerine etkileri. Yüksek Lisans Tezi, Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir, 62s.
- Ürüşan, Z., 2016, Bazı çörek otu genotiplerinde tarımsal ve kalite özelliklerinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum, 43s.

**DETERMINATION OF YIELD AND YIELD COMPONENTS OF SOME OIL
SUNFLOWER (*helianthus annuus* l.) VARIETIES**

Eren PILIC

Faculty of Agriculture, Department of Field Crops, Ege University, Bornova, Izmir 35100,
Turkey

Sıdıka EKREN*(ORCID:0000-0002-6812-9586)

Faculty of Agriculture, Department of Field Crops, Ege University, Bornova, Izmir 35100,
Turkey

Email:sidika.ekren@ege.edu.tr

Abstract

The experiment was conducted in 2023 in the producer field located in Akova neighborhood of Manyas district of Balıkesir province. The aim of the study was to determine the yield and yield factors of hybrid sunflower varieties cultivated by local producers under Manyas ecological conditions. Lg 50.521 CLP, P64LP130, SY Roseta CLP sunflower seeds were used as material in the study. The experiment was carried out in three replications according to the randomized blocks experimental design. Characteristics such as plant height (cm), table diameter (cm), stalk thickness (cm), number of plants (pcs/decar), yield (kg/ha), thousand grain weight (g), hectoliter weight (kg/liter), oil content (%) were analyzed. In the light of the data obtained; plant height was determined as 130-171 cm, diameter 17-23 cm, number of plants 4045.3-4810.0 plants/deck, yield 312-384.8 kg/ha, oil content 40.2-41.4% and hectoliter weight 35.1-38.2 kg/lt. It was determined that P64LP130 in terms of yield and Lg 50.521 CLP varieties gave better results in terms of oil content compared to other varieties.

Keywords: *Helianthus annuus* L., sunflower, yield, oil content, hectoliter weight

INTRODUCTION

Sunflower (*Helianthus annuus* L.) is an annual plant in the family Asteraceae. The genus *Helianthus* has 51 species and 19 subspecies. Sunflower is one of today's important oil crops, whose homeland is North America and was brought to Europe by Spanish sailors in the 1500s (Meral, 2019). In our country, sunflower cultivation started in Thrace region after the Second World War by immigrants from the Balkans. Sunflower, which has a wide adaptation capability thanks to its drought resistance, is the main raw material of Turkey's vegetable oil industry today (Koc, 2023).

While the oil sunflower cultivation area in Turkey was 6.8 million decares in 2017, it increased by 19% to 8.1 million decares in 2021. On the other hand, oil sunflower production, which was 1.8 million tonnes in 2017, reached 2.22 million tonnes in 2021. According to TUIK 2020/2021 marketing year data, the adequacy rate of sunflower is 62.5%. While the average yield per decare was 264 kg in 2017, it increased by approximately 3.4% to 273 kg in 2021 (TUIK, 2023). The provinces where sunflower production is intensive in Turkey are Tekirdağ, Konya, Edirne, Kırklareli and Adana. These provinces meet 65% of the total production.

With the increasing population, nutrition is emerging as a problem in the world and in our country. In human nutrition, especially vegetable oils are of great importance. Sunflower, which has the largest share of 50% in vegetable oil production in our country and is the leading oil crop, can be grown in many regions including Thrace, Aegean Region and Black Sea Region. The 45-50% oil in the seeds is used both in oil and margarine industries. In addition, sunflower, which is consumed as a snack, is also utilised as animal feed (Tan, 2007).

In today's agriculture, it has become more important than ever to increase productivity in agricultural production and to obtain quality products. In this context, determination of yield and yield components of an important plant species such as oil sunflower (*Helianthus annuus* L.) constitutes an important research area in the agricultural industry. The focus of the research is to evaluate the yield potential of different varieties and their adaptation levels to the growing conditions. In this study, it was aimed to determine the yield and yield components of hybrid sunflower varieties cultivated by the producers among different varieties under many ecological conditions.

MATERIAL and METHODS

The experiment was carried out in 2023 in the producer field in Akçaova neighbourhood of Manyas district of Balıkesir province. Lg 50.521 CLP, Pioneer P130 CLP and Syngenta Roseta CLP 3 different sunflower seeds were used as research material. The reason why these varieties were preferred is that they were selected from the sunflower varieties grown by the producers in the region.

The soil of the experiment area has clay loam texture, pH is neutral (7.25), lime and organic matter content is low, phosphorus and potassium content is high (Kacar, 2009). When the climatic data of the year in which the research was carried out are compared with the long years, the average temperature in 2023 is 14.8°C and the total rainfall is 604.5 mm, while the long years average temperature is 20°C and the rainfall is 635 mm (Anonymous, 2023).

The experiment was carried out in three replications according to the randomized blocks experimental design. Parcel width: 3,5 m, Parcel length: 4,5 m. Total plot size: 3.5 m x 4.5 m = 15.75 m². Total trial area is 290 m².

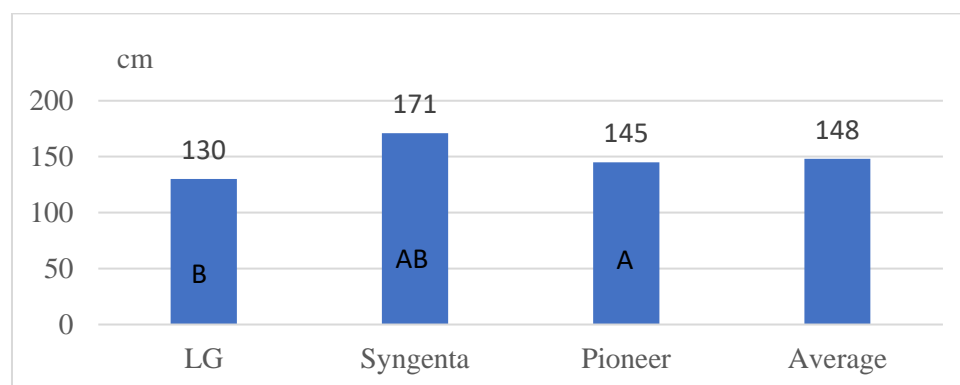
Soil preparation was done by using cultivator, spring harrow and toothed harrow in the experiment land and the soil was made ready for sowing. On 31th May 2023, hybrid sunflower seeds were sown. On 31th June 2023, herbicide was applied to the trial land. In addition, 2 different foliar fertilisers were applied. On 11th September 2023, hand harvesting was carried out. Then the sunflower seeds were brought to the threshing floor and the seeds were separated from the trays.

In the study, plant height (cm), tray diameter (cm), stem thickness (cm), number of plants (number of plants), yield (kg/ha), thousand grain weight (g) and hectolitre weight (kg/l) were analysed. Statistical evaluation of the results will be carried out using TotemStat Statistical Programme according to randomized complete block design. The data obtained from the research will be subjected to variance analysis and the differences between treatments were determined by using LSD test (Acıkgöz et al., 2004).

RESEARCH RESULTS and DISCUSSION

Plant Height (cm)

Plant height values of different sunflower varieties are presented in Figure 1. There was a statistical difference between the varieties. The average plant height was 148 cm. The highest plant height was reached in Syngenta variety with 171 cm. Tozlu et al. (2008) reported that plant height varied between 142-176 cm in a study conducted under non-irrigated conditions and Tunçtürk et al. (2005) reported that plant height varied between 101-114 cm in a study conducted under irrigated conditions.



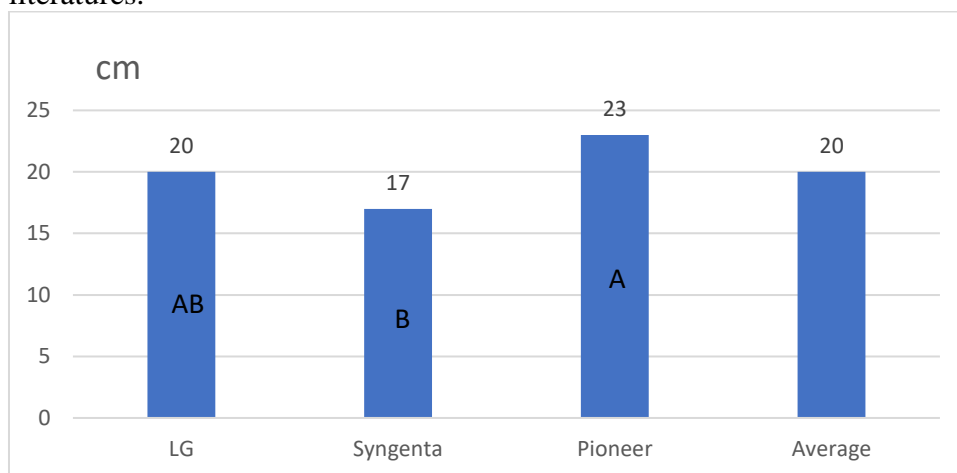
$p^* < 0.01$ LSD: 22.69*

Figure 1. Plant height (cm) of LG, Syngenta and Pioneer sunflower varieties

Head Diameter (cm)

Head diameter of different sunflower varieties is shown in Figure 2. Head diameter varied between 17-23 cm. In a study conducted by Kaya et al. (2001) with 83 populations collected from different locations in Turkey, it was reported that head diameter varied between 7-33 cm.

In a study carried out by Day (2011) under Ankara conditions, the diameter of two sunflower varieties showed a range of 16.8-21.5 cm. Our findings are compatible with the mentioned literatures.

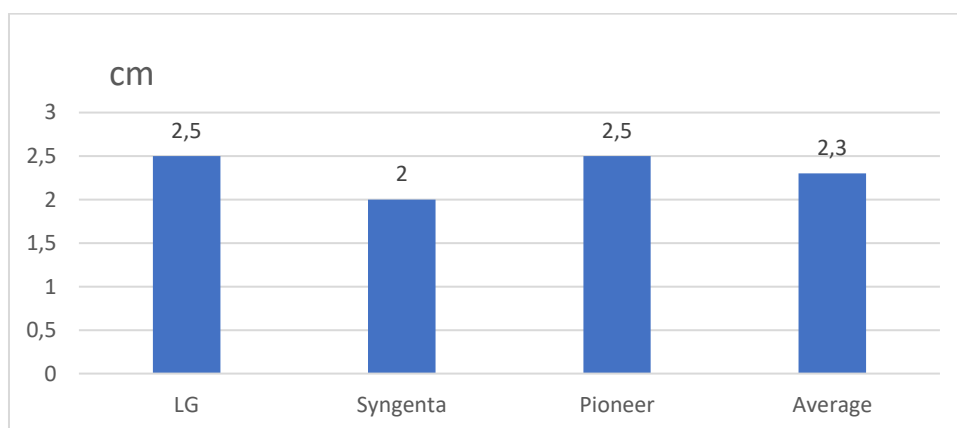


$p^* < 0.01$ LSD: 7.825*

Figure 2. Head diameter (cm) of LG, Syngenta and Pioneer sunflower varieties

Stalk Thickness (cm)

The results of stem thickness are shown in Figure 3. There is no statistical difference between the data obtained, but there are numerical differences. Stalk thickness was 2.5 cm in LG and Pioneer varieties and 2.0 cm in Syngenta variety.

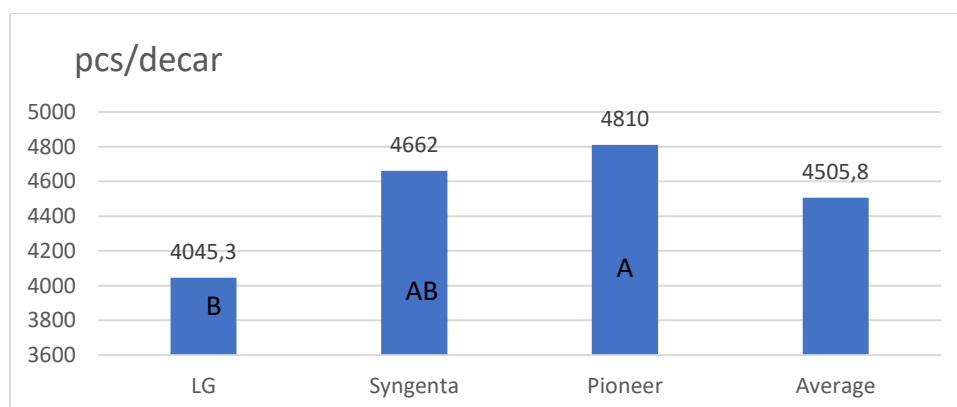


LSD: ns (not significant)

Figure 3. Stalk Thickness (cm) of LG, Syngenta and Pioneer Sunflower varieties

Number of Plants (pcs/decar)

The number of plants per decare varied between 4045.3-4810 pcs/decare. Pioneer variety had the highest number of plants per decare, followed by Syngenta and LG varieties (Figure 4).

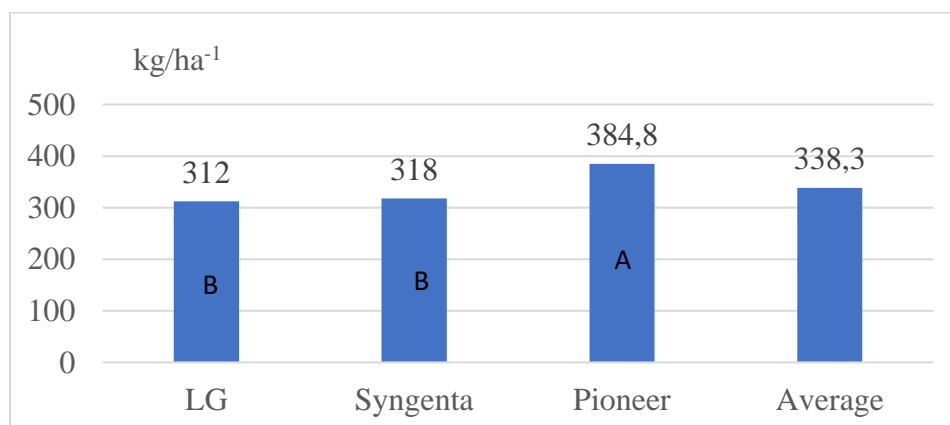


$p^* < 0.01$ LSD:18.322*

Figure 4. Number of Plants (pcs/decar) of LG, Syngenta and Pioneer Sunflower varieties

Yield (kg/ha⁻¹)

The highest yield was obtained from Pioneer variety with 384 kg/ha-1 and the lowest yield was obtained from LG variety with 312 kg/ha-1 (Figure 5). As in other species, yield of sunflower varies depending on environmental conditions such as irrigation etc. In the studies carried out in Menemen conditions in different years, minimum and maximum yield values of 171 and 653 kg/ha-1 were obtained from the varieties (Tan et al., 2010, 2011, 2013, 2014). The yield values obtained in our study are compatible with the literature findings.

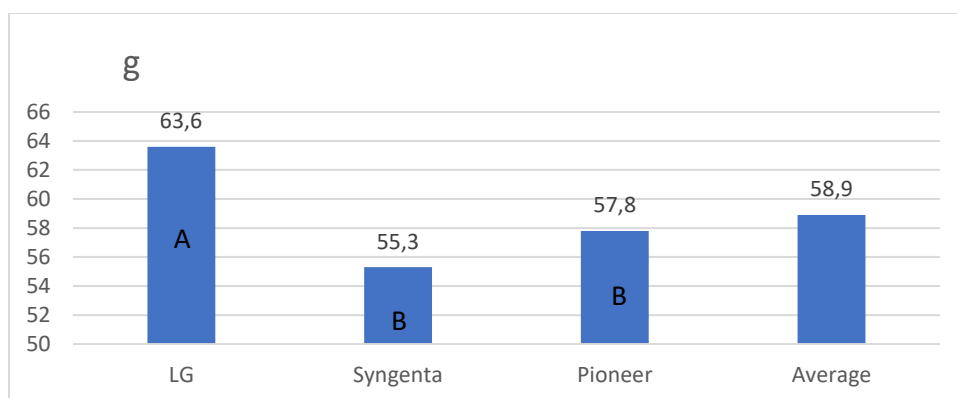


$p^* < 0.01$ LSD:6.432*

Figure 5. Yield (kg/ha-1) of LG, Syngenta and Pioneer sunflower varieties

Thousand Grain Weight (g)

The results of thousand grain weight are presented in Figure 6. The thousand grain weight varied between 55.3-63.6 g. In a study conducted in Edirne under irrigated conditions, it was reported that minimum 71.83 g and maximum 174.5 g; in Lüleburgaz under dry conditions, minimum 79.84 g and maximum 165.9 g 1000 grain weight values were reached (Pekcan et al., 2015). Our findings were found to be lower than the literature. It is thought that variety and year factors are effective.

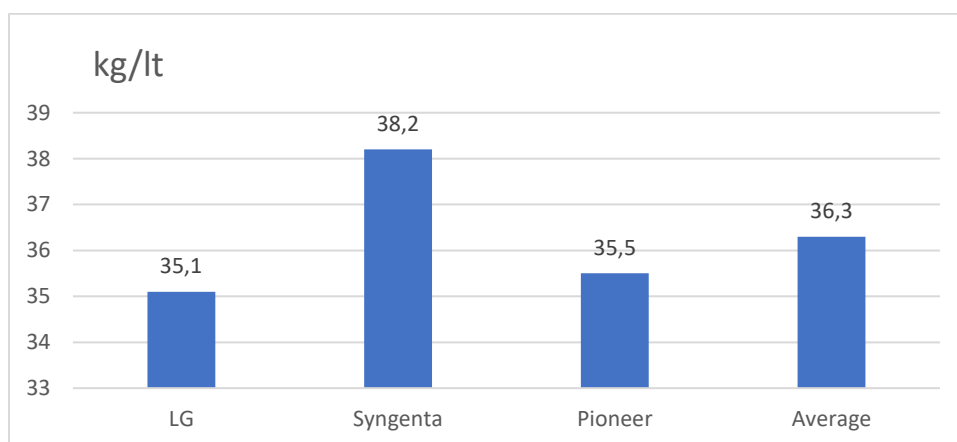


$p^* < 0.01$ LSD: 3.46*

Figure 6. Thousand Grain Weight (g) of LG, Syngenta and Pioneer Sunflower varieties

Hectoliter Weight (kg/l)

The difference between the values obtained in terms of hectolitre weight was found statistically insignificant. The highest hectolitre weight was determined in Syngenta variety with 38.2 kg/l (Figure 7). The lowest hectolitre weight values of some sunflower seedlings were found in ETAE-NGL (260.3 g) and the highest in Palancı 1 (347.8 g) (Tan et al., 2017). The values we found were lower than the literature. It is thought that this may be due to the variety used.

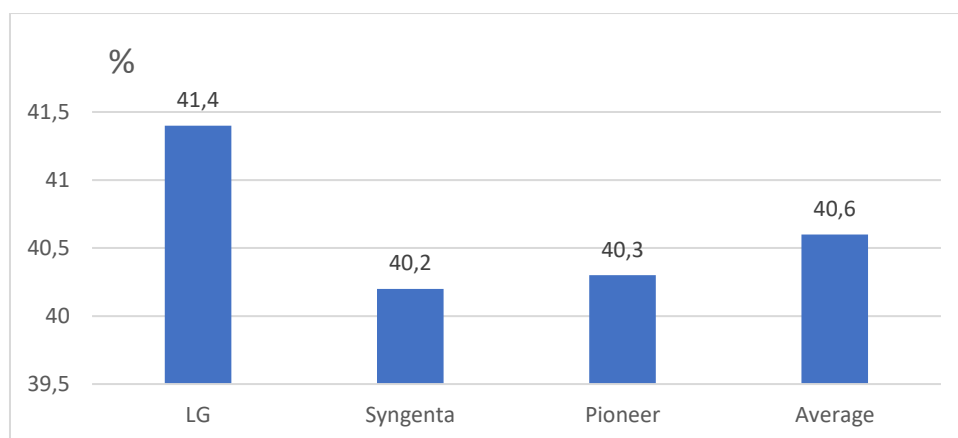


LSD: ns (not significant)

Figure 7. Hectoliter Weight (kg/l) of LG, Syngenta and Pioneer Sunflower varieties

Oil Content (%)

The difference between the values obtained in terms of oil content was found to be statistically insignificant. Oil content varied between 40.2-41.4% and the average was found as 40.6%. The highest oil content was found in LG sunflower variety (Figure 8). In the studies carried out in Menemen conditions in different years, minimum 18.93% and maximum 31.90% oil content values were obtained from different varieties (Tan et al., 2010, 2011, 2013, 2014). It is seen that the oil ratios obtained are higher than the literature and it is thought that it is due to the variety difference.



LSD: ns (not significant)

Figure 8. Oil Content (%) of LG, Syngenta and Pioneer Sunflower varieties

CONCLUSION and RECOMMENDATIONS

In this study, we determined the yield, yield components and oil ratio of 3 different sunflowers under the ecological conditions of Manyas district of Balıkesir province;

- In terms of yield, it was observed that Pioneer gave better results compared to the seeds of Syngenta and LG companies.
- In terms of oil ratio, the seeds of LG company had higher values than Pioneer and Syngenta companies.
- Since the research is a one-year study, it is thought that it would be useful to carry out 2 years in the same field and interpret the results.

LITERATURE

- Açıkgöz, N., İlker, E., Gökçöl, A., 2004, Biyolojik araştırmaların bilgisayarda değerlendirilmeleri E.Ü. Tohum Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi Yayın No:2 Bornova/İzmir.
- Anonymous, 2023. www.mgm.gov.tr
- Day, S., 2011. Ankara koşullarında yerli ve hibrit çerezlik ayçiçeği (*Helianthus annuus* L.) genotiplerinde farklı sıra üzeri aralıkları ve azot dozlarının verim ve verim öğelerine etkisi. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Kacar, B., 2009, Toprak Analizleri. 2. Baskı, Nobel Yayınları, Ankara.467 p.
- Kaya, Y., Mutlu H., Evcı G. 2001. Ülkemizde Çerezlik Ayçiçeğinin Durumu ve Ekilen Köy Popülasyonlarının Bazı Karakterlerinin Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma. 4. Tarla Bitkileri Kongresi. 17-21 Eylül 2001. S. 91-94. Tekirdağ.
- Koc, E., 2023. Farklı Bitki Büyüme Düzenleyicileri Ve Dozlarının Ayçiçeğinde Tane Verimi Ve Kalitesi Üzerine Etkisi. T.C. Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Yüksek Lisans Tezi.
- Meral UB. (2019). Ayçiçeği (*Helianthus annuus* L.) bitkisinin önemi ve üretimine genel bir bakış. *Int. J. Life Sci. and Biotech.* 2(2), 58 – 71. <https://dergipark.org.tr/en/pub/ijlsb/article/535889>
- Pekcan, V., G. Evcı, İ. M. Yılmaz ve Y. Kaya. 2015. Developing confectionery sunflower hybrids and determination of their yield performances in different environmental conditions. *Ekin Journal of Crop Breeding and Genetics* 2015 (1-2): 47-5.
- Tan, A. Ş., 2007. Ayçiçeği Tarımı. Çiftçi Broşürü. T.C. Tarım Ve Köyişleri Bakanlığı Tarımsal Araştırmalar Genel Müdürlüğü Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü. No: 136.
- Tan, A. S., and Tan, A. 2010. Sunflower (*Helianthus annuus* L.) Landraces of Turkey, Their Collections Conservation and Morphometric Characterization. 8th European Sunflower Biotechnology Conference. SUNBIO 2010. 1-3 March 2010, Antalya, Turkey. *Helia* 53: 55-62.
- Tan, A. S., and Tan, A. 2011. Sunflower (*Helianthus annuus* L.) Genetic Resources of Turkey. International Symposium on Sunflower Genetic Resources. October 16-20, 2011. Kusadasi, Izmir, Turkey. *Helia* 34: 39- 46.
- Tan, A. Ş., Aldemir, M ve Altunok, A. 2013. Ege Bölgesi Ayçiçeği Araştırmaları Projesi. 2013 Yılı Gelişme Raporu. Ege Tar. Ara. Ens. Menemen. İzmir.
- Tan, A. Ş. 2014. Bazı Yağlık Hibrit Ayçiçeği Çeşitlerinin Menemen Ekolojik Koşullarında Performansları. *Anadolu, ETAE Dergisi* 24 (1): 1-20.
- Tan, A. Ş., Altunok Memiş, A., Aldemir, M., 2017. Yield Potential of some Candidate Confectionary Sunflower Cultivars in Menemen, Izmir Ecological Conditions *ANADOLU, J. of AARI* 27 (1) 2017, 1 – 16.
- Tozlu, E., Dizikisa. T., Kumlay. A.M., Okçu. M., Pehlivan. M., Kaya. C., 2008. Erzurum-Pasinler Ekolojik Koşullarında Yetiştirilen Bazı Yağlık Ayçiçeği (*Helianthus annuus* L.) Hibridlerinin Agronomik Performanslarının Belirlenmesi. *Tarım Bilimleri Dergisi* 2008,14 (4): S. 359-364.
- TUİK, 2023. www.tuik.gov.tr Erişim Tarihi: 23 Mart 2023.
- Tunçtürk, M., Eryiğit. T., Yılmaz. İ., 2005. Van-Erciş Koşullarında Bazı Yağlık Ayçiçeği (*Helianthus annuus* L.) Çeşitlerinin Verim ve Verim Öğelerinin Belirlenmesi Üzerine Bir Çalışma. Türkiye VI. Tarla Bitkileri Kongresi, 5-9 Eylül 2005, Antalya (Araştırma Sunusu) Cilt I, S. 41-44

**CURRENT DEVELOPMENTS IN COMMERCIAL MEDICAL FOODS: MARKET
TRENDS AND FUTURE OUTLOOK**

Araştırma Görevlisi, Hilal MERAL (ORCID:0000-0001-6238-7958)

Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Gıda Mühendisliği
Bölümü, Meyve ve Sebze İşleme Teknolojisi
Email:hilal.meral@gop.edu.tr

Abstract

Medical foods are a kind of formula food specially processed to meet the nutritional requirements of persons affected by disorders of eating, digestion, absorption, and metabolism or by specific diseases. They are an effective means of providing nutritional support in clinical situations being easy to eat and readily accepted by patients. The medical foods market is experiencing rapid growth, driven by increasing awareness of the role of nutrition in managing chronic diseases and improving patient outcomes. Medical foods are uniquely formulated products intended for dietary management under medical supervision, playing an essential role in supporting patients with conditions like cancer, diabetes, and age-related disorders. With the market valued at USD 22.62 billion in 2023 and projected to grow to USD 35.3 billion by 2032, this growth is largely fueled by the prevalence of chronic diseases, rising nutritional deficiencies, and increased demand for personalized and plant-based nutrition solutions. Major companies like Nestlé, Danone, Abbott, and Fresenius Kabi are leading innovation in the sector, focusing on sustainable packaging, technological integration, and expansion into emerging markets. This review explores key trends such as personalized nutrition, sustainability, and technological advancements, offering insights into the evolving landscape of medical foods. As consumer awareness grows, and regulatory frameworks improve, the medical foods market is set to expand further, offering tailored nutrition solutions to meet the unique needs of patients worldwide.

Keywords: Disease, patient, nutrition, medical food.

INTRODUCTION

Medical foods have grown increasingly relevant in today's healthcare landscape. Medical foods are specially formulated and intended for the dietary management of diseases or conditions with distinctive nutritional needs established by medical evaluation. Unlike dietary supplements or general functional foods, medical foods are typically prescribed and used under medical supervision. As the global healthcare burden increases, especially due to chronic diseases such as cancer, diabetes, cardiovascular diseases, and age-related conditions, medical foods are becoming essential in managing patients' nutritional needs. Chronic diseases are responsible for the majority of healthcare expenditures worldwide. These conditions often lead to malnutrition or specific dietary challenges that regular diets cannot adequately address (Morgan and Baggott, 2006). For instance, cancer patients undergoing chemotherapy frequently experience loss of appetite, nausea, or altered taste, making it difficult to consume adequate nutrition through normal food intake. Medical foods are formulated to provide these patients with the necessary calories, protein, vitamins, and minerals in an easily consumable form, supporting their recovery and improving their quality of life during treatment (Thaipisuttikul and Galvin, 2012). Otherwise, the ageing global population is another critical factor contributing to the growing importance of medical foods. As people live longer, the prevalence of chronic diseases and age-related conditions continues to rise, increasing the demand for specialized nutritional support. Medical foods are increasingly used to help manage these conditions, enabling elderly patients to maintain adequate nutrition despite physical or metabolic impairments (Lange et al., 2019; Holmes et al., 2021).

This study provides an in-depth analysis of the medical foods market, discussing key trends, growth drivers, market segmentation, competitive landscape, and future projections. The focus will be on innovations within the sector and the evolving market conditions influencing the demand for commercial medical foods.

Market Size and Growth Drivers

The global Medical Foods Market was valued at approximately USD 22.62 billion in 2023 and is projected to grow to USD 35.3 billion by 2032, reflecting a CAGR (Compound Annual Growth Rate) of 4.92% during the forecast period (2024–2032). This growth is largely driven by the increasing prevalence of chronic diseases, the rising incidence of nutritional deficiencies, and greater awareness of the benefits of prebiotics and probiotic products (MRFR, 2023).

Several trends are shaping the market's growth. The prevalence of chronic conditions such as cardiovascular, neurological, and infectious diseases is driving demand for medical foods, particularly as populations age and require more specialized nutritional support. Diabetes is also a significant driver, with medical foods increasingly being used to manage complications like diabetic neuropathy. Furthermore, malnutrition remains a global issue, particularly among infants and children in underdeveloped regions, contributing to the increased demand for medical foods designed to meet these critical nutritional needs (Fang et al., 2023; Naz et al., 2023).

The market segmentation includes different nutritional ingredients, such as proteins, vitamins, and omega-3 fatty acids, with the protein segment holding a dominant share due to rising public awareness about protein-rich diets, especially for children's nutrition. The oral route of

administration is the largest segment, driven by the ease of consumption, while enteral nutrition is expanding due to its application in critical care settings (Khvostenko et al., 2024).

Regionally, North America leads the market, owing to its advanced healthcare infrastructure and high prevalence of chronic diseases. Europe follows, driven by increasing awareness and innovation in medical foods, particularly in countries like Germany and France. The Asia-Pacific region is expected to see significant growth, particularly in countries like China and India, due to rising health awareness, government initiatives, and an ageing population.

Medical Foods Key Companies in the Market

Nestlé (Annual Revenue: 103.984 billion \$), founded in 1867 in Switzerland, is the world's largest food company, with a diversified portfolio spanning from beverages like Nescafé to pet food brands like Purina. The company has been expanding its footprint in the health science sector, particularly through its Health Science division, which focuses on specialized medical foods like Nutren and Peptamen. These products are designed to support the dietary management of medical conditions, including gastrointestinal disorders and malnutrition. The company's strong emphasis on R&D and sustainability, coupled with its global reach, makes it a dominant force in the medical foods market. Recent innovations include an increased focus on plant-based foods and digital transformation initiatives (MRFR, 2023).

Reckitt Benckiser Group PLC (Annual Revenue: 17.877 billion \$), formed in 1999, is a leading British multinational specializing in health, hygiene, and home products. Known for brands such as Lysol, Durex, and Enfamil, the company has a strong presence in the medical foods sector, particularly in pediatric nutrition. The company is renowned for providing scientifically backed, high-quality nutritional products for individuals with specific dietary needs. Recent developments emphasize sustainability and e-commerce, supporting its strategic goal of global leadership in both consumer and medical foods markets (MRFR, 2023).

Danone (Annual Revenue: 16.71 billion \$), headquartered in Paris and founded in 1919, is a global leader in the food and beverage sector, with a focus on dairy, plant-based alternatives, and medical nutrition. Through its Nutricia brand, Danone offers tailored solutions that cater to patients with specific health conditions, including malnutrition and metabolic disorders. Notably, Danone was the first listed company to adopt the French "Entreprise à Mission" model, reflecting its commitment to sustainability. Recent innovations have focused on plant-based nutrition and the development of new medical food products aimed at supporting health and recovery (MRFR, 2023).

Abbott Laboratories (Annual Revenue: 9.964 billion \$) is a leading healthcare company based in the U.S., known for its wide range of products in diagnostics, medical devices, and nutrition. Abbott's medical foods portfolio includes well-known brands like Ensure and PediaSure, which provide nutritional support for both pediatric and adult patients. The company has also pioneered health technologies, such as the FreeStyle Libre glucose monitoring system, further strengthening its position in the healthcare and medical nutrition sectors (MRFR, 2023).

Mead Johnson & Company, LLC (Annual Revenue: 3.7 billion \$) is a U.S.-based company specializing in infant formula and children's nutrition, with a legacy of over a century. Its

leading products, *Enfamil* and *Nutramigen*, are recognized globally for their nutritional efficacy. Mead Johnson continues to advance pediatric nutrition through rigorous scientific research, addressing specific needs such as allergies and gastrointestinal disorders. The company's strong global presence and focus on high-quality formulations have reinforced its reputation in the medical foods market (MRFR, 2023).

Metagenics (Annual Revenue: 297.5 million \$) founded in 1983, is a key player in the personalized lifestyle medicine sector. The company's medical foods and nutraceuticals are designed to manage metabolic imbalances and promote overall wellness. Metagenics is particularly noted for its advancements in nutrigenomics, which tailors nutritional support to individual genetic profiles, offering personalized medical foods solutions (Lewis et al., 2019).

Alfasigma USA, Inc. (Annual Revenue: 106 million \$) formed through the merger of Alfa Wassermann and Sigma-Tau in 2015, is a U.S.-based pharmaceutical company specializing in medical foods for various therapeutic areas, such as metabolic disorders and gastrointestinal diseases. The company's focus on research and innovation has led to the development of targeted medical foods, furthering its commitment to patient-centric solutions.

Primus Pharmaceuticals, Inc. (Annual Revenue: 17.5 million \$) is a U.S.-based company that specializes in prescription-based medical foods. Established in 2001, it focuses on formulating medical foods for metabolic, gastrointestinal, and neurological disorders. Primus stands out for its FDA -approved (Food and Drug Administration) medical foods, which are recognized for their safety and efficacy.

Medtrition Inc. (Annual Revenue: 8.5 million \$) is a U.S.-based company known for developing innovative medical foods to support conditions like malnutrition, dysphagia, and wound healing. Products like ProSource and Gelatein have been widely adopted in healthcare settings, emphasizing Medtrition's commitment to quality and efficacy.

Targeted Medical Pharma, Inc. (Annual Revenue: 1.9 million \$) is a U.S. company specializing in the development of evidence-based medical foods for conditions such as diabetes, obesity, and pain management. Established in 1999, the company's focus on clinical trials and research has distinguished it in the competitive medical foods industry.

Recent advancements and strategic collaborations within the medical foods industry have demonstrated a strong focus on expanding market presence, personalized nutrition, and addressing critical gaps in healthcare. In December 2023, Nestlé Health Science expanded its market reach by acquiring *Enzymedica*, a company renowned for its expertise in medical foods focused on digestive health. This strategic acquisition is set to strengthen Nestlé's position in the medical foods market. Similarly, Mead Johnson & Company, in October 2023, entered a partnership with the Enteral Nutrition Association. This collaboration aims to enhance the accessibility of medical foods for children suffering from nutritional deficiencies, thereby addressing a critical gap in pediatric nutrition (MRFR, 2022; MRFR, 2023).

November 2023 marked a significant milestone for *Nutricia*, which secured \$50 million in funding to advance the development of personalized medical foods tailored for patients with rare metabolic disorders. This investment underscores the growing trend towards personalized nutrition, particularly in managing rare health conditions. Furthermore, in September 2023,

Calpis Corporation raised \$25 million to expand its production capacity for enteral medical foods, indicating a strategic move to meet the increasing demand in the enteral nutrition segment (MRFR, 2022; MRFR, 2023).

In early 2024, Abbott launched *PediaSure Complete Plus*, a new medical food formulated to meet the specific nutritional needs of children facing complex dietary challenges. This product aims to fill nutritional gaps and support healthy growth in pediatric patients. Finally, in December 2023, Danone received FDA approval for *Nutrita*, a medical food designed to support adults diagnosed with short bowel syndrome. This approval highlights Danone's commitment to addressing complex gastrointestinal disorders with targeted nutritional interventions (MRFR, 2022; MRFR, 2023).

These developments reflect the ongoing innovation and strategic partnerships shaping the medical foods industry, with a clear focus on personalized nutrition, pediatric care, and the management of rare and chronic conditions.

Key Market Trends

Personalized Nutrition: Personalized nutrition is a significant trend within the medical foods sector. The ability to tailor nutritional products based on genetic profiles, lifestyle, and specific health conditions allows manufacturers to meet the unique dietary needs of individual patients. Companies are leveraging technologies like artificial intelligence (AI) and advanced analytics to create personalized dietary plans, particularly for conditions like diabetes, metabolic syndrome, and irritable bowel syndrome (Wischmeyer et al., 2023).

Plant-Based and Organic Formulations: There is growing demand for plant-based medical foods, particularly in Western markets. Companies like Danone and Nestlé have launched plant-based medical foods to cater to patients who prefer natural, organic products. These products are also being promoted as environmentally sustainable options, aligning with broader consumer trends favoring eco-conscious.

Liquid Formulations and Ease of Consumption: Liquid formulations of medical foods are gaining traction, particularly for patients with dysphagia (difficulty in swallowing), pediatric patients, and the elderly. These formulations are easier to consume and are often fortified with essential nutrients. The demand for liquid medical foods is expected to witness significant growth in the coming years.

E-Commerce Growth: The Covid-19 pandemic accelerated the shift towards online sales of medical foods. Although traditionally sold through institutional channels such as hospitals and pharmacies, e-commerce platforms have enabled broader access to medical foods. This trend is expected to continue as consumers increasingly prioritize convenience and home delivery.

Market Segmentation

The medical foods market is primarily segmented based on the route of administration, distribution channels, and application areas. The oral route dominates the market, with most medical foods consumed as pills, powders, or pre-thickened liquids, offering ease of consumption for patients requiring specific nutritional management. Enteral nutrition, delivered through feeding tubes, is crucial for critically ill patients or those unable to consume food orally,

such as those in intensive care or with severe gastrointestinal issues. Regarding distribution channels, institutional sales remain the primary method, with hospitals and clinics playing a key role in prescribing and monitoring the use of medical foods for disease management. However, e-commerce has seen rapid growth, driven by its convenience, allowing patients with chronic conditions to easily access medical foods for long-term care. This shift reflects a broader trend towards digitalization in healthcare, empowering patients to manage their health needs more independently from their homes (Berry et al., 2013; Mtewa et al., 2020)

Competitive Landscape

The medical foods market is highly competitive, with major players such as Abbott, Nestlé, Danone, and Fresenius Kabi dominating the market. These companies are focusing on research and development to introduce innovative products tailored to specific health conditions. Additionally, strategic collaborations, mergers, and acquisitions are common as companies aim to expand their market share.

For example, Abbott's Ensure[®] and Nestlé's Modulen[®] are well-known brands in the clinical nutrition space. These products are developed based on extensive clinical trials and are prescribed by healthcare professionals globally.

Future Outlook of the Medical Foods Market

The medical foods market is positioned for a robust expansion over the coming years, driven by significant technological, demographic, and environmental factors. The growing prevalence of chronic diseases, evolving healthcare infrastructure in emerging economies, and heightened consumer awareness about sustainable products are all contributing to this upward trajectory. Below is an expanded analysis of key areas shaping the future of the market:

1. Technological Integration and Personalization

Advances in biotechnology, data analytics, and nutrigenomics (the study of how food interacts with genes) are poised to revolutionize the medical foods industry. These technologies enable the creation of personalized medical foods that cater to the unique metabolic needs of individual patients. For example, artificial intelligence (AI) and machine learning are increasingly being employed to analyze vast datasets and identify dietary patterns and nutrient deficiencies linked to specific health conditions.

Precision Nutrition: Personalized nutrition offers a tailored approach to managing chronic diseases like diabetes, cardiovascular diseases, and gastrointestinal disorders. These solutions are developed based on a patient's genetic profile, lifestyle, and specific medical requirements. As healthcare becomes more personalized, the demand for medical foods formulated to meet specific dietary needs is expected to increase (Scheltens et al., 2010).

Biotechnology in Formulation: Innovations in biotechnology are enabling the development of medical foods that better mimic natural digestion processes, allowing for enhanced absorption and bioavailability of key nutrients. This is particularly relevant for patients with conditions like short bowel syndrome or Crohn's disease, where nutrient absorption is compromised.

Moreover, companies are also leveraging wearable health technologies and remote monitoring tools to gather real-time health data. This data helps clinicians adjust dietary recommendations

and customize medical foods to optimize patient outcomes. The rise of telehealth and digital healthcare platforms further facilitates the delivery of these personalized nutrition plans (Shah, 2011).

2. Expansion into Emerging Markets

The Asia-Pacific, Latin America, and Middle East regions present vast untapped potential for the medical foods market. Several factors are driving this expansion:

Rising Prevalence of Chronic Diseases: As populations age and chronic conditions like diabetes, cancer, and cardiovascular diseases become more widespread in these regions, the demand for medical foods will increase. For example, Asia-Pacific is expected to see substantial growth due to the increasing prevalence of diabetes and nutritional deficiencies in countries like China and India.

Healthcare Infrastructure Development: Governments in these regions are investing heavily in improving healthcare infrastructure, making medical nutrition products more accessible. For instance, India's National Program for Prevention and Control of Cancer, Diabetes, Cardiovascular Diseases, and Stroke is a key government initiative aimed at addressing the rising burden of chronic diseases (Meral and Demirdoven, 2024).

Local Manufacturing and Partnerships: Multinational companies are partnering with local firms to expand their presence and meet regional needs. In Latin America, for instance, companies like Fresenius Kabi have expanded their operations to manufacture and distribute medical foods locally, thereby reducing costs and improving accessibility. In addition, these regions have a growing middle class that is becoming increasingly health-conscious, further fueling demand for medical foods that offer targeted nutritional support.

3. Sustainability and Plant-Based Innovations

Sustainability is becoming a core focus for the medical foods industry, as companies look to reduce their environmental impact. Several factors are driving this trend:

Plant-Based Formulations: Companies are investing heavily in the development of plant-based medical foods to meet both environmental sustainability goals and consumer demand. For example, Danone SA has been at the forefront of this movement, launching products like *Fortimel PlantBased Energy*, a plant-based nutritional supplement for patients at risk of malnutrition. Similarly, Nestlé Health Science is expanding its plant-based product lines to offer alternatives that are not only effective but also environmentally friendly (Smith et al., 2020; Nutricia, 2023).

Eco-Friendly Packaging: Beyond product formulation, the focus on sustainable packaging is also growing. Medical foods, which are often consumed by vulnerable populations, require packaging that maintains product integrity while minimizing environmental impact. Companies are increasingly using biodegradable materials and recyclable packaging to meet both health and sustainability goals (Elkhayat et al., 2024).

Corporate Social Responsibility: Many of the leading companies in the medical foods market, such as Nestlé and Danone, have incorporated sustainability into their corporate social responsibility (CSR) strategies. They are making significant strides in reducing their carbon footprints, water usage, and overall environmental impact by aligning their business practices with global sustainability goals.

4. Increasing Regulatory Support and Reimbursement Policies

The future of the medical foods market is also shaped by evolving regulatory frameworks and reimbursement policies. In developed markets, regulatory agencies such as the U.S. FDA and the European Medicines Agency (EMA) are working on ensuring that medical foods meet stringent safety and efficacy standards. At the same time, governments are exploring ways to make medical foods more affordable and accessible through insurance reimbursement policies.

FDA Approvals: Recently, several new medical foods, such as *Nutrita* (for short bowel syndrome), have received FDA approval, underscoring the growing recognition of medical foods as essential components of disease management.

Reimbursement Models: Many countries are beginning to introduce or expand reimbursement models for medical foods, particularly in chronic disease management. This trend is expected to encourage the wider adoption of medical foods as an integral part of healthcare treatment plans (Manoli et al., 2016).

5. Growing Consumer Awareness and Preventive Healthcare

Finally, there is an increasing consumer demand for medical foods as part of a broader shift towards preventive healthcare. As consumers become more informed about the role of nutrition in preventing and managing chronic diseases, the demand for products that support long-term health is expected to rise.

Preventive Care: Medical foods are becoming more integral to preventive care strategies, particularly for individuals at risk of chronic conditions such as obesity, diabetes, and hypertension. Companies are now offering products that not only address existing health conditions but also provide nutritional support to prevent the onset of diseases (Berry et al., 2020).

Consumer Education: As awareness of the benefits of medical foods grows, companies are investing in consumer education programs to highlight the role of nutrition in managing health conditions. For example, online platforms and digital tools are being used to guide patients on the appropriate use of medical foods in their dietary routines.

CONCLUSION

The medical foods market is at a critical juncture, poised for growth driven by technological innovations, evolving consumer preferences, and the increasing burden of chronic diseases. As companies continue to innovate and expand their product offerings, the role of medical foods in disease management will become even more integral. Future growth will likely be driven by personalized nutrition, liquid formulations, and an expanding e-commerce infrastructure, making medical foods more accessible to patients worldwide. The future of the medical foods market appears highly promising, as its role in managing complex health conditions continues to expand. With advancements in personalized nutrition and biotechnology, the development of medical foods tailored to individual needs is revolutionizing chronic disease management. As data analytics and nutrigenomics enable more precise solutions, patients are receiving nutritional interventions designed to optimize their health outcomes. Furthermore, the market's expansion into emerging regions such as Asia-Pacific and Latin America presents vast growth opportunities, fueled by rising health awareness, increasing prevalence of chronic diseases, and improving healthcare infrastructures. Additionally, the industry's growing focus on sustainability is reshaping product formulations and packaging, as companies strive to meet environmental goals while maintaining product efficacy. Plant-based and eco-friendly innovations are gaining traction, addressing both consumer demand and environmental concerns. Strategic initiatives, including partnerships and local manufacturing collaborations, are further positioning companies for success in the evolving global marketplace. Regulatory support and reimbursement policies are also playing a pivotal role in making medical foods more accessible to a wider population. Governments worldwide are recognizing the importance of medical foods in disease management, driving regulatory approvals, and encouraging broader adoption through healthcare policies. In conclusion, the medical foods market is poised for robust growth, fueled by technological integration, sustainability, and expanding access in both developed and emerging regions. As chronic diseases continue to place a significant burden on global healthcare systems, the demand for medical foods will only increase, solidifying their role as essential tools in both treatment and preventive care strategies. This market will continue to evolve as a dynamic, patient-focused industry, offering customized nutrition solutions to address a wide array of health challenges, thereby contributing to improved quality of life for millions of individuals globally.

REFERENCES

- Berry, S. A., Brown, C. S., Greene, C., Camp, K. M., McDonough, S., & Bocchini, J. A. (2020). Medical foods for inborn errors of metabolism: history, current status, and critical need. *Pediatrics*, 145(3).
- Berry, S. A., Kenney, M. K., Harris, K. B., Singh, R. H., Cameron, C. A., Kraszewski, J. N., ... & Boyle, C. A. (2013). Insurance coverage of medical foods for treatment of inherited metabolic disorders. *Genetics in Medicine*, 15(12), 978-982.
- Elkhayat, A. S., El-Shafey, F. K., Mohamed, E. L., Fouad, A. M., & Hassabo, A. G. (2024). Eco-friendly biological materials for healthy food packaging. *Journal of Textiles, Coloration and Polymer Science*, 21(2), 373-383.
- Fang, Y., Ma, J., Lei, P., Wang, L., Qu, J., Zhao, J., ... & Sun, D. (2023). Konjac Glucomannan: an emerging specialty medical food to aid in the treatment of type 2 diabetes mellitus. *Foods*, 12(2), 363.
- Holmes, J. L., Biella, A., Morck, T., Rostorfer, J., & Schneeman, B. (2021). Medical foods: science, regulation, and practical aspects. Summary of a workshop. *Current developments in nutrition*, 5, nzaa172.
- Khvostenko, K., Muñoz-Pina, S., Heredia, A., García-Hernández, J., Argüelles, Á., Hernández, M., & Andrés, A. (2024). Perspective ways to provide kids with protein-rich snacks for preventing overweight: From scientific studies to consumers. *Food Reviews International*, 40(5), 1395-1412.
- Lange, K. W., Guo, J., Kanaya, S., Lange, K. M., Nakamura, Y., & Li, S. (2019). Medical foods in Alzheimer's disease. *Food Science and Human Wellness*, 8(1), 1-7.
- Lewis, C. A., Jackson, M. C., & Bailey, J. R. (2019). Understanding medical foods under FDA regulations. In *Nutraceutical and functional food regulations in the united states and around the world* (pp. 203-213). Academic Press.
- Manoli, I., Myles, J. G., Sloan, J. L., Shchelochkov, O. A., & Venditti, C. P. (2016). A critical reappraisal of dietary practices in methylmalonic acidemia raises concerns about the safety of medical foods. Part 1: isolated methylmalonic acidemias. *Genetics in Medicine*, 18(4), 386-395.
- Meral, H., & Demirdöven, A. (2024). The Use of Medical Foods to Fight Chronic Diseases: A Narrative Review. *Journal of Agricultural Sciences*, 30(3), 424-435.
- Morgan, S. L., & Baggott, J. E. (2006). Medical foods: products for the management of chronic diseases. *Nutrition reviews*, 64(11), 495-501.
- MRFR, Market Research Future Database. (2022). Global Medical Foods for Orphan Disease Market Overview Retrieved from: <https://www.marketresearchfuture.com/reports/medical-foods-orphan-disease-market-33249>. (Available: 21.10.2024).
- MRFR, Market Research Future Database. (2023). Global Medical Foods Market Overview. Retrieved from: <https://www.marketresearchfuture.com/reports/medical-foods-market-4915>. (Available: 21.10.2024).
- Mtewa, A. G., Kasali, M. F., Bekele, T., & Obura, B. (2020). Medical Foods and Infant Formulas. *Functional Foods and Nutraceuticals: Bioactive Components, Formulations and Innovations*, 509-525.
- Naz, R., Saqib, F., Awadallah, S., Wahid, M., Latif, M. F., Iqbal, I., & Mubarak, M. S. (2023). Food polyphenols and type II diabetes mellitus: pharmacology and mechanisms. *Molecules*, 28(10), 3996.

- Nutricia. (2023). Introducing our First Ever Plant-based Oral Nutritional Supplement. Retrieved from: <https://www.nutricia.com/specialize/frailty-and-drm/plant-based.html#accordion-6b1be14247-item-afbc6df03e>. (Available: 19.10.2024).
- Prytulska, N., & Antiushko, D. (2024). Market analysis of food products for special medical purposes. *International Scientific-Practical Journal Commodities and Markets*, 50(2), 51-64.
- Scheltens, P., Kamphuis, P. J., Verhey, F. R., Rikkert, M. G. O., Wurtman, R. J., Wilkinson, D., ... & Kurz, A. (2010). Efficacy of a medical food in mild Alzheimer's disease: A randomized, controlled trial. *Alzheimer's & Dementia*, 6(1), 1-10.
- Shah, R. C. (2011). Medical foods for Alzheimer's disease. *Drugs & aging*, 28, 421-428.
- Smith, T. R., Cawood, A. L., Walters, E. R., Guildford, N., & Stratton, R. J. (2020). Ready-made oral nutritional supplements improve nutritional outcomes and reduce health care use—a randomised trial in older malnourished people in primary care. *Nutrients*, 12(2), 517.
- Stephens, G. (2012). The emerging market for medical foods: who is driving innovation?. *Nutraceuticals World*, 15(7), 32-34.
- Thaipisuttikul, P., & Galvin, J. E. (2012). Use of medical foods and nutritional approaches in the treatment of Alzheimer's disease. *Clinical practice (London, England)*, 9(2), 199.
- Wischmeyer, P. E., Bear, D. E., Berger, M. M., De Waele, E., Gunst, J., McClave, S. A., ... & van Zanten, A. R. (2023). Personalized nutrition therapy in critical care: 10 expert recommendations. *Critical Care*, 27(1), 261.
- Yu, M., & Watson, S. (2024). Market Overview of Health and Wellness Food Products. In *Flavor-Associated Applications in Health and Wellness Food Products* (pp. 3-19). Cham: Springer International Publishing.

**USING ETHANOL EXTRACTS OF PROPOLIS TO PRESERVE SHEEPSKINS
AGAINST MODERATELY HALOPHILIC BACTERIA AND EXTREMELY
HALOPHILIC ARCHAEA**

Doç. Dr. Pınar YILMAZ (ORCID:0000-0002-0238-1754)

Marmara University, Faculty of Science, Department of Biology, Division of Plant Diseases and
Microbiology, Istanbul, Türkiye
Email:pinarnil84@hotmail.com

Prof. Dr. Meral BIRBIR (ORCID: 0000-0001-6681-5892)

Marmara University, Faculty of Science, Department of Biology, Division of Plant Diseases and
Microbiology, Istanbul, Türkiye
Email:m.birbir64@hotmail.com

Abstract

Propolis, produced by honeybees, has garnered increased attention in various fields such as nutrition, health, apitherapy, biocosmetics, anticancer, antimicrobial, antioxidant, and anesthetic properties. Therefore, the minimum inhibitory concentrations of two-fold serial dilutions of ethanol extract of propolis (50%, 25%, 12.5%, 6.25%, 3.12%, 1.56%, 0.78%, 0.39%, 0.19%, 0.09%, 0.04%) were determined by broth dilution method in a 96-well microtiter plate against protease and lipase producing extremely halophilic archaeal strains (*Haloarcula salaria* isolate-AT1, *Halobacterium salinarum* isolate-22T6, *Haloarcula tradensis* isolate-7T3) and protease and lipase producing moderately halophilic bacterial strains (*Bacillus licheniformis* isolate-MK4, *Staphylococcus saprophyticus* isolate-TR5, *Chromohalobacter canadensis* isolate-YN6, *Halomonas eurihalina* isolate-BL5). All test isolates used in this study were isolated from damaged salt-cured sheepskin samples in the previous studies. The freshly slaughtered sheepskin samples were separately cured with the sterile brine solution; the mixed culture of moderately halophilic bacteria and ethanol extract of propolis; the mixed culture of extremely halophilic archaea and ethanol extract of propolis; the mixed culture of moderately halophilic bacteria; the mixed culture of extremely halophilic archaea for 35-day storage period. Then, the cured sheepskin samples were separately examined using scanning electron microscope. The minimum inhibitory concentrations of ethanol extract of propolis were found to be 0.39% against *Staphylococcus saprophyticus* isolate-TR5, *Chromohalobacter canadensis* isolate-YN6, *Halomonas eurihalina* isolate-BL5, and *Haloarcula salaria* isolate-AT1, and 0.19% against *Bacillus licheniformis* isolate-MK4, *Halobacterium salinarum* isolate-22T6, and *Haloarcula tradensis* isolate-7T3. After a 35-day storage period, scanning electron micrographs of sheepskins showed that the ethanol extract of propolis was quite effective against the test isolates. Therefore, the ethanol extract of propolis could be utilized in the leather industry to inhibit the growth of protease and lipase-producing moderately halophilic bacteria and extremely halophilic archaea.

Keywords: Leather industry, Extremely halophilic archaea, Moderately halophilic bacteria, Ethanol extracts of propolis, Scanning electron micrographs.

1. INTRODUCTION

Honeybees produce propolis (bee glue) from natural resinous compounds to defend, to repair and to construct their hives, to protect their hives from bacterial and fungal attacks (Burdock, 1998; Bankova et al., 2000; Wagh, 2013). Propolis has been used by human for treating diseases, embalming cadavers, disinfecting mouth, wound healing (Wollenweber et al., 1990; Wagh, 2013; Bankova et al., 2000). It is widely used in nutrition, health, apitherapy, biocosmetic fields due to its anticancer, antimicrobial, antioxidant, anesthetic, anti-tumoral effects (Bankova et al., 2000; Toreti et al., 2013; Sforcin, 2016; Almuhayawi, 2020). Its property is lipophilic and rigid, but when propolis is heated it becomes sticky, tender and resinous (Hausen et al., 1987). Although its color ranges from yellow to dark brown due to the collected area, climate, region, season and plant diversities, transparent propolis was also reported (Roy et al., 2021). Different chemical compounds such as ketones, flavonoids, steroids, fatty acids, aromatic acids, aldehydes, terpenes, esters, amino acids, alcohols, hydrocarbons, polysaccharides, hydroxybenzene and small amount of other molecules are found in propolis (Marcucci, 1995; Bankova et al., 2000).

The antimicrobial effects of propolis are due to preventing bacterial cell-wall division, breaking down cell wall, damaging cytoplasm (Parolia et al., 2010). The researchers have been conducted several studies about the antibacterial effects of propolis against different bacterial species. In a study conducted by Fokt et al. (2010), propolis showed antibacterial activity against different species belonging to the genus *Streptococcus*, *Staphylococcus*, *Enterococcus*, *Rhodococcus*, *Nocardia* and *Micrococcus*.

Propolis has an important effect against bacteria such as *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* and *Enterococcus* spp. (Sforcin et al., 2000; Martin and Pileggi, 2004; Kasiotis et al., 2017). Babiker et al. (2020) tested the antibacterial effect of ethanol extract of propolis against three pathogens (*Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa* and *Klebsiella pneumoniae*) isolated from the patients' wounds. The ethanol extracts of propolis samples collected from Anatolia were applied against Gram-positive *Streptococcus mutans* ATCC 25175, *Staphylococcus aureus* 6538 P, *Streptococcus sobrinus* ATCC 33478, *Staphylococcus epidermidis* ATCC 12228, *Enterococcus faecalis* ATCC 29212, *Micrococcus luteus* ATCC 9341; Gram-negative *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853, *Escherichia coli* ATCC 11230, *Salmonella typhimurium* CCM 5445, *Enterobacter aerogenes* ATCC 13048, and yeast *Candida albicans* ATCC 10231, *Candida tropicalis* ATCC 665, *Candida krusei* ATCC 6258 species (Uzel et al., 2005). The propolis samples were found to be effective on the test microorganisms (Uzel et al., 2005).

In another study, propolis extracts were applied against *Bacillus subtilis*, *Escherichia coli* and *Klebsiella pneumoniae* which were isolated from human. In that study, propolis-ethanol extract and propolis-water extract were tested (El-Dessouki et al., 2013). They reported that while the extract of propolis-ethanol was found to be effective against *Bacillus subtilis*, *Escherichia coli* and *Klebsiella pneumoniae*, the extract of propolis-water was only found to be effective against *Bacillus subtilis* (El-Dessouki et al., 2013). When eleven foodborne pathogens including *Staphylococcus aureus* and *Pseudomonas aeruginosa* were exposed to ethanolic extraction of propolis (EEP), it was reported that all test isolates were susceptible to EEP (Pobiega et al., 2019).

In the study conducted by Caglayan and her colleagues (2022), the EEPs (1/2, 1/4, 1/8, 1/16, 1/32, 1/64, 1/128, 1/256, 1/512, 1/1024 dilutions) were applied to five reference strains of *Staphylococcus aureus* ATCC 6538, *Bacillus subtilis* ATCC 6633, *Bacillus spizizenii* ATCC 23059, *Micrococcus luteus* ATCC 10240 and *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 9027 to determine Minimum Inhibitory Concentration (MIC) and Minimum Bactericidal Concentration (MBC). The MIC of ethanol extracts of propolis were respectively found as 1/32 against *Bacillus spizizenii* ATCC 23059 and *Pseudomonas aeruginosa* ATCC9027, 1/64 against *Staphylococcus aureus* ATCC 6538, 1/128 against *Bacillus subtilis* ATCC6633 and *Micrococcus luteus* ATCC 10240. The EEP showed bacteriostatic effect against all ATCC test strains. The researchers recommended that EEP may be used to control the growth of those ATCC strains (Caglayan et al., 2022).

In the present study, we aimed to detect the antimicrobial effects of EEPs against protease and lipase producing protease and lipase producing moderately halophilic bacterial strains (*Bacillus licheniformis* MK4, *Staphylococcus saprophyticus* TR5, *Chromohalobacter canadensis* YN6, *Halomonas eurihalina* BL5) and extremely halophilic archaeal strains (*Haloarcula salaria* AT1, *Halobacterium salinarum* 22T6, *Haloarcula tradensis* 7T3). Hence, the sheepskin samples were separately cured with the sterile brine solution as negative control group; the mixed culture of moderately halophilic bacteria and EEP; the mixed culture of extremely halophilic archaea and EEP; the mixed culture of moderately halophilic bacteria (positive control); the mixed culture of extremely halophilic archaea (positive control). The samples were observed under SEM.

2.MATERIALS AND METHODS

TEST ISOLATES

Protease and lipase producing extremely halophilic archaeal strains (*Haloarcula salaria* AT1, *Halobacterium salinarum* 22T6, *Haloarcula tradensis* 7T3) were previously isolated from damaged salt-cured sheepskin samples and molecularly identified by Birbir et al. (2020). Protease and lipase producing moderately halophilic bacterial strains (*Bacillus licheniformis* MK4, *Staphylococcus saprophyticus* TR5, *Chromohalobacter canadensis* YN6, *Halomonas eurihalina* BL5) were previously isolated from damaged salt-cured sheepskin samples and molecularly identified by Caglayan et al. (2017). These strains were deposited in the Microbiology Laboratory at Biology Department of Marmara University. The archaeal isolates stored in 20% glycerol (v/v) at -24°C were streaked on the agar plates containing Brown Agar (1000 ml distilled water, 1 g CaCl₂.H₂O, 2 g KCl, 20 g MgSO₄.7H₂O, 3 g tri-Na-citrate, 250 g NaCl, 5 g yeast extract, 20 g agar) (Birbir et al., 2007) and the bacterial isolates stored in 20% glycerol (v/v) at -24°C were streaked on the agar plates containing Complex Agar (1000 ml distilled water, 8.1% NaCl, 0.7% MgCl₂, 0.96% MgSO₄, 0.036% CaCl₂, 0.2% KCl, 0.006% NaHCO₃, and 0.0026% NaBr) (Ventosa et al., 1989). The incubation condition for extremely halophilic archaeal strains were 5 days at 39°C and moderately halophilic bacterial strains were 24 hours at 37°C. The pH of media was adjusted to 7.5.

PREPARATION OF MODERATELY HALOPHILIC BACTERIAL ISOLATES AND THEIR MIXED CULTURE FOR CURING PROCESSES OF THE RAW SHEEPSKINS

Pure cultures of each test isolate (*Bacillus licheniformis* MK4, *Staphylococcus saprophyticus* TR5, *Chromohalobacter canadensis* YN6, *Halomonas eurihalina* BL5) were separately grown

in liquid Complex medium containing 10% NaCl for 24 hours at 37°C. Then, each test isolate was diluted in sterile saline solution (10% NaCl) to adjust cell density to 10⁷ CFU/mL.

PREPARATION OF EXTREMELY HALOPHILIC ARCHAEAL ISOLATES AND THEIR MIXED CULTURE FOR CURING PROCESSES OF THE RAW SHEEPSKINS

Pure cultures of each test isolate (*Haloarcula salaria* AT1, *Halobacterium salinarum* 22T6, *Haloarcula tradensis* 7T3) were separately grown in liquid Brown medium containing 25% NaCl for 5 days at 39°C. Then, each test isolate was diluted in sterile saline solution (25% NaCl) to adjust cell density to 10⁷ CFU/mL.

PREPARATION OF ETHANOL EXTRACTS OF PROPOLIS

The crude propolis sample was collected from Istanbul (Türkiye) in August, 2021. The propolis sample was stored at -18°C. Thirty grams of milled propolis was weighed and completed the total volume to 100 mL with 70% ethanol. The mixture was stored at room temperature in the dark for one week (Orsi et al., 2005). One week later, the propolis extract was filtered with 0.22 µm pore size filter paper (Orsi et al., 2005).

DETERMINATION OF MINIMUM INHIBITORY CONCENTRATIONS AND MINIMUM BACTERICIDAL CONCENTRATIONS OF PROPOLIS AGAINST BACTERIAL AND ARCHAEAL TEST ISOLATES

The minimum inhibitory concentrations (MICs) of propolis were determined by broth dilution method in a 96-well microtiter plate. Two-fold serial dilutions of propolis sample (50%, 25%, 12.5%, 6.25%, 3.12%, 1.56%, 0.78%, 0.39%, 0.19%, 0.09%, 0.04%) were prepared in 96-well microdilution plate using a multichannel pipette. Sterile Brown Broth Medium containing 25% NaCl and sterile Complex Broth Medium containing 10% NaCl were respectively used for the preparation of suspension of extremely halophilic archaeal isolates and moderately halophilic bacterial isolates. The turbidity of each isolate was adjusted to McFarland 0.5 standard. An aliquot of 100 µL of each bacterial and archaeal suspension was added into the each well (totally 200 µL per well) of 96-well microdilution plates. For moderately halophilic bacterial isolates after 24 hours incubation at 37°C and for extremely halophilic archaeal isolates after 2 weeks incubation at 39°C, 30 µL of resazurin solution (0.015%, v/w) was added into the each well. Then 96-microdilution plates were left at room temperature during 4 hours. At the end of the four hours, the wells were checked for visible growth according to its turbidity and pink colour formation (Elshikh et al., 2016). The lowest concentrations of propolis that completely inhibit the growth of the test strains (blue colour formation was observed) in the microdilution wells were accepted as Minimum Inhibitory Concentration of the propolis. To determine Minimum Bactericidal Concentration (MBC), 100 µL of the test medium obtained from the wells belonging to MIC endpoint were plated onto Brown Agar plates (25% NaCl) for extremely halophilic archaea and Complex Agar plates for moderately halophilic bacteria. The inoculated plates were incubated (moderately halophilic bacterial isolates, 24 hours at 37°C; extremely halophilic archaeal isolates, one week at 39°C). After incubation, the absence of bacterial and archaeal colonies on the agar plates was accepted as bactericidal activity. The presence of bacterial and archaeal colonies on the agar plates was accepted as bacteriostatic activity.

BRINE CURING OF THE SHEEPSKIN SAMPLES

Freshly slaughtered sheepskin samples were cut into six pieces. Then, we conducted the following experiments for brine curing of the sheepskin samples: Experiment 1 (Control): The sheepskin sample was cured with sterile brine solution (30% NaCl, 200 mL) at 75 rpm for 18 hours at 24°C. Experiment 2: The sheepskin sample was cured with brine solution (30% NaCl, 199.22 mL) and ethanol extracts of propolis (0.78 ml) at 75 rpm for 18 hours at 24°C. The propolis concentration was adjusted to 0.39% according to the the minimum inhibitory concentrations of ethanol extracts of propolis against moderately halophilic bacteria and extremely halophilic archaea. Experiment 3: The sheepskin sample was cured with brine solution (30% NaCl, 179.22 mL), mixed culture of moderately halophilic bacteria (20 ml) and ethanol extracts of propolis (0.78 ml) at 75 rpm for 18 hours at 24°C. Experiment 4: The sheepskin sample was cured with brine solution (30% NaCl, 179.22 mL), mixed culture of extremely halophilic archaea (20 ml) and ethanol extracts of propolis (0.78 ml) at 75 rpm for 18 hours at 24°C. Experiment 5: The sheepskin sample was cured with brine solution (30% NaCl, 180 mL) and mixed culture of moderately halophilic bacteria (20 ml) at 75 rpm for 18 hours at 24°C. Experiment 6: The sheepskin sample was cured with brine solution (30% NaCl, 180 mL) and mixed culture of extremely halophilic archaea (20 ml) at 75 rpm for 18 hours at 24°C.

PREPARATION OF SHEEPSKIN SAMPLES TO OBSERVE UNDER SCANNING ELECTRON MICROSCOPE

After a 35-day storage period, the sheepskin samples were prepared for SEM observation. The samples were fixed in 4% glutaraldehyde solution prepared in 0.1 Molar phosphate buffer (pH 7.2) for 30 minutes. The samples were washed three times with 0.1 Molar phosphate buffer for 10 minutes and were treated with 1% OsO₄ prepared in 0.1M phosphate buffer at 24°C for one hour. The samples were washed two times in sterile distilled water for 10 minutes. Then, the water in the sheepskins was gradually removed by 35%, 50%, 75%, 95%, and absolute ethanol. The mixtures of ethanol-hexamethyldisilazane (HMDS) [1:1 (v/v)] (1x30 min), ethanol-HMDS [1:2 (v/v)] (1x30 min) and HMDS (2x30 min) were used for air drying process. After drying, HMDS was poured from petri dishes and the samples were placed in a desiccator for 12 hours. Later, we examined the sheepskin samples under Scanning Electron Microscope (Fei Quanta 450 FEG ESEM SEM, Model FEG 450) using sample stub with a double-sided sticky tape (Das Murtey and Ramasamy, 2016).

3.RESULTS AND DISCUSSION

Minimum inhibitory concentrations of ethanol extract of propolis (EEP) against protease and lipase producing moderately halophilic bacterial strains (*Bacillus licheniformis* MK4, *Staphylococcus saprophyticus* TR5, *Chromohalobacter canadensis* YN6, *Halomonas eurihalina* BL5) and against protease and lipase producing extremely halophilic archaeal strains (*Haloarcula salaria* AT1, *Halobacterium salinarum* 22T6, *Haloarcula tradensis* 7T3) were determined in the present study. The MIC of EEP was found as 0.39% against *Staphylococcus saprophyticus* TR5, *Chromohalobacter canadensis* YN6, *Halomonas eurihalina* BL5 and the MIC of EEP was found as 0.19% against *Bacillus licheniformis* MK4 (Table 1). The MIC of EEP was found as 0.39% against *Haloarcula salaria* AT1 and the MIC of EEP was found as 0.19% against *Halobacterium salinarum* 22T6 and *Haloarcula tradensis* 7T3 (Table 2). To

determine Minimum Bactericidal Concentration, the test isolates effected by EEP were investigated at the wells belonging to MIC endpoint. Since the bacterial and archaeal colonies were detected on the Brown Agar and Complex Agar plates inoculated with the MIC endpoint well of each test strain, the EEP showed bacteriostatic effect against all test isolates (Tables 1 and 2).

Table 1. The minimum inhibitory concentrations of ethanol extracts of propolis against moderately halophilic bacteria.

Test isolates	Concentrations of propolis											medium sterilization control	bacterial growth control	ST	SD
	50%	25%	12.5 %	6.25%	3.12%	1.56%	0.78%	0.39 %	0.19 %	0.09 %	0.04%				
<i>Bacillus licheniformis</i> MK4	b	b	b	b	b	b	b	b	b ^a	p	p	b	p	+	-
<i>Staphylococcus saprophyticus</i> TR5	b	b	b	b	b	b	b	b ^a	P ^b	p	p	b	p	+	-
<i>Chromohalobacter canadensis</i> YN6	b	b	b	b	b	b	b	b ^a	p	p	p	b	p	+	-
<i>Halomonas eurihalina</i> BL5	b	b	b	b	b	b	b	b ^a	p	p	p	b	p	+	-

b^a: blue, it was the well without visible turbidity, p^b: pink, it was well with visible turbidity, ST: Bacteriostatic effect, SD: Bacteriocidal effect

While *Staphylococcus saprophyticus* TR5, *Chromohalobacter canadensis* YN6 and *Halomonas eurihalina* BL5 were not affected by the EEP concentrations ranging from 0.19% to 0.04%, *Bacillus licheniformis* MK4 was not affected by the EEP concentrations from 0.09% to 0.04% (Table 1).

Table 2. The minimum inhibitory concentrations of ethanol extracts of propolis against extremely halophilic archaea.

Test isolates	Concentrations of propolis											medium sterilization control	bacterial growth control	ST	SD
	50%	25%	12.5%	6.25%	3.12%	1.56%	0.78%	0.39%	0.19%	0.09%	0.04%				
<i>Haloarcula tradensis</i> 7T3	b	b	b	b	b	b	b	b	b ^a	p	p	b	p	+	-
<i>Haloarcula salaria</i> AT1	b	b	b	b	b	b	b	b ^a	P ^b	p	p	b	p	+	-
<i>Halobacterium salinarum</i> 22T6	b	b	b	b	b	b	b	b	b ^a	p	p	b	p	+	-

b^a: blue, it was the well without visible turbidity, p^b: pink, it was well with visible turbidity, ST: Bacteriostatic effect, SD: Bacteriocidal effect

In addition, while the 0.09% EEP concentration did not affect the growth of *Haloarcula tradensis* 7T3 and *Halobacterium salinarum* 22T6, the EEP concentrations ranging from 0.19% to 0.04% did not affect the growth of *Haloarcula salaria* AT1 (Table 2).

At the end of the 35th day of the experiment, samples taken from the cured sheepskins in each experimental group were examined by SEM to examine the tissue integrity in the sheepskin (Figures 1-6).

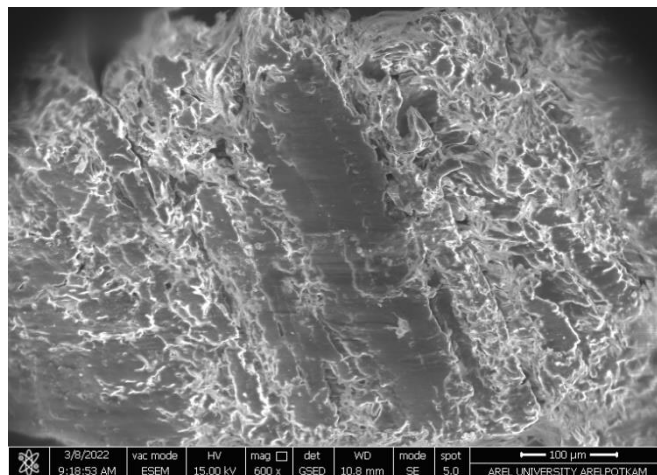


Figure 1. Scanning electron micrograph of the longitudinal section of sheepskin treated with sterile brine solution (control). The bar = 100 μm.

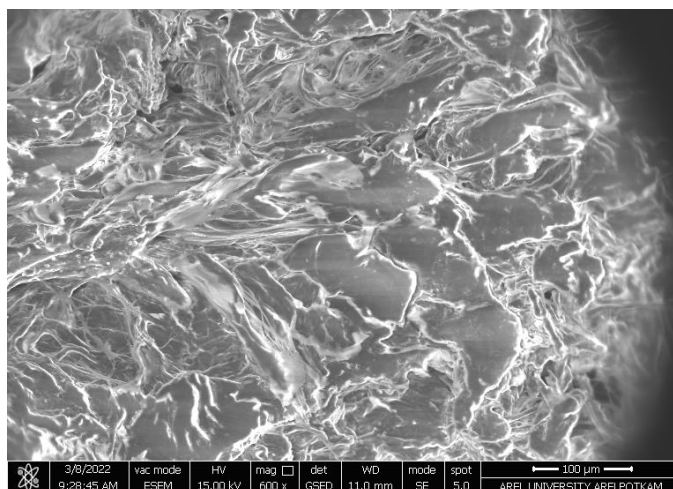


Figure 2. Scanning electron micrograph of the longitudinal section of sheepskin treated with ethanol extracts of propolis. The bar = 100 μm.

The rupture and disintegration of sheepskin samples treated with ethanol extracts of propolis and mixed culture of moderately halophilic bacteria (Figure 3) and ethanol extracts of propolis and mixed culture of extremely halophilic archaea (Figure 4) were not observed, and the integrity of the sheepskin samples was preserved.

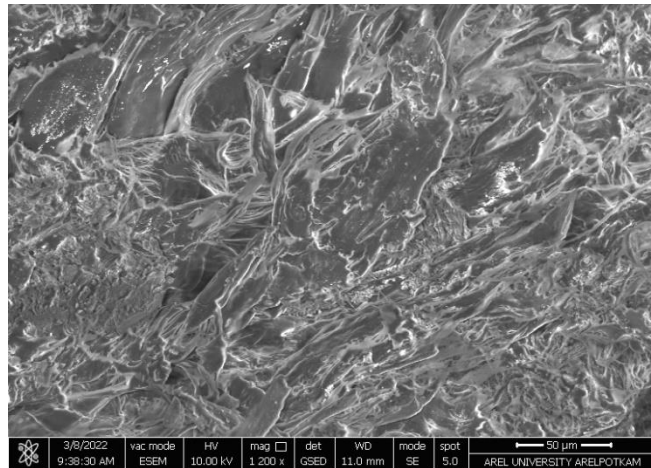


Figure 3. Scanning electron micrograph of the longitudinal section of sheepskin treated with ethanol extracts of propolis and mixed culture of moderately halophilic bacteria. The bar = 100 μm .

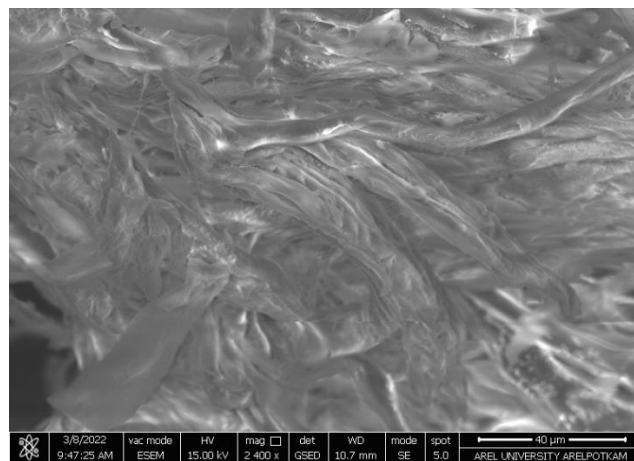


Figure 4. Scanning electron micrograph of the longitudinal section of sheepskin treated with ethanol extracts of propolis and mixed culture of extremely halophilic archaea. The bar = 100 μm .

However, SEM micrographs belonging to the sheepskin samples treated with the mixed culture of moderately halophilic bacteria (Figure 5) and the mixed culture of extremely halophilic archaea (Figure 6) showed ruptured and disintegrated collagen fibers.

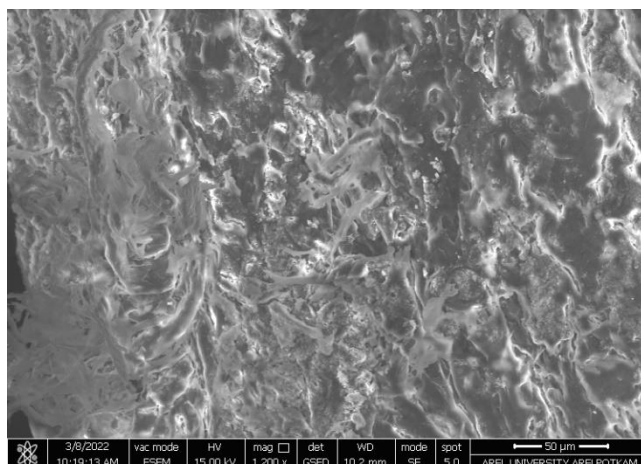


Figure 5. Scanning electron micrograph of the longitudinal section of sheepskin treated with mixed culture of moderately halophilic bacteria. The bar = 50 μm .

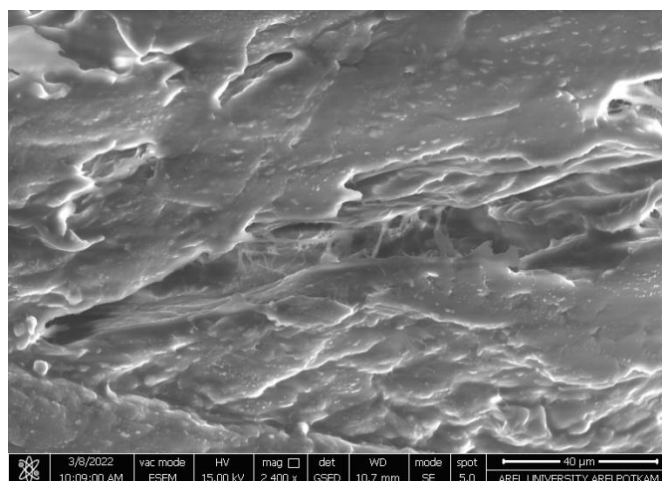


Figure 6. Scanning electron micrograph of the longitudinal section of sheepskin treated with mixed culture of extremely halophilic archaea. The bar = 100 μm .

It was previously reported by researchers that different bacterial species such as *Bacillus subtilis*, *Escherichia coli*, *Streptococcus sobrinus*, *Micrococcus luteus*, *Pseudomonas aeruginosa* were negatively affected by propolis (Scazzocchio et al., 2006; Przybyłek and Karpiński, 2019; Archin et al., 2024). The researchers also stated that Gram-positive bacteria are more affected by propolis than Gram-negative bacteria (Przybyłek and Karpiński, 2019). Likewise, there are many studies showing that ethanol extracts of propolis are more active against Gram-positive bacteria, but have a limited effect on Gram-negative bacteria (Sforcin et al., 2000; Fernandes Júnior et al., 2006; Harfouch et al., 2016; Martinotti and Ranzato, 2015; Wagh, 2013). However, it was reported that only high concentration of propolis prevented the growth of Gram-negative bacteria (Sforcin et al., 2000). In the present study, Gram-positive (*Staphylococcus saprophyticus* isolate TR5 and *Bacillus licheniformis* isolate MK4) and Gram-negative (*Chromohalobacter canadensis* isolate YN6 and *Halomonas eurihalina* isolate BL5) moderately halophilic bacterial species were adversely affected by ethanol extract of propolis.

Furthermore, the growth of extremely halophilic archaeal isolates were also inhibited by ethanol extract of propolis.

4.CONCLUSION

This is the first study that contributes in investigation of antimicrobial effects of ethanol extract of propolis against protease and lipase producing extremely halophilic archaeal strains (*Haloarcula salaria* isolate-AT1, *Halobacterium salinarum* isolate-22T6, *Haloarcula tradensis* isolate-7T3) and protease and lipase producing moderately halophilic bacterial strains (*Bacillus licheniformis* isolate-MK4, *Staphylococcus saprophyticus* isolate-TR5, *Chromohalobacter canadensis* isolate-YN6, *Halomonas eurihalina* isolate-BL5). The results showed that the cured sheepskin samples with ethanol extract of propolis + mixed culture of extremely halophilic archaeal strains, and ethanol extract of propolis + moderately halophilic bacterial strains were preserved well. The ethanol extract of propolis prevented the growth of enzyme producing isolates. In the leather industry, propolis can be an alternative preservative to reduce the use of chemicals.

REFERENCES

- Burdock, G.A., Review of the biological properties and toxicity of bee propolis (propolis). *Food and Chemical Toxicology*, 36(4), 347-363, 1998.
- Bankova, V.S., De Castro, S.L., Marcucci, M.C., Propolis: recent advances in chemistry and plant origin. *Apidologie*, 31(1), 3-15, 2000.
- Wagh, V.D., Propolis: A wonder bees product and its pharmacological potentials. *Advances in Pharmacological Sciences*, volume 2013, article ID 308249, 11 pages <http://dx.doi.org/10.1155/2013/308249>, 2013.
- Wollenweber, E., Hausen, B.M., Greenaway, W., Phenolic constituents and sensitizing properties of propolis, poplar balsam and balsam of Peru. *Bulletin de Liaison-Groupe Polyphenols*, 15, 112-120, 1990.
- Toreti, V.C., Sato, H.H., Pastore, G.M., Park, Y.K., Recent progress of propolis for its biological and chemical compositions and its botanical origin. *Evidence-based Complementary and Alternative Medicine: eCAM2013*, 2013.
- Sforcin, J.M., Biological properties and therapeutic applications of propolis. *Phytotherapy Research*, 30(6), 894-905, 2016.
- Almuhayawi, M.S., Propolis as a novel antibacterial agent. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 27, 3079-3086, 2020.
- Hausen, B.M., Wollenweber, E., Senff, H., Post, B., Propolis allergy. (II). The sensitizing properties of 1,1-dimethylallyl caffeic acid ester. *Contact Dermatitis*, 17(3), 171-177, 1987.
- Roy, S., Priyadarshi, R., Rhim, J.W., Development of multifunctional pullulan/chitosan-based composite films reinforced with ZnO nanoparticles and propolis for meat packaging applications. *Foods*, 10, 2789. <https://doi.org/10.3390/foods10112789>, 2021.
- Marcucci, M.C., Propolis: chemical composition, biological properties and therapeutic activity. *Apidologie*, 26(2), 83-99, 1995.
- Parolia, A., Thomas, M.S., Kundabala, M., Mohan, M., Propolis and its potential uses in oral health. *International Journal of Medicine and Medical Science*, 2(7), 210-215, 2010.
- Fokt, H., Pereira, A., Ferreira, A.M., Cunha, A., Aguiar, C., How do bees prevent hive infections? The antimicrobial properties of propolis. *Current Research, Technology and Education Topics in Applied Microbiology and Microbial Biotechnology*, 1, 481-493, 2010.
- Sforcin, J.M., Fernandes Jr, A., Lopes, C.A.M., Bankova, V., Funari, S.R.C., Seasonal effect on Brazilian propolis antibacterial activity. *Journal of Ethnopharmacology*, 73(1-2), 243-249, 2000.
- Martin, M.P., Pileggi, R., A quantitative analysis of propolis: a promising new storage media following avulsion. *Dental Traumatology*, 20(2), 85-89, 2004.
- Kasiotis, K.M., Anastasiadou, P., Papadopoulos, A., Machera, K., Revisiting Greek propolis: chromatographic analysis and antioxidant activity study. *PLoS One*, 12(1), e0170077, 2017.
- Babiker, K.S., Idrees, M.D.A., Alumagadam, B.S., Efficacy of propolis extract against *S. aureus*, *P. aeruginosa*, and *K. pneumoniae* strains isolated from patients with wound infection. *Pharmacy & Pharmacology International Journal*, 8(5), 269-272, 2020.
- Uzel, A., Önçağ, Ö., Çoğulu, D., Gençay, Ö., Chemical compositions and antimicrobial activities of four different Anatolian propolis samples. *Microbiological Research*, 160(2), 189-195, 2005.

- El-Dessouki, S.A., El-Khawass, K.A.M.H., Abul-Enein, H. T., HA, T. (2013). Effect of Honey Bee Propolis on Certain Human Bacterial Species (*Bacillus subtilis*, *Escherichia coli* and *Klebsiella pneumoniae*). *Annals of Agricultural Science*, Moshtohor, 51(2), 141-144.
- Pobiega, K., Kraśniewska, K., Przybył, J.L., Bączek, K., Żubernik, J., Witrowa-Rajchert, D., Gniewosz, M., Growth biocontrol of foodborne pathogens and spoilage microorganisms of food by Polish propolis extracts. *Molecules*, 24(16), 2965, 2019.
- Caglayan, P., Birbir, M., Ozbay, O., In vitro antibacterial effect of propolis on reference strains. The 5th International Health Science and Life Congress IHSLC2022, Burdur/Türkiye, 10-12 Mart 2022.
- Birbir, M., Caglayan, P., Birbir, Y., The Destructive Effects of Extremely Halophilic Archaeal Strains on Sheepskins, and Proposals for Remedial Curing Processes Use of sterile brine or direct electric current to prevent red heat damage on salted sheepskins. *Johnson Matthey Technology Review*, 64(4), 489-503, 2020.
- Caglayan, P., Birbir, M., Sánchez-Porro, C., Ventosa, A., Screening of industrially important enzymes produced by moderately halophilic bacteria isolated from salted sheep skins of diverse origin. *Journal of The American Leather Chemists Association*, 112(6), 207-216, 2017.
- Birbir, M., Calli, B., Mertoglu, B., Elevi Bardavid, R., Oren, A., Ogmen M.N., Ogan, A., Extremely halophilic Archaea from Tuz Lake, Turkey, and the adjacent Kaldirim and Kayacik salterns. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 23, 309, 2007.
- Ventosa, A., García, M.T., Kamekura, M., Onishi, H., Ruíz-Berraquero, F., *Bacillus halophilus* sp. nov., a moderately halophilic *Bacillus* species. *Systematic and Applied Microbiology*, 12, 162-166, 1989.
- Orsi, R.O., Sforzin, J.M., Funari, S.R., Bankova, V., Effects of Brazilian and Bulgarian propolis on bactericidal activity of macrophages against *Salmonella typhimurium*. *International Immunopharmacology*, 5(2), 359-368, 2005.
- Elshikh, M., Ahmed, S., Funston, S., Dunlop, P., McGaw, M., Marchant, R., Banat, I.M., Resazurin-based 96-well plate microdilution method for the determination of minimum inhibitory concentration of biosurfactants. *Biotechnology Letters*, 38(6), 1015-1019, 2016.
- Das Murtey, M., Ramasamy, P., Sample Preparations for Scanning Electron Microscopy-Life Sciences, Chapter 8, pp. 161, 2016.
- Scazzocchio, F., D'auria, F., Alessandrini, D., Pantanella, F., Multifactorial aspects of antimicrobial activity of propolis. *Microbiological Research*, 161, 327-333, 2006.
- Przybyłek, I., Karpiński, T.M., Antibacterial properties of propolis. *Molecules*, 24, 2047, 2019.
- Archin, T., Ownagh, A., Tehrani, A.A., Keshipour, S., Application of propolis ethanol extract and propolis nanoemulsion in treatment of cutaneous infection in rabbit. *Iranian Journal of Veterinary Surgery*, 19(1); Serial No: 40, 8-18, 2024.
- Fernandes Júnior, A., Lopes, M. M. R., Colombari, V., Monteiro, A.C.M., Vieira, E.P., Atividade antimicrobiana de própolis de Apis mellifera obtidas em três regiões do Brasil. *Ciência rural*, 36, 294-297, 2006.
- Harfouch, R.M., Mohammad, R., Suliman, H., Antibacterial activity of Syrian propolis extract against several strains of bacteria in vitro. *World Journal Pharmaceutical Sciences*, 6, 42-46, 2016.
- Martinotti, S., Ranzato, E., Propolis: a new frontier for wound healing? *Burns & Trauma*, 3(1), 1-7, 2015.

**FACULTY OF PHARMACY
BHARATH INSTITUTE HIGHER EDUCATION AND RESEARCH CHENNAI
INDIA**

A. Dinesh BABU

Mycobacterium Tuberculosis Drug Resistance Mechanisms Review

G.Akash KUMAR

Mycobacterium Tuberculosis Drug Resistance Mechanisms Review

E.VELMURUGAN

Mycobacterium Tuberculosis Drug Resistance Mechanisms Review

Dr.R.SRINIVASAN

Mycobacterium Tuberculosis Drug Resistance Mechanisms Review

Abstract

Tuberculosis (TB) is a serious public health problem worldwide. Its situation is worsened by the presence of multidrug resistant (MDR) strains of *Mycobacterium tuberculosis*, the causative agent of the disease. In recent years, even more serious forms of drug resistance have been reported. A better knowledge of the mechanisms of drug resistance of *M. Tuberculosis* and the relevant molecular mechanisms involved will improve the available techniques for rapid drug resistance detection and will help to explore new targets for drug activity and development. This review article discusses the mechanisms of action of anti-tuberculosis drugs and the molecular basis of drug resistance in *M. Tuberculosis*.

Keywords: drug resistance, molecular mechanisms, *Mycobacterium tuberculosis*

1. Introduction.

Tuberculosis (TB) remains as an important infectious disease and public health concern worldwide. According to the latest World Health Organization (WHO) report, there were an estimated 8.6 million incident cases of TB in 2012 and 1.3 million deaths were attributed to the disease. More than half a million cases occurred in children and 320,000 deaths were reported among HIV-infected persons [1]. However, even more disturbing is the emergence of drug resistance. In 2012, there were an estimated 450,000 cases of multidrug resistant (MDR)-TB and 170,000 deaths were due to it. MDR-TB is caused by strains of *Mycobacterium tuberculosis* that are resistant to at least rifampicin and isoniazid, two key drugs in the treatment of the disease. Since 2006, it has been recognized the presence of even more resistant strains of *M. tuberculosis* labelled as extensively drug resistant (XDR)-TB . These strains in addition to being MDR are also resistant to any fluoroquinolone and to at least one of the injectable second-line drugs: kanamycin, capreomycin or amikacin. More recently, a more worrying situation has emerged with the description of *M. tuberculosis* strains that have been found resistant to all antibiotics that were available for testing, a situation labelled as totally drug resistant (TDR)-TB . Early detection of all forms of drug resistance in TB is a key factor to reduce and contain the spread of these resistant strains. A better knowledge of the mechanisms of action of anti-TB drugs and the development of drug resistance will allow identifying new drug targets and better ways to detect drug resistance. The following sections will review the mode of action and resistance mechanisms of the main anti-TB drugs as well as new drugs recently described with anti-TB activity.

2. First-Line Anti-TB Drugs

2.1. Rifampicin

Rifampicin is a rifamycin derivative introduced in 1972 as an antituberculosis agent. It is one of the most effective anti-TB antibiotics and together with isoniazid constitutes the basis of the multidrug treatment regimen for TB. Rifampicin is active against growing and non-growing (slow metabolizing) bacilli [8]. The mode of action of rifampicin in *M. tuberculosis* is by binding to the β -subunit of the RNA polymerase, inhibiting the elongation of messenger RNA. The majority of rifampicin-resistant clinical isolates of *M. tuberculosis* harbor mutations in the *rpoB* gene that codes for the β -subunit of the RNA polymerase. As a result of this, conformational changes occur that decrease the affinity for the drug and results in the development of resistance .

In about 96% of *M. tuberculosis* isolates resistant to rifampicin, there are mutations in the so-called “hot-spot region” of 81-bp spanning codons 507–533 of the *rpoB* gene. This region is also known as the rifampicin resistance-determining region . Mutations in codons 516, 526 and 531 are the most commonly associated mutations with rifampicin resistance in the majority of studies . Although less frequent, some reports have also noted the occurrence of mutations outside of the hot-spot region of *rpoB* . Cross-resistance with other rifamycins can occur. Mutations in some codons (e.g., 518 or 529) have been associated with low-level resistance to rifampicin but still susceptible to other rifamycins, such as rifabutin or rifalazil . This is important for TB patients that need to receive antiretroviral therapy since rifabutin is a less effective inducer of the cytochrome P450 CYP3A oxidative enzyme . On the other hand, monoresistance to rifampicin is quite rare and almost all rifampicin-resistant strains are also

resistant to other drugs, especially to isoniazid. This is the reason why rifampicin resistance is considered as a surrogate marker for MDR-TB.

Recent genome sequencing studies have uncovered the acquisition of compensatory mutations in *rpoA* and *rpoC*, encoding the α and β' subunits of RNA polymerase, in rifampicin-resistant strains with mutations in *rpoB*. These compensatory mutations would be responsible for restoring the fitness of these strains *in vivo* and have also been associated with a higher transmissibility in some settings.

2.2. Isoniazid

Isoniazid was introduced in 1952 as an anti-TB agent and it remains, together with rifampicin, as the basis for the treatment of the disease. Unlike rifampicin, isoniazid is only active against metabolically-active replicating bacilli. Also known as isonicotinic acid hydrazide, isoniazid is a pro-drug that requires activation by the catalase/oxidase enzyme KatG, encoded by the *katG* gene, to exert its effect. Isoniazid acts by inhibiting the synthesis of mycolic acids through the NADH-dependent enoyl-acyl carrier protein (ACP)-reductase, encoded by *inhA*. Although simple in its structure, resistance to this drug has been associated with mutations in several genes, such as *katG*, *inhA*, *ahpC*, *kasA* and NDH.

The two main molecular mechanisms of isoniazid resistance are associated with gene mutations in *katG* and *inhA* or its promoter region. Indeed, numerous studies have found mutations in these two genes as the most commonly associated with isoniazid resistance. Among these, the most prevalent gene mutation has been identified as S315T in *katG* resulting in an isoniazid product deficient in forming the isoniazid-NAD adduct needed to exert its antimicrobial activity. This mutation has been consistently associated with high-level resistance (MIC > 1 $\mu\text{g/mL}$) to isoniazid and occurs more frequently in MDR strains. The second most common mutation occurs in the promoter region of *inhA* causing an overexpression of InhA or less frequently, a mutation in its active site, which decreases its affinity for the isoniazid-NAD adduct. The most prevalent mutation found is at position -15C/T and is more commonly associated with low level resistance to isoniazid (MIC < 1 $\mu\text{g/mL}$). Mutations in *inhA* not only cause resistance to isoniazid but also to the structurally related drug ethionamide, which shares the same target. A recent study found that a mutation in the *inhA* regulatory region together with a mutation in the *inhA* coding region produced high-level isoniazid resistance and also cross-resistance to ethionamide.

One recent interesting finding showed that the 4R isomer of the isoniazid-NADP adduct causes inhibition of the dihydrofolate reductase (DfrA) in *M. tuberculosis*, suggesting that mutations in *dfrA* could possibly play a role in resistance to isoniazid. Moreover, an analysis of the proteome of isoniazid targets in *M. tuberculosis* identified 16 other proteins, in addition to InhA and DfrA, that were bound by these adducts with high affinity, which could signal other not yet clearly defined actions of isoniazid on the bacteria. Two recent studies, however, have failed to identify any mutation in *dfrA* associated with resistance to isoniazid.

In *M. tuberculosis*, *ahpC* encodes an alkyl hydroperoxidase reductase that is implicated in resistance to reactive oxygen intermediates and it was initially proposed that mutations in the promoter of *ahpC* could be used as proxy markers for isoniazid resistance. It is now better understood that mutations in the promoter of *ahpC* are compensatory mutations for the loss of

catalase/peroxidase activity rather than the cause for isoniazid resistance . Moreover, overexpression of AhpC does not confer resistance to isoniazid [39].

Several studies have found single nucleotide polymorphisms in other genes in isoniazid resistant clinical isolates of *M. tuberculosis*, including *kasA* and the *oxyR-ahpC* and *furA-katG* intergenic regions . However, their direct role as a cause of isoniazid resistance has not been fully demonstrated. On the other hand, co-resistance to isoniazid and ethionamide has been clearly demonstrated to be caused by mutations in *ndh* in *M. smegmatis* and *M. bovis* BCG, by altering the NADH/NAD ratios inside the cell, leading to a competitive inhibition of the INH-NAD adduct . A recent study has also found that a silent mutation in *mabA* conferred isoniazid resistance through upregulation of *inhA* in *M. tuberculosis* .

2.3. Ethambutol

Ethambutol was first introduced in the treatment of TB in 1966 and is part of the current first-line regimen to treat the disease. Ethambutol is bacteriostatic against multiplying bacilli interfering with the biosynthesis of arabinogalactan in the cell wall . In *M. tuberculosis*, the genes *embCAB*, organized as an operon, code for arabinosyl transferase, which is involved in the synthesis of arabinogalactan, producing the accumulation of the intermediate D-arabinofuranosyl-P-decaprenol. The recognized mechanism of resistance to ethambutol has been linked to mutations in the gene *embB* with mutations at position *embB306* as the most prevalent in most of the studies performed .Some studies, however, have also found mutations in *embB306* in ethambutol susceptible isolates . Moreover, a study with a large number of *M. tuberculosis* isolates found that mutations in *embB306* were not necessarily associated with resistance to ethambutol but with a predisposition to develop resistance to increasing number of drugs and to be transmitted. In fact, allelic exchange studies have shown that individual mutations causing certain amino acid substitutions produced ethambutol resistance, while other amino acid substitutions had little or no effect on ethambutol resistance . The same authors have more recently reported that mutations in the decaprenylphosphoryl-B-D-arabinose (DPA) biosynthetic and utilization pathway genes, *Rv3806c* and *Rv3792*, together with mutations in *embB* and *embC* accumulate, giving rise to a range of MICs of ethambutol depending on mutation type and number . These findings could have influence on the correct detection of ethambutol resistance by current molecular methods. Mutations in *embB306* then, cause variable degrees of ethambutol resistance and are required but are not enough to cause high-level resistance to ethambutol. There remain about 30% ethambutol resistant strains that do not present any mutation in *embB* stressing the need to identify other possible mechanisms of drug resistance to this drug.

2.4. Pyrazinamide

Pyrazinamide was introduced into TB treatment in the early 1950s and constitutes now part of the standard first-line regimen to treat the disease. Pyrazinamide is an analog of nicotinamide and its introduction allowed reducing the length of treatment to six months. It has the characteristic of inhibiting semi-dormant bacilli residing in acidic environments such as found in the TB lesions . Pyrazinamide is also a pro-drug that needs to be converted to its active form, pyrazinoic acid, by the enzyme pyrazinamidase/nicotinamidase coded by the *pncA* gene .The proposed mechanism of action of pyrazinamide involves conversion of pyrazinamide to pyrazinoic acid, which disrupts the bacterial membrane energetics inhibiting membrane

transport. Pyrazinamide would enter the bacterial cell by passive diffusion and after conversion to pyrazinoic acid it is excreted by a weak efflux pump. Under acid conditions, the protonated pyrazinoic acid would be reabsorbed into the cell and accumulated inside, due to an inefficient efflux pump, resulting in cellular damage. One study has also found that pyrazinoic acid and its *n*-propyl ester can inhibit the fatty acid synthase type I in replicating *M. tuberculosis* bacilli. A recent study, however, has challenged the previous model by proposing that pyrazinoic acid inhibits trans-translation, a process of ribosome-sparing in *M. tuberculosis*. The study was performed in pyrazinamide-resistant strains lacking mutations in *pncA* but that had mutations in *rpsA* identifying the ribosomal protein 1 (RpsA) as the proposed target. Overexpression of RpsA conferred increased resistance to pyrazinamide and pyrazinoic acid was confirmed to be bound to RpsA. While a very intriguing hypothesis as a target for pyrazinamide, the failure to perform allelic transfers in this study makes it difficult to conclude that in fact mutations in *rpsA* are the target of pyrazinamide. Mutations in the gene *pncA* remain as the most common finding in pyrazinamide resistant strains. These mutations, however, are scattered throughout the gene but most occur in a 561-bp region in the open reading frame or in an 82-bp region of its putative promoter. Some few studies have reported the occurrence of pyrazinamide resistant strains without any mutation in *pncA* stating that the resistance could be due to mutations in another not yet identified regulatory gene. Based on the current evidence, the contribution of mutations in *rpsA* to pyrazinamide resistance remains limited.

2.5. Streptomycin

Originally isolated from the soil microorganism *Streptomyces griseus*, streptomycin was the first antibiotic to be successfully used against TB. Unfortunately, as soon as it was prescribed, resistance to it emerged, a result of being administered as monotherapy. Streptomycin is an aminocyclitol glycoside active against actively growing bacilli and its mode of action is by inhibiting the initiation of the translation in the protein synthesis. More specifically, streptomycin acts at the level of the 30S subunit of the ribosome at the ribosomal protein S12 and the 16S rRNA coded by the genes *rpsL* and *rrs*, respectively.

Consequently, mutations in *rpsL* and *rrs* are the major mechanisms of resistance to streptomycin but account for 60%–70% of the resistance found. Among the mutations reported in *rpsL*, a substitution in codon 43 from lysine to arginine has been the most commonly reported. This mutation produces high-level resistance to streptomycin. In *rrs* the most common mutations occur around nucleotides 530 and 915. There remain an important percentage of strains resistant to streptomycin that lack mutations in either of these two genes, suggesting additional mechanisms of resistance.

In the last years, it has also been reported that mutations in *gidB*, a gene encoding a conserved 7-methylguanosine methyltransferase specific for the 16S rRNA, confers low-level resistance to streptomycin

3. Second-Line Anti-TB Drugs

3.1. Fluoroquinolones

Fluoroquinolones are currently in use as second-line drugs in the treatment of MDR-TB. Both ciprofloxacin and ofloxacin are synthetic derivatives of the parent compound nalidixic acid, discovered as a by-product of the antimalarial chloroquine. Newer-generation quinolones such

as moxifloxacin and gatifloxacin are being evaluated in clinical trials and proposed as first-line antibiotics with the purpose of shortening the length of treatment in TB.

The mode of action of fluoroquinolones is by inhibiting the topoisomerase II (DNA gyrase) and topoisomerase IV, two critical enzymes for bacterial viability. These proteins are encoded by the genes *gyrA*, *gyrB*, *parC* and *parE*, respectively. In *M. tuberculosis*, only type II topoisomerase (DNA gyrase) is present and, thus, is the only target of fluoroquinolone activity]. Type II topoisomerase is a tetramer formed by two α and β subunits, coded by *gyrA* and *gyrB*, respectively, which catalyzes the supercoiling of DNA. The main mechanism of development of fluoroquinolone resistance in *M. tuberculosis* is by chromosomal mutations in the quinolone resistance-determining region of *gyrA* or *gyrB*. The most frequent mutations found are at position 90 and 94 of *gyrA* but mutations at position 74, 88 and 91 have also been reported. A recent systematic review of fluoroquinolone-resistance-associated gyrase mutations in *M. tuberculosis* has been published.

One interesting finding in *M. tuberculosis* is the presence of a natural polymorphism at position 95 in *gyrA* that is not related to fluoroquinolone resistance since it is also found in fluoroquinolone-susceptible strains. Another interesting finding has been the report that the simultaneous occurrence of mutations T80A and A90G in *gyrA* led to hypersusceptibility to several quinolones. This finding could point out that the problem of fluoroquinolone resistance in *M. tuberculosis* might be more complex than was thought initially.

Cross-resistance is assumed to occur between fluoroquinolones although isolated reports have acknowledged the presence of strains resistant to gatifloxacin and moxifloxacin that were still susceptible to ofloxacin. Also, the involvement of efflux mechanisms has been suggested as a possible cause for fluoroquinolone resistance in *M. tuberculosis*.

3.2. Kanamycin, Capreomycin, Amikacin, Viomycin

These four antibiotics have the same mechanism of action by inhibiting the protein synthesis but, while kanamycin and amikacin are aminoglycosides, capreomycin and viomycin are cyclic peptide antibiotics. All four are second-line drugs used in the management of MDR-TB.

Kanamycin and amikacin inhibit protein synthesis by alteration at the level of 16S rRNA. The most common mutations found in kanamycin-resistant strains are at position 1400 and 1401 of the *rrs* gene, conferring high-level resistance to kanamycin and amikacin. However, mutations at position 1483 have also been reported. Full cross-resistance between kanamycin and amikacin is not complete, as previously thought. Some studies have shown variable levels and patterns of resistance suggesting that other mechanisms of resistance might be possible. In concordance with this, a low-level resistance to kanamycin has been associated with mutations in the promoter region of the *eis* gene, encoding an aminoglycoside acetyltransferase. Mutations at position -10 and -35 of the *eis* promoter led to an overexpression of the protein and low-level resistance to kanamycin but not to amikacin. These mutations were found in up to 80% of clinical isolates showing low-level resistance to kanamycin.

Capreomycin and viomycin, on the other hand, have a similar structure and bind at the same site in the ribosome, at the interface of the small and large subunits. They show full cross-resistance as reported in previous studies. Mutations in the *tlyA* gene have also been associated

with resistance to capreomycin and viomycin. TlyA is an rRNA methyltransferase specific for 2'-O-methylation of ribose in rRNA. Mutations in *tlyA* determine the absence of methylation activity. Although some studies did not find this association, a recent meta-analysis, evaluating the association of genetic mutations and resistance to second-line drugs, has confirmed the presence of *tlyA* mutations in addition to mutations in *rrs* and *eis*.

3.3. Ethionamide

Ethionamide is a derivative of isonicotinic acid structurally similar to isoniazid. It is also a pro-drug requiring activation by a monooxygenase encoded by the *ethA* gene. It interferes with the mycolic acid synthesis by forming an adduct with NAD that inhibits the enoyl-ACP reductase enzyme. EthA is regulated by the transcriptional repressor EthR. Resistance to ethionamide occurs by mutations in *etaA/ethA*, *ethR* and also mutations in *inhA*, which cause resistance to both isoniazid and ethionamide [95,96]. Moreover, studies with spontaneous isoniazid- and ethionamide-resistant mutants of *M. tuberculosis* found that they map to *mshA*, encoding an enzyme essential for mycothiol biosynthesis.

3.4. Para-Amino Salicylic Acid

Although it was one of the first anti-tuberculosis drugs used in the treatment of the disease, together with isoniazid and streptomycin, para-amino salicylic acid or PAS is now considered as a second-line drug part of the treatment regimen for MDR-TB. Until recently, its mechanism of action was not completely defined. It has been proposed that being an analog of para-amino benzoic acid, it must compete with it for dihydropteroate synthase, interfering in the process of folate synthesis. A study using transposon mutagenesis identified mutations in the *thyA* gene associated with resistance to PAS that were also present in clinical isolates resistant to PAS. A recent study has also identified various missense mutations in *folC* encoding dihydrofolate synthase that conferred resistance to PAS in laboratory isolates of *M. tuberculosis*. In a panel of 85 clinical MDR-TB isolates, mutations in *folC* were identified in five isolates resistant to PAS. Nevertheless, just less than 40% of PAS-resistant strains had mutations in *thyA* indicating that still other mechanisms of resistance to the drug might exist.

3.5. Cycloserine

Cycloserine is an oral bacteriostatic second-line anti-tuberculosis drug used in MDR-TB treatment regimens. It is an analog of D-alanine that by blocking the activity of D-alanine: D-alanine ligase inhibits the synthesis of peptidoglycan. It can also inhibit D-alanine racemase (AlrA) needed for the conversion of L-alanine to D-alanine. Although the actual target of cycloserine in *M. tuberculosis* is not completely elucidated, in previous studies in *M. smegmatis* it was shown that overexpression of *alrA* led to resistance to cycloserine in recombinant mutants. More recently, it has also been shown that a point mutation in *cycA*, which encodes a D-alanine transporter, was partially responsible for resistance to cycloserine in *M. bovis* BCG.

3.6. Thioacetazone

Thioacetazone is an old drug that was used in the treatment of TB due to its favourable *in vitro* activity against *M. tuberculosis* and its very low cost. It has toxicity problems, however,

especially in patients co-infected with HIV. It belongs to the group 5 drugs of the WHO and acts by inhibiting mycolic acid synthesis.

3.7. Macrolides

Macrolides are more frequently recommended for the treatment of other mycobacterial infections due to their limited activity against *M. tuberculosis*. Among them, clarithromycin is considered as part of the group 5 drugs of the WHO. Intrinsic resistance to macrolides has been attributed to low cell wall permeability and the expression of *emr37*, a gene that codifies for a methylase at a specific site in the 23S rRNA, blocking the binding of the antibiotic. In studies performed with *M. tuberculosis* and *Mycobacterium microti* it was found that this intrinsic resistance was inducible with sub-inhibitory concentrations of clarithromycin, leading to four- to eight-fold increase in MIC values. Moreover, in studies performed with clinical isolates of *M. tuberculosis*, sub-inhibitory concentrations of ethambutol reversed resistance to clarithromycin, signalling a permeability barrier as the cause of the intrinsic resistance to the macrolide.

3.8. Clofazimine

Clofazimine is a riminophenazine compound reported long ago as having anti-TB activity. Due to the availability of other effective anti-TB drugs at the time and some undesirable side-effects, such as pigmentation of the skin, its use was more limited to the treatment of leprosy. It is now considered in the group 5 drugs of the WHO for the management of MDR-TB. Until recently, the exact mode of action of this antibiotic was not completely understood. Recent studies, however, have signalled the outer membrane as the possible target of clofazimine. Another study found that in *M. tuberculosis* clofazimine is reduced by NADH dehydrogenase and subsequently after spontaneous reoxidation liberates bactericidal levels of reactive oxygen species (ROS).

Resistance to clofazimine has not yet been fully characterized; however, a recent study has found that in spontaneous mutants of the reference strain H37Rv, mutations in the transcriptional regulator Rv0678 caused an upregulation of MmpL5, a multisubstrate efflux pump, which not only caused resistance to clofazimine but also to bedaquiline

3.9. Linezolid

Also part of the category 5 drugs of second-line anti-TB drugs, linezolid is an oxazolidinone originally approved for clinical use in the treatment of skin infections and nosocomial pneumonia caused by Gram-positive bacteria. The mode of action of linezolid is by inhibition of an early step in the synthesis of proteins, binding to the 50S ribosomal subunit. Resistance to linezolid in *M. tuberculosis* is still unusual, but a study analyzing 210 MDR strains found 1.9% of strains being resistant to linezolid. Further analysis of *in vitro* selected linezolid-resistant mutants found that strains with mutations in the 23S rRNA had MICs of 16–32 µg/mL, while strains with MICs of 4–8 µg/mL or susceptible strains showed no mutations. A more recent study using next-generation sequencing has also found the mutation T460C in *rplC*, encoding the 50S ribosomal L3 protein, in *in vitro*-selected mutants and clinical isolates of *M. tuberculosis* resistant to linezolid. Previous studies have also found evidence of the possible involvement of efflux pumps in the resistance of *M. tuberculosis* to linezolid.

Table 1

First- and second-line TB drugs, genes involved in their activation and mechanisms involved.

Drug	Gene	Mechanism Involved
Isoniazid	<i>katG, inhA</i>	Catalase/peroxidase; enoyl reductase
Rifampicin	<i>rpoB</i>	RNA polymerase
Pyrazinamide	<i>pncA, rpsA</i>	Pyrazinamidase; ribosomal protein 1
Ethambutol	<i>embB</i>	Arabinosyl transferase
Streptomycin	<i>rpsL, rrs, gidB</i>	S12 ribosomal protein, 16A rRNA, 7-methylguanosine methyltransferase
Quinolones	<i>gyrA, gyrB</i>	DNA gyrase
CaprMachi athu nan ni velu register panitAn daeomycin	<i>rrs, tlyA</i>	16S rRNA, rRNA methyltransferase
Kanamycin/Amikacin	<i>rrs</i>	16S rRNA
Ethionamide	<i>ethA</i>	Enoyl-ACP reductase
Para-aminosalicylic acid	<i>thyA, folC</i>	Thymidylate synthase A

4. New Anti-TB Drugs

Notwithstanding the alleged lack of interest of the pharmaceutical industry for the development of new antibiotics, there are several anti-tuberculosis drugs in the pipeline and some of them are already being evaluated in clinical trials and in new combinations with the purpose of reducing the length of TB treatment.

4.1. Bedaquiline

Formerly known as TMC207 or R207910, bedaquiline is a new antibiotic belonging to the class of diarylquinolines with specific activity against *M. tuberculosis*, which has also shown *in vitro* activity against other non-tuberculous mycobacteria. Bedaquiline was discovered after a high-throughput evaluation of thousands of compounds using *Mycobacterium smegmatis* in a whole-cell assay. The drug showed *in vitro* and *in vivo* activity against *M. tuberculosis* and then entered into clinical evaluation for drug susceptible and MDR-TB. Based on the results of two phase II clinical trials, bedaquiline has recently received conditional approval for the treatment of MDR-TB under the trade name Sirturo. A “black box” warning is, however, accompanying this authorization due to the reported unexplained deaths and QT interval prolongation. Recent reviews and evaluation of this new drug have been published. A phase III clinical trial was scheduled to begin in 2013 but has not yet started. Bedaquiline is also being evaluated in new combination regimens with the purpose of reducing the length of treatment.

The mode of action of bedaquiline is by inhibiting the ATP synthase of *M. tuberculosis*, which was a completely new target of action for an antimycobacterial drug. This mode of action was discovered by analyzing *M. tuberculosis* and *M. smegmatis* mutants resistant to bedaquiline. By sequencing the genome of these mutants and comparing to that of the susceptible strains, the only mutation found was in the *atpE* gene, which encodes the c part of the F₀ subunit of the ATP synthase. This is a complex structure that generates the ATP needed by the mycobacterial cell. For which bedaquiline has a favored specificity compared to mitochondrial ATP synthase. The structure of bedaquiline is shown. The most prevalent mutation in the *atpE* gene found in bedaquiline resistant mutants is A63P but also I66M has been found. The latter introduces a

modification that interferes the proper binding of bedaquiline to its target . Nevertheless, in a study to further assess the mechanisms of resistance to bedaquiline in *M. tuberculosis*, it was found that only 15 out of 53 resistant mutants had mutations in *atpE*. The other 38 strains lacked mutations in *atpE* or even in the F0 or F1 operons, which suggests that other mechanisms of resistance are still possible.

4.2. Delamanid

Delamanid, previously known as OPC-67683, is a derivative of nitro-dihydro-imidazooxazole with activity against *M. tuberculosis* that acts by inhibiting the synthesis of mycolic acid and is undergoing clinical evaluation in a phase III trial. The structure of delamanid is shown in Figure 2. Delamanid was previously shown to have a very good *in vitro* and *in vivo* activity against drug-susceptible and drug-resistant *M. tuberculosis*], as well as good early bactericidal activity comparable to that of rifampicin .Delamanid has more recently shown its safety and efficacy in a clinical evaluation for MDR-TB .The specific mode of action of delamanid is by inhibition of the mycolic acid synthesis but it differs from isoniazid in that, it only inhibits methoxy- and keto-mycolic acid while isoniazid also inhibits α -mycolic acid .Delamanid also requires reductive activation by *M. Tuberculosis* to exert its activity. In experimentally generated delamanid-resistant mycobacteria, a mutation was found in the Rv3547 gene, suggesting its role in the activation of the drug.

4.3. PA-824

PA-824 is a bicyclic derivative of nitroimidazole that showed specific activity against *M. Tuberculosis* .The structure of PA-824.This small-molecule compound showed a very good *in vitro* and *in vivo* activity in animal models and it also showed to be safe and well tolerated . PA-824 is currently undergoing further clinical evaluations .PA-824 needs to be activated by a nitroreductase to exert its activity and it inhibits the synthesis of protein and cell wall lipids .The mechanism of resistance to PA-824 has been shown to be most commonly associated with loss of a specific glucose-6-phosphate dehydrogenase (FGD1) or the dezaflavin cofactor F420. More recently, a nitroimidazo-oxazine-specific protein causing minor structural changes in the drug has also been identified .

4.4. SQ-109

Compound SQ-109 is a synthetic analogue of ethambutol that has shown *in vitro* and *in vivo* activity against drug-susceptible and drug-resistant *M. tuberculosis*. The structure of SQ-109 is shown in Figure 4. It has also been shown to possess synergistic *in vitro* activity when combined with first-line drugs, and more interestingly, when combined with bedaquiline and the oxazolidinone PNU-10048]. SQ-109 is currently being evaluated in a phase II clinical trials.The mode of action of SQ-109 is by interfering with the assembly of mycolic acids into the bacterial cell wall core, resulting in accumulation of trehalose monomycolate, a precursor of the trehalose dimycolate. Transcriptional studies have shown that, similar to other cell wall inhibitors such as isoniazid and ethambutol, SQ-109 induces the transcription of the *iniBAC* operon required for efflux pump functioning . Moreover, by producing spontaneously generated resistant mutants to SQ-109 analogs and performing whole-genome sequencing, mutations in the *mmpL3* gene were identified, suggesting MmpL3 as the target of SQ-109 and signaling MmpL3 as transporter of trehalose monomycolate .

4.5. Benzothiazinones

A new class of drug with antimycobacterial activity, 1,3-benzothiazin-4-one or benzothiazinone (BTZ), was recently described . The lead compound 2-[2-S-methyl-1,4-dioxo-8-azaspiro[4.5]dec-8-yl]-8-nitro-6-(trifluoromethyl)-4H-1,3-benzothiazin-4-one (BTZ043) was found to have *in vitro*, *ex vivo* and *in vivo* activity against *M. tuberculosis*. It was also found to be active against drug-susceptible and MDR clinical isolates of *M. tuberculosis*. By transcriptome analysis, the mode of action of BTZ043 was initially spotted at the cell wall biogenesis level. By further genetic analysis, using *in vitro* generated mutants, the target of the drug was identified at the level of the gene rv3790, which together with rv3791 encode proteins that catalyze the epimerization of decaprenylphosphoryl ribose (DPR) to decaprenylphosphoryl arabinose (DPA), a precursor for arabinan synthesis needed for the bacterial cell wall . DprE1 and DprE2 were proposed as names for these two key enzymes. More recent studies have characterized more precisely the mechanism of action of BTZ043 by showing that the drug is activated in the bacteria through reduction of an essential nitro group to a nitroso derivative, which can react with a cysteine residue in DprE1. In studies with *M. smegmatis*, an alternative mechanism of resistance has been suggested. The overexpression of a nitroreductase NfnB led to the inactivation of the drug by reducing an essential nitro group to an amino group . Although *M. tuberculosis* apparently lacks nitroreductases able to reduce the drug, this finding could be important for development of new BTZ analogues with improved activity.

Just recently a series of piperazine-containing BTZs has been reported. The lead compound PBTZ169 has improved activity, safety and efficacy in animal models and has shown *in vitro* synergy with bedaquiline signaling it as an attractive new candidate for further clinical development .

5. Concluding Remarks

Drug resistance in TB remains a man-made phenomenon. It emerges as a result of spontaneous gene mutations in *M. tuberculosis* that render the bacteria resistant to the most commonly used anti-TB drugs. Among the reasons for this, the non-compliance with the treatment regimens is signaled as the first cause. The standard treatment of TB calls for a six-month regimen of four drugs that in the case of MDR-TB is extended to 18–24 months involving second-line drugs. This makes compliance with the treatment regimens very challenging and the rates of non-adherence could be high, resulting in poor outcomes and further dissemination of MDR strains.

Notwithstanding the fact that mutations in a number of genes are clearly associated with drug resistance in *M. tuberculosis*, there are still many cases where resistant strains do not harbor any known mutation. For example, a recent study using whole-genome sequencing identified new genes and intergenic regions that were associated with drug resistance and its evolution, showing that TB drug resistance is a phenomenon more complex than previously assumed . More clarification is needed on the role of specific gene mutations and the development of MDR- or XDR-TB, or the relation between drug resistance and fitness of the bacteria. A better knowledge is also required on the role of efflux pump mechanisms and the development of clinical drug resistance, or the role of porins, if any, on the intrinsic resistance to certain antibiotics. It is, thus, quite important to further our knowledge of additional mechanisms of drug resistance to the available anti-TB drugs. This could have a major impact on the dynamics of TB transmission and for the discovery and development of new anti-TB drugs.

References

1. World Health Organization . *Global Tuberculosis Report 2013*. WHO/HTM/TB/2013.11; Geneva, Switzerland: 2013
2. Centers for Disease Control and Prevention Emergence of *Mycobacterium tuberculosis* with extensive resistance to second-line drugs—worldwide, 2000–2004. *MMWR Morb. Mortal. Wkly.*
3. World Health Organization . *Multidrug and Extensively Drug-resistant TB (M/XDR-TB)* WHO/HTM/TB/2010.3; Geneva, Switzerland: 2010. 2010 Global Report on Surveillance and Response.
4. Gandhi N.R., Moll A., Sturm A.W., Pawinski R., Govender T., Lalloo U., Zeller K., Andrews J., Friedland G. Extensively drug-resistant tuberculosis as a cause of death in patients co-infected with tuberculosis and HIV in a rural area of South Africa. *Lancet.* 2006;368:1575–1580. doi: 10.1016/S0140-6736(06)69573-1.
5. Velayati A.A., Masjedi M.R., Farnia P., Tabarsi P., Ghanavi J., Ziazarifi A.H., Hoffner S.E. Emergence of new forms of totally drug-resistant tuberculosis bacilli: Super extensively drug-resistant tuberculosis or totally drug-resistant strains in Iran. *Chest.* 2009;136:420–425. doi: 10.1378/chest.08-2427.
6. Udhwadia Z.F., Amale R.A., Ajbani K.K., Rodrigues C. Totally drug-resistant tuberculosis in India. *Clin. Infect. Dis.* 2012;54:579–581. doi: 10.1093/cid/cir889.]
7. Migliori G.B., Centis R., D’Ambrosio L., Spanevello A., Borroni E., Cirillo D.M., Sotgiu G. Totally drug-resistant and extremely drug-resistant tuberculosis: The same disease? *Clin. Infect. Dis.* 2012;54:1379–1380.
8. Mitchison D.A. Basic mechanisms of chemotherapy. *Chest.* 1979;76:771–781. doi: 10.1378/chest.76.6_Supplement
9. Blanchard J.S. Molecular mechanisms of drug resistance in *Mycobacterium tuberculosis*. *Annu. Rev. Biochem.* 1996;65:215–239. doi: 10.1146/annurev.bi.65.070196.001243.
10. Telenti A., Imboden P., Marchesi F., Lowrie D., Cole S., Colston M.J., Matter L., Schopfer K., Bodmer T. Detection of rifampicin-resistance mutations in *Mycobacterium tuberculosis*. *Lancet.* 1993;341:647–550. doi: 10.1016/0140-6736(93)90417-F.
11. Ramaswamy S., Musser J.M. Molecular genetic basis of antimicrobial agent resistance in *Mycobacterium tuberculosis*: 1998 update. *Tuber.*
12. Somoskovi A., Parsons L.M., Salfinger M. The molecular basis of resistance to isoniazid, rifampin, and pyrazinamide in *Mycobacterium tuberculosis*. *Respir. Res.* 2001;2:164–168. doi: 10.1180654.
13. Caws M., Duy P.M., Tho D.Q., Lan N.T., Hoa D.V., Farrar J. Mutations prevalent among rifampin and isoniazid-resistant *Mycobacterium tuberculosis* isolates from a hospital in Vietnam. *J. Clin. Microbiol.* 2006;44:2333–2337. doi: 10.1128/JCM.00330-06.
14. Heep M., Rieger U., Beck D., Lehn N. Mutations in the beginning of the *rpoB* gene can induce resistance to rifamycins in both *Helicobacter pylori* and *Mycobacterium tuberculosis*. *Antimicrob. Agents Chemother.* 2000;44:1075–1077. doi: 10.1128/AAC.44.4.1075-1077.2000.
15. Siu G.K., Zhang Y., Lau T.C., Lau R.W., Ho P.L., Yew W.W., Tsui S.K., Cheng V.C., Yuen K.Y., Yam W.C. Mutations outside the rifampicin resistance-determining region associated with rifampicin resistance in *Mycobacterium tuberculosis*. *J. Antimicrob. Chemother.* 2011;66:730–733. doi: 10.1093/jac/dkq519.

16. Yang B., Koga H., Ohno H., Ogawa K., Fukuda M., Hirakata Y., Maesaki S., Tomono K., Tashiro T., Kohno S. Relationship between antimycobacterial activities of rifampicin, rifabutin and KRM-1648 and *rpoB* mutations of *Mycobacterium tuberculosis*. *J. Antimicrob. Chemother.* 1998;42:621–628. doi: 10.1093/jac/42.5.621.
17. Cavusoglu C., Karaca-Derici Y., Bilgic A. *In-vitro* activity of rifabutin against rifampicin-resistant *Mycobacterium tuberculosis* isolates with known *rpoB* mutations. *Clin. Microbiol. Infect.* 2004;10:662–665. doi: 10.1111/j.1469-0691.2004.00917.x.
18. Burman W.J., Jones B.E. Treatment of HIV-related tuberculosis in the era of effective antiretroviral therapy. *Am. J. Respir. Crit. Care Med.* 2001;164:7–12. doi: 10.1164/ajrccm.164.1.2101033.
19. Traore H., Fissette K., Bastian I., Devleeschouwer M., Portaels F. Detection of rifampicin resistance in *Mycobacterium tuberculosis* isolates from diverse countries by a commercial line probe assay as an initial indicator of multidrug resistance. *Int. J. Tuberc. Lung Dis.* 2000;4:481–484.
20. Comas I., Borrell S., Roetzer A., Rose G., Malla B., Kato-Maeda M., Galagan J., Niemann S., Gagneux S. Whole-genome sequencing of rifampicin-resistant *Mycobacterium tuberculosis* strains identifies compensatory mutations in RNA polymerase genes. *Nat. Genet.* 2011;44:106–110.
21. Brandis G., Hughes D. Genetic characterization of compensatory evolution in strains carrying *rpoB* Ser531Leu, the rifampicin resistance mutation most frequently found in clinical isolates. *J. Antimicrob. Chemother.* 2013;68:2493–2497. doi: 10.1093/jac/dkt224.
22. De Vos M., Müller B., Borrell S., Black P.A., van Helden P.D., Warren R.M., Gagneux S., Victor T.C. Putative compensatory mutations in the *rpoC* gene of rifampin-resistant *Mycobacterium tuberculosis* are associated with ongoing transmission
23. Zhang Y., Heym B., Allen B., Young D., Cole S. The catalase-peroxidase gene and isoniazid resistance of *Mycobacterium tuberculosis*. *Nature.* 1992;358:591–593. doi: 10.1038/358591a0.
24. Rawat R., Whitty A., Tonge P.J. The isoniazid-NAD adduct is a slow, tight-binding inhibitor of InhA, the *Mycobacterium tuberculosis* enoyl reductase: Adduct affinity and drug resistance. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.* 2003;100:13881–13886. doi: 10.1073/pnas.2235848100. [PMC free article] [PubMed] [CrossRef] [Google Scholar]
25. Ramaswamy S.V., Reich R., Dou S.J., Jasperse L., Pan X., Wanger A., Quitugua T., Graviss E.A. Single nucleotide polymorphisms in genes associated with isoniazid resistance in *Mycobacterium tuberculosis*. *Antimicrob. Agents Chemother.* 2003;47:1241–1250. doi: 10.1128/AAC.47.4.1241-1250.2003.]
26. Hazbón M.H., Brimacombe M., Bobadilla del Valle M., Cavatore M., Guerrero M.I., Varma-Basil M., Billman-Jacobe H., Lavender C., Fyfe J., García-García L., et al. Population genetics study of isoniazid resistance mutations and evolution of multidrug-resistant *Mycobacterium tuberculosis*. *Antimicrob. Agents Chemother.*
27. Vilchèze C., Jacobs W.R., Jr. The mechanism of isoniazid killing: Clarity through the scope of genetics. *Annu. Rev. Microbiol.* 2007;61:35–50. doi: 10.1146/annurev.micro.61.111606.122346
28. Rozwarski D.A., Grant G.A., Barton D.H., Jacobs W.R., Jr., Sacchettini J.C. Modification of the NADH of the isoniazid target (InhA) from *Mycobacterium tuberculosis*. *Science.* 1998;279:98–102. doi: 10.1126/science.279.5347.98.

29. Fenner L., Egger M., Bodmer T., Altpeter E., Zwahlen M., Jatou K., Pfyffer G.E., Borrell S., Dubuis O., Bruderer T., et al. Effect of mutation and genetic background on drug resistance in *Mycobacterium tuberculosis*. *Antimicrob. Agents Chemother.*
30. Banerjee A., Dubnau E., Quemard A., Balasubramanian V., Um K.S., Wilson T., Collins D., de Lisle G., Jacobs W.R., Jr. *InhA*, a gene encoding a target for isoniazid and ethionamide in *Mycobacterium tuberculosis*. *Science.*
31. Larsen M.H., Vilchèze C., Kremer L., Besra G.S., Parsons L., Salfinger M., Heifets L., Hazbon M.H., Alland D., Sacchettini J.C., et al. Overexpression of *inhA*, but not *katA*, confers resistance to isoniazid and ethionamide in *Mycobacterium smegmatis*, *M. bovis* BCG and *M. tuberculosis*
32. Machado D., Perdigão J., Ramos J., Couto I., Portugal I., Ritter C., Boettger E.C., Viveiros M. High-level resistance to isoniazid and ethionamide in multidrug-resistant *Mycobacterium tuberculosis* of the Lisboa family is associated with *inhA* double mutations. *J. Antimicrob. Chemother.*
33. Argyrou A., Vetting M.W., Aladegbami B., Blanchard J.S. *Mycobacterium tuberculosis* dihydrofolate reductase is a target for isoniazid.
34. Argyrou A., Jin L., Siconilfi-Baez L., Angeletti R.H., Blanchard J.S. Proteome-wide profiling of isoniazid targets in *Mycobacterium tuberculosis*. *Biochemistry.* 2006;45:13947–13953. doi: 10.1021/bi061874m.
35. Ho Y.M., Sun Y.J., Wong S.Y., Lee A.S. Contribution of *dfrA* and *inhA* mutations to the detection of isoniazid-resistant *Mycobacterium tuberculosis* isolates. *Antimicrob. Agents Chemother.* 2009;53:4010–4012. doi: 10.1128/AAC.00433-09.
36. Wang F., Jain P., Gulten G., Liu Z., Feng Y., Ganesula K., Motiwala A.S., Ioerger T.R., Alland D., Vilchèze C., et al. *Mycobacterium tuberculosis* dihydrofolate reductase is not a target relevant to the antitubercular activity of isoniazid. *Antimicrob. Agents Chemother.* 2010;54:3776–3782. doi: 10.1128/AAC.00453-10. [PMC free article] [PubMed] [CrossRef] [Google Scholar]
37. Rinder H., Thomschke A., Rüsç-Gerdes S., Bretzel G., Feldmann K., Rifai M., Löscher T. Significance of *ahpC* promoter mutations for the prediction of isoniazid resistance in *Mycobacterium tuberculosis*. *Eur. J. Clin. Microbiol. Infect. Dis.* 1998;17:508–511. [PubMed] [Google Scholar]
38. Sherman D.R., Mdluli K., Hickey M.J., Arain T.M., Morris S.L., Barry C.E., 3rd., Stover C.K. Compensatory *ahpC* gene expression in isoniazid-resistant *Mycobacterium tuberculosis*. *Science.* 1996;272:1641–1643. [PubMed] [Google Scholar]
39. Heym B., Stavropoulos E., Honoré N., Domenech P., Saint-Joanis B., Wilson T.M., Collins D.M., Colston M.J., Cole S.T. Effects of overexpression of the alkyl hydroperoxide reductase *AhpC* on the virulence and isoniazid resistance of *Mycobacterium tuberculosis*. *Infect. Immun.* 1997;65:1395–1401. [PMC free article] [PubMed] [Google Scholar]
40. Cardoso R.F., Cardoso M.A., Leite C.Q., Sato D.N., Mamizuka E.M., Hirata R.D., de Mello F.F., Hirata M.H. Characterization of *ndh* gene of isoniazid resistant and susceptible *Mycobacterium tuberculosis* isolates from Brazil. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz.* 2007;102:59–61. doi: 10.1590/S0074-02762007000100009. [PubMed] [CrossRef] [Google Scholar]
41. Ando H., Kitao T., Miyoshi-Akiyama T., Kato S., Mori T., Kirikae T. Downregulation of *katG* expression is associated with isoniazid resistance in *Mycobacterium tuberculosis*. *Mol. Microbiol.* 2011;79:1615–1628. doi: 10.1111/j.1365-2958.2011.07547.x. [PubMed] [CrossRef] [Google Scholar]

42. Miesel L., Weisbrod T.R., Marcinkeviciene J.A., Bittman R., Jacobs W.R., Jr. NADH dehydrogenase defects confer isoniazid resistance and conditional lethality in *Mycobacterium smegmatis*. *J. Bacteriol.* 1998;180:2459–2467. [PMC free article] [PubMed] [Google Scholar]
43. Vilcheze C., Weisbrod T.R., Chen B., Kremer L., Hazbón M.H., Wang F., Alland D., Sachettini J.C., Jacobs W.R., Jr. Altered NADH/NAD⁺ ratio mediates coresistance to isoniazid and ethionamide in mycobacteria. *Antimicrob. Agents Chemother.* 2005;49:708–720. [PMC free article] [PubMed] [Google Scholar]
44. Ando H., Miyoshi-Akiyama T., Watanabe S., Kirikae T. A silent mutation in *mabA* confers isoniazid resistance on *Mycobacterium tuberculosis*. *Mol. Microbiol.* 2014;91:538–547. doi: 10.1111/mmi.12476. [PubMed] [CrossRef] [Google Scholar]
45. Takayama K., Kilburn J.O. Inhibition of synthesis of arabinogalactan by ethambutol in *Mycobacterium smegmatis*. *Antimicrob. Agents Chemother.* 1989;33:1493–1499. doi: 10.1128/AAC.33.9.1493. [PMC free article] [PubMed] [CrossRef] [Google Scholar]
46. Mikusová K., Slayden R.A., Besra G.S., Brennan P.J. Biogenesis of the mycobacterial cell wall and the site of action of ethambutol. *Antimicrob. Agents Chemother.* 1995;39:2484–2489. doi: 10.1128/AAC.39.11.2484. [PMC free article] [PubMed] [CrossRef] [Google Scholar]
47. Telenti A., Philipp W.J., Sreevatsan S., Bernasconi C., Stockbauer K.E., Wieles B., Musser J.M., Jacobs W.R., Jr. The *emb* operon, a gene cluster of *Mycobacterium tuberculosis* involved in resistance to ethambutol. *Nat. Med.* 1997;3:567–570. doi: 10.1038/nm0597-567. [PubMed] [CrossRef] [Google Scholar]
48. Sreevatsan S., Stockbauer K.E., Pan X., Kreiswirth B.N., Moghazeh S.L., Jacobs W.R., Jr., Telenti A., Musser J.M. Ethambutol resistance in *Mycobacterium tuberculosis*: Critical role of *embB* mutations. *Antimicrob. Agents Chemother.* 1997;41:1677–1681. [PMC free article] [PubMed] [Google Scholar]
49. Ahmad S., Jaber A.A., Mokaddas E. Frequency of *embB* codon 306 mutations in ethambutol-susceptible and -resistant clinical *Mycobacterium tuberculosis* isolates in Kuwait. *Tuberculosis.* 2007;87:123–129. doi: 10.1016/j.tube.2006.05.004. (Edinb.) [PubMed] [CrossRef] [Google Scholar]
50. Hazbón M.H., Bobadilla del Valle M., Guerrero M.I., Varma-Basil M., Filliol I., Cavatore M., Colangeli R., Safi H., Billman-Jacobe H., Lavender C., et al. Role of *embB* codon 306 mutations in *Mycobacterium tuberculosis* revisited: A novel association with broad drug resistance and IS6110 clustering rather than ethambutol resistance. *Antimicrob. Agents Chemother.* 2005;49:3794–3802. doi: 10.1128/AAC.49.9.3794-3802.2005. [PMC free article] [PubMed] [CrossRef] [Google Scholar]
51. Safi H., Sayers B., Hazbón M.H., Alland D. Transfer of *embB* codon 306 mutations into clinical *Mycobacterium tuberculosis* strains alters susceptibility to ethambutol, isoniazid, and rifampin. *Antimicrob. Agents Chemother.* 2008;52:2027–2034. doi: 10.1128/AAC.01486-07. [PMC free article] [PubMed] [CrossRef] [Google Scholar]
52. Safi H., Lingaraju S., Amin A., Kim S., Jones M., Holmes M., McNeil M., Peterson S.N., Chatterjee D., Fleischmann R., et al. Evolution of high-level ethambutol-resistant tuberculosis through interacting mutations in decaprenylphosphoryl- β -D-arabinose biosynthetic and utilization pathway genes. *Nat. Genet.* 2013;45:1190–1197. [PMC free article] [PubMed] [Google Scholar]
53. Mitchison D.A. The action of antituberculosis drugs in short-course chemotherapy. *Tubercle.* 1985;66:219–225. doi: 10.1016/0041-3879(85)90040-6. [PubMed] [CrossRef] [Google Scholar]

54. Konno K., Feldmann F.M., McDermott W. Pyrazinamide susceptibility and amidase activity of tubercle bacilli. *Am. Rev. Respir. Dis.* 1967;95:461–469. [PubMed] [Google Scholar]
55. Scorpio A., Zhang Y. Mutations in *pncA*, a gene encoding pyrazinamidase/nicotinamidase, cause resistance to the antituberculous drug pyrazinamide in tubercle bacillus. *Nat. Med.* 1996;2:662–667. doi: 10.1038/nm0696-662. [PubMed] [CrossRef] [Google Scholar]
56. Zhang Y., Mitchison D. The curious characteristics of pyrazinamide: A review. *Int. J. Tuberc. Lung Dis.* 2003;7:6–21. [PubMed] [Google Scholar]
57. Zimhony O., Vilchèze C., Arai M., Welch J.T., Jacobs W.R., Jr. Pyrazinoic acid and its n-propylester inhibit fatty acid synthase type I in replicating tubercle bacilli. *Antimicrob. Agents Chemother.* 2007;51:752–754. doi: 10.1128/AAC.01369-06. [PMC free article] [PubMed] [CrossRef] [Google Scholar]
58. Zimhony O., Cox J.S., Welch J.T., Vilchèze C., Jacobs W.R., Jr. Pyrazinamide inhibits the eukaryotic-like fatty acid synthetase I (FASI) of *Mycobacterium tuberculosis*. *Nat. Med.* 2000;6:1043–1047. doi: 10.1038/79558. [PubMed] [CrossRef] [Google Scholar]
59. Shi W., Zhang X., Jiang X., Yuan H., Lee J.S., Barry C.E., 3rd., Wang H., Zhang W., Zhang Y. Pyrazinamide inhibits trans-translation in *Mycobacterium tuberculosis*. *Science.* 2011;333:1630–1632. doi: 10.1126/science.1208813. [PMC free article] [PubMed] [CrossRef] [Google Scholar]
60. Scorpio A., Lindholm-Levy P., Heifets L., Gilman R., Siddiqi S., Cynamon M., Zhang Y. Characterization of *pncA* mutations in pyrazinamide-resistant *Mycobacterium tuberculosis*. *Antimicrob. Agents Chemother.* 1997;41:540–543. [PMC free article] [PubMed] [Google Scholar]
61. Juréen P., Werngren J., Toro J.C., Hoffner S. Pyrazinamide resistance and *pncA* gene mutations in *Mycobacterium tuberculosis*. *Antimicrob. Agents Chemother.* 2008;52:1852–1854. doi: 10.1128/AAC.00110-08. [PMC free article] [PubMed] [CrossRef] [Google Scholar]
62. Cheng S.J., Thibert L., Sanchez T., Heifets L., Zhang Y. *pncA* mutations as a major mechanism of pyrazinamide resistance in *Mycobacterium tuberculosis*: Spread of a monoresistant strain in Quebec, QC, Canada. *Antimicrob. Agents Chemother.* 2000;44:528–532. [PMC free article] [PubMed] [Google Scholar]
63. Alexander D.C., Ma J.H., Guthrie J.L., Blair J., Chedore P., Jamieson F.B. Gene sequencing for routine verification of pyrazinamide resistance in *Mycobacterium tuberculosis*: A role for *pncA* but not *rpsA*. *J. Clin. Microbiol.* 2012;50:3726–3728. doi: 10.1128/JCM.00620-12. [PMC free article] [PubMed] [CrossRef] [Google Scholar]
64. Simons S.O., Mulder A., van Ingen J., Boeree M.J., van Soolingen D. Role of *rpsA* gene sequencing in diagnosis of pyrazinamide resistance. *J. Clin. Microbiol.* 2013;51:382. [PMC free article] [PubMed] [Google Scholar]
65. Tan Y., Hu Z., Zhang T., Cai X., Kuang H., Liu Y., Chen J., Yang F., Zhang K., Tan S., et al. Role of *pncA* and *rpsA* gene sequencing in detection of pyrazinamide resistance in *Mycobacterium tuberculosis* isolates from southern China. *J. Clin. Microbiol.* 2014;52:291–297. doi: 10.1128/JCM.01903-13. [PMC free article] [PubMed] [CrossRef] [Google Scholar]
66. Crofton J., Mitchison D.A. Streptomycin resistance in pulmonary tuberculosis. *Br. Med. J.* 1948;2:1009–1015. doi: 10.1136/bmj.2.4588.1009. [PMC free article] [PubMed] [CrossRef] [Google Scholar]

67. Moazed D., Noller H.F. Interaction of antibiotics with functional sites in 16S ribosomal RNA. *Nature*. 1987;327:389–394. doi: 10.1038/327389a0. [PubMed] [CrossRef] [Google Scholar]
68. Finken M., Kirschner P., Meier A., Wrede A., Böttger E.C. Molecular basis of streptomycin resistance in *Mycobacterium tuberculosis*: Alterations of the ribosomal protein S12 gene and point mutations within a functional 16S ribosomal RNA pseudoknot. *Mol. Microbiol.* 1993;9:1239–1246. [PubMed] [Google Scholar]
69. Gillespie S.H. Evolution of drug resistance in *Mycobacterium tuberculosis*: Clinical and molecular perspective. *Antimicrob. Agents Chemother.* 2002;46:267–274. doi: 10.1128/AAC.46.2.267-274.2002. [PMC free article] [PubMed] [CrossRef] [Google Scholar]
70. Okamoto S., Tamaru A., Nakajima C., Nishimura K., Tanaka Y., Tokuyama S., Suzuki Y., Ochi K. Loss of a conserved 7-methylguanosine modification in 16S rRNA confers low-level streptomycin resistance in bacteria. *Mol. Microbiol.* 2007;63:1096–1106. doi: 10.1111/j.1365-2958.2006.05585.x. [PubMed] [CrossRef] [Google Scholar]
- amikacin, kanamycin and capreomycin: A systematic review. *PLoS One*. 2012;7:e33275. [PMC free article] [PubMed] [Google Scholar]
94. Carette X., Blondiaux N., Willery E., Hoos S., Lecat-Guillet N., Lens Z., Wohlkönig A., Wintjens R., Soror S.H., Frénois F. Structural activation of the transcriptional repressor EthR from *Mycobacterium tuberculosis* by single amino acid change mimicking natural and synthetic ligands. *Nucleic Acids Res.* 2012;40:3018–3030. doi: 10.1093/nar/gkr1113. [PMC free article] [PubMed] [CrossRef] [Google Scholar]
95. DeBarber A.E., Mdluli K., Bosman M., Bekker L.G., Barry C.E., 3rd. Ethionamide activation and sensitivity in multidrug-resistant *Mycobacterium tuberculosis*. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*. 2000;97:9677–9782. doi: 10.1073/pnas.97.17.9677. [PMC free article] [PubMed] [CrossRef] [Google Scholar]
96. Brossier F., Veziris N., Truffot-Pernot C., Jarlier V., Sougakoff W. Molecular investigation of resistance to the antituberculous drug ethionamide in multidrug-resistant clinical isolates of *Mycobacterium tuberculosis*. *Antimicrob. Agents Chemother.* 2011;55:355–360. doi: 10.1128/AAC.01030-10. [PMC free article] [PubMed] [CrossRef] [Google Scholar]
97. Vilchèze C., Av-Gay Y., Attarian R., Liu Z., Hazbón M.H., Colangeli R., Chen B., Liu W., Alland D., Sacchetti J.C., et al. Mycothiol biosynthesis is essential for ethionamide susceptibility in *Mycobacterium tuberculosis*. *Mol. Microbiol.* 2008;69:1316–1329. doi: 10.1111/j.1365-2958.2008.06365.x. [PMC free article] [PubMed] [CrossRef] [Google Scholar]
98. Rengarajan J., Sasseti C.M., Naroditskaya V., Sloutsky A., Bloom B.R., Rubin E.J. The folate pathway is a target for resistance to the drug para-aminosalicylic acid (PAS) in mycobacteria. *Mol. Microbiol.* 2004;53:275–282. doi: 10.1111/j.1365-2958.2004.04120.x. [PubMed] [CrossRef] [Google Scholar]
99. Zhao F., Wang X.D., Erber L.N., Luo M., Guo A.Z., Yang S.S., Gu J., Turman B.J., Gao Y.R., Li D.F., et al. Binding pocket alterations in dihydrofolate synthase confer resistance to para-aminosalicylic acid in clinical isolates of *Mycobacterium tuberculosis*. *Antimicrob. Agents Chemother.* 2014;58:1479–1487. doi: 10.1128/AAC.01775-13. [PMC free article] [PubMed] [CrossRef] [Google Scholar]
100. Mathys V., Wintjens R., Lefevre P., Bertout J., Singhal A., Kiass M., Kurepina N., Wang X.M., Mathema B., Baulard A., et al. Molecular genetics of para-aminosalicylic acid resistance in clinical isolates and spontaneous mutants of *Mycobacterium tuberculosis*.

- Antimicrob. Agents Chemother. 2009;53:2100–2109. doi: 10.1128/AAC.01197-08. [PMC free article] [PubMed] [CrossRef] [Google Scholar]
- J., Andries K., Lill H., Koul A., Bald D. Selectivity of TMC207 towards mycobacterial ATP synthase compared with that towards the eukaryotic homologue. *Antimicrob. Agents Chemother.* 2009;53:1290–1292. doi: 10.1128/AAC.01393-08. [PMC free article] [PubMed] [CrossRef] [Google Scholar]
125. Petrella S., Cambau E., Chauffour A., Andries K., Jarlier V., Sougakoff W. Genetic basis for natural and acquired resistance to the diarylquinoline R207910 in mycobacteria. *Antimicrob. Agents Chemother.* 2006;50:2853–2856. doi: 10.1128/AAC.00244-06. [PMC free article] [PubMed] [CrossRef] [Google Scholar]
126. Segala E., Sougakoff W., Nevejans-Chauffour A., Jarlier V., Petrella S. New mutations in the mycobacterial ATP synthase: New insights into the binding of the diarylquinoline TMC207 to the ATP synthase C-ring structure. *Antimicrob. Agents Chemother.* 2012;56:2326–2634. doi: 10.1128/AAC.06154-11. [PMC free article] [PubMed] [CrossRef] [Google Scholar]
127. Huitric E., Verhasselt P., Koul A., Andries K., Hoffner S., Andersson D.I. Rates and mechanisms of resistance development in *Mycobacterium tuberculosis* to a novel diarylquinoline ATP synthase inhibitor. *Antimicrob. Agents Chemother.* 2010;54:1022–1028. doi: 10.1128/AAC.01611-09. [PMC free article] [PubMed] [CrossRef] [Google Scholar]
128. Matsumoto M., Hashizume H., Tomishige T., Kawasaki M., Tsubouchi H., Sasaki H., Shimokawa Y., Komatsu M. OPC-67683, a nitro-dihydro-imidazooxazole derivative with promising action against tuberculosis in vitro and in mice. *PLoS Med.* 2006;3:e466. doi: 10.1371/journal.pmed.0030466. [PMC free article] [PubMed] [CrossRef] [Google Scholar]
129. Diacon A.H., Dawson R., Hanekom M., Narunsky K., Venter A., Hittel N.L., Geiter J., Wells C.D., Paccaly A.J., Donald P.R. Early bactericidal activity of delamanid (OPC-67683) in smear-positive pulmonary tuberculosis patients. *Int. J. Tuberc. Lung Dis.* 2011;15:949–954. doi: 10.5588/ijtld.10.0616. [PubMed] [CrossRef] [Google Scholar]
130. Gler M.T., Skripconoka V., Sanchez-Garavito E., Xiao H., Cabrera-Rivero J.L., Vargas-Vasquez D.E., Gao M., Awad M., Park S.K., Shim T.S., et al. Delamanid for multidrug-resistant pulmonary tuberculosis. *N. Engl. J. Med.* 2012;366:2151–2160. doi: 10.1056/NEJMoa1112433. [PubMed] [CrossRef] [Google Scholar]
131. Stover C.K., Warrenner P., van Deventer D.R., Sherman D.R., Arain T.M., Langhorne M.H., Anderson S.W., Towell J.A., Yuan Y., McMurray D.N., et al. A small-molecule nitroimidazopyran drug candidate for the treatment of tuberculosis. *Nature.* 2000;405:962–966. doi: 10.1038/35016103. [PubMed] [CrossRef] [Google Scholar]
132. Lenaerts A.J., Gruppo V., Marietta K.S., Johnson C.M., Driscoll D.K., Tompkins N.M., Rose J.D., Reynolds R.C., Orme I.M. Preclinical testing of the nitroimidazopyran PA-824 for activity against *Mycobacterium tuberculosis* in a series of in vitro and in vivo models. *Antimicrob. Agents Chemother.* 2005;49:2294–2301. doi: 10.1128/AAC.49.6.2294-2301.2005. [PMC free article] [PubMed] [CrossRef] [Google Scholar]
133. Ginsberg A.M., Laurenzi M.W., Rouse D.J., Whitney K.D., Spigelman M.K. Safety, tolerability, and pharmacokinetics of PA-824 in healthy subjects. *Antimicrob. Agents Chemother.* 2009;53:3720–3725. doi: 10.1128/AAC.00106-09. [PMC free article] [PubMed] [CrossRef] [Google Scholar]

134. Diacon A.H., Dawson R., du Bois J., Narunsky K., Venter A., Donald P.R., van Niekerk C., Erondy N., Ginsberg A.M., Becker P., et al. Phase II dose-ranging trial of the early bactericidal activity of PA-824. *Antimicrob. Agents Chemother.* 2012;56:3027–3231. doi: 10.1128/AAC.06125-11. [PMC free article] [PubMed] [CrossRef] [Google Scholar]
135. Manjunatha U.H., Boshoff H., Dowd C.S., Zhang L., Albert T.J., Norton J.E., Daniels L., Dick T., Pang S.S., Barry C.E., 3rd. Identification of a nitroimidazo-oxazine-specific protein involved in PA-824 resistance in *Mycobacterium tuberculosis*. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.* 2006;103:431–436. doi: 10.1073/pnas.0508392103. [PMC free article] [PubMed] [CrossRef] [Google Scholar]
136. Protopopova M., Hanrahan C., Nikonenko B., Samala R., Chen P., Gearhart J., Einck L., Nacy C.A. Identification of a new antitubercular drug candidate, SQ109, from a combinatorial library of 1,2-ethylenediamines. *J. Antimicrob. Chemother.* 2005;56:968–974. doi: 10.1093/jac/dki319. [PubMed] [CrossRef] [Google Scholar]
137. Reddy V.M., Einck L., Andries K., Nacy C.A. In vitro interactions between new antitubercular drug candidates SQ109 and TMC207. *Antimicrob. Agents Chemother.* 2010;54:2840–2846. doi: 10.1128/AAC.01601-09. [PMC free article] [PubMed] [CrossRef] [Google Scholar]
138. Reddy V.M., Dubuisson T., Einck L., Wallis R.S., Jakubiec W., Ladukto L., Campbell S., Nacy C.A. SQ109 and PNU-100480 interact to kill *Mycobacterium tuberculosis* in vitro. *J. Antimicrob. Chemother.* 2012;67:1163–1166. doi: 10.1093/jac/dkr589. [PubMed] [CrossRef] [Google Scholar]
139. Sacksteder K.A., Protopopova M., Barry C.E., 3rd, Andries K., Nacy C.A. Discovery and development of SQ109: A new antitubercular drug with a novel mechanism of action. *Future Microbiol.* 2012;7:823–837. doi: 10.2217/fmb.12.56. [PMC free article] [PubMed] [CrossRef] [Google Scholar]
140. Boshoff H.I., Myers T.G., Copp B.R., McNeil M.R., Wilson M.A., Barry C.E., 3rd. The transcriptional responses of *Mycobacterium tuberculosis* to inhibitors of metabolism: Novel insights into drug mechanisms of action. *J. Biol. Chem.* 2004;279:40174–40184.
141. Tahlan K., Wilson R., Kastrinsky D.B., Arora K., Nair V., Fischer E., Barnes S.W., Walker J.R., Alland D., Barry C.E., 3rd, et al. SQ109 targets MmpL3, a membrane transporter of trehalose monomycolate involved in mycolic acid donation to the cell wall core of *Mycobacterium tuberculosis*. *Antimicrob. Agents Chemother.* 2012;56:1797–1809. doi: 10.1128/AAC.05708-11. [PMC free article] [PubMed] [CrossRef] [Google Scholar]
142. Makarov V., Manina G., Mikusova K., Möllmann U., Ryabova O., Saint-Joanis B., Dhar N., Pasca M.R., Buroni S., Lucarelli A.P., et al. Benzothiazinones kill *Mycobacterium tuberculosis* by blocking arabinan synthesis. *Science.* 2009;324:801–804. doi: 10.1126/science.1171583. [PMC free article] [PubMed] [CrossRef] [Google Scholar]
143. Pasca M.R., Degiacomi G., Ribeiro A.L., Zara F., De Mori P., Heym B., Mirrione M., Berra R., Pagani L., Pucillo L., et al. Clinical isolates of *Mycobacterium tuberculosis* in four European hospitals are uniformly susceptible to benzothiazinones. *Antimicrob. Agents Chemother.* 2010;54:1616–1618. doi: 10.1128/AAC.01676-09. [PMC free article] [PubMed] [CrossRef] [Google Scholar]
144. Mikusová K., Huang H., Yagi T., Holsters M., Vereecke D., D’Haeze W., Scherman M.S., Brennan P.J., McNeil M.R., Crick D.C. Decaprenylphosphoryl arabinofuranose, the donor of the d-arabinofuranosyl residues of mycobacterial arabinan, is formed via a two-step epimerization of decaprenylphosphoryl ribose. *J. Bacteriol.* 2005;187:8020–8025. doi: 10.1128/JB.187.23.8020-8025.2005. [PMC free article] [PubMed] [CrossRef] [Google Scholar]

145. Trefzer C., Rengifo-Gonzalez M., Hinner M.J., Schneider P., Makarov V., Cole S.T., Johnsson K. Benzothiazinones: Prodrugs that covalently modify the decaprenylphosphoryl- β -d-ribose 2'-epimerase DprE1 of *Mycobacterium tuberculosis*. *J. Am. Chem. Soc.* 2010;132:13663–13665. doi: 10.1021/ja106357w. [PubMed] [CrossRef] [Google Scholar]
146. Manina G., Bellinzoni M., Pasca M.R., Neres J., Milano A., Ribeiro A.L., Buroni S., Skovierová H., Dianišková P., Mikušová K., et al. Biological and structural characterization of the *Mycobacterium smegmatis* nitroreductase NfnB, and its role in benzothiazinone resistance. *Mol. Microbiol.* 2010;77:1172–1185. doi: 10.1111/j.1365-2958.2010.07277.x. [PubMed] [CrossRef] [Google Scholar]
147. Makarov V., Lechartier B., Zhang M., Neres J., van der Sar A.M., Raadsen S.A., Hartkoorn R.C., Ryabova O.B., Vocat A., Decosterd L.A., et al. Towards a new combination therapy for tuberculosis with next generation benzothiazinones. *EMBO Mol. Med.* 2014;6:372–383. doi: 10.1002/emmm.201303575. [PMC free article] [PubMed] [CrossRef] [Google Scholar]
148. Zhang H., Li D., Zhao L., Fleming J., Lin N., Wang T., Liu Z., Li C., Galwey N., Deng J., et al. Genome sequencing of 161 *Mycobacterium tuberculosis* isolates from China identifies genes and intergenic regions associated with drug resistance. *Nat. Genet.* 2013;45:1255–1260. doi: 10.1038/ng.2735. [PubMed] [CrossRef] [Google Scholar]

**HISTOPATHOLOGICAL OBSERVATIONS ON TRICHOEPITHELIOMA IN A
DOG**

Sara SHOKRPOOR (ORCID:0000-0002-4054-290X)

Department of Pathology, Faculty of Veterinary Medicine, University of Tehran, Tehran, Iran
Email:Shokrpoor@ut.ac.ir

Dariush GHAFFARI

Department of Pathology, Faculty of Veterinary Medicine, University of Tehran, Tehran, Iran

Mohammad Sadegh KHANBABAI

Faculty of Veterinary Medicine, University of Tehran, Tehran, Iran

Abstract

Trichoepithelioma is a benign neoplasm showing differentiation to all three segments of the hair follicle and is common in dogs. A 4-year-old intact male Kurdish pejdard dog was referred to the veterinary hospital. On gross examination, two masses on the left side of back, 1×1×0.5cm and 1×0.75×0.5 cm in size, were found. Eventually, complete surgical resection was selected. The mass was removed and the tissue samples were fixed in 10% neutral buffered formalin and stained with hematoxylin and eosin. The histopathological evaluation revealed islands of epithelial cells surrounded by collagenous stroma and a large central lumen containing keratin with numerous hair follicles and small sebaceous glands at the periphery. The masses were diagnosed trichoepithelioma. Trichoepitheliomas are relatively slow growing. Most respond well to wide surgical excision, and recurrence is only noted with incompletely excised neoplasms. However, several breeds, especially the basset hound, are predisposed to developing multicentric neoplasms.

Keywords: Canine, Skin, Pathology, Trichoepithelioma

Introduction

Cutaneous neoplastic disorders are often observed in small mammal pets, such as dogs, regardless of their gender (Zwai et al., 2024). Trichoepithelioma is a rare tumor of the pilosebaceous unit that originates from the hair follicles (Calonje, 2010). This tumor is a benign neoplasm showing differentiation to all three segments of the hair follicle, incomplete or abortive trichogenesis may be present (Martín et al., 2007; Meuten, 2020). Trichoepithelioma is a multilobular plaque-like neoplasm, each lobule of which contains one or more segments of hair follicle development. Lobules typically have a combination of basilar and stratified squamous epithelium surrounding a central laminated aggregate of keratin, which sometimes resembles a hair shaft (Haynes, 2023). On cut section, there are often multiple 1–2 mm diameter gray-white foci with intervening bands of fibrovascular connective tissue. Epidermal ulceration, alopecia of the skin overlying the mass and secondary infection may be present. In dogs, they may occur between 1 and 15 years of age, but most cases arise between 5 and 11 years of age (Meuten, 2020). Trichoepithelioma include approximately 80% of hair follicle tumors in domestic dogs, especially, golden retrievers and German shepherds (Suedmeyer et al., 2005). Trichoepitheliomas have a predilection for the back, thorax, neck, and tail, but about 7.5% of cases are multicentric, especially in the basset hound (Meuten, 2020).

Material and Methods

A 4-year-old intact male Kurdish pejdar dog was referred to the veterinary hospital. On physical examination, two masses on the left side of back, approximately 1×1×0.5cm and 1×0.75×0.5 cm in size were found. Finally, complete surgical removal was selected. Based on owner information, within the previous 9-month period the masses had become evident and grew larger. Clinical examination revealed the masses were firmly attached to the skin but they moved over the underlying tissues. Ulceration and alopecia of the skin overlying the masses were also observed. On cut section, there were gray-white foci and intervening bands of fibrovascular connective tissue with a distinct margin. Anesthesia was induced by intravenous injection of ketamine (0/5 mg/kg) and diazepam (0.5 mg/kg) and maintained with 1%-2% isoflurane in oxygen. The mass was removed and the tissue samples were fixed in 10% neutral buffered formalin and routinely processed, dehydrated, embedded in paraffin wax, sectioned at 5 µm in thickness (Rotary Microtome RM2 145; Leica, Wetzlar, Germany) and stained with Haematoxylin and Eosin. Sections were examined using a light microscope (E600; Nikon, Tokyo, Japan) and representative images were taken.

Results

In histopathological investigations, the masses were encapsulated and composed of islands of epithelial cells surrounded by collagenous stroma and also cyst structures witch varied in size and shape. Microscopically, in the center of these islands, there was an accumulation of keratin and shadow (ghost) cells. The outer epithelial cells were included small cells with hyperchromatic nuclei and little cytoplasm or cells with a lightly eosinophilic cytoplasm and vesicular nuclei, and a large central lumen containing eosinophilic keratin with numerous hair follicles and small sebaceous glands at the periphery. These masses were diagnosed trichoepithelioma (Figure 1).

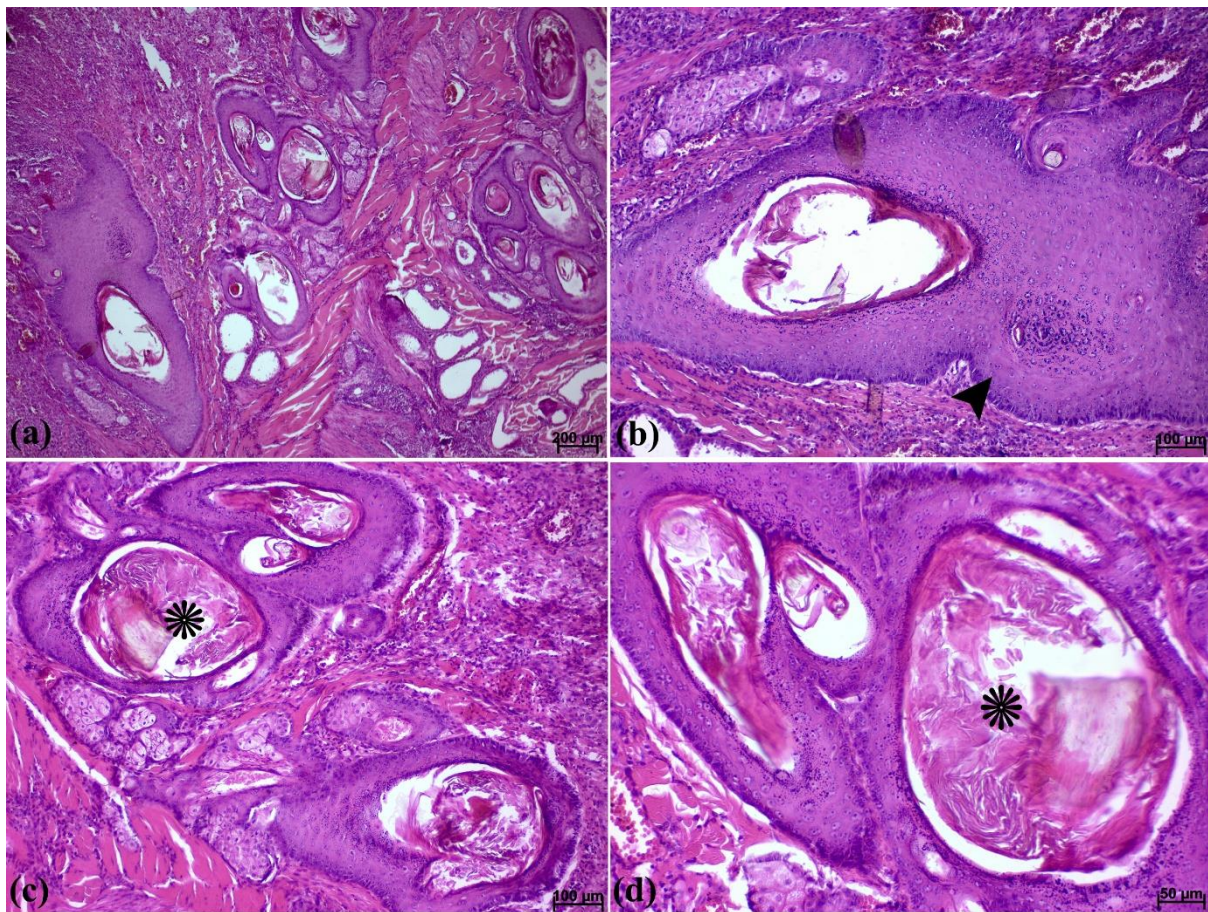


Figure 1 (a-d): Histopathological findings of trichoepithelioma in a Dog. Note the islands of epithelial cells (arrowhead) with center of accumulation of keratin (*), H&E.

Discussion

Hair follicle neoplasms occur in many different species, including humans. In domestic animals, they are most common in dogs. Most hair follicle tumors are benign, but malignant neoplasms can also occur. To diagnose hair follicle neoplasms, a thorough knowledge of follicular anatomy is important, given that follicular tumors are classified according to the differentiation pattern seen in the corresponding part of the normal hair follicle (Wiener, 2021). Follicular tumors and cysts are common skin lesions in dogs. Both are distinguished based on their cellular origin (matrical, isthmus, or infundibular cells) and the type of keratin they produce. Typically, differentiation requires histopathology, as all these lesions often have similar cytologic features (Adedeji, et al., 2017). In dogs, the frequency of hair follicle tumors is 10% (Graf, et al., 2013). Trichoblastomas are the most common HF tumors in dogs, followed by infundibular keratinizing acanthomas (IKAs), pilomatricomas, and trichoepitheliomas. Tricholemmomas are rare in both dogs and cats (Abramo, et al., 1999). At low magnification, trichoepitheliomas may be impossible to differentiate from pilomatricomas. Trichoepitheliomas are well-circumscribed, usually non-infiltrative, unencapsulated tumors consisting of epithelial islands and cystic structures of variable size that show differentiation toward all 3 of the follicular segments (Wiener, 2021). Most commonly, trichoepitheliomas appear as alopecic, firm, white-to-gray, multilobulated masses that may become ulcerated. The location of the tumor varies from superficial to deep dermal or subcutaneous. Superficial tumors are often

dome-shaped. The masses are usually <2 cm in diameter, but occasional lesions are large and ulcerated (Mauldin, et al., 2016). Trichoepitheliomas are usually single tumors but ~7.5% are multicentric, especially in Basset Hounds (Goldschmidt MH, et al., 2016). Most HF tumors are benign, and surgical excision is curative. Rarely, HF neoplasms (i.e., trichoepithelioma and pilomatricoma) can be malignant and may metastasize (Goldschmidt MH, et al., 2016). Among dogs, Basset Hounds are the most predisposed breed. Predisposition is also reported in the Golden Retriever, Soft-coated Wheaten Terrier, Bull Mastiff, English springer spaniel, Gordon setter, Irish setter, German shepherd, Miniature Schnauzer, and Standard Poodle (Leblanc, 2017). Most dogs are 5–11 y old. Spayed female dogs seem to be predisposed. In dogs, tumors are often located on the dorsal trunk, thorax, neck, tail, and limbs, but they may occur anywhere (Gross, et al., 2005). The main differential diagnosis is benign pilomatricoma, which usually has larger, but fewer, cystic structures. IKAs have a predominance of keratinocytes with glassy, pale cytoplasm, a feature not seen in trichoepitheliomas. Inflamed benign trichoepitheliomas have a more distinct silhouette, epidermal connection is rare, and areas of proliferative activity and reactive squamous metaplasia are always associated with areas of inflammation (Wiener, 2021). Rare malignant forms of trichoepitheliomas are described in dogs. Spayed females and the Basset Hound and Airedale Terrier breeds may be predisposed. Older dogs 8–12 y old are affected most often (Goldschmidt MH, et al., 2016).

Acknowledgment

Mr. Samani is thanked for assisting with the histopathological sections.

References

- Abramo, F., Pratesi, F., Cantile, C., Sozzi, S. and Poli, A., 1999. Survey of canine and feline follicular tumours and tumour-like lesions in central Italy. *Journal of small animal practice*, 40(10), pp.479-481.
- Adedeji, A.O., Affolter, V.K. and Christopher, M.M., 2017. Cytologic features of cutaneous follicular tumors and cysts in dogs. *Veterinary Clinical Pathology*, 46(1), pp.143-150.
- Burns, T., Breathnach, S.M., Cox, N. and Griffiths, C. eds., 2008. *Rook's textbook of dermatology*. John Wiley & Sons.
- Goldschmidt, M.H. and Goldschmidt, K.H., 2016. Epithelial and melanocytic tumors of the skin. *Tumors in domestic animals*, pp.88-141.
- Graf, R., Pospischil, A., Guscetti, F., Meier, D., Welle, M. and Dettwiler, M., 2018. Cutaneous tumors in Swiss dogs: retrospective data from the Swiss Canine Cancer Registry, 2008–2013. *Veterinary pathology*, 55(6), pp.809-820.
- Haynes, J.S. ed., 2022. *Atlas of Veterinary Surgical Pathology*. John Wiley & Sons.
- Leblanc, A., 2017. Neoplastic and nonneoplastic tumors. In *Small Animal Dermatology* (pp. 448-507). WB Saunders.
- Martín de Las Mulas, J., Molina, A.M., Millan, Y., Carrasco, L., Moyano, R. and Mozos, E., 2007. Spontaneous trichoepithelioma in a laboratory mouse: gross, microscopic and immunohistochemical findings. *Laboratory animals*, 41(1), pp.136-140.
- Mauldin, E. A., & Peters-Kennedy, J. 2016. Neoplastic and reactive diseases of the skin. Jubb, Kennedy, & Palmer's *Pathology of Domestic Animals*, 6th ed. Vol. 1. Elsevier. 1, 703-736.
- Meuten, D.J. ed., 2020. *Tumors in domestic animals*. John Wiley & Sons.
- Suedmeyer, W. and Williams, F., 2005. Multiple trichoepitheliomas in an alpaca (*Lama pacos*). *Journal of Zoo and Wildlife Medicine*, 36(4), pp.706-708.
- Wiener, D.J., 2021. Histologic features of hair follicle neoplasms and cysts in dogs and cats: a diagnostic guide. *Journal of Veterinary Diagnostic Investigation*, 33(3), pp.479-497.
- Zwai, H.A., Al-Attar, A.S.R., Morsi, A.E. and Abou El-Fetouh, M.S., 2024. Pathological, histochemical, and immune-histochemical studies on some canine-skin neoplasm at Sharkia province, Egypt. *Open Veterinary Journal*, 14(1), p.481.

**YEŞİL FESLEĞEN (*Ocimum basilicum* L.) BİTKİSİNİN FİDE GELİŞİM
DÖNEMİNDE UYGULANAN IBA, IAA, ZEATİN, KINETİN VE GA₃ HORMON
DOZLARININ ETKİLERİ**

Dr. Öğr. Üyesi Muhammed Said YOLCU*(ORCID:0009-0004-2101-0985)
Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü
Email:muhammedsaidyolcu@subu.edu.tr

Murat SEVİNÇ (ORCID:0009-0009-5093-8623)
Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü
Email:murat.sevinc8119@gmail.com

Özet

Bu araştırma, IAA, IBA ve Kinetin hormonlarının 50 ve 100 ppm dozlarının, GA₃ hormonunun 100 ve 200 ppm dozları ile Zeatin hormonunun 20 ve 40 ppm dozlarının yeşil fesleğen (*Ocimum basilicum* L.) bitkisinin bazı büyüme parametreleri ile toplam klorofil miktarı üzerindeki etkilerini belirlemek üzere yürütülmüştür. Deneme “Tam Şansa Bağlı Tesadüf Parselleri” deneme desenine göre 3 tekerrürlü olarak sera koşullarında yürütülmüştür. Denemede kullanılan hormonlar yapraktan püskürtücü sprey yardımıyla uygulanmıştır. Çalışmada; fide boyu, kök uzunluğu, fide yaş ağırlığı, kök yaş ağırlığı, fide kuru ağırlığı, kök kuru ağırlığı, bitki başına toplam yaprak ağırlığı, yaprak alanı ve toplam klorofil miktarı parametreleri incelenmiştir. Çalışma sonucunda; uygulanan hormonların, incelenen tüm parametreler üzerine istatistiksel olarak önemli etkisinin olduğu, fide yaş ağırlığı ve fide kuru ağırlığı dışındaki diğer parametrelerde hormon uygulamalarının kontrol uygulamalarına göre daha etkili olduğu görülmüştür. fide uzunluğu ile fide yaş ağırlığı en fazla GA₃200 uygulamasında gözlenmiştir. Fide kuru ağırlığı, yaprak alanı ve bitki başına yaprak ağırlığı en fazla IBA100 uygulamasında gözlenmiştir. Kök yaş ağırlığı ve kök kuru ağırlığı en fazla IAA100 uygulamasında gözlenmiştir. Kök uzunluğu ve toplam klorofil değeri en fazla IAA50 uygulamasında gözlenmiştir. Uygulanan hormonlar arasından IAA, IBA ve GA₃ hormonlarının fide gelişim döneminde incelenen büyüme parametrelerini artırma bakımından öne çıktıkları görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Fesleğen, Hormon, Zeatin, Kinetin, Fide gelişim

**EFFECTS OF IBA, IAA, ZEATIN, KINETIN AND GA₃ HORMONE DOSES
APPLIED DURING THE SEEDLING DEVELOPMENT PERIOD OF GREEN BASIL
(*ocimum basilicum* L.) PLANT**

Abstract

This study was conducted to determine the effects of 50 and 100 ppm doses of IAA, IBA, and Kinetin hormones; 100 and 200 ppm doses of GA₃ hormone; and 20 and 40 ppm doses of Zeatin hormone on some growth parameters and total chlorophyll content of basil (*Ocimum basilicum* L.) plants. The experiment was set up in greenhouse conditions with three replications following a "Completely Randomized Design." The hormones used in the trial were applied as a foliar spray. The parameters examined included seedling height, root length, seedling fresh weight, root fresh weight, seedling dry weight, root dry weight, total leaf weight per plant, leaf area, and total chlorophyll content. The results showed that the hormones had a statistically significant effect on all parameters studied, with the hormone treatments being more effective than the control treatments in all parameters except seedling fresh and dry weights. The highest seedling length and fresh weight were observed in the GA₃200 treatment. The greatest seedling dry weight, leaf area, and leaf weight per plant were recorded in the IBA100 treatment. The highest root fresh and dry weights were observed in the IAA100 treatment, while the greatest root length and total chlorophyll content were found in the IAA50 treatment. Among the hormones applied, IAA, IBA, and GA₃ were prominent in enhancing growth parameters during the seedling development stage.

Keywords: Basil, GA₃, Zeatin, Kinetin, Seedling Development

1. GİRİŞ

Fesleğen (*Ocimum basilicum* L.), Lamiaceae (Labiatae) familyasına ait, tek yıllık, otsu bir bitki olup tıbbi ve aromatik özellikleriyle öne çıkmaktadır (Balyan ve Pushpangadan, 1988). *Ocimum* cinsine ait 65 tür, dünya genelinde Asya, Afrika ve Güney Amerika'nın sıcak ve ılıman bölgelerinde doğal olarak yayılmaktadır (Paton ve ark., 1999). Türkiye'de ise fesleğen, doğal bir popülasyona sahip olmamakla birlikte özellikle Anadolu'nun güney ve batı kesimlerinde bahçe ve balkonlarda yetiştirilmektedir (Karaca ve ark., 2017). Fesleğenin birçok çeşidi mevcuttur; örneğin, mor fesleğen pek çok yerde "reyhan" olarak tanınırken, yeşil renkli "sweet basil" çeşitleri yabancı kaynaklarda genellikle fesleğen olarak adlandırılır (Telci ve ark., 2005). Hem süs bitkisi olarak hem de sağlık alanındaki faydaları dolayısıyla dünyanın çeşitli bölgelerinde farklı amaçlarla kullanılan fesleğen, antimikrobiyal, antifungal, insektisit, antiparazitik ve antioksidan özellikleriyle dikkat çekmektedir. Ayrıca bağışıklık sistemini destekleyici, anti-inflamatuar, karaciğer koruyucu, osteoporoz önleyici, kardiyovasküler koruyucu ve sinir sistemi güçlendirici etkileri de vardır (Machado ve ark., 2019). *Ocimum basilicum* türünün başlıca sekonder metabolitleri arasında linalool, geraniol, metil eugenol, metil chavicol, p-allylanisol, 1,8-sineol, trans- α -bergamotene ve neryl asetat bulunmaktadır. (Dhama ve ark., 2021). Bitki uyarıcıları, genellikle bitkilere farklı formlarda ve zamanlarda uygulanan, besin içeriğini artırmayı, abiyotik stres toleransını iyileştirmeyi ve/veya ürün kalitesini geliştirmeyi amaçlayan sentetik veya doğal kaynaklı madde veya mikroorganizmalardır (Patrick, 2015).

İndol asetik asit (IAA), oksin grubuna ait bir biyostimulan olup, bitkilerin strese karşı dayanıklılığını artırmada ve bitki büyüme ile gelişimini teşvik etmede etkili bir hormon olarak bilinmektedir (Yang ve ark., 2011). Farklı bitkiler üzerinde yapılan araştırmalar, IAA uygulamalarının çimlenmeyi artırdığını, Oksin grubuna ait bir diğer hormon olan indol bütirik asit (IBA) ise kök oluşumunu artırdığı, morfolojik parametreleri etkilediği ve yaprak çapı ile boyunu büyütmede etkili olduğunu (Sevik ve Güney 2013), ayrıca hücre bölünmesini teşvik ettiğini ve kök ile sürgün oluşumunun düzenlenmesinde rol oynadığını göstermektedir (Kumlay ve Eryiğit 2011). Zeatin, sitokinin hormon grubunun bir üyesi olarak, bitki büyüme ve gelişiminde kritik roller oynamaktadır. Bu hormon, apikal uçtan tomurcukların ayrılması, yaprakların genişlemesi, kloroplast oluşumu, yaşlanma sürecinin yavaşlatılması, tohum çimlenmesinin teşvik edilmesi ve hücre döngüsünün düzenlenmesi gibi çeşitli süreçleri kontrol etmektedir (Havlicek ve ark., 1997; Mok ve Mok, 2001).

Sitokinin grubunun bir diğer üyesi olan kinetin ise, etilen sentezini etkileyerek yaşlanmayı geciktirdiği, hücre bölünmesini artırarak büyüme ve gelişmeye katkı sağladığı ve klorofil sentezini artırmada etkili olduğu bildirilmektedir (Toprak, 2019).

Bitkiler tarafından üretilen gibberellik asit (GA_3), çimlenme, su alımı, çiçeklenmenin başlatılması, meyve gelişimi, sürgün boyunun uzaması ve çeşitli metabolik olayların düzenlenmesi gibi süreçlerde sinyal molekülü olarak görev yapmakta, ayrıca, bu süreçlerden sorumlu diğer fitobiyostimulanlarla birlikte çalışarak etki göstermektedir (Zhu ve ark., 2019; Khan ve ark., 2020).

Bu araştırma, özellikle gıda ve baharat üretimi, eczacılık ve kozmetik sektörlerinde kullanımı yaygın olan fesleğen (*Ocimum basilicum* L.) bitkisine IAA, IBA, GA_3 , Kinetin ve Zeatin hormonlarının yapraktan uygulamalarının etkilerinin belirlenmesi amacıyla yürütülmüştür.

2. MATERYAL VE METOD

Çalışma; Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesine ait Tarım Bilimleri ve Teknolojileri Eğitimi Uygulama ve Araştırma Merkezi içerisindeki serada yürütülmüştür. Araştırmada geniş yapraklı yeşil fesleğen (*Ocimum basilicum* L.) tohumları kullanılmıştır. Deneme, 'Tam Şansa Bağlı Tesadüf Parselleri Deneme Deseni'ne göre üç tekrarlı olacak şekilde yürütülmüştür. Araştırmada, IAA, IBA ve Kinetin hormonlarının 50 ve 100 ppm dozlarının, GA₃ hormonunun 100 ve 200 ppm dozları ile Zeatin hormonunun 20 ve 40 ppm dozları kullanılmıştır. Zeatin ve IBA hormonları NaOH ile, Kinetin, gibberellik asit ve IAA hormonu ise %96 etil alkol ile çözündürülmüş ve saf su ile 1 litreye tamamlanmıştır. Hormon çözeltileri, ışığa karşı korumak amacıyla alüminyum folyo ile kaplanmış 1 litrelik püskürtme şişelerine doldurulmuş ve uygulama zamanına kadar buzdolabında saklanmıştır. Her biri 2 litre kapasiteye sahip, toplamda 33 adet saksı kullanılmıştır. Bu saksılara, ince eleklerden geçirilmiş bahçe toprağı hacimce (2/3) ile Klassman TS1 marka torf (1/3) karışımından doldurulmuştur. Saksılar sıra üzeri ortalama 20 cm, sıra arası ise ortalama 30 cm olacak şekilde seraya yerleştirilmiştir.

Saksılar seraya yerleştirildikten sonra, saksıların su tutma kapasitelerini belirlemek amacıyla rastgele seçilen 5 saksıya her birine 500 ml su verilmiştir. Suyun saksılardan akıp bitiminde, her saksıdan yaklaşık 215 ml suyun boş kaplarda toplandığı görülmüştür. Dolayısıyla Saksıların su tutma kapasiteleri ortalama 285 ml olduğu belirlenmiştir. Ekimden önce her saksıya ortalama 285 ml civarı çeşme suyu verilmiş ve akabinde her saksıya 5'er tohum ekilmiştir. Deneme sonlanana kadar bitkilerin ihtiyaç duyduğu su, yeterli miktarda ve belirli aralıklarla verilmiştir. Ekimden ortalama iki hafta sonra tohumlar çimlenmiş ve akabinde her saksıda birer bitki kalacak şekilde seyreltme işlemi gerçekleştirilmiştir. Ekim işleminden 70 gün sonra, hazırlanan biyostimülanlar yapraklardan olacak şekilde, bitki başına ortalama 10 ml gelecek şekilde uygulanmıştır. Biyostimülan uygulamaları 5 gün arayla toplamda iki defa yapılmıştır. Deneyin başından sonuna kadar, gündüz ortalama sıcaklığının 18,3°C, gece ise 7,3°C olduğu, hava neminin ise ortalama %75 olduğu belirlenmiştir (Anonim, 2024). Deneme Mart ayının ilk günü ile Haziran ayının ilk günü aralığında yürütülmüştür. Fide boyları cetvel yardımıyla ölçüldü, bitkilerin kökleri topraktan su ile yumuşatılıp ayrıştırıldı. Daha sonra kök uzunlukları cetvel yardımıyla ölçüldü.

Fide ve kök yaş ağırlıkları hassas terazide ölçüldü. Fidelerin toprak üstü kısımları ve kökleri kese kâğıdına konulup etüve 108 saat boyunca 35 °C olacak şekilde konuldu ve kuruması sağlandı. Daha sonra fide ve kök kuru ağırlıkları belirlendi. Bitkiden yapraklar ayrıştırılıp hassas terazide tartılarak bitki başına toplam yaprak ağırlığı ölçüldü. Yaprak alanı Easy Leaf Area programı yardımıyla hesaplandı. Toplam klorofil miktarı ise klorofilmetre (SPAD) yardımıyla ölçüldü. Deneme ekimden sonraki 3. ayın sonunda (biyostimülan uygulamalarının sonlandırılmasından 10 gün sonra) sonlandırıldı. Denemenin sonlandırılmadan önceki görsel Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1: Soldan sağa sırasıyla; kontrol-IBA50-IBA100-IAA50-IAA100-Zeatin20-Zeatin40-Kinetin50-Kinetin 100-GA₃100-GA₃200

2.1. İstatistiksel Veriler

Elde edilen verilerin istatistiksel analizleri COSTAT (sürüm 6.03) paket programı ile çoklu karşılaştırma testleri ise LSD testine göre yapılmıştır.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Yeşil fesleğen (*Ocimum basilicum* L.) bitkisinin fide gelişim döneminde uygulanan hormonların tüm büyüme parametreleri üzerine istatistiksel olarak %5 düzeyinde önemli etkisinin olduğu Tablo 3.1’de görülmektedir. Tablo 3.1 ve Tablo 3.2 incelendiğinde büyüme parametreleri bakımından hormon uygulamaları arasında farklılıklar olduğu görülmektedir. Fide uzunluğu ile fide yaş ağırlığı en fazla GA₃ 200 mg/l uygulamasında gözlemlenmiştir. Fide kuru ağırlığı, yaprak alanı ve bitki başına yaprak ağırlığı en fazla IBA 100 mg/l uygulamasında gözlenmiştir. Kök yaş ağırlığı ve kök kuru ağırlığı en fazla IAA 100 mg/l uygulamasından tespit edilmiştir. Kök uzunluğu ve klorofil değeri en fazla IAA 50 mg/l uygulamasında görülmüştür. Fide uzunluğu en az Zeatin 20 hormon uygulamasında, fide yaş ağırlığı ve fide kuru ağırlığını kontrol grubunda görülmüştür. Kök uzunluğu en az IBA 100’de, kök yaş ağırlığı en az Kinetin 50’de, kök kuru ağırlığı ile bitki başına yaprak ağırlığı en az Zeatin 40’ta, yaprak alanı ve klorofil en az GA₃100 uygulamasında gözlenmiştir.

Tablo 3.1: Farklı biyostimülanların yeşil fesleğen bitkisinin bazı büyüme parametreleri üzerine etkileri

Biyostimülan	Fide Uzunluk	Fide Yaş	Kök Uzunluk	Kök Yaş
Kontrol	12.46 bc	4.68 e	26.40 ab	5.72 ef
IBA50	15.40 b	9.09 bc	25.30 b	10.68 bcd
IBA100	15.67 b	10.73 ab	24.00 b	8.68 cd
IAA50	13.66 bc	6.16 de	30.33 a	11.60 ab
IAA100	15.067 bc	9.56 bc	27.60 ab	13.51 a
Zeatin20	12.00 c	6.36 de	26.70 ab	12.17 ab
Zeatin40	14.67 bc	5.03 e	24.93 b	9.92 bcd
Kinetin50	15.96 bc	6.38 de	25.86 b	4.60 f
Kinetin100	15.17 bc	8.15 cd	26.70 ab	10.87 abc
GA ₃ 100	27.06 a	6.29 e	27.57 ab	7.93 de
GA ₃ 200	28.10 a	11.57 a	27.27 ab	10.28 bcd
LSD (0,05)	3,63	1,86	4,18	2,79
CV (%)	12,73	14,4	9,29	17,12

Bu çalışmada GA₃ hormonunun diğer uygulanan hormonlardan daha belirgin bir şekilde fide boyunu ve yaş ağırlığını artırdığı ancak bitki boyunu artırmasına rağmen sağlam bir gövde gelişimine katkıda bulunmadığı gözlenmiştir. Yapılan çalışmalarda GA₃'ün yüksek konsantrasyonlarda gövde boyunu uzattığı fakat kalitesiz bitki gelişimi gerçekleştirdiği gözlemlenmiştir (Neumaier ve ark. 1987). GA₃ hormon dozları uygulanan süsen bitkisinde, en kısa bitki boyunun kontrol uygulamalarında 24 cm, en uzun bitki boyu ise 58 cm ile 500 ppm GA₃ uygulanan parselden elde edildiği bildirilmiştir (Çürük ve ark. 2012). Tuz stresine tabi tutulmuş adi fiğ bitkisine uygulanan GA₃ hormonunun, çimlenme oranını artırdığı, çimlenme süresini kısalttığı, sap ve kök uzunluğunu artırdığı bildirilmiştir (Dinler ve ark. 2019). GA₃ uygulaması sap ve kök uzunluğunu artırmıştır. Maviyemiş bitkisine uygulanan IAA hormonunun kök uzunluk ve ağırlığında artışlara neden olduğu (Akbulut ve ark. 2015), maş fasulyesinde IAA uygulamalarının kök ve sürgünlerin yaş ve kuru ağırlıklarını artırdığını (Ali ve ark. 2008), çim bitkisinde IAA uygulamalarının fide ve kök aksam ağırlıklarını artırdığını bildirmişlerdir (Zhu ve ark. 2023).

Tablo 3.2: Farklı biyostimülanların yeşil fesleğen bitkisinin toplam klorofil ve bazı büyüme parametreleri üzerine etkileri

Biyostimülan	Fide Kuru Ağırlık	Kök Kuru Ağırlık	Yaprak Alanı	Bitki Başına Yaprak Ağırlığı	Toplam Klorofil
Kontrol	0.72 e	0.77 c	14.48 ef	3.72 ef	23.40 e
IBA50	1.60 ab	1.34 a	27.56 ab	7.10 ab	31.26 d
IBA100	1.96 a	1.24 a	29.27 a	8.55 a	37.93 ab
IAA50	0.82 de	0.98 b	14.58 ef	4.78 de	43.36 a
IAA100	1.57 b	1.40 a	23.47 bc	6.42 bc	36.33 bcd
Zeatin20	1.12 cd	1.04 b	24.06 bc	5.98 bcd	20.06 e
Zeatin40	0.78 de	0.26 e	15.17 ef	1.36 g	31.90 cd
Kinetin50	1.94 a	0.51 d	20.08 cd	2.39 fg	22.20 e
Kinetin100	1.44 bc	0.99 b	22.14 c	6.44 bc	37.60 abc
GA₃100	1.01 de	0.78 c	11.42 f	5.22 cde	19.96 e
GA₃200	1.65 ab	0.92 bc	16.39 de	7.04 ab	24.16 e
LSD (0,05)	0.35	0.17	4.33	1.57	5.92
CV (%)	15.88	11.1	12.87	17.34	11.72

Bashir ve arkadaşlarının (2021) çalışmasına göre; IBA'nın yapraktan uygulanması, buğdayın morfolojik, biyokimyasal ve verim parametrelerini geliştirmede etkili bir hormon olarak öne çıktığını, Thounaojam ve ekibi (2016), zerdeçalda farklı hormon uygulamalarının birçok büyüme parametresini kontrol grubuna göre artırdığını, özellikle de yapraktan 200 ppm IBA uygulamasının bitki boyu ve yaprak alanında en yüksek artış sağladığını, Borah'ın (2016) araştırmalarında, pirinçte yapraktan IBA uygulamasının yaprak biyokütlesini kontrol grubuna göre en fazla artıran hormon olduğu bildirilmiştir. Ayrıca, Lin ve arkadaşları (2018) serçedili bitkisinde yapraktan 75 ppm IBA uygulamasının bitki boyunu, kök uzunluğunu ve biyokütleyi kontrol grubuna kıyasla artırdığını raporlamışlardır. Farklı bitkilerle yapılan çalışmalarda IAA hormon uygulamasının, klorofil miktarını artırdığı, net fotosentetik oranı artırarak fotosentez üzerinde olumlu bir etki gösterdiği ve bitkilerde besinlerin sentezi ve dönüşümü için elverişli olduğu bildirilmiştir (Yang ve ark., 2020; Shi ve ark., 2022).

5. SONUÇ

Çalışma sonuçları değerlendirildiğinde; GA₃ ve IBA hormonları fide boyu, fide yaş ve kuru ağırlığı ile yaprak gelişimini olumlu yönde etkilerken, IAA hormonu kök uzunluğu ve ağırlığında belirgin bir artış sağlamıştır. Bu bulgular, fesleğen fidelerinin genel büyüme performansını iyileştirmek için doğru dozlarda hormon kullanımının önemini ortaya koymaktadır. Çalışmanın bulgularını genişletmek için hormonların uzun vadede, fidelerin olgun dönemdeki performanslarına etkilerinin araştırılması faydalı görülmektedir. Ayrıca, farklı hormon türlerinin ve dozlarının kombinasyonlarının denenmesi ile fesleğen fidelerinin gelişimini daha ideal hale getirecek stratejiler oluşturulabileceği sonucuna ulaşılmıştır. Hormon uygulamalarının ışık, sıcaklık ve toprak özellikleri gibi farklı çevresel koşullarda nasıl değişkenlik gösterebileceğini tespit etmek için tarla denemelerinin yapılması önerilmektedir. Yaptığımız çalışma ile fesleğenin daha verimli yetiştirilmesinin geliştirilmesine katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

6. KAYNAKLAR

- Akbulut, M., Bakoğlu, N., Baykal, H., & Şavşatlı, Y. (2015). Maviyemişlerde (*Vaccinium corymbosum* L.) çelikle üretimde farklı hormon dozlarının köklenme üzerine etkisinin incelenmesi. *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*, 8(2), 52-56.
- Ali, B., Hayat, S., Hasan, S.A. and Ahmad, A. (2008). A comparative effect of IAA and 4-Cl-IAA on growth, nodulation and nitrogen fixation in *Vigna radiata* (L.) Wilczek. *Acta Physiologiae Plantarum*, 30(1), 35-41.
- Anonim, (2024). <https://tr.weatherspark.com/y/96545/Adapazar%C4%B1-T%C3%BCrkiye-Ortalama-Hava-Durumu-Y%C4%B1-Boyunca-Erişim-Tarihi:13/11/2024>.
- Balyan, S., Pushpangadan, P. (1988). A study on the taxonomical status and geographic distribution of the genus *Ocimum*. *Pafai J*, 10: 13-19.
- Bashir, Z., Hussain, K., Iqbal, I., Nawaz, K., Siddiqi, E. H., Javeria, M., ... & Ali, S. S. (2021). Improvements of crop productivity in wheat (*Triticum aestivum* L.) by the applications of phytohormones. *Pak. J. Bot*, 53(2), 585-595.
- Borah, L., & Baruah, K. K. (2016). Effects of foliar application of plant growth hormone on methane emission from tropical rice paddy. *Agriculture, ecosystems & environment*, 233, 75-84.
- Çürük, P., İzgü, T., Koçak, M., Tütüncü, M., Tagipur, E., Şimşek, Ö., ... & Özgüven, A. I. (2012). Giberellik ASiT (GA3) Uygulamalarının *Iris germanica* (Süsen)'da Gelişme ve Çiçeklenme Üzerine Etkileri. *Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 27(1), 21-26.
- Dhama, K., Sharun, K., Gugjoo, M. B., Tiwari, R., Alagawany, M., Iqbal Yattoo, M., ... & Farag, M. R. (2023). A comprehensive review on chemical profile and pharmacological activities of *Ocimum basilicum*. *Food Reviews International*, 39(1), 119-147.
- Dinler, E., Balabanlı, C., & Bıçakçı, E. (2019). Tuz (NaCl) Stresinin Adi Fiğ (*Vicia sativa* L.) Tohumlarının Çimlenme ve Fide Büyüme Üzerindeki Engelleyici Etkisinin Hafifletilmesinde GA3 (Gibberellik Asit) ve Kinetin Bitki Büyüme Maddelerinin Uygulanması. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 7, 188-192.
- Havlicek, L., Hanuš, J., Veselý, J., Leclerc, S., Meijer, L., Shaw, G. and Strnad, M. (1997). Cytokinin-derived cyclin-dependent kinase inhibitors: synthesis and cdc2 inhibitory activity of olomoucine and related compounds. *Journal of medicinal chemistry*, 40 (4), 408-412
- Karaca, M., Kara, Ş. M., Özcan, M. M. (2017). Determination of herb yield and essential oil content of some basil (*Ocimum basilicum* L.) populations. *Ordu Univ J Sci Technol*, 7: 160-169.
- Khan, M.N., Khan, Z., Luo, T., Liu, J.H., Rizwan, M., Zhang, J., Xu, Z.H., Wu., H.H., Hu, L.Y. (2020). Seed priming with gibberellic acid and melatonin in rapeseed: Consequences for improving yield and seed quality under drought and non-stress conditions. *Ind. Crops Prod.* 156. 112850
- Kumlay, A.M., Eryiğit, T. (2011). Bitkilerde büyüme ve gelişmeyi düzenleyici maddeler: bitki hormonları. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 1(2), 47-56.
- Lin, L., Ma, Q., Wang, J., Lv, X., Liao, M. A., Xia, H., ... & Liang, D. (2018). Effects of indole-3-butyric acid (IBA) on growth and cadmium accumulation in the accumulator plant *Stellaria media*. *Environmental Progress & Sustainable Energy*, 37(2), 733-737.
- Machado, M.M., de Oliveira, L.F.S., Zuravski, L. (2019). *Ocimum basilicum* L.: Antiinflammatory actions and potential usage for arthritic conditions. In: *Bioactive Food*

- as Dietary Interventions for Arthritis and Related Inflammatory Diseases. Elsevier, pp. 481-487.
- Mok, D.W., Mok, M. C. (2001). "Cytokinin metabolism and action". Annual review of plant biology, Volume 52 (1): 89-118.
- Neumaier, E.E., Blessington, T.M., Price, J.A. (1987). Effect of Gibberellic Acid on Flowering and Quality of Double Persian violet. HortScience, 22 (5), 908-911.
- Paton, A., Harley, R.M. and Harley, M.M. (1999). Ocimum-an overview of relationships and classification. Medical and Aromatic Plants. Harwood Academic, 1- 38, Amsterdam.
- Patrick, D.J. (2015). Plant biostimulants: definition, concept, main categories and regulation. Scientia Horticulture, 196, 3-14.
- Sevik, H., & Guney, K. (2013). Effects of IAA, IBA, NAA, and GA3 on rooting and morphological features of Melissa officinalis L. stem cuttings. The Scientific World Journal, 909507.
- Shi, H.Y., Zhang, Z.G., Li, H., et al. (2022). Effect of IAA on the growth and photosynthetic characteristics of Quercus sessilis at seedling stage. J. Hebei Univ. (Nat. Sci. Ed.) 42 (5), 519–529.
- Telci, İ., Bayram E., Yılmaz G., Avcı A.B. (2005). Türkiye’de kültürü yapılan yerel fesleğen (Ocimum spp.) genotiplerinin morfolojik, agronomik ve teknolojik özelliklerinin karakterizasyonu ve üstün bitkilerin seleksiyonu (Sonuç Raporu), TOGTAG-3102 No’lu Proje. TÜBİTAK
- Thounaojam, A. S., Patel, A. D., Makani, A. Y., Chaudhary, N. N., & Nakarani, D. B. (2016). Effect of variety, planting material and plant growth bio-regulant on turmeric performance (Curcuma longa L.) under middle Gujarat condition. Journal of Pure and Applied Microbiology, 10(2), 1311-1317.
- Toprak, Ç.Ç. (2019). Bazı bitki büyüme düzenleyicilerinin dereotu (anethum graveolens l.)’nda bazı tarımsal özellikler ile uçucu yağ biyosentezi üzerine etkileri. Yüksek Lisans Tezi. Isparta
- Yang, J., Zhang, Z.W., Zhang, J., et al. (2020). Effects of three different growth regulators on photosynthetic characteristics of Rhododendron simsii. J. Hunan Ecol. Sci. 7 (1), 25–32.
- Yang, Y., Wang, Q.L., Geng, M.J., Guo, Z.H., Zhao, Z. (2011). Effect of Indole-3-Acetic Acid on Aluminum-Induced Efflux of Malic Acid from Wheat (Triticum aestivum L.). Plant Soil, 346, 215–230.
- Zhu, C., Jiang, R., Wen, S., Xia, T., Zhu, S., & Hou, X. (2023). Foliar spraying of indoleacetic acid (IAA) enhances the phytostabilization of Pb in naturally tolerant ryegrass by limiting the root-to-shoot transfer of Pb and improving plant growth. PeerJ, 11, e16560.
- Zhu, J., Wu, F.L., Yue, S.N., Chen, C., Song, S.Q., Wang, H., Zhao, M.W. (2019). Functions of reactive oxygen species in apoptosis and ganoderic acid biosynthesis in Ganoderma lucidum. Fems Microbiol. Lett. 366 (23).

**EVALUATING THE EFFICACY OF TECHNOLOGY IN THE ASSESSMENT OF
THE CORRELATION BETWEEN SEED COLORATION AND FUNGAL
INFECTION ON SESAME PLANT**

Oluwadamilola Peace AGOI

Federal University of Agriculture Abeokuta, Ogun Nigeria.

Email:Shalomagoi19@gmail.com

Moses Adeolu AGOI (ORCID:0000-0002-8910-2876)

Lagos State University of Education, Lagos Nigeria.

Email:agoi4moses@gmail.com

Oluwanifemi Opeyemi AGOI

Obafemi Awolowo University, Osun Nigeria.

Email:oluwanifemiagoi@gmail.com

Abstract

The incorporation of modern day technology into human endeavors is tremendously making significant impact in various sectors including agricultural industry. Sesame (*Sesamum indicum* L.) is a plant that exhibits antioxidant characteristics and can combat damages that may occur in its cellular structure. Seed coloration is a key determinant of possible physiological conditions of plants including sesame seed development while poor plant productivity may occur as a resultant of fungal infections. This paper therefore evaluates the efficacy of technology in the assessment of the correlation between seed coloration and fungal infection on sesame. Questionnaires were drafted and administered by professionals to respondents through online Google form questionnaire instrument. The responses were collated and subjected to reliability analysis. Conclusively, the paper inferred that major seed coloration of sesame seed are cream, light-brown, dark-brown and deep-brown/black as seed's cream colour indicates that there is an incidence of fungi infection while noting that the variety of fungal species associated with the seed of sesame are *Aspergillus flavus*, *Aspergillus niger*, *Fusarium* sp., *Penicillium* sp. and *Cercospora* sp.

Keyword: Technology, Sesame, Seed Coloration, Fungal Infection.

INTRODUCTION

Sesame (*Sesamum indicum*L.) is a plant in genus *Sesamum*. There are lots of wild relatives of genus *Sesamum* present in Africa and a smaller number of them in India (Teklu *et al.*, 2022). They are widely grown in tropical regions around the world and is cultivated for its edible seeds, which grow in pods. Sesame seed is one of the oldest oil



seed crops and its oil is known for its beneficial characteristics (Bushra, 2022). The cultivated type of Sesame originated in India. It tolerates drought conditions well, growing where other crops fail (Teklu *et al.*, 2022 & Myint *et al.*, 2020). Sesame (*Sesamum indicum*) holds a very important position in the agricultural world, with great contribution to both economic prosperity and food security. Seed colouration is usually a visible determinant

of seed health and can show possible physiological conditions of the plant during the seed development stage (Shehu, 2023). Abnormalities in seed morphology can have negative effects on germination rates and overall crop quality (Yadav *et al.*, 2022). Furthermore, fungal infections which can lead to yield losses and in turn affect the economic wellbeing of farmers, is a serious threat to sesame crop and the agricultural system (Esan *et al.*, 2020). This paper therefore aims to assess the efficacy of using modern day technology to check if sesame seed colouration is a reliable determinant of fungal infections.

RELATED LITERATURE

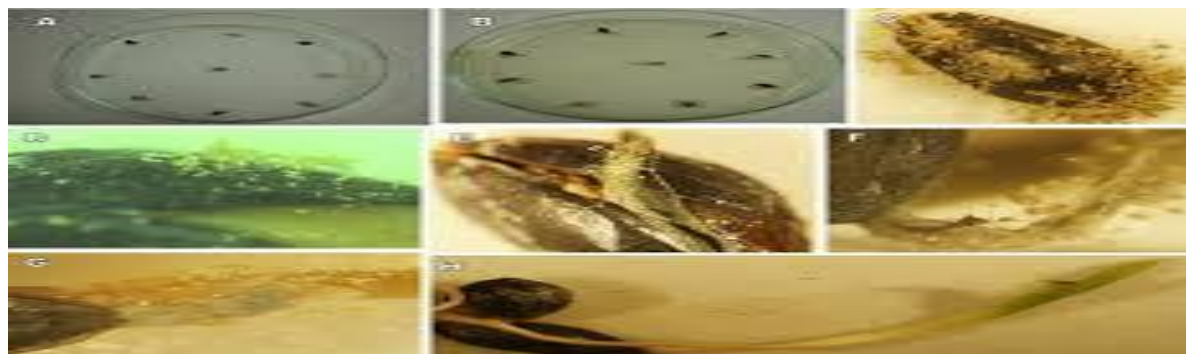
Sesame is a unique food crop. Its seeds, both whole and ground, and its oil, have been consumed since the old times (Langyan *et al.*, 2022). Today, it is used as a condiment or seasoning, with average intake of about 2-3 g/day per capita in Japan (Lv *et al.*, 2023). Despite its long history as an edible oil source, its production is far less than that of other primary oil-crops such as soybeans or rapeseed. Yet, sesame is one of the best-known oil seeds, long regarded as a health food and an outstanding source of high-quality oil (Ogori, 2020). Sesame belongs to the *Sesamum* genus, one among 16 genera of the family Pedaliaceae (Teklu *et al.*, 2022). It is an erect annual herb, typically reaching 100-120 cm in height, with simple or branched stems and leaves arranged opposite or alternately at each node (Abdalsalam & Al-Shebani, 2010). Its tubular, two-lipped flowers, approximately 4-5 cm long, come in red or white corollas. The seeds are small, weighing approximately 2-3.5 g per 1000 seeds (Kahyaoğlu, 2005). Sesame originally thrived in the tropic African savanna plains but is now cultivated worldwide in tropical and subtropical regions between about 45° north and south parallels (Bedigian, 2013). The plant typically matures in 70-140 days, with most varieties maturing in 110 days or less. Sesame seeds will not germinate when soil temperatures drop below 20°C (Alemayehu *et al.*, 2023). The plant exhibits fair drought resistance and can grow in areas with sufficient rainfall to support dryland sorghum and cotton. It possesses a well-developed taproot capable of reaching underground water sources. Seed yields range from 350 to 1700 kg per hectare depending on varieties and cultivation techniques, with an average yield of 500 kg per hectare (Girmay, 2023). However, this yield is substantially lower than that of other oilseeds such as soybean and rapeseed. Increasing sesame production will require improved varieties, enhanced cultivation techniques, and the adoption of machine harvesting (Teklu *et al.*, 2022).

Effect of Fungi Infection on Seed

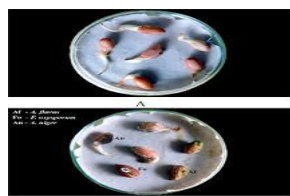


Food losses due to crop infections caused by various pathogens such as bacteria, viruses, and fungi have been persistent issues in agriculture for centuries worldwide (Paul & Kumar, 2021). The timely detection and appropriate identification of causal agents associated with crop or seed diseases are crucial for formulating effective management strategies. Seed health testing to detect seed-borne pathogens is an essential step in managing crop diseases (Vishunavat et al., 2023). Specificity, sensitivity, speed, simplicity, cost-effectiveness, and reliability are key criteria for selecting seed health test methods. Commonly used seed assays, including visual examination, selective media, seedling grow-out, and serological assays, while suitable for some pathogens, often lack the necessary levels of sensitivity, specificity, and accuracy (Nandini, 2020). Seeds can harbor a wide range of microorganisms, particularly fungi, which can cause various sanitary problems (Kulik, 2020). Fungi that invade seeds before or after harvest can significantly reduce seed quality and longevity. The seed-borne fungi deteriorate not only the physical and chemical constituents of the seed. The fungi occurring on sesame seeds affect its seed colour and quality parameter. Due to seed-borne fungi, there is some reduction in carbohydrates and protein content. Seed movement can facilitate the spread of diseases to new areas. Additionally, some seed-associated fungi produce mycotoxins that can have serious negative effects on humans, animals, and the seeds themselves (Martín et al., 2022). Seed storage is the most efficient and widely used method for conserving plant genetic resources. The seed storage conditions used in gene banks—low temperature and low seed moisture content—enhance seed longevity and generally support the survival of seed-borne mycoflora. Therefore, early detection and identification of seed fungi are vital to preserving high-quality seeds and preventing pathogen dissemination (Gebeyaw, 2020). Seeds are the most important input for crop production, and many pathogenic fungi that are seed-borne can cause substantial crop losses (Amza, 2018). Fungal pathogens can contaminate various seed crops before or after harvesting (Martín et al., 2022). This contamination leads to the presence of several fungal seed-borne pathogens identifiable on seeds or causing numerous diseases. Certain seed-borne fungal pathogens produce mycotoxins, substances that deteriorate grain quality, reduce germination capacity, and lower vigor (Amza, 2018).

Detection of Fungi Incidence using Blotter method



Four-hundred seeds were physically observed for their colour incidence out of which Twenty-five seeds of selected colour-types of each variety were placed on blotter medium in 9cm diameter petri-dishes equidistant from each other in three concentric rings of thirteen, eight and four seeds at the center. There was a working sample of 25 seeds in three replicates per variety.



Petri dishes were incubated in a growth chamber at $28 \pm 2^\circ\text{C}$ for 5 days under alternating cycles of 12h light and 12h darkness. Fungi observed on seeds were identified, counted and expressed as percentage of total number of seeds plated on blotter. Blotter test method is no doubt one of the most important methods available In seed health testing for seed-borne fungal pathogens (Limonard, 1966).

Table 1: Fungal Incidence in selected seeds of sesame varieties in Abeokuta

Variety	Colour type	Fungal incidence (%) \pm S.E
Ex-sudan	Cream	2.67 \pm 1.09
Cameroon white	Cream	9.33 \pm 1.73
Alabata local	Light Brown	5.33 \pm 1.09
E8	Light Brown	1.33 \pm 1.09
LSD (P > 0.05)		4.9



This study shows that Ex-sudan and Cameroon white has the highest incidence of cream coloured seeds, also, Alabata local and E8 has the highest incidence of Light brown seeds. It was also observed that from the major seed colouration, cream-coloured seeds had more incidence of fungi than the other major colouration type. The abnormalities in these varieties are malformation, flat, insect infested seeds and probably due to mishandling, broken seeds. The lowest incidence of fungi was on light brown seeds, this does not agree with earlier studies by Shetty, (1986) that discolouration of seeds is a very important

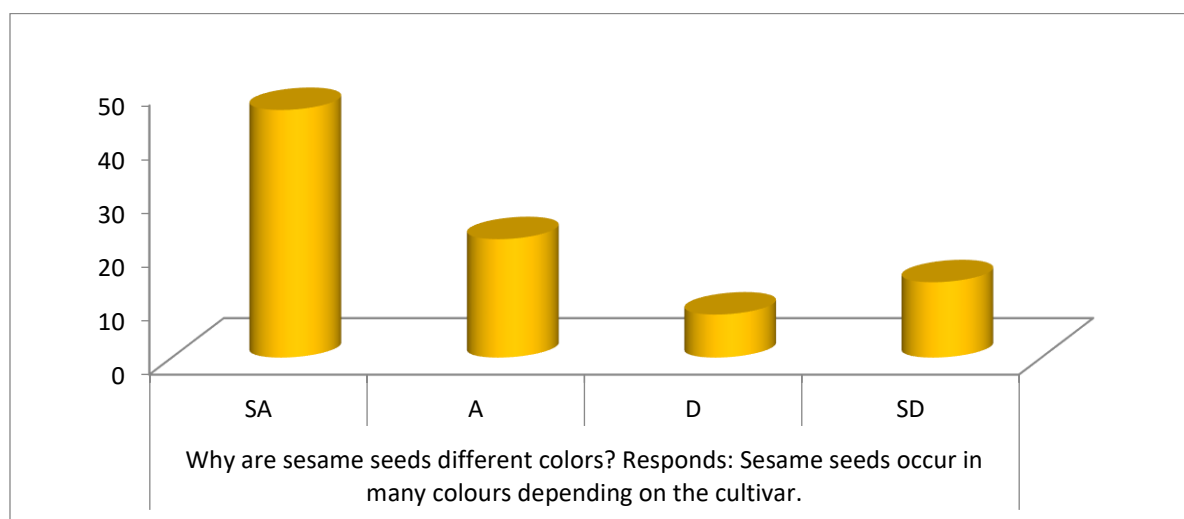
disorder which often indicates the presence of fungi. The different fungi species found associated with sesame in this study are *Aspergillus flavus*, *Aspergillus niger*, *Fusarium* sp., *Penicillium* sp. and *Cercospora* sp. This was an improvement on earlier study by Vasanthakumar (1986) that *Aspergillus* sp., *Cladosporium* sp., *curvularia* sp. cause seed rot in many crops. These associated fungi can be severe in future occurrences if they are not properly controlled.

MATERIALS AND METHODS

This paper adopts a mixed review approach on the efficacy of using blotter method to check if sesame seed coat colouration is a reliable determinant of fungal infections. The researcher used four sesame varieties namely Alabata local, Cameroon white, E8 and Ex-sudan gotten from an agro market in Abeokuta, Ogun State, Nigeria. In order to gather more information needed for the research work, drafted questions were also administered to different people consisting of plant pathologist and plant physiologist using online Google form questionnaire instrument.

RESULTS AND DISCUSSION

Fig.1: Chat Analysis

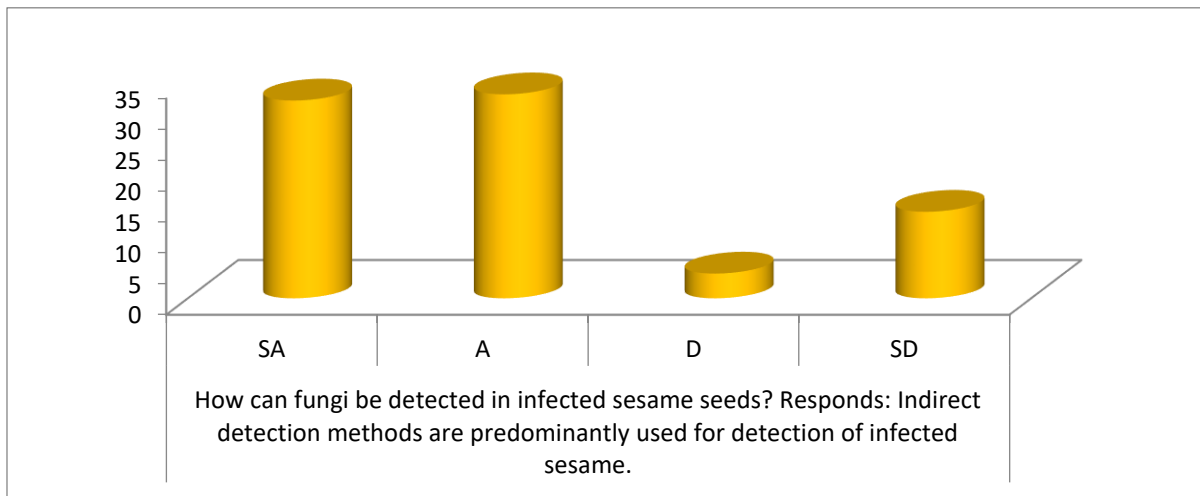


The graph plotted in figure 1 clearly depicts that a very high amount of respondents have deep knowledge of plant farming and most especially crop cultivation. According to the respondents,



Sesame seeds occur in many colours depending on the cultivar. The most traded variety of sesame is cream coloured. Other common colours are buff, tan, gold, brown, reddish, gray, and black. The colour is the same for the hull and the fruit.

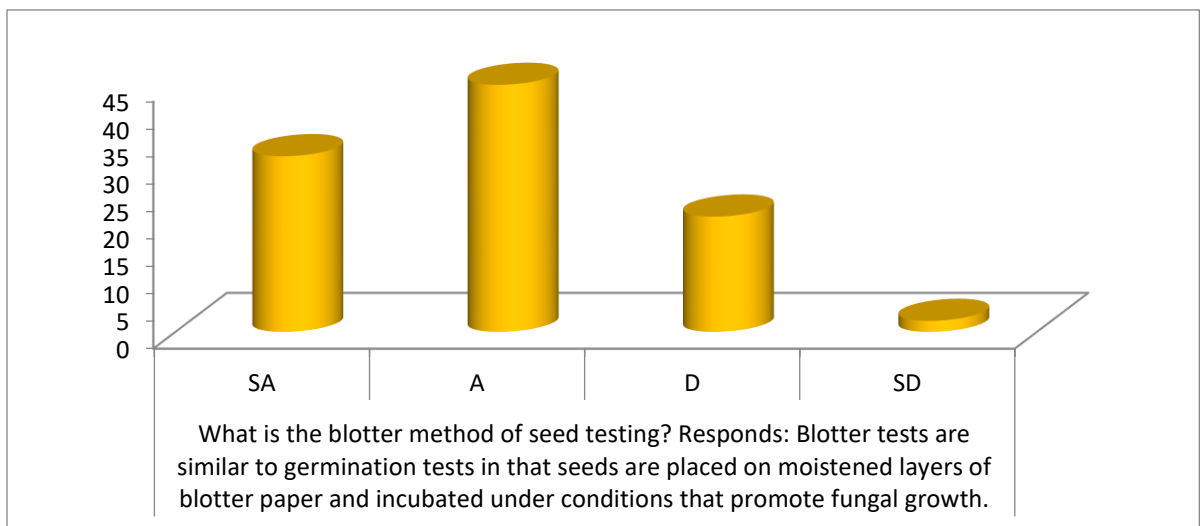
Fig.2: Chat Analysis



The analysis chat shown in figure 2 indicate that a higher number of respondents suggest that the incubation of individual seeds on a substrate such as filter paper (blotter test) or agar media (agar test), or, more rarely, in a substrate such as sand or soil (growing-on test or soil/sand test). According to the respondents, among different seed health testing methods, standard blotter method was found to be good for detecting the seed-borne infection of *Alternaria sesami* to an extent of 91.63% in sesame.



Fig.3: Chat Analysis

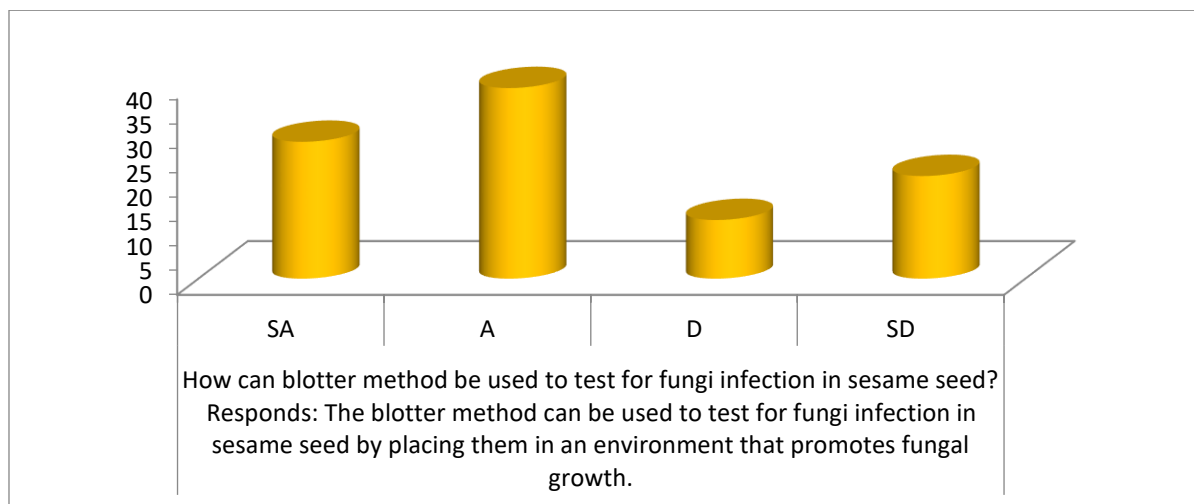


The graph plotted in figure 3 depicts that a greater amount of respondents explained that Blotter tests are similar to germination tests in that seeds are placed on moistened layers of blotter paper and incubated under conditions that promote fungal growth. Blotter paper method is most frequently used for the detection of seed-borne diseases. The respondents also added that the blotter paper method is the most popular and frequently used

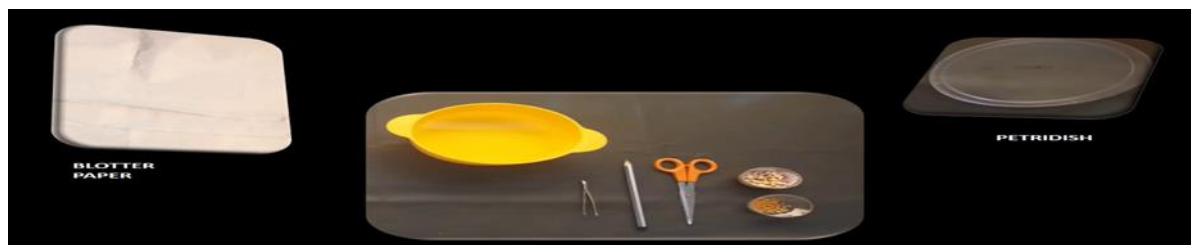


for the detection of several fungi, which can produce mycelial growth and fruiting structures during incubation. The respondents emphasized that this method is most frequently used for the detection of seed-borne diseases.

Fig.4: Chat Analysis



The graph plotted in figure 4 shows that a significant number of respondents concur that Blotter method can be used to test for fungi infection in sesame seed by placing them in an environment that promotes fungal growth. According to the respondents, the steps for using the blotter method to test for fungi in sesame seeds. Viz:



Cut white blotter paper into circles, sterilize them, and moisten them with distilled water. Put the seeds in the Petri dishes, with 15 seeds in the outer ring, nine in the middle, and one in the center. Put the Petri dishes in an incubator at a temperature of around 25°C, with 12 hours of light and 12 hours of darkness. After a few days, examine the seeds for fungal colonies.

The respondents finally noted that blotter method is a popular way to detect seed-borne diseases because it can produce fruiting structures and mycelial growth during incubation.

CONCLUSION

The discussion on this paper is focused on the efficacy of using modern day technology in the assessment of the correlation between seed coloration and fungal infection on sesame. The paper used blotter paper test technology to check if sesame seed colouration is a reliable determinant of fungal infections. The paper revealed that abnormalities across sesame varieties

were malformed, broken, flat and insect infested seeds and that *Aspergillus flavus*, *Aspergillus niger*, *Fusarium* sp. *Penicillium* sp., *Cercospora* sp. are the fungal species associated with the sesame seed colour varieties. Finally, the paper inferred that the major seed coloration of sesame seed are cream, light-brown, dark-brown and deep-brown/black while the cream colour indicates that there is an incidence of fungi infection, noting that the variety of fungal species associated with the seed of sesame are *Aspergillus flavus*, *Aspergillus niger*, *Fusarium* sp., *Penicillium* sp. and *Cercospora* sp.

REFERENCE LIST

- Abdalsalam, A.A. & Al-Shebani, Y.A. (2010). Phenological and Productivity Characteristics of Sesame (*Sesamum indicum* L.) as Affected by Nitrogen Rates Under Sana'a Conditions. *Journal of Plant Production*. Vol. 1(2). Pp. 251-264.
- Alemayehu, S., Abera, F.A., Ayimut, K.M., Darnell, R., Mahroof, R., Harvey, J. & Subramanyam, B. (2023). Effects of Storage Duration and Structures on Sesame Seed Germination, Mold Growth, and Mycotoxin Accumulation. *Toxins*. Vol. 15(1). Pp. 39.
- Amza, J. (2018). Seed Borne Fungi; Food Spoilage, Negative Impact and their Management: A Review. *Seed* Vol. 81. Pp. 70-79.
- Bedigian, D. (2013). African Origins of Sesame Cultivation in the Americas. *African Ethnobotany in the Americas*. Pp. 67-120.
- Bushra, S.S. (2022). Character Association of Sesame (*Sesamum indicum* L.).
- Esan, A.O., Fapohunda, S.O., Ezekiel, C.N., Sulyok, M., & Krska, R. (2020). Distribution of Fungi and Their Toxic Metabolites in Melon and Sesame Seeds Marketed in Two Major Producing States in Nigeria. *Mycotoxin research*. Vol. 36. Pp. 361-369.
- Gebeyaw, M. (2020). Review on: Impact of Seed-Borne Pathogens on Seed Quality. *American Journal of Plant Biology*. Vol. 5. Pp. 77-81.
- Girmay, A.B. (2023). Modeling Crop Yield, Nutrient and Irrigation Water Management Strategies of Sesame (*Sesamum Indicum* L.) Under Changing Climatic Conditions In The Semi-Arid Environments Of Tigray, Ethiopia (Doctoral Dissertation).
- Kahyaoğlu, T. (2005). Effect of Roasting Processes on Some Properties of Sesame and Sesame Paste: Rheological, Color, Textural and Moisture Adsorption.
- Kulik, M.M. (2020). Seed Quality and Microorganisms. In *Seed Quality* CRC Press Pp.153-71
- Langyan, S., Yadava, S., Sharma, S., Gupta, N.C., Bansal, R., Yadav, R., Kalia, S. & Kumar, A. (2022). Food and Nutra-Ceutical Functions of Sesame Oil: An Underutilized Crop for Nutritional and Health Benefits. *Food Chemistry*. Pp. 389.
- Lv, W., Ding, X., Liu, Y., Ma, A., Yang, Y., Wang, Z. & Gao, C. (2023). Evaluating the Energy and Core Nutrients of Condiments in China. *Nutrients*. Vol. 15(20). Pp. 4346.
- Martín, I., Gálvez, L., Guasch, L. & Palmero, D. (2022). Fungal Pathogens and Seed Storage in the Dry State. *Plants*. Vol. 11(22). Pp. 3167.
- Myint, D., Gilani, S.A., Kawase, M., & Watanabe, K.N., 2020. Sustainable sesame (*Sesamum indicum* L.) production through improved technology: An overview of production, challenges, and opportunities in Myanmar. *Sustainability*, 12(9), 3515.
- Ogori, A.F. (2020). Source, Extraction and Constituents of Fats and Oils. *Journal of Food Science and Nutrition*. Vol. 6(2). Pp. 100060.
- Paul Khurana, S.M. & Kumar, N. (2021). Agricultural Sustainability can be Ensured by Adopting Dynamic Plant Pathology, Pedagogy. *Indian Phytopathology*. Vol. 74(2). Pp. 509-518.
- Shehu, H. (2023). Effect of Induced Ageing on Viability and Nutrient Level of Sesame Seed Accessions (Doctoral dissertation).
- Teklu, D.H., Shimelis, H., & Abady, S. (2022). Genetic Improvement in Sesame (*Sesamum indicum* L.): Progress and Outlook: A review. *Agronomy*. Vol. 12(9). Pp. 2144.
- Vishunavat, K., Prabakar, K. & Anand, T. (2023). Seed Health: Testing and Management. *Malavika Dadlani*. Pp. 335.
- Yadav, R., Kalia, S., Rangan, Pradheep, K., Rao, G.P., Kaur, V., Pandey, R., Rai, V., Vasimalla, C.C., Langyan, S., & Sharma, S. (2022). Current Research Trends and Prospects for Yield and Quality Improvement in Sesame, An Important Oil Seed Crop. *Frontiers in Plant Science*. Vol. 13. Pp. 863521.

HISTOPATHOLOGICAL OBSERVATIONS ON TRICHOEPITHELIOMA IN A DOG

Sara SHOKRPOOR (ORCID: 0000-0002-4054-290X)

Department of Pathology, Faculty of Veterinary Medicine, University of Tehran, Tehran, Iran
Email:Shokrpoo@ut.ac.ir

Dariush GHAFARI

Department of Pathology, Faculty of Veterinary Medicine, University of Tehran, Tehran, Iran

Mohammad Sadegh KHANBABAII

Faculty of Veterinary Medicine, University of Tehran, Tehran, Iran

Abstract

Trichoepithelioma is a benign neoplasm showing differentiation to all three segments of the hair follicle and is common in dogs. A 4-year-old intact male Kurdish pejdard dog was referred to the veterinary hospital. On gross examination, two masses on the left side of back, 1×1×0.5cm and 1×0.75×0.5 cm in size, were found. Eventually, complete surgical resection was selected. The mass was removed and the tissue samples were fixed in 10% neutral buffered formalin and stained with hematoxylin and eosin. The histopathological evaluation revealed islands of epithelial cells surrounded by collagenous stroma and a large central lumen containing keratin with numerous hair follicles and small sebaceous glands at the periphery. The masses were diagnosed trichoepithelioma. Trichoepitheliomas are relatively slow growing. Most respond well to wide surgical excision, and recurrence is only noted with incompletely excised neoplasms. However, several breeds, especially the basset hound, are predisposed to developing multicentric neoplasms.

Keywords: Canine, Skin, Pathology, Trichoepithelioma

Introduction

Cutaneous neoplastic disorders are often observed in small mammal pets, such as dogs, regardless of their gender (Zwai et al., 2024). Trichoepithelioma is a rare tumor of the pilosebaceous unit that originates from the hair follicles (Calonje, 2010). This tumor is a benign neoplasm showing differentiation to all three segments of the hair follicle, incomplete or abortive trichogenesis may be present (Martín et al., 2007; Meuten, 2020). Trichoepithelioma is a multilobular plaque-like neoplasm, each lobule of which contains one or more segments of hair follicle development. Lobules typically have a combination of basilar and stratified squamous epithelium surrounding a central laminated aggregate of keratin, which sometimes resembles a hair shaft (Haynes, 2023). On cut section, there are often multiple 1–2 mm diameter gray-white foci with intervening bands of fibrovascular connective tissue. Epidermal ulceration, alopecia of the skin overlying the mass and secondary infection may be present. In dogs, they may occur between 1 and 15 years of age, but most cases arise between 5 and 11 years of age (Meuten, 2020). Trichoepithelioma include approximately 80% of hair follicle tumors in domestic dogs, especially, golden retrievers and German shepherds (Suedmeyer et al., 2005). Trichoepitheliomas have a predilection for the back, thorax, neck, and tail, but about 7.5% of cases are multicentric, especially in the basset hound (Meuten, 2020).

Material and Methods

A 4-year-old intact male Kurdish pejdard dog was referred to the veterinary hospital. On physical examination, two masses on the left side of back, approximately 1×1×0.5cm and 1×0.75×0.5 cm in size were found. Finally, complete surgical removal was selected. Based on owner information, within the previous 9-month period the masses had become evident and grew larger. Clinical examination revealed the masses were firmly attached to the skin but they moved over the underlying tissues. Ulceration and alopecia of the skin overlying the masses were also observed. On cut section, there were gray-white foci and intervening bands of fibrovascular connective tissue with a distinct margin. Anesthesia was induced by intravenous injection of ketamine (0/5 mg/kg) and diazepam (0.5 mg/kg) and maintained with 1%-2% isoflurane in oxygen. The mass was removed and the tissue samples were fixed in 10% neutral buffered formalin and routinely processed, dehydrated, embedded in paraffin wax, sectioned at 5 µm in thickness (Rotary Microtome RM2 145; Leica, Wetzlar, Germany) and stained with Haematoxylin and Eosin. Sections were examined using a light microscope (E600; Nikon, Tokyo, Japan) and representative images were taken.

Results

In histopathological investigations, the masses were encapsulated and composed of islands of epithelial cells surrounded by collagenous stroma and also cyst structures witch varied in size and shape. Microscopically, in the center of these islands, there was an accumulation of keratin and shadow (ghost) cells. The outer epithelial cells were included small cells with hyperchromatic nuclei and little cytoplasm or cells with a lightly eosinophilic cytoplasm and vesicular nuclei, and a large central lumen containing eosinophilic keratin with numerous hair follicles and small sebaceous glands at the periphery. These masses were diagnosed trichoepithelioma (Figure 1).

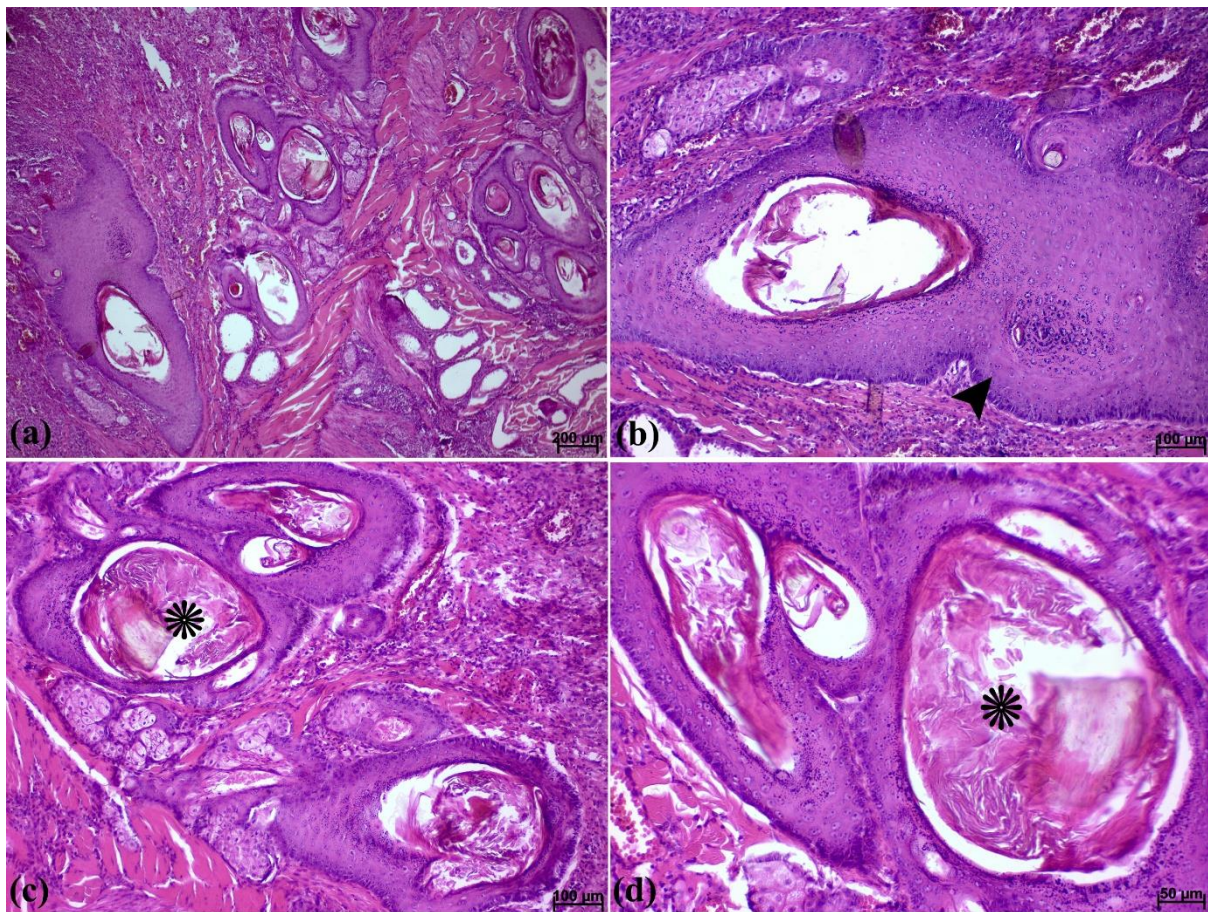


Figure 1 (a-d): Histopathological findings of trichoepithelioma in a Dog. Note the islands of epithelial cells (arrowhead) with center of accumulation of keratin (*), H&E.

Discussion

Hair follicle neoplasms occur in many different species, including humans. In domestic animals, they are most common in dogs. Most hair follicle tumors are benign, but malignant neoplasms can also occur. To diagnose hair follicle neoplasms, a thorough knowledge of follicular anatomy is important, given that follicular tumors are classified according to the differentiation pattern seen in the corresponding part of the normal hair follicle (Wiener, 2021). Follicular tumors and cysts are common skin lesions in dogs. Both are distinguished based on their cellular origin (matrical, isthmus, or infundibular cells) and the type of keratin they produce. Typically, differentiation requires histopathology, as all these lesions often have similar cytologic features (Adedeji, et al., 2017). In dogs, the frequency of hair follicle tumors is 10% (Graf, et al., 2013). Trichoblastomas are the most common HF tumors in dogs, followed by infundibular keratinizing acanthomas (IKAs), pilomatricomas, and trichoepitheliomas. Tricholemmomas are rare in both dogs and cats (Abramo, et al., 1999). At low magnification, trichoepitheliomas may be impossible to differentiate from pilomatricomas. Trichoepitheliomas are well-circumscribed, usually non-infiltrative, unencapsulated tumors consisting of epithelial islands and cystic structures of variable size that show differentiation toward all 3 of the follicular segments (Wiener, 2021). Most commonly, trichoepitheliomas appear as alopecic, firm, white-to-gray, multilobulated masses that may become ulcerated. The location of the tumor varies from superficial to deep dermal or subcutaneous. Superficial tumors are often

dome-shaped. The masses are usually <2 cm in diameter, but occasional lesions are large and ulcerated (Mauldin, et al., 2016). Trichoepitheliomas are usually single tumors but ~7.5% are multicentric, especially in Basset Hounds (Goldschmidt MH, et al., 2016). Most HF tumors are benign, and surgical excision is curative. Rarely, HF neoplasms (i.e., trichoepithelioma and pilomatricoma) can be malignant and may metastasize (Goldschmidt MH, et al., 2016). Among dogs, Basset Hounds are the most predisposed breed. Predisposition is also reported in the Golden Retriever, Soft-coated Wheaten Terrier, Bull Mastiff, English springer spaniel, Gordon setter, Irish setter, German shepherd, Miniature Schnauzer, and Standard Poodle (Leblanc, 2017). Most dogs are 5–11 y old. Spayed female dogs seem to be predisposed. In dogs, tumors are often located on the dorsal trunk, thorax, neck, tail, and limbs, but they may occur anywhere (Gross, et al., 2005). The main differential diagnosis is benign pilomatricoma, which usually has larger, but fewer, cystic structures. IKAs have a predominance of keratinocytes with glassy, pale cytoplasm, a feature not seen in trichoepitheliomas. Inflamed benign trichoepitheliomas have a more distinct silhouette, epidermal connection is rare, and areas of proliferative activity and reactive squamous metaplasia are always associated with areas of inflammation (Wiener, 2021). Rare malignant forms of trichoepitheliomas are described in dogs. Spayed females and the Basset Hound and Airedale Terrier breeds may be predisposed. Older dogs 8–12 y old are affected most often (Goldschmidt MH, et al., 2016).

Acknowledgment

Mr. Samani is thanked for assisting with the histopathological sections.

References

- Abramo, F., Pratesi, F., Cantile, C., Sozzi, S. and Poli, A., 1999. Survey of canine and feline follicular tumours and tumour-like lesions in central Italy. *Journal of small animal practice*, 40(10), pp.479-481.
- Adedeji, A.O., Affolter, V.K. and Christopher, M.M., 2017. Cytologic features of cutaneous follicular tumors and cysts in dogs. *Veterinary Clinical Pathology*, 46(1), pp.143-150.
- Burns, T., Breathnach, S.M., Cox, N. and Griffiths, C. eds., 2008. *Rook's textbook of dermatology*. John Wiley & Sons.
- Goldschmidt, M.H. and Goldschmidt, K.H., 2016. Epithelial and melanocytic tumors of the skin. *Tumors in domestic animals*, pp.88-141.
- Graf, R., Pospischil, A., Guscetti, F., Meier, D., Welle, M. and Dettwiler, M., 2018. Cutaneous tumors in Swiss dogs: retrospective data from the Swiss Canine Cancer Registry, 2008–2013. *Veterinary pathology*, 55(6), pp.809-820.
- Haynes, J.S. ed., 2022. *Atlas of Veterinary Surgical Pathology*. John Wiley & Sons.
- Leblanc, A., 2017. Neoplastic and nonneoplastic tumors. In *Small Animal Dermatology* (pp. 448-507). WB Saunders.
- Martín de Las Mulas, J., Molina, A.M., Millan, Y., Carrasco, L., Moyano, R. and Mozos, E., 2007. Spontaneous trichoepithelioma in a laboratory mouse: gross, microscopic and immunohistochemical findings. *Laboratory animals*, 41(1), pp.136-140.
- Mauldin, E. A., & Peters-Kennedy, J. 2016. Neoplastic and reactive diseases of the skin. *Jubb, Kennedy, & Palmer's Pathology of Domestic Animals*, 6th ed. Vol. 1. Elsevier. 1, 703-736.
- Meuten, D.J. ed., 2020. *Tumors in domestic animals*. John Wiley & Sons.
- Suedmeyer, W. and Williams, F., 2005. Multiple trichoepitheliomas in an alpaca (*Lama pacos*). *Journal of Zoo and Wildlife Medicine*, 36(4), pp.706-708.
- Wiener, D.J., 2021. Histologic features of hair follicle neoplasms and cysts in dogs and cats: a diagnostic guide. *Journal of Veterinary Diagnostic Investigation*, 33(3), pp.479-497.
- Zwai, H.A., Al-Attar, A.S.R., Morsi, A.E. and Abou El-Fetouh, M.S., 2024. Pathological, histochemical, and immune-histochemical studies on some canine-skin neoplasm at Sharkia province, Egypt. *Open Veterinary Journal*, 14(1), p.481.

TÜRKİYE'NİN BAKLAGİLLERDE KENDİNE YETERLİLİĞİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Araş. Gör. Dr. Derya İlkay YILMAZ (ORCID:0000-0003-0273-3323)

Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Ekonomisi Bölümü, Tekirdağ

Email:deryailkay@nku.edu.tr

Özet

Baklagiller, insan beslenmesi açısından en önemli bitkisel protein kaynağıdır. Baklagillerin gen merkezi olarak kabul edilen bir bölgede yer alan Türkiye 2022 yılında dünya mercimek üretiminin %6,69'unu, nohut üretiminin %3,21'ini ve kuru fasulye üretiminin %0,95'ini gerçekleştirmiştir. İhracat miktarlarına bakıldığında ise Türkiye 2022 yılında toplam mercimek ihracatının %11,57'sini, nohut ihracatının %8,73'ünü ve kuru fasulye ihracatının %1,98'ini gerçekleştirmiştir. Bu çalışmanın amacı, Türkiye'de baklagillerin (kuru fasulye, nohut, kırmızı mercimek ve yeşil mercimek) kendine yeterlilik oranlarının yıllar içerisindeki değişimini incelemektir. Kendine yeterlilik oranının belirlenmesi ülkede uygulanan veya uygulanması planlanan tarım politikaları açısından önem taşımaktadır. Çalışmada, 2000-2022 yılları arasında Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) verilerine dayanarak, baklagillerin kendine yeterlilik oranları hesaplanmıştır. Kendine yeterlilik oranı, bir ürünün üretilen miktarının yurt içi tüketimi karşılama oranı olarak tanımlanmıştır. Araştırma bulgularına göre 2003 yılından sonra kuru fasulye için kendine yeterlilik oranının 2020 ve 2021 yılları haricinde %100'ün altında olduğu gözlemlenmektedir. Bu durum, Türkiye'nin kuru fasulye üretiminde, iç tüketimi tam anlamıyla karşılayamadığını ve büyük ölçüde ithalata bağımlı hale geldiğini göstermektedir. Nohut için Türkiye'nin genellikle kendine yeterli olduğu ancak bu yeterlilik oranında zaman zaman dalgalanmalar yaşandığı görülmektedir. Kırmızı mercimek, 2000'li yılların başında Türkiye için kendine yeterli konumdayken, 2022 yılı itibarıyla %54,09'a kadar düşmüş ve ciddi bir ithalat gereksinimi ortaya çıkmıştır. Yeşil mercimekte kendine yeterlilik oranı tüm yıllar için %100'ün altında olmakla birlikte 2022 yılında %67,36 olarak belirlenmiştir. Sonuç olarak, Türkiye'nin baklagillerdeki kendine yeterlilik oranlarındaki bu değişimler, tarımsal üretim politikalarının gözden geçirilmesini, üretim planlaması ve dış ticaretin daha stratejik bir şekilde ele alınmasını gerektirmektedir. Bu bağlamda, üretim süreçlerinde iklim değişikliğine karşı önlemlerin alınması, tarımsal desteklerin ve üretim teşviklerinin iyileştirilmesi, üreticilerin bilinçlendirilmesi gibi faktörler göz önünde bulundurularak sürdürülebilir bir üretim modeli geliştirilmelidir.

Anahtar Kelimeler: gıda güvencesi, üretim planlaması, ithalat, sürdürülebilirlik

ASSESSMENT OF TURKIYE'S SELF-SUFFICIENCY IN PULSES

Abstract

Pulses are one of the most important sources of plant-based protein for human nutrition. Located in a region considered the genetic center of pulses, Türkiye accounted for 6.69% of global lentil production, 3.21% of chickpea production, and 0.95% of dry bean production in 2022. In terms of exports, Türkiye contributed 11.57% of total lentil exports, 8.73% of chickpea exports, and 1.98% of dry bean exports globally in 2022.

The aim of this study is to examine the changes in self-sufficiency rates of pulses Türkiye over the years. Determining the self-sufficiency rate is crucial for evaluating existing or planned agricultural policies in the country. In this study, self-sufficiency rates were calculated based on data from the Turkish Statistical Institute (TURKSTAT) for the period between 2000 and 2022. The self-sufficiency rate is defined as the ratio of the domestically produced quantity of a product to its domestic consumption. According to the research findings, after 2003, the self-sufficiency rate for dry beans was observed to be below 100% in most years, except for 2020 and 2021. This indicates that Türkiye has not been able to fully meet domestic consumption needs for dry beans and has become heavily reliant on imports. In the case of chickpeas, Türkiye has generally been self-sufficient, although the rate has fluctuated over time. Red lentils, once a self-sufficient crop for Türkiye at the beginning of the 2000s, saw a significant decline, with the self-sufficiency rate dropping to 54.09% by 2022, indicating a growing dependency on imports. Green lentils have consistently had a self-sufficiency rate below 100%, with the rate recorded at 67.36% in 2022. In conclusion, the changes in self-sufficiency rates for pulses in Türkiye highlight the need to reassess agricultural production policies and adopt a more strategic approach to production planning and international trade. Addressing the impacts of climate change, improving agricultural support and incentives, and raising awareness among producers are crucial factors in developing a sustainable production model.

Keywords: food security, production planning, imports, sustainability

1. INTRODUCTION

Food security and self-sufficiency rates in agricultural production have been prominent topics attracting attention both nationally and internationally in recent years. Self-sufficiency is defined as the ability of a country to meet its food requirements without relying on external sources, with agricultural production policies playing a critical role in this context (Soyhan and Mollavelioğlu, 2022). Particularly in staple agricultural products, self-sufficiency rates are of strategic importance for ensuring food security and reducing external dependency (Erdoğan et al., 2022).

Pulses, as plant-based protein sources, have gained increasing importance due to the growing global population and nutritional needs. With their high protein content and nutritional value, pulses play a crucial role in global food security. In many countries, where access to animal protein sources is limited, pulses provide a cost-effective and sustainable alternative (FAO, 2016). The need for sustainable agricultural practices and diversification of protein sources has become even more pronounced, particularly in light of the escalating impacts of climate change (Foyer et al., 2016). Additionally, the soil-enriching and nitrogen-fixing properties of pulses contribute to both economic and ecological sustainability by enhancing agricultural productivity (Jensen et al., 2010).

In Türkiye, while pulse production was significant in the past, the increasing reliance on imports in recent years has highlighted the need to assess self-sufficiency rates in this sector (Demirbaş et al., 2017). Investigating self-sufficiency rates in pulses enables policymakers to make more informed decisions regarding this strategic product and supports the country's food security strategies.

Studies examining the self-sufficiency of agricultural production in Türkiye generally reveal both the strengths and challenges of the country's agricultural potential. Türkiye has the capacity to produce strategic agricultural products such as rice, lentils, wheat, vegetables, broiler chicken, and sunflower oil. However, this self-sufficiency has not been sustainable for certain products, leading to increased import dependency (Unakıtan, 2016; Demirbaş et al., 2017; Güvenç, 2018; Aydın et al., 2021; Erdoğan et al., 2022; Sarıca, 2023). For example, despite Türkiye's past leadership in the production of lentils and sunflower oil, rising consumption and shrinking cultivation areas have necessitated imports (Demirbaş et al., 2017; Aydın et al., 2021). Similarly, the self-sufficiency rate for wheat has remained around 96%, and the upward trend in imports raises concerns about long-term sustainability (Yılmaz and Tomar, 2022).

Conversely, Türkiye has achieved high self-sufficiency rates in certain sectors, such as broiler chicken and vegetable production, and has also enhanced its export potential. Vegetable production not only meets domestic demand but is also supported by exports, while the self-sufficiency rate in the broiler chicken sector has exceeded 130% (Güvenç, 2018; Sarıca, 2023). Similarly, high self-sufficiency rates have been observed in the aquaculture sector (Candemir and Dağtekin, 2020). However, despite these positive indicators, factors such as climate change, loss of agricultural land, and high input costs pose significant threats to the sustainability of Türkiye's agricultural policies and food security.

The primary objective of this study is to analyze Türkiye's self-sufficiency rates in pulses and evaluate the current state and sustainability of production capacity in these pulses. Assessing the sufficiency of pulses, which are strategically important for Türkiye's food security, provides valuable insights into the balance between domestic consumption and foreign trade.

Understanding self-sufficiency rates helps policymakers to effectively guide the country's agricultural and food strategies. These rates indicate which products achieve sufficient production and which areas require reduced external dependency (Demirbaş et al., 2017). Accurate analysis of agricultural production capacities supports the development of sustainable policies aimed at enhancing food security. Specifically, in areas where import dependency needs to be minimized, self-sufficiency rates serve as a guide for directing agricultural subsidies to appropriate products (Sarica, 2023). The findings of this study are expected to contribute to the development of strategies by agricultural policymakers to reduce external dependency on pulses.

MATERIAL AND METHOD

The main material of this study comprises data on pulse production, imports, and exports provided by the Turkish Statistical Institute (TUIK) and the Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Data on global production and foreign trade were obtained from FAO. Since the most recent data on foreign trade in the FAO database is from 2022, global production and foreign trade data were analyzed for the year 2022.

The study focuses on dry beans, chickpeas, red lentils, and green lentils, while other pulses were excluded from the analysis. This selection was based on the strategic importance of these pulses in terms of consumption and production in Türkiye. Dry beans, chickpeas, red lentils, and green lentils constitute the largest share of pulse production in Türkiye and play a crucial role in food security and economic sustainability (Demirbaş et al., 2017; Soyhan and Mollavelioğlu, 2022).

The self-sufficiency rates of the pulses included in the study were calculated for the last 20 years. The data used for calculating these rates were obtained from the TURKSTAT database (TURKSTAT, 2024a). The self-sufficiency rates for each crop were calculated using the formulas below (Kulakoğlu, 2020).

$$\begin{aligned} \text{Net production} &= \text{Production} - \text{Loss} \\ \text{Consumption} &= (\text{Net production} + \text{Import} + \text{Stock change}) - (\text{Seed use} + \text{Feed use} \\ &\quad + \text{Export}) \\ \text{Self Sufficiency Rate} &= \frac{\text{Net production}}{\text{Consumption}} \times 100 \end{aligned}$$

If the self-sufficiency rate is less than 100, the country's production is insufficient to meet consumption needs. If it is equal to or greater than 100, the country's production is sufficient to meet consumption needs.

2. RESULTS

India emerges as the largest producer with 6.61 million tons of dry bean production, accounting for 23.32% of total global production. Türkiye ranks 22nd globally with a production share of 0.95%. In chickpea production, India leads the world with a 74.85% share, while Türkiye ranks

third with 3.21%. In lentil production, Canada ranks first with a share of 34.57%, followed by Türkiye in fourth place with 6.69% (FAO, 2024a).

Myanmar ranks first in dry bean exports with 1.5 million tons, accounting for 32.97% of total exports. Australia leads chickpea exports with 605.93 thousand tons (28.89%), while Canada ranks first in lentil exports with 1.9 million tons (43.88%). Türkiye ranks third in global lentil exports with a share of 11.57%, fifth in chickpea exports with a share of 8.73%, and tenth in dry bean exports with a share of 1.98% (FAO, 2024b). These figures indicate that Türkiye has a notable export potential in the global pulse trade.

In dry bean imports, China is the leading importer with 764 thousand tons (16.79%), while Pakistan leads chickpea imports with 379.55 thousand tons (20.18%) and India is the top importer of lentils with 656.76 thousand tons (15.38%). Türkiye's share in global chickpea imports was 5.65%, while its share in lentil imports reached 11.91% (FAO, 2024b). These figures demonstrate that Türkiye is among the leading importers of chickpeas and lentils globally. In dry bean imports, Türkiye ranks 10th with a share of 2.37%.

Changes in Cultivation Areas and Production Quantities in Türkiye

The cultivation areas of the pulses over the last 20 years are presented in Table 1. Overall, a reduction in the cultivation areas of all pulses is observed. The most significant decrease is noted in dry beans. The cultivation area for dry beans, which was 155 thousand hectares in 2004, decreased by 43% to 88.46 thousand hectares in 2023. A rapid decline occurred particularly between 2004 and 2013, after which the cultivation areas stabilized. The chickpea cultivation area, which was 606 thousand hectares in 2004, declined by 24.3% to 458.77 thousand hectares in 2023. A notable increase in chickpea cultivation areas occurred between 2017 and 2019; however, this growth was not sustained, and a downward trend resumed. This pattern may indicate that chickpea production fluctuates in response to market demand and is particularly influenced by export-driven or price-related changes. The cultivation area for red lentils decreased by 26.6%, from 379 thousand hectares in 2004 to 278.15 thousand hectares in 2023. Although a short-term increase was observed between 2013 and 2016, the overall trend in cultivation areas indicates a decline. Similarly, a reduction in cultivation areas was identified for green lentils. The green lentil cultivation area, which was 60 thousand hectares in 2004, decreased by 25.4% to 44.78 thousand hectares in 2023. However, since 2017, a renewed increase in cultivation areas has been observed. In general, the cultivation areas of these crops have fluctuated due to various factors such as climatic changes, economic conditions, production costs, and demand variations. While red and green lentils have shown an increasing trend in recent years, no significant upward trend is observed in the cultivation areas of dry beans and chickpeas. This indicates that the cultivation areas of pulses are highly influenced by external factors such as price fluctuations and changes in demand (TUIK, 2024b).

Table 1. Cultivation area of pulses by year (1000 ha)

Year	Dry beans	Chickpeas	Red lentils	Green lentils
2004	155.00	606.00	379.00	60.00
2005	141.20	557.80	376.70	53.20
2006	129.05	524.37	378.71	45.46
2007	109.25	503.68	357.23	32.31
2008	98.23	505.17	290.98	27.70
2009	94.93	455.93	189.38	25.55
2010	103.38	455.69	211.60	22.89
2011	94.63	446.41	192.32	22.53
2012	93.17	416.24	214.79	22.69
2013	84.76	423.56	260.50	20.68
2014	91.11	388.52	232.45	17.05
2015	93.58	359.30	207.47	16.39
2016	89.82	359.53	235.47	16.76
2017	89.72	395.31	269.32	23.22
2018	84.81	514.42	243.07	34.16
2019	88.94	520.60	242.78	39.61
2020	102.99	511.56	209.82	37.84
2021	107.80	487.89	260.20	48.16
2022	97.05	456.83	299.81	42.83
2023	88.46	458.77	278.15	44.78

The production quantities of pulses over the past 20 years are presented in Table 2. Dry bean production, which was 250 thousand tons in 2004, decreased slightly to 240 thousand tons in 2023 (TUIK, 2024b). The fluctuations in dry bean production during the examined period are noteworthy. Chickpea production was 620 thousand tons in 2004, followed by a gradual decline until 2007. Production increased again in 2009, reaching 562 thousand tons, and exhibited a fluctuating trend in subsequent years. Chickpea production in 2023 was recorded at 580 thousand tons, representing a 6.5% decrease compared to 2004. Red lentil production, which stood at 480 thousand tons in 2004, experienced a significant decline in 2008, falling to 106 thousand tons. The primary cause of this sharp decrease was the severe drought in the Southeastern Anatolia Region in 2008. However, production began to recover in 2010, with notable increases in 2022 and 2023. Green lentil production decreased from 60 thousand tons in 2004 to 26.8 thousand tons by 2007. Between 2008 and 2016, production levels fluctuated between 20-30 thousand tons. However, after 2017, production began to increase, particularly in 2022 and 2023. This increase may be attributed to growing demand for green lentils or the impact of support policies.

Table 2. Production quantities of pulses by year (1000 tons)

Year	Dry beans	Chickpeas	Red lentils	Green lentils
2004	250.00	620.00	480.00	60.00
2005	210.00	600.00	520.00	50.00
2006	195.97	551.75	580.30	42.33
2007	154.24	505.37	508.38	26.80
2008	154.63	518.03	106.36	24.83
2009	181.21	562.56	275.05	27.13
2010	212.76	530.63	422.00	25.40
2011	200.67	487.48	380.00	25.95
2012	200.00	518.00	410.00	28.00
2013	195.00	506.00	395.00	22.00
2014	215.00	450.00	325.00	20.00
2015	235.00	460.00	340.00	20.00
2016	235.00	455.00	345.00	20.00
2017	239.00	470.00	400.00	30.00
2018	220.00	630.00	310.00	43.00
2019	225.00	630.00	310.00	43.63
2020	279.52	630.00	328.42	42.40
2021	305.00	475.00	228.00	35.00
2022	270.00	580.00	400.00	45.00
2023	240.00	580.00	424.00	50.00

Changes in Türkiye's Foreign Trade

An evaluation of Türkiye's exports of pulses reveals a general increasing trend in the long term, despite notable periodic fluctuations (Table 3).

Dry bean exports, which stood at 39,126 tons in 2004, showed a significant decline in subsequent years, falling to 2,311 tons in 2008. Following a fluctuating trend in the ensuing years, dry bean exports increased to 103,129 tons in 2019 and reached a peak of 149,771 tons in 2022. However, in 2023, exports declined slightly to 105,654 tons. Chickpea exports began at a relatively high level of 193,417 tons in 2004 and showed a general downward trend until 2012. Exports experienced a rapid increase in 2019, reaching 224,018 tons, and continued to rise, amounting to 230,806 tons in 2023. Red lentil exports, which were 134,428 tons in 2004, peaked at 263,547 tons in 2007. Although exports fluctuated in subsequent years, they generally followed an upward trend, reaching their highest level of 496,413 tons in 2023. The increase in red lentil exports can be attributed to a combination of improved production capacity, growing demand in foreign markets, and the implementation of re-export practices. Green lentil exports fluctuated between 1,000-2,000 tons until 2019. However, a significant increase occurred in 2019, with exports reaching 17,557 tons. By 2023, green lentil exports had reached their highest recorded level of 36.12 thousand tons (TUIK, 2024a).

Table 3. Export quantities of pulses by year (1000 tons)

Year	Dry beans	Chickpeas	Red lentils	Green lentils
2004	39.13	193.42	134.43	1.01
2005	3.57	131.01	154.96	2.13
2006	3.47	111.02	207.95	1.60
2007	3.29	111.78	263.55	1.51
2008	2.31	95.06	132.23	1.34
2009	5.04	114.25	98.84	2.24
2010	18.79	92.30	145.45	0.80
2011	1.96	56.39	190.24	1.18
2012	1.32	29.57	224.17	1.77
2013	1.39	36.63	178.09	1.32
2014	4.51	32.81	191.36	1.55
2015	10.56	29.75	183.85	2.03
2016	3.90	28.98	235.71	1.37
2017	5.05	32.50	259.43	2.00
2018	17.16	55.84	242.66	1.79
2019	103.13	224.02	341.02	17.56
2020	10.06	142.89	310.68	4.81
2021	73.93	268.47	276.49	30.33
2022	149.77	193.53	314.82	21.69
2023	105.65	230.81	496.41	36.12

Türkiye's import quantities for pulses between 2004 and 2023 are presented in Table 4. Türkiye's pulse imports have fluctuated over the past 20 years, showing notable increases in certain crops, particularly in recent years.

Dry bean imports increased significantly from 9.64 tons in 2004 to 41,918 tons in 2005, followed by a fluctuating trend in the subsequent years. Imports peaked at 117,921 tons in 2019, sharply declined to 28,232 tons in 2020, and began rising again after 2021. These variations are largely driven by domestic production shortfalls and changes in import policies.

Chickpea imports started at a minimal level of 0.59 tons in 2004. Imports increased rapidly in 2012 and 2014, reaching 121,925 tons in 2018. Although there was a slight decline in 2019, chickpea imports increased steadily until 2023, peaking at 216,557 tons. Red lentil imports were only 0.023 tons in 2004 but increased to 85,077 tons in 2006. From 2008 to 2018, imports fluctuated yet showed an upward trend overall. In 2020, red lentil imports peaked at 479,863 tons and almost doubled in 2023, reaching an all-time high. Green lentil imports, which were 9.52 tons in 2004, have exhibited a fluctuating upward trend over the years. In 2021, imports increased to 53,823 tons, and in 2023, they reached 63,348 tons (TUIK, 2024a).

Table 3. Import quantities of pulses by year (1000 tons)

Year	Dry beans	Chickpeas	Red lentils	Green lentils
2004	9.64	0.59	0.02	9.52
2005	41.92	0.76	24.69	9.52
2006	46.88	1.74	85.08	15.73
2007	34.46	4.05	3.20	12.71
2008	64.78	8.52	44.24	27.45
2009	34.81	3.40	224.52	14.84
2010	67.05	6.80	200.71	25.87
2011	48.56	6.44	229.20	18.72
2012	40.71	21.74	216.87	17.45
2013	41.41	39.44	104.99	24.35
2014	57.29	50.29	232.92	31.54
2015	44.60	45.63	291.31	32.49
2016	52.92	37.63	310.23	27.08
2017	56.64	71.22	361.31	24.77
2018	66.57	121.93	287.80	24.32
2019	117.92	77.14	318.25	22.98
2020	28.23	20.53	479.86	34.85
2021	75.09	71.16	468.43	53.82
2022	87.89	149.77	373.88	45.06
2023	126.01	216.56	869.10	63.35

Self-Sufficiency Rate in Pulses

Over the past 20 years, Türkiye's self-sufficiency rates in pulses have exhibited significant fluctuations, varying substantially by crop. For dry beans, the highest self-sufficiency rate was recorded at 122.24% in 2003. However, this rate followed a fluctuating trajectory and declined to 96.17% by 2022. Similarly, the self-sufficiency rate for chickpeas peaked at 181.29% in 2003. Despite maintaining considerable self-sufficiency in chickpea production, the rate exhibited fluctuations over the years, eventually declining to 115.82% in 2022.

Red lentils demonstrated a notable decline in self-sufficiency. Starting at 153.54% in 2003, the rate peaked at 204.58% in 2006 before significantly decreasing to 54.09% in 2022, reflecting a sharp reduction in self-sufficiency. Green lentils experienced a similar downward trend. The self-sufficiency rate, recorded at 93.53% in 2003, fluctuated over the years and dropped to 67.36% in 2022. The lowest rate was observed in 2014, at just 40.10%. Although some recovery was seen in subsequent years, green lentil self-sufficiency has not shown a stable upward trend.

Table 5. Self-sufficiency rates of pulses by year

Year	Dry beans	Chickpeas	Red lentils	Green lentils
2003	122.24	181.29	153.54	93.53
2004	91.08	147.54	152.63	94.91
2005	87.19	141.00	143.35	82.26
2006	90.54	144.68	204.58	82.71
2007	74.75	141.78	130.79	52.60
2008	88.46	150.46	50.29	69.94
2009	82.22	133.78	86.98	53.43
2010	85.30	124.97	94.91	61.16
2011	86.90	114.63	106.53	64.56
2012	86.56	110.16	129.21	56.25
2013	81.32	107.16	94.89	43.06
2014	89.50	107.44	78.08	40.10
2015	85.42	108.21	85.11	44.39
2016	84.51	101.00	80.18	47.62
2017	85.39	96.14	94.29	58.57
2018	97.55	152.38	120.77	96.19
2019	96.37	144.01	68.31	62.32
2020	103.82	173.69	65.73	68.12
2021	131.73	131.41	90.75	67.22
2022	96.17	115.82	54.09	67.36

CONCLUSION

Türkiye holds varying positions in global production rankings for key pulses such as dry beans, chickpeas, and lentils, making significant contributions to each crop. While Türkiye has notable production capacity in chickpeas, this potential is comparatively lower for crops like dry beans. However, its substantial share in lentil production underscores Türkiye's strength in this sector and highlights the importance of enhancing its production capacity. Strengthening production capabilities and effectively implementing agricultural policies are essential for Türkiye to achieve its self-sufficiency goals and reduce reliance on external sources.

Türkiye's dual role as both an exporter and importer of pulses is largely driven by re-export practices. The primary motivations for re-export include balancing domestic supply and demand, boosting exports of value-added products, fostering trade relations, creating employment opportunities, and enhancing competitiveness in global markets.

In cases of production deficits in certain pulse crops, Türkiye relies on imports to fill the gap. Imported pulses are combined with domestic production to create a surplus in the local market, helping to stabilize prices. These products are then processed, packaged, or enhanced in quality before being re-exported, generating foreign exchange earnings. This strategy not only maintains market stability but also adds significant value to the agricultural economy.

Re-exporting also plays a pivotal role in strengthening Türkiye's trade relations and enhancing its competitiveness in international markets. Imported pulses are processed and exported to regions such as the Middle East, North Africa, and South Asia to meet high demand, thereby fostering deeper trade ties. Additionally, this practice creates employment in the agricultural and processing sectors, contributing positively to the local economy.

Self-sufficiency rates in pulses vary significantly across crops. Red and green lentils have experienced notable declines, while dry beans and chickpeas exhibit more stable trends. These disparities emphasize the need to re-evaluate and improve production policies.

The study highlights the importance of developing new agricultural policies to enhance self-sufficiency in pulses. Challenges such as climate change and the loss of agricultural land pose serious threats to production. It is crucial to comprehensively review the incentives and support provided to pulse producers. Expanding cultivation areas and improving productivity through technical support programs are essential steps. Encouraging the use of seeds resistant to climate change and drought, along with strengthening irrigation infrastructure, is vital to mitigate potential production declines. For crops like chickpeas, where self-sufficiency rates are high, promoting exports while ensuring sufficient domestic supply is critical to maintaining market balance and focusing on quality.

Additionally, fostering agricultural research and development activities and expanding the adoption of modern agricultural techniques are of utmost importance. Educating farmers on sustainable production methods and modern agricultural practices is crucial. Training programs should aim to update agricultural knowledge, promote the adoption of innovative farming techniques, and enhance producers' planning skills. These efforts will not only improve production efficiency but also contribute to environmental sustainability.

The recommendations outlined in this study aim to support Türkiye in increasing its self-sufficiency in pulse production, meeting domestic market demands, and enhancing export potential, thereby contributing to the long-term sustainability of its agricultural sector.

REFERENCES

- Aydın Can, B., Tomar, O. and Yılmaz, A. M. (2021). Türkiye ve Avrupa Birliği'nde ayçiçek yağının gıda güvencesi ve kendine yeterlilik açısından değerlendirilmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (31), 640-654.
- Candemir, S. and Dağtekin, M. (2020). Türkiye su ürünleri üretimi ve yeterlilik endekslerinin tahmini. *Acta Aquatica Turcica*, 16(3), 409-415.
- Demirbaş, N., Niyaz, Ö. C. and Daysal, H. (2017). Evaluation of self-sufficiency in lentil production in Turkey. *Journal of Agricultural Faculty of Gaziosmanpaşa University*, 34(3), 280-289.
- Erdoğan, Z., Selçuk, F. and Akgün, A. A. (2022). Wheat self-sufficiency in Turkey: Production and climate change in focus. *Yuzuncu Yıl University Journal of Agricultural Sciences*, 32(4), 654-670.
- FAO, 2024a. Production (Crops and livestock products). <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL> (Accessed: 04.11.2024)
- FAO, 2024b. Trade (Crops and livestock products) <https://www.fao.org/faostat/en/#data/TCL> (Accessed: 04.11.2024)
- FAO. (2016). Pulses: Nutritious Seeds for a Sustainable Future. Food and Agriculture Organization of the United Nations. (<https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/3adde3c2-79c7-4f94-81f0-75115726159c/content>)
- Foyer, C. H., Lam, H. M., Nguyen, H. T., Siddique, K. H., Varshney, R. K., Colmer, T. D., ... & Sharrock, R. (2016). Neglecting legumes has compromised human health and sustainable food production. *Nature Plants*, 2(8), 16112.
- Güvenç, İ. (2018). Türkiye ve Avrupa Birliği ülkelerinin sebze üretimi ve kendine yeterlilik bakımından karşılaştırılması. *YYÜ Tarım Bilimleri Dergisi*, 28(4), 530-535.
- Jensen, E. S., Peoples, M. B. and Hauggaard-Nielsen, H. (2010). Faba beans in cropping systems. *Field Crops Research*, 115(3): 203-216.
- Kulakoğlu, Ö. (2020). Türkiye'de Tarımda Kendine Yeterlilik ve Gıda Güvencesi (Doktora Tezi). Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.
- Sarıca, D. (2023). Competitiveness and self-sufficiency of the Turkish broiler sector: A comparative analysis with selected countries. *Çukurova Journal of Agricultural and Food Sciences*, 38(2), 217-226.
- Soyhan, S. and Mollavelioğlu, M. Ş. (2022). Assessment of the Turkish agriculture sector in terms of self-sufficiency and food security: Integrated DEA/AHP analysis. *Mehmet Akif Ersoy University Journal of Economics and Administrative Sciences Faculty*, 9(3), 1630-1652.
- TURKSTAT, 2024a. Crop Products Balance Sheets <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=tarim-111&dil=1> (Accessed: 06.11.2024)
- TURKSTAT, 2024b. Crop Production Statistics <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=92&locale=tr>. (Accessed: 04.11.2024)
- Unakıtan, G. (2016). Analysis of self-sufficiency in rice production in Turkey. *Journal of Agricultural Faculty of Uludağ University*, 30, 123-130.
- Yılmaz, A.M. and Tomar, O. 2022. Türkiye'de buğdayın kendi kendine yeterlilik ve ithalata bağımlılık açısından değerlendirilmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 41: 449-456.

ÇARKIFELEK ÇİÇEĞİ TOZU İLAVE EDİLEREK ÜRETİLEN MUFFİN KEKLERİN FİZİKSEL ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİSİNİN BELİRLENMESİ

Dr. Öğretim Üyesi Sultan ACUN (ORCID:0000-0003-1954-6102)

Amasya Üniversitesi, Suluova Meslek Yüksekokulu

Email:sultan.acun@amasya.edu.tr

Ziraat Mühendisi Ferya KIRAN (ORCID:0009-0008-1049-9833)

Amasya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü

Email:f.gurbet.2016@gmail.com

Özet

Bitkilerin ilaç, kozmetik ve gıda sektörlerinde kullanımı, insanlık tarihi kadar eski bir geçmişe dayanmaktadır. Yaygın hastalıkların varlığı, her bir bitkinin bu hastalıklara özgü tedavi edici özelliklerinin insanlar tarafından keşfedilmesine olanak tanımıştır. *Passifloraceae* ailesine ait olan Çarkıfelek çiçeği (*Passiflora incarnata L.*) son yıllarda meyve ile tıbbi amaçlar için ilgi görmektedir. Geleneksel tıpta Brezilya, Irak ve Türkiye gibi ülkelerde çeşitli rahatsızlıkların tedavisinde yaygın şekilde değerlendirilen *P. incarnata*'nın sedatif ve anksiyolitik özellikleri batı ülkelerinde terapötik amaçlarla kullanılmasını sağlamıştır. Proteaz içeriği nedeniyle, bu türlerin inflamasyon tedavisi, doku rejenerasyonu ve gıda sanayi gibi alanlarda kullanım potansiyeli güncel araştırmalara konu olmaktadır. Biyoaktif bileşenler bakımından zengin olan çarkıfelek çiçeğinin beslenmemizde önemli bir yere sahip olan tahıl ürünlerinde kullanılması bu açıdan önemlidir. Bu çalışmada, her yaş grubu tarafından sevilerek tüketilen muffinlerde çarkıfelek çiçeği tozunun (ÇÇT) keklerin fiziksel kalitesi üzerine etkisinin incelenmesi amaçlanmıştır. Çarkıfelek çiçeği tozu %0, %2.5, %5, %7.5 ve %10 olmak üzere beş farklı ikame oranında kek hamuruna ilave edilmiştir. ÇÇT ilave edilen muffinlerde simetri indeksi, pişme kaybı, hacim, tekdüzelik indeksi, büzülme değeri ve renk analizleri yapılmıştır. ÇÇT tozu ilave edilme oranı arttıkça keklerin iç ve dış parlaklık (L^*) değeri azalmış sarılık (b^*) değeri artmıştır. %10 ÇÇT ilave edilen muffinlerin L , a^* ve b^* değeri sırasıyla dış renkte 47.92, 22.93, 41.40 olarak belirlenirken iç renkte 45.14, 15.57 ve 31.21 olarak tespit edilmiştir. Muffinlerde ilave edilme oranı arttıkça pişme kaybının azaldığı belirlenmiştir. Hacim değeri de ilave edilme oranı arttıkça azalmıştır. Lif içeriği yüksek olan çarkıfelek çiçeği tozunun ilave edilme oranının artmasıyla gluten ağlarının bütünlüğünün bozulması hacim değerinin azalmasına neden olduğu sonucuna varılmıştır. Çarkıfelek çiçeği tozu ilave edilerek üretilen muffinlerin fiziksel kalitelerinin ilave edilme oranına göre farklılıklar meydana getirdiği ve ilave edilme oranı arttıkça renk değerleri başta olmak üzere kek kalitesi üzerinde etkili olduğu sonucuna varılmıştır. ÇÇT'nun sedatif etki göstermesi ve biyoaktif bileşenlerce zengin olması nedeniyle kullanılabilir en yüksek oranın tespiti için kimyasal, biyoaktif bileşen ve duyu analizlerinin yapılarak kullanılabilir en yüksek oranın tespit edilmesi gerekmektedir.

Anahtar Kelimeler: Muffin, çarkıfelek çiçeği, fiziksel analiz, hacim indeksi

**DETERMINATION OF THE EFFECT ON THE PHYSICAL PROPERTIES OF
MUFFIN CAKES PRODUCED BY ADDING PASSION FLOWER POWDER**

Abstract

The use of plants in the pharmaceutical, cosmetic and food sectors is as old as human history. The existence of common diseases has enabled people to discover the therapeutic properties of each plant specific to these diseases. Passionflower (*Passiflora incarnata L.*), which belongs to the *Passifloraceae* family, has attracted interest for medicinal purposes with its fruit in recent years. The sedative and anxiolytic properties of *P. incarnata*, which is widely utilised in traditional medicine for the treatment of various disorders in countries such as Brazil, Iraq and Turkey, have enabled it to be used for therapeutic purposes in western countries. Due to its protease content, the potential use of this species in areas such as inflammation treatment, tissue regeneration and food industry is the subject of current research. The use of passion flower, which is rich in bioactive components, in cereal products, which have an important place in our diet, is important in this respect. In this study, it was aimed to investigate the effect of passion flower powder (PCP) on the physical quality of muffins, which are consumed by all age groups. Passion flower powder was added to the muffin batter at five different replacement ratios of 0%, 2.5%, 5%, 7.5% and 10%. Symmetry index, baking loss, volume, uniformity index, shrinkage value and colour analyses were performed on the muffins to which passion flower powder was added. The internal and external brightness (L*) values of the muffins decreased and the yellowness (b*) value increased as the rate of addition of the ECT powder increased. The L*, a* and b* values of the muffins with 10% ECT were determined as 47.92, 22.93, 41.40 for the external colour and 45.14, 15.57 and 31.21 for the internal colour, respectively. It was determined that the baking loss decreased as the addition rate increased in muffins. The volume value also decreased as the addition rate increased. It was concluded that the disruption of the integrity of the gluten networks with the increase in the addition rate of passion flower powder with high fibre content caused the volume value to decrease. It was concluded that the physical quality of the muffins produced with the addition of passion flower powder varied according to the rate of addition and that the increase in the rate of addition had an effect on the muffin quality, especially the colour values. Since passion flower powder has a sedative effect and is rich in bioactive components, chemical, bioactive component and sensory analyses should be performed to determine the highest ratio that can be used.

Keywords: Muffin, passion flower, physical analysis, volume index

1. GİRİŞ

Tıbbi ve aromatik bitkiler, insanlık tarihinde beslenme, barınma, ısınma, tedavi ve hastalıklardan korunma gibi çeşitli amaçlarla kullanılmaya gelmiştir. Antik çağlardan itibaren sağlık amaçlı kullanılan bu bitkilerin çeşitliliği artış göstermiş olup, Hititler, Mısırlılar, Sümerler ve Mezopotamya uygarlıkları bu bitkisel tedavi yöntemlerini yaygın biçimde benimsemiştir (Göktaş ve Gıdık, 2019). 20. yüzyılda sentetik ilaçların üretimiyle birlikte bitkisel tedavi yöntemlerinde azalma görülmüşse de kimyasal ürünlerin yan etkilerinin anlaşılmasıyla doğal ürünlere olan talep yeniden artmıştır. Tıbbi ve aromatik bitkiler günümüzde gıda, kozmetik, boya, tekstil ve tarım gibi birçok sektörde yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Dünya genelinde 50.000 ila 70.000 arasında tıbbi amaçlı bitki türü kullanılırken, zengin bir floraya sahip olan Türkiye yaklaşık 11.000 bitki türüyle bu çeşitliliğe önemli bir katkı sağlamaktadır; bu bitkilerden 500 kadarı tıbbi amaçlarla değerlendirilmektedir. Günümüzde ise tıbbi ve aromatik bitkilerin hem üretiminde hem de güvenli kullanımında artan bir önem ve hassasiyet gözetilmektedir (Türkan vd., 2006; Toker vd., 2015). *Passiflora incarnata*, tropik bölgelerde yetişen ve Güney Amerika kökenli olan, halk hekimliğinde uzun zamandır kullanılan bir bitki türüdür (Kim ve ark., 2017). Bu tür yatıştırıcı, antispazmodik, anksiyolitik ve hipotansif etkileriyle tıbbi olarak değerlidir ve Almanya, İsviçre, Fransa gibi ülkelerin farmakopelerinde yer almakta olup modern tıpta da giderek daha fazla kullanılmaktadır (Dhawan ve ark., 2001; Dhawan ve ark., 2004). *Passiflora incarnata* yaprakları, farmakolojide yatıştırıcı ve spazm çözücü özellikleriyle öne çıkarken, içeriğindeki apigenin ve luteolinden türeyen flavonoidler (vitexin, isovitexin, orientin ve isoorientin) ile alkaloidler gibi biyoaktif maddeler, antioksidan özellikleriyle serbest radikalleri nötralize ederek oksidatif hasarı engellemeye yardımcı olmaktadır (Müller ve ark., 2005; Xu ve ark., 2017; da Silva vd., 2020). Gıda endüstrisinde de kullanılan diğer bazı *Passiflora* türlerinden farklı olarak, *P. incarnata* daha çok tıbbi amaçlarla değerlendirilir. Bununla birlikte, gıda endüstrisinde fonksiyonel bileşen olarak kullanılma potansiyeline sahiptir, zira anti-inflamatuar, antibakteriyel, antifungal ve antioksidan özellikleriyle kaygı giderici etkiler sağlamanın yanı sıra diyabet ve hipertansiyon gibi hastalıkların tedavisine yardımcı olabilir (Otero ve ark., 2000; Dhawan ve ark., 2001; Osorio, 2000; Ingale ve Hiyrale, 2010). Bu özellikleriyle, *Passiflora incarnata*, gıda takviyesi ve fonksiyonel gıda bileşeni olarak da önem kazanmaktadır. Tahıl temelli atıştırmalıklar arasında popüler bir yere sahip olan muffinler, günlük beslenme düzeninde önemli bir rol oynamaktadır. Un, şeker, yumurta ve süt gibi temel bileşenler sayesinde karbonhidrat, protein, kalsiyum ve B vitaminleri gibi temel besin öğelerini içeren muffinler, zengin içeriğiyle öne çıkmaktadır (Işık vd., 2017; Gerçekaslan ve Boz, 2018). Çeşitli tat ve içeriklerle zenginleştirilebilme özelliği sayesinde, farklı yaş gruplarındaki bireylerin damak zevkine hitap eden muffinler, beslenme çeşitliliğini artırmaya katkıda bulunmaktadır (Ataman ve Gül, 2020; Hamzacebi ve Taver-Caba, 2021). Özellikle günlük enerji ihtiyacının büyük bir kısmının tahıl ürünlerinden karşılandığı düşünüldüğünde ekmek ve bisküvi gibi diğer tahıl ürünlerine alternatif olarak muffinler, dengeli beslenmenin önemli bir parçası olarak değerlendirilebilir. Bu bağlamda, muffinler, tahıl ürünleri içerisinde besleyici değeri yüksek bir seçenek olarak öne çıkmaktadır. Tüketici talepleri doğrultusunda muffinlerin besin değeri ve ürün çeşitliliği her geçen gün artırılmaktadır. Son yıllarda, günlük beslenmede önemli bir paya sahip olan tahıl ürünlerinin çeşitli katkıları ile zenginleştirilmesi ve fonksiyonel ürün elde edilmesi konusunda birçok çalışma yapılmıştır. Ancak çarkıfelek çiçeği tozu ilave edilerek üretilen muffinler ile ilgili yapılan bir çalışmaya yapılan literatür taramalarında rastlanmamıştır.

Bu çalışmada antioksidan, antifungal etkiye sahip çarkıfelek çiçeği tozunun muffin keklerle ilave edilmesiyle elde edilen keklerin bazı fiziksel özelliklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

2. MATERYAL-METOT

2.1. Materyal

Çarkıfelek çiçeği (*Passiflora incarnata*), Amasya'da faaliyet gösteren yerel bir aktardan temin edilmiştir. Temin edilen çiçekler öğütüldükten sonra 275 mikron elekten geçirilmiş ve üretimde kullanılmaya kadar hava almayacak şekilde polietilen ambalajlarda saklanmıştır.

Muffin üretiminde kullanılan özel amaçlı buğday unu, yumurta, süt, sıvı yağ ve kabartma tozu Amasya'da yerel bir marketten temin edilmiştir.

2.2. Metot

Muffinler Baltacıoğlu ve ark. (2020) ve Acun ve Gül (2021) tarafından kullanılan metot modifiye edilerek üretilmiştir. Kek üretiminde kullanılan formülasyon Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Kek üretiminde kullanılan bileşenlerin oranları

Bileşenler	%0	%2.5 ÇÇT	%5 ÇÇT	%7.5 ÇÇT	%10 ÇÇT
Un (g)	125	121.875	118.75	115.625	112.5
Yumurta (g)	75	75	75	75	75
Şeker (g)	50	50	50	50	50
Sıvı yağ (ml)	25	25	25	25	25
Kabartma tozu (g)	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
Süt (ml)	50	50	50	50	50
Çarkıfelek çiçeği tozu (g)	0	3.125	6,25	9.375	12.5

Yumurta el mikseri (Kiwi KMX-3608, Türkiye) 1. devirde 2 dakika çırıldıktan sonra şeker ilave edilerek aynı devirde 1 dakika daha çırpmaya devam edilmiştir. Sonrasında sırayla süt ve sıvı yağ ilave edilerek her biri 1. devirde 1 dakika süreyle çırpılmıştır. Sıvı ürünlerin çırılması sonrasında tüm kuru bileşenler ilave edilerek önce 1. devirde 1 dakika, sonra 2. devirde 1 dakika daha çırılarak kek hamuru hazırlanmıştır. Hazırlanan hamurdan 30 g hamur pişirme kağıtlarına tartılmış ve her biri 6.5*3.5 boyutuna sahip 12'li muffin kalıplarına aktarılan örnekler 180°C'de 25 dakika mini fırında (Kumtel, Türkiye) pişirilmiştir. Pişme sonrasında 20 dakika kalıp içerisinde ve 20 dakika tezgâh üzerinde soğutulan örnekler fiziksel analizlere tabi tutulmuştur.

2.3. Çarkıfelek çiçeği tozunda yapılan akışkanlık analizleri

Çarkıfelek çiçeği tozunun kitle yoğunluğu ve sıkıştırılmış kitle yoğunluğu, literatürde belirtilen yöntemin modifiye edilmiş hali ile belirlenmiştir (Başyigit ve Çam, 2017). Bu kapsamda, örneklerden 1 gram alınarak 10 mL mezüre belirli bir yükseklikten aktarılmış ve kütle-hacim oranı ile kitle yoğunluğu hesaplanmıştır. Sıkıştırılmış kitle yoğunluğunu hesaplamak için mezür, el çırpma hareketi ile 180 kez sallanmış ve kütlelenin sıkıştırılmış hacme oranı alınmıştır. Ayrıca, Hausner oranı, sıkıştırılmış kitle yoğunluğunun kitle yoğunluğuna oranlanmasıyla; Carr indeksi ise belirli bir formüle göre hesaplanmıştır. Hausner oranı ve Carr indeksi, toz halindeki ürünlerin akışkanlık durumuna dair bilgi vermektedir (Turchiuli ve ark., 2005).

2.4. Muffinlerde yapılan fiziksel analizler

Buğday unu ile yer değiştirme prensibine göre %0, %2.5, %5, %7.5, ve %10 oranlarında ÇÇT ilave edilen muffinlerde hacim, hacim indeksi, simetri, toplam hacim ve tekdüzelik indeksi, alt ve üst büzülme değeri belirlenmiştir (AACCI Metot 10-91.01; AACCI, 2000; Ataman ve Gül, 2020). Fiziksel özelliklerin belirlenmesinde muffin kabının ölçüleri göz önüne alınarak kek ölçüm şablonu modifiye edilmiştir (Giritlioğlu, 2017). Muffin hacimleri ise kuş yemi ile yer değiştirme prensibine göre belirlenmiştir (Ataman ve Gül, 2020).

Kek ve muffinlerde yapısal özellikleri belirlemek için hacim, simetri, tekdüzelik ve büzülme gibi çeşitli indeksler kullanılmaktadır. Hacim indeksi (HI), keklerin üst ve yan kenar ölçümlerinden elde edilerek kek hacmi hakkında fikir verir. Simetri indeksi (SI), kek üst yüzeyinin bombeli ya da çökük olup olmadığını belirlerken, tekdüzelik indeksi (TI) kekin yanal simetrisini değerlendirir ve ideal durumda bu indeks değeri sıfırdır. Büzülme değeri (BD) kek kalıbı çapındaki daralmayı üst ve alt olmak üzere iki farklı eşitlik ile hesaplar. Toplam hacim indeksi (THI), tüm bu değerlerin toplamıyla elde edilir ve kekin genel yapısal büyüklüğünü yansıtır. Ayrıca, pişirme kaybı (PK), pişirme sırasında meydana gelen ağırlık kaybını ölçer ve kek verimi ile ilişkilidir (Giritlioğlu, 2017).

2.5. Çarkıfelek çiçeği tozu ve muffinlerde yapılan renk analizleri

Çarkıfelek çiçeği tozu ve muffin örneklerinde renk analizleri, üç farklı bölgeden yapılan ölçümlerle renk ölçüm cihazı (PCE, USA) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Muffinlerin dış ve iç renkleri olmak üzere iki farklı ölçüm alınmıştır. Renk değerlendirmesi, L değeri (0: siyah – 100: beyaz), a değeri (pozitif: kırmızı, negatif: yeşil) ve b değeri (pozitif: sarı, negatif: mavi) skalasında yapılmıştır (Ataman ve Gül, 2020).

Renk doygunluk indeksi (Croma), bir yüzeyin ne kadar canlı veya parlak renkte olduğunu gösteren bir ölçüttür ve $Croma = \sqrt{a^2 + b^2}$ formülü ile hesaplanır (Çakır, 2018). Hue değeri ise renk tonunu ifade eder ve her bir renk çeyreğine göre farklı açılarla belirlenir. Örneğin, a* ve b* değerlerinin işaretine göre renk tonunun hangi bölgede yer aldığı tespit edilir ve uygun formül kullanılarak açısız değeri hesaplanır (Guiné ve Barroca, 2012). Bu yöntem, renk ölçümlerini standartlaştırarak karşılaştırılabilir hale getirir.

2.6. İstatistiksel Analizler

Muffin örneklerinin tüm özelliklerine ilişkin veriler, SPSS paket programı (SPSS, Windows sürüm 26.0, SPSS Inc., Chicago, ABD) kullanılarak istatistiksel analizlere tabi tutulmuştur. Veriler üzerinde öncelikle varyans analizi (ANOVA) yapılmış, ardından istatistiksel olarak anlamlı bulunan değerler Duncan çoklu karşılaştırma testi ile detaylı olarak incelenmiştir.

3. BULGULAR ve TARTIŞMA

3.1. Çarkıfelek çiçeği tozunun bazı fiziksel özellikleri

Çarkıfelek çiçeği tozuna ait bazı fiziksel özellikler Tablo 2’de verilmiştir. Toz ürünlerin depolanması, paketlenmesi ve taşınmasında akışkanlık özellikleri oldukça önemlidir. Tozların akışkanlığı hakkında Hausner oranı ve Carr indeksi değerlerine bakılarak fikir edinilebilir. Bu iki değer düşük olması tozların akışkan olduğunun kanıtıdır ve bu durum tozlar için istenilmektedir. Mükemmel akışkanlığa sahip tozların Carr indeksinin ≤ 10 ve Hausner oranının

1.00-1.11 arasında olması istenir (Başyigit ve Çam, 2017). ÇÇT'nin Carr indeksi 24.88 ve Hausner oranı 1.33 olarak belirlenmiştir. Bu değerler istenilen mükemmel akışkanlıktan nispeten uzak olmasına rağmen akışkanlığı kabul edilebilir özelliktedir.

ÇÇT'nin parlaklık değeri (L*) 47.97 ve sarılık değeri (b*) 35.09 olarak belirlenmiştir. Hue değeri 0°-90° arasında kırmızı, 90°-180° arası sarı, 180°-270° yeşil ve 270°-360° arasında maviyi ifade etmektedir (Balbaba ve Bağcı, 2022). ÇÇT'nin Hue değeri 60.65° yani 0°-90° arasında çıktığı belirlenmiştir, bu değer göz önüne alındığında ÇÇT'nin kırmızılık değerinin yüksek çıkması beklenmektedir. Nitekim a değerine bakıldığında kırmızılık değerinin 19.70 olduğu belirlenmiştir. Renk doygunluğunun göstergesi olan Croma değeri ise 40.26 olarak belirlenmiştir.

Tablo 2. ÇÇT'ye ait bazı fiziksel özellikler

Örnek	Hausner oranı	Carr indeksi	L*	a*	b*	Hue (°)	Croma
ÇÇT	1.33±0.05	24.88±3.37	47.97±2.41	19.70±0.48	35.09±0.46	60.65±0.36	40.26±0.66

3.2. ÇÇT ilave edilerek üretilen muffinlerin bazı fiziksel özellikleri

ÇÇT tozu ilave edilerek üretilen muffinlerin bazı fiziksel özelliklerine ait veriler Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3. ÇÇT ilave edilerek üretilen muffinlerin bazı fiziksel özellikleri

ÇÇT ilave edilme oranı	0	2.5	5	7.5	10
Hacim (ml)	35.00±1.00c**	41.00±1.00a	39.50±0.50a	40.00±1.00a	37.33±0.57b
Hacim indeksi	96.00±1.00b	98.33±1.15a	96.50±1.50ab	96.00±0.00b	96.66±1.15ab
Simetri indeksi	15.00±1.00a	17.66±2.51a	15.50±1.50a	16.00±1.73a	18.00±2.00a
Tekdüzelik indeksi	-0.33±1.52a	0.33±2.51a	-0.33±2.08a	-0.66±2.51a	-2.00±3.46a
Toplam hacim indeksi	186.33±0.57b	191.00±1.00a	185.66±3.78b	187.33±0.57ab	184.00±2.64b
Üst büzülme değeri (mm)	16.24±1.00ab	16.24±1.00ab	15.57±0.57b	15.57±1.15b	17.57±0.57a
Alt büzülme değeri (mm)	-2.00±2.00ab	-4.66±1.15b	-2.00±1.00ab	-3.33±1.52b	0.00±1.73a
Pişme kaybı (%)	13.73±0.50a	12.84±1.01ab	12.50±1.40ab	11.96±0.99ab	10.96±0.66b

**Aynı satırda benzer harfler ile gösterilen örnekler arasında istatistiksel olarak fark yoktur (p<0.05)

Kek kalitesinin önemli göstergelerinden biri olan kek hacminin, yüksek olması beklenmektedir. ÇÇT ilave edilerek üretilen muffinlerde ilave edilme oranı arttıkça kek hacminin önce arttığı sonra azaldığı belirlenmiştir. %2.5 oranında ÇÇT ilave edilerek üretilen keklerde hacim en yüksek değere (41.00ml) sahip olmuştur. İlave edilme oranının artmasıyla gluten oranında meydana gelen azalma hacim değerinin düşmesine neden olmuş olabilir. ÇÇT ilave edilmeyen örneğe göre hacim değerinin yüksek çıkması ise meydana gelen bir interaksiyondan kaynaklanmış olabilir. Hacim değerine benzer şekilde kek kalitesi hakkında bilgi veren hacim ve toplam hacim indeksi de en yüksek %2.5 ÇÇT ilave edilerek üretilen keklerde belirlenmiştir.

Simetri indeksi keklerin üst yüzeyleri hakkında bilgi vermekle beraber pozitif bir değere sahip olması keklerin bombeli bir yapı gösterdiğini belirtmektedir (Ataman ve Gül, 2020). Tablo 3

incelendiğinde tüm keklerin bombeli bir yapıya sahip olduğu belirlenmiştir. Bu durum Şekil 1’de de görülmektedir. %10 oranında ÇÇT ilave edilerek üretilen muffinlerin simetri indeksinin (18.00) diğer muffin örneklerinden daha iyi olduğu belirlenmiştir.

Keklerin yanal simetrisi hakkında bilgi veren tekdüzelik indeksinin 0 olması beklenmektedir (Giritlioğlu, 2017). %0, %2.5 ve %5 oranında ÇÇT ilave edilerek üretilen kekler 0 değerine yakın bir tekdüzelik indeks değerine sahipken %10 oranında ÇÇT ilave edilerek üretilen keklerin tekdüzelik indeksi -2.00 olarak belirlenmiştir.

Pişme kaybı keklerin pişirilmesi sırasında kaybedilen nem oranı hakkında bilgi vermektedir. ÇÇT ilave edilerek üretilen muffinlerde ilave edilme oranı arttıkça pişme kaybının azaldığı görülmüştür. Bu durumun ÇÇT’nin yapısında bulunan bileşenlerden kaynaklandığı düşünülmektedir. Çarkıfelek meyvesinde diyet lif oranı çeşide bağlı olarak %0.6-10.4 arasında değişmektedir. Suyunda %0.2 oranında diyet lif olduğu bildirilmiştir (Corrêa ve ark., 2016). Çiçeklerin yapısında da lif gibi besin bileşenleri pişme sırasında nemin kaybolmasını önlemiş ve pişme kaybının azalmasına neden olmuş olabilir.

3.3. ÇÇT ilave edilerek üretilen muffinlerin renk özellikleri

ÇÇT ilave edilerek üretilen muffinlere ait dış ve iç renk değerlerine ait veriler Tablo 4’te verilmiştir.

Tablo 4. ÇÇT ilave edilerek üretilen muffinlerin bazı renk özellikleri

ÇÇT ilave edilme oranı		0%	%2.5	5%	%7.5	10%
Dış	L*	63.48±2.60a**	61.23±2.02a	51.22±0.92bc	52.26±2.34b	47.92±0.34c
	a*	22.75±0.87a	18.12±0.67c	22.24±0.64a	20.49±1.33b	22.93±1.00a
	b*	46.49±0.80a	39.07±0.47c	40.78±0.89b	38.61±0.65c	41.40±1.50b
	Hue°	63.92±1.24a	65.12±0.55a	61.39±0.18b	62.06±1.16b	61.44±0.99b
	Croma	73.37±0.23a	67.37±0.23b	63.94±1.47c	64.04±0.37c	63.50±0.80c
İç	L*	70.74±6a	54.36±3.64a	51.90±1.84a	47.63±2.04a	45.14±2.28a
	a*	10.24±0.36d	12.33±0.40c	14.37±0.44b	14.77±0.22bc	15.56±0.83a
	b*	34.29±0.90a	29.58±0.62c	30.27±0.54bc	30.34±0.15bc	31.21±0.59b
	Hue°	51.79±0.36a	43.07±0.36c	46.45±1.08b	43.72±1.19c	47.33±1.79b
	Croma	35.79±0.95a	32.04±0.72c	33.50±0.67b	33.74±0.16b	34.87±0.89ab

**Aynı satırda benzer harfler ile gösterilen örnekler arasında istatistiksel olarak fark yoktur (p<0.05)

Muffin keklerin renk ölçümleri yapılarak ÇÇT ikameli keklerin renk değerlerindeki değişimler belirlenmiştir. Dış L* ve iç L* değeri kontrol örneğinin renk değerine göre farklılıklar gözlemlenmiştir (Şekil 1). Dış L kontrol örneğimizde 63.48 değer okunurken ilaveli keklerin ilave edilme oranları arttıkça kek dış renginde L* değerinin azaldığı belirlenmiştir. Sırasıyla % 2.5, %5, %7.5, %10 ÇÇT ilave edilen keklerin L* değeri 61.23, 51.22, 52.26, 47.92 olarak belirlenmiştir. İç renk L* değeri ÇÇT ilave edilmeyen örneklerde en yüksek (70,74) iken %10 oranında ÇÇT ilave edilen keklerde en düşük (45.14) L* değerine sahip olmuştur. ÇÇT ilave edilme oranı arttıkça iç L* değerlerinin de benzer şekilde düştüğü tespit edilmiştir. ÇÇT ilave edilme oranı arttıkça a* ve b* değerlerinde artış gözlemlenmiştir. Kırık leblebi unu ilave edilen muffinlerde bizim çalışmamıza benzer şekilde ilave edilme oranı arttıkça L* değerinin azaldığı rapor edilmiştir (Ataman ve Gül, 2020).



Şekil 1. ÇÇT ilave edilerek üretilen muffinlerin dış ve iç görünümleri (Soldan sağa sırayla %0, %2.5, %5, %7.5 ve %10)

Tablo 4 incelendiğinde ÇÇT ilave oranı arttıkça croma değeri genel olarak azalmıştır. ÇÇT'nin ilavesi muffin keklerin rengini daha az doymuş hale geldiğini göstermektedir. ÇÇT ilavesinin muffin keklerle daha soluk görünüm kazandırdığı söylenebilir. ÇÇT ilaveli Muffin keklerin dış croma değerlerinin kek içine göre daha yüksek değerlere sahip olduğunu ve muffinlerin dış yüzeyin iç yüzeye göre daha canlı bir renge sahip olduğu belirlenmiştir. ÇÇT ilave oranı arttıkça Hue değeri düşmüştür. Düşük ÇÇT ilavesi yapılan muffinlerin rengi kırmızımsı tona sahiptir, ÇÇT ilave oranı arttıkça muffinler sarımsı tona yakın bir renge sahip olmuştur. Muffinlerin iç hue değerleri genel olarak dış yüzeye göre biraz daha düşüktür, yani iç yüzeyler daha sarımsı özelliğe sahiptir. Sonuç olarak bu çalışmada ÇÇT ilave oranlarının artması muffinlerin rengini etkilediğini, croma değerini düşürerek rengin canlılığını azalttığı ve hue değerini değiştirerek muffin keklerinin tonunu sarı renge yaklaştırdığı gözlemlenmiştir.

4. SONUÇ

Çalışmada Çarkıfelek çiçeği tozunun muffin kekinde fiziksel özelliklerine etkileri incelenmiştir. Çarkıfelek çiçeği tozunda akışkanlık özellikleri Carr indeksi ve Hausner oranı değerlerine göre genel kabul edilebilir değerlere sahip olduğunu göstermektedir. Çarkıfelek

çiçeği tozu, Hue değerinde kırmızımsı tona yakın renk göstermektedir. croma değerı ile ÇÇT tozunu renginin canlılık ve parlaklık verdiğini gösterir. ÇÇT'nin , muffin keklerine ilavesi ile %2.5 oranındaki muffinin hacmini arttırmıştır. ÇÇT'nin ilave edilme oranı arttıkça hacim değerı azalmıştır. ÇÇT'nin ilavesi, muffinlerde simetri yapısını iyileştirmiş ve pişirme kaybını azaltmıştır. Pişirme kaybını azalmış olması lif içeriğinin artmasından kaynaklandığını düşünölmektedir. ÇÇT ilavesinin muffin rengine etkisi de içeriğindeki pigmentlerden kaynaklı koyulaştırmıştır ve daha az doygun hale getirmiştir. Özellikle ÇÇT'nin ilavesi renk üzerine etkisi çok fazladır. ÇÇT gıdalarda ve kozmetikte renk maddesi olarak kullanılabilir. Çalışma ÇÇT ilavesinin fiziksel özelliklerini olumlu etkilemiş olsa da optimum ilave oranın ve sağlık üzerine etkisinin belirlenemebilmesi için kimyasal ve toksikolojik özelliklerinin yapılması gerekmektedir.

5. KAYNAKLAR

- AACCI. 2000. Approved methods of the american association of cereal chemists. 11th Edition The Association. St. Paul. MN. USA.
- Acun. S.. & Gül. H. (2021). Mikroenkapsüle Çam Propolisinin Top Kek Üretiminde Kullanılması. Journal of the Institute of Science and Technology. 11(2). 1205-1217.
- Ataman. Ç.. Gül. H. (2020). Leblebi üretiminde yan ürün olarak açığa çıkan kırık leblebi ununun mufin kalitesi üzerine etkisi. Black Sea Journal of Agriculture. 3(4). 308-316.
- Balbaba N, Bağcı S. (2022) Determination of some quality parameters in Horoz Karası grape variety. Food and Health, 8(4): 290-301.
- Baltacıoğlu. C.. Temzisoy. B.. Kanbur. M.. Doğan. M.. & İbili. S. (2020). Hindiba (Cichorium Intybus L.) Kökü Ekstrakti Ve Trabzon Hurması (Diospyros Kaki L.) Tozunun Kek Üretiminde Kullanılması Ve Kalite Parametreleri Üzerine Etkisinin İncelenmesi. Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi. 9(1). 297-307.
- Başıyigit. B.. & Çam. M. (2017). Püskürtmeli kurutucu ile nane (Mentha piperita ve Mentha spicata) esansiyel yağı mikroenkapsülasyonu. Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi. 21(1). 24-34.
- Corrêa, R. C., Peralta, R. M., Haminiuk, C. W., Maciel, G. M., Bracht, A., & Ferreira, I. C. (2016). The past decade findings related with nutritional composition, bioactive molecules and biotechnological applications of Passiflora spp.(passion fruit). Trends in Food Science & Technology, 58, 79-95.
- Çakır N. (2018). Usage of some milling by-products on cake production [Master's thesis]. Konya: Necmettin Erbakan University.
- da Silva. M. H. R.. Cueva-Yesquén. L. G.. Júnior. S. B.. Garcia. V. L.. Sartoratto. A.. de Angelis. D. D. F.. & de Angelis. D. A. (2020). Endophytic fungi from Passiflora incarnata: an antioxidant compound source. Archives of microbiology. 202. 2779-2789.
- Dhawan K. Dhawan S. Sharma A (2004) Passiflora: a review update. J Ethnopharmacol 94(1):1-23
- Dhawan K. Kumar S. Sharma A (2001) Anti-anxiety studies on extracts of Passiflora incarnata Linneaus. J Ethnopharmacol 78(2-3):165-170
- Gerçekaslan. K. E.. & Boz. H. (2018). Keçiboynuzu unu ilavesinin kakaolu kekin fiziksel. duyuşal ve tekstürel özelliklerine etkisi. Journal of the Institute of Science and Technology. 8(1). 95-101.
- Giritlioğlu E. 2017. Kinoa Chenopodium quinoa willd. ve şeker otu Stevia rebaudiana bertoni kullanılarak yeni bisküvi ve kek formülleri geliştirme üzerine bir araştırma. Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. Yüksek Lisans Tezi Osmaniye. Türkiye 97 s.
- Göktaş. Ö.. & Gıdık. B. (2019). Tıbbi ve aromatik bitkilerin kullanım alanları. Bayburt Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi. 2(1). 145-151.
- Guiné RP, Barroca MJ. (2012). Effect of drying treatments on texture and color of vegetables (pumpkin and green pepper). Food Bioprod. Process. 90(1): 58-63.
- Hamzacebi. O.. Tacer-Caba. Z. (2021). Date seed. oat bran. quinoa flours as elements of overall muffin quality. Current Research in Nutritional and Food Science. 9(1). 147-157.
- Ingale. A. G.. & Hivrale. A. U. (2010). Pharmacological studies of Passiflora sp. and their bioactive compounds. African Journal of Plant Science. 4(10). 417-426.
- Işık. F.. Urgancı. Ü.. & Turan. F. (2017). Yaban mersini ilaveli muffin keklerin bazı kimyasal. fiziksel ve duyuşal özellikleri. Akademik Gıda. 15(2). 130-138.

- Kim M. Lim HS. Lee HH. Kim TH (2017) Role identification of *Passiflora incarnata* Linnaeus: a mini review. *J Menopausal Med* 23(3):156–159
- Müller SD. Vasconcelos SB. Coelho M. Biavatti MW (2005) LC and UV determination of flavonoids from *Passiflora alata* medicinal extracts and leaves. *J Pharmaceut Biomed* 37(2):399–403
- Osorio C. Duque C. Fujimoto Y (2000). Oxygenated monoterpenoids from badea (*Passiflora quadrangularis*) fruit pulp. *Phytochem.* 53-61: 97-101.
- Otero R. Nunez V. Barona J. Fonnegra R. Jimenez SL. Osorio RG. Saldarriaga M. Diaz A (2000). Sankebites and ethnobotany in the northwest region of Columbia Part in: neutralization of the haemorrhagic effect of *Bothrops atrox* venom. *Ethnopharmacology*. 73(1-2): 233-241
- Toker. R.. Gölükcü. M.. & Tokgöz. H. (2015). Tıbbi ve aromatik bitkilerin gıda sanayisinde kullanım alanları. *Türkiye tohumcular birliği dergisi*. 4(15). 54-59.
- Turchiuli C.. Fuchs M.. Bohin M.. Cuvelier E.. Ordonnaud C.. Peyrat-Maillard M.N.. Dumoulin E.. 2005. Oil encapsulation by spray drying and fluidised bed agglomeration. *Inn. Food Sci. Emerg. Technol.* 6:29–35.
- Türkan. Ş.. Malyer. H.. Özaydın. S.. & Tümen. G. (2006). Ordu ili ve çevresinde yetişen bazı bitkilerin etnobotanik özellikleri. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*. 10(2).
- Xu DP. Li Y. Meng X. Zhou T. Zhou Y. Zheng J. Zhang JJ. Li HB (2017) Natural antioxidants in foods and medicinal plants: extraction. assessment and resources. *Int J Mol Sci* 18(1):96

**ÇİFT DİSKLİ MİNERAL GÜBRE DAĞITMA MAKİNESİNİN AYNI DAĞITICI
DİSK ÜZERİNDEKİ KANATLARININ BİRBİRİNDEN FARKLI BAZI
KONUMLARINDA VE ÇALIŞMA YÖNTEMLERİNDE PERFORMANSININ
BELİRLENMESİ**

Öğr. Gör. Dr. Ergün ÇİTİL (ORCID:0000-0003-2023-9409)

Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makineleri ve Teknolojileri Mühendisliği
Bölümü, KONYA

Email:ecitil@selcuk.edu.tr

Özet

Gübreleme işleminde diskli gübre dağıtma makinesi ile çalışmaya başlamadan önce dağıtıcı disk üzerindeki kanatların uzunluğunu ve konumunu seçmekte belirsizlikler yaşanmaktadır. Bu durum gübrenin tarlada homojen olarak dağıtılmamasına dolayısı ile uygun gübreleme yapılmamasına neden olmaktadır. Bu nedenlerden dolayı, çift diskli mineral gübre dağıtma makinesi ile yapılan gübreleme işlemlerinde, aynı dağıtıcı disk üzerindeki kanatların birbirinden farklı bazı konumlarında, ileri-geri ve dönerek çalışma yöntemlerinde gübre dağılım düzgünlüğü varyasyon katsayıları (VK) %CV, efektif iş genişlikleri, sağ ve sol tarafa atılan gübre miktarları arasındaki farkların belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışmalar, denemelerde kullanılan çift diskli mineral gübre dağıtma makinesinin dağıtıcı disklerine bağlanmış kanatların bazı uzunluk ve konumlarında yapılmıştır. Çalışmada iki farklı kanat uzunluğu (C=158 mm, D=166 mm) ve farklı kanat açılarında (A1= -35°, A2= -31°, A3= -27°, A4= -23° ve A5= -19°), ileri-geri ve dönerek çalışma yöntemlerinde yapılmıştır. Yapılan çalışma sonucunda uygulamalar arasında ileri-geri çalışma yönteminde %8.93 varyasyon katsayısı değeri ile en iyi dağılım düzgünlüğü ve 9-13.5 m değeri ile en iyi iş genişliği değişim sınırları DA4DA2 kanat konumundan elde edilmiştir. En yüksek efektif iş genişliği DA5DA2 kanat konumunun ileri-geri ve dönerek çalışma yöntemlerinden sırası ile 10.5 m ve 10.25 m olarak elde edilmiştir. Bunu 10 m efektif iş genişliği ile ileri-geri ve dönerek çalışma yöntemlerinde DA4DA2 ve ileri-geri çalışma yönteminde DA4DA1 kanat konumları takip etmiştir. Gübreleme sırasında hareket yönünün sağ ve sol tarafına atılan gübre miktarları arasındaki en az fark %0.24 değeri ile CA2CA1 kanat konumundan elde edilmiştir. Bunu sırası ile %0.36 ve %0.48 değerleri ile DA4DA2 ve DA5DA2 kanat konumları takip etmiştir. Çalışma sonucunda elde edilen sonuçlar çift diskli mineral gübre dağıtma makineleri ile gübreleme işleminde uygun kanat konumlarının belirlenmesine yardımcı olacağı beklenmektedir.

Anahtar Kelimeler: Çalışma yöntemi, Gübre, Kanat açısı, Kanat uzunluğu

**DETERMINATION OF THE PERFORMANCE OF THE DOUBLE DISC MINERAL
FERTILISER SPREADER MACHINE IN SOME DIFFERENT POSITIONS AND
WORKING METHODS OF THE VANES ON THE SAME DISTRIBUTOR DISC**

Abstract

Before starting to work with the disc fertilizer spreader in fertilization process, there are uncertainties in choosing the length and position of the vanes on the distributor disc. This situation causes the fertilizer not to be distributed homogeneously in the field and therefore, proper fertilization cannot be done. For these reasons, in fertilization processes carried out with the double-disc mineral fertilizer spreader, it was aimed to determine the differences between the coefficients of variation (CV)%, effective working widths, and the amounts of fertilizer thrown to the right and left sides in some different positions of the vanes on the same distributor disc in forward-backward and rotating working methods. The studies were carried out in some lengths and positions of the vanes connected to the distributor discs of the double-disc mineral fertilizer spreader used in the experiments. In the study, two different vane lengths (C=158 mm, D=166 mm) and different vane angles (A1= -35°, A2= -31°, A3= -27°, A4= -23° and A5= -19°) were carried out in forward-backward and rotating working methods. As a result of the study, the best distribution uniformity with a coefficient of variation of 8.93% in the forward-backward working method and the best working width change limits with a value of 9-13.5 m were obtained from the DA4DA2 vane position among the applications. The highest effective working width was obtained from the DA5DA2 vane position as 10.5 m and 10.25 m from the forward-backward and rotating working methods, respectively. This was followed by the DA4DA2 vane positions in the forward-backward and rotating working methods and the DA4DA1 vane positions in the forward-backward working method with an effective working width of 10 m. The least difference between the amounts of fertilizer thrown to the right and left sides of the movement direction during fertilization was obtained from the CA2CA1 vane position with a value of 0.24%. This was followed by the DA4DA2 and DA5DA2 vane positions with values of 0.36% and 0.48%, respectively. It is expected that the results obtained as a result of the study will help determine the appropriate vane positions in the fertilization process with double-disc mineral fertilizer spreaders.

Keywords: Working method, Fertilizer, Vane angle, Vane length

1. INTRODUCTION

The soil contains various micro and macro elements necessary for the plant to be grown. By using chemical fertilizers, it should be ensured that important nutrients such as nitrogen, phosphorus and potassium in the soil are present at a sufficient level. Fertilization is needed to increase product yield and quality, especially in soils that are poor in terms of nutrients. Granular fertilizers can be applied to the field with mineral fertilizer spreaders to reduce the product's time and cost and increase the time utilization rate (El-Sharabasy et al. 2007).

The reason for the widespread use of disc fertilizer spreaders can be explained by their relatively low cost and high working widths. However, the performance of these machines is highly dependent on the particle properties of the fertilizer. This causes differences in evenness of distribution depending on the type of fertilizer and the prevailing weather conditions (Hofstee, 1995).

Centrifugal fertilizer spreaders are used by farmers worldwide. Centrifugal spreaders are used in Europe to distribute over 90% of all fertilizer (Van Liedekerke et al 2009).

Factors affecting the distribution pattern in centrifugal fertilizer spreaders; The physicommechanical properties of the fertilizer, the number of revolutions, diameter, concavity, ground clearance and horizontality of the spreading disc, the vane on the spreader disc, its position, length, radius and number, the cross-sectional area, shape and position of the feed opening, the place where the fertilizer falls on the disc and the feeding indicated to be speed dependent. . (Mennel ve Reece, 1963; Göhlich ve Keste, 1972).

Laghari ve ark., (2014) With the fertilizer spreader machine, the work success on a decare area at a working speed of 4.23 km h⁻¹, at a fertilizer norm of 250 kg ha⁻¹, was 2.78 ha h⁻¹, area efficiency was 71.28%, fertilizer distribution CV was 20.82%. At 8 km h⁻¹ forward speed, the fieldwork success was measured as 5.33 ha h⁻¹, the field efficiency was 73.11% and the CV of the fertilizer distribution was 21.73%.

In the manufacturing industry of disc mineral fertilizer spreaders, spreading disc machines with different vane angles and lengths are produced by manufacturers. This situation causes uncertainties in determining the appropriate vane angle and length for farmers who supply machines from different manufacturers. In this study, it is aimed to determine the effective working widths with the most appropriate fertilizer distribution uniformity in fertilization processes carried out with disc mineral fertilizer spreaders in order to reduce and prevent the problems that arise, and the vane angles and lengths with the least difference between the amounts of fertilizer thrown to the right and left sides of the movement direction.

2. MATERIAL AND METHOD

Experiments were carried out in Selcuk University Faculty of Agriculture, Department of Agricultural Machinery and Technologies Engineering workshop, using a double disc mineral fertilizer spreader, urea fertilizer, with 3 replications. Trials were carried out at 33 kg min⁻¹ fertilizer flow rate of the machine.

Urea fertilizer was used in the experiments. Some physical properties of urea fertilizer given in Table 1.

Table 1. Some properties of urea fertilizer

	Volume Weight (kg m^{-3})	Angle of Accumulation ($^{\circ}$)	Moisture Content (%)	Sphericity (%)
Urea (%46 N)	770	26.3	1,5	94,5

In the trials, the double disc mineral fertilizer spreader was operated with a NEW HOLLAND TD110D tractor with a PTO speed of 540 min^{-1} . The lengths of the rectangular vane on the fertilizer spreader discs of the machine are formed from two parts in a changeable manner.

Distributor Disc Dimensions

- Disc diameter : 360 mm
- Disk speed (PTO = 540 1/min) : 720 min^{-1}
- Disk peripheral speed : 13.56 m s^{-1}
- Number of disc vane : 2 pieces
- Vane type : Rectangle

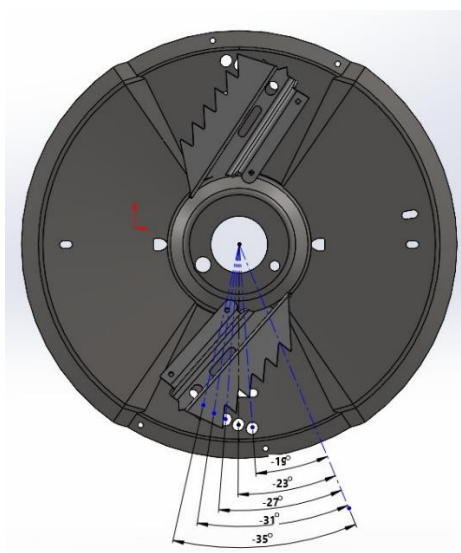


Figure 1. Disc distributor vanes angles

Vane position angles and lengths on the distributor disc can be adjusted at the values given in Table 2.

Table 2. Vane position angles and lengths on the spreading disc

Vane angles (°)	A ₁	-35 ⁰
	A ₂	-31 ⁰
	A ₃	-27 ⁰
	A ₄	-23 ⁰
	A ₅	-19 ⁰
Vane lengths (mm)	C	158
	D	166

The vane positions have been adjusted with the vane angles and lengths given above.

Trials were performed in three replications at these vane settings.

CA₂CA₁= The vane is 158 mm long and the position angle of one of the two vane are -31⁰ and the angle of the other is -35⁰

CA₃CA₁= The vane is 158 mm long and the position angle of one of the two vane are -27⁰ and the angle of the other is -35⁰

DA₄DA₁= The vane is 166 mm long and the angle of one of the two vane are -23⁰ and the angle of the other is -35⁰

DA₄DA₂= The vane is 166 mm long and the position angle of one of the two vane are -23⁰ and the angle of the other is -31⁰

DA₅DA₂= The vane is 166 mm long and the position angle of one of the two vane are -19⁰ and the angle of the other is -31⁰

The double-disc fertilizer spreader, which was used in the trials to determine the effect of different vane position angles and vane lengths of the rectangular vanes on the spreader disc, on the fertilizer distribution uniformity, was operated at 540 min⁻¹ PTO speed. Wooden boxes 100 cm long, 25 cm wide and 17 cm high were used in the experiments. Separators are placed in the boxes to prevent them from splashing after falling into them. The collection boxes are placed with 36 on the right, 36 on the left and 3 collection boxes under the tractor. During the trials, a 75 cm gap was left between the boxes so that the tractor wheels could pass between the boxes (Figure 2).



Figure 2. Collection boxes used in the trials

Before each trial, the fullness of the warehouse with fertilizer was checked, it was ensured that the warehouse was 50% full, and after each trial, fertilizer was added as necessary. The height of the machine distributor disc from the ground is set as 75 cm.

The obtained data were recorded in the MS Excel program on the computer, and with the calculations made in this program, the coefficient of variation (%CV) values and distribution ratios, which express the uniformity of the fertilizer distribution, were calculated separately the rotating and back and forth working methods with the disc fertilizer spreader.

With disc manure spreaders, manure spread in the field is done with two working methods. The first method is the fertilizer distribution method by rotating in the field, the second method is the fertilizer distribution method by working back and forth in the field. In the rotational fertilizer distribution method (Figure 3), the fertilizer thrown on the right side in the transverse fertilizer distribution is worked on by folding the fertilizer thrown from the left side in the next turn. The back and forth working method (Figure 4), it is a working method that is done by folding the fertilizer thrown on the right side in the next turn (Önal 1995).

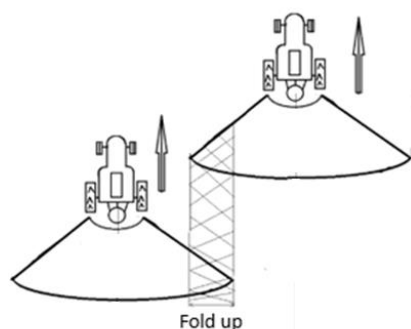


Figure 3. Rotating Operation

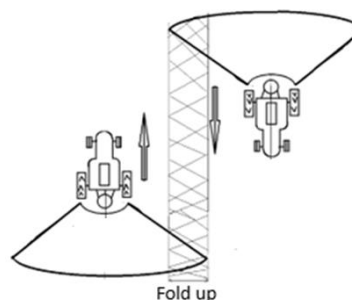


Figure 4. Forward-Backward Operation

Backward Operation

It is desired that the transverse fertilizer distribution smoothness (%CV) value in disc fertilizer spreaders should be below 20% after folding. Evaluation of fertilizer distribution uniformity depending on the ratios is given in Table 3.

Table 3. Fertilizer distribution evenness (%CV) rates and evaluations (Önal ve ark. 2007)

Coefficient of Variation (%CV)	Evaluation
<5	Very good
6-10	Good
11-20	Acceptable
20<	Not available

Önal (1995) The coefficient of variation value is taken into account because it is an unbiased evaluation in determining the evenness of the transverse fertilizer distribution after folding work.

The effective working width is the horizontal distance between the distributor axes or the folding midpoints in cases where the coefficient of variation on the area fertilized by the

centrifugal chemical fertilizer distributor in one go and return is 20% or less (Anonymous 1996)

Fertilizers collected in the collection boxes during the trials were weighed with an electronic precision scale with a sensitivity of 0.01 g.

Fertilizer flow rate trials were conducted to determine the fertilizer norm. The machine was attached to the tractor and the PTO speed was set to 540 min⁻¹. The fertilizer flow opening cover was opened with hydraulic cylinders. During these trials, care was taken to ensure that the tank was at least 50% full, the parallelism settings of the machine were made and the discs were 75 cm above the ground. In the trials, fertilizer flow was provided for 1 minute in three repetitions at the selected fertilizer flow opening and the fertilizer flow rate (kg min⁻¹) was determined by weighing the weights of the fertilizers at the end of the trials.

3. RESEARCH RESULTS

Experiments with urea fertilizer were carried out with the disc fertilizer spreader at a forward speed of 10 km/h, at 5 different vane position angles, 2 different vane lengths, the machine's fertilizer flow inlet flow rate of 33 kg min⁻¹ and the height of the spreading disc 0.75 m from the ground.

As a result of the experiments, the effective working width and working width change limits at the point where the variation coefficient is lowest in forward-backward and rotating working methods were determined.

In the trials, it was determined that the working width variation limits in the CA₂CA₁ vane position in the rotating working method were between 7 and 8.25 m. The CV values of these working width variation limits were determined between 10.20% and 19.93%. With the lowest CV value of 10.20%, the effective working width was determined as 7 m (Figure 5).

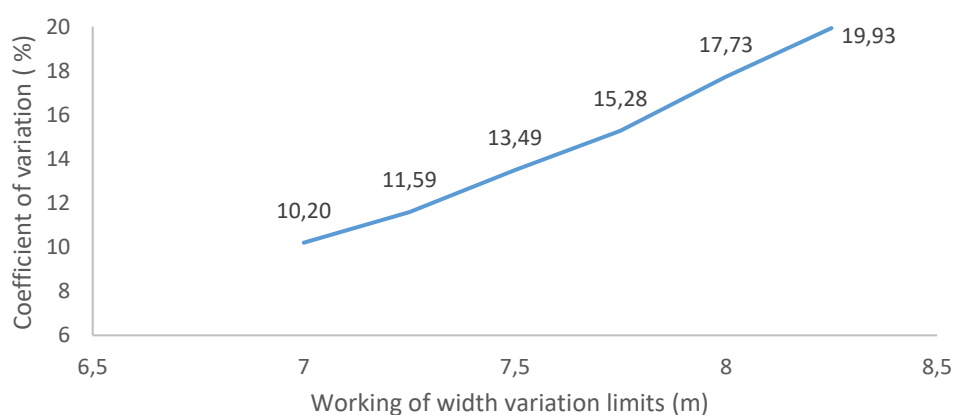


Figure 5. CV values of the working width variation limits of CA₂CA₁ vane position

The variation coefficient of the transverse fertilizer distribution uniformity obtained in the CA₂CA₁ vane position in the forward-backward working method in the trials was found to be above the acceptable limit (20%) and is therefore not given in the graph.

In the experiments, it has been determined that the working width change limits in the CA₃CA₁ vane position in the rotating working method are between 6.25-8.25 m. The CV values of these working width variation limits were determined between 12.27% and 19.28%. The effective working width was determined as 7 m with the lowest CV value of 12.27% (Figure 6).

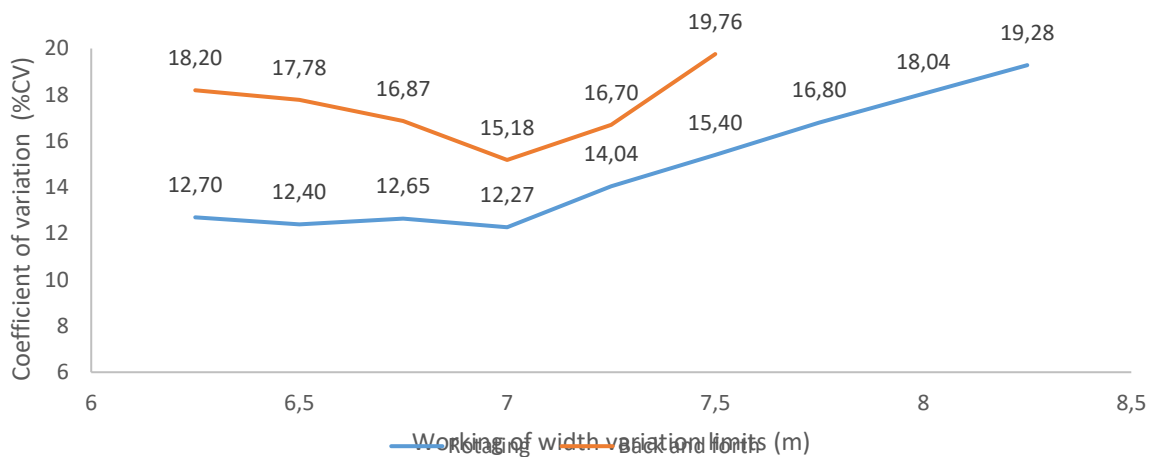


Figure 6. VK values of the working width variation limits of CA₃CA₁ vane position

In the trials, it was determined that the working width variation limits were between 6.25 -7.5 m in the way of working back and forth method in CA₃CA₁ vane position. The CV values of these working width variation limits were determined between 15.18% and 19.76%. With the lowest CV value of 15.18%, the effective working width was determined as 7 m (Figure 6).

In the experiments, it has been determined that the working width variation limits in the DA₄DA₁ vane position in the rotating working method are between 9 and 12.5 m. The CV values of these working width variation limits were determined between 9.85% and 19.96%. With the lowest CV value of 9.85%, the effective working width was determined as 9.25 m (Figure 7).

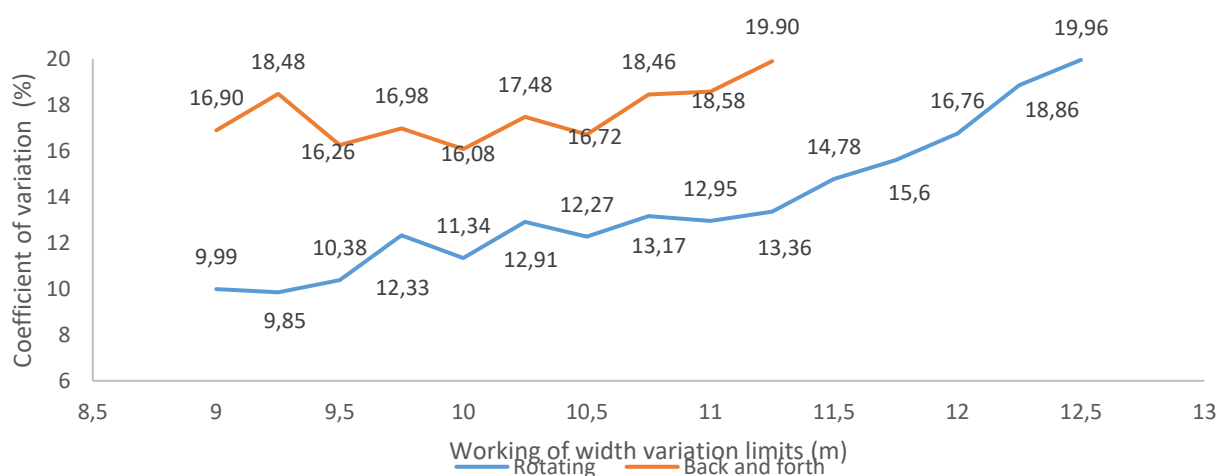


Figure 7. VK values of the working width variation limits of DA₄DA₁ vane position

In the trials, it was determined that the working width variation limits were between 9 - 11.25 m in the DA₄DA₁ vane position in the way of working back and forth method. The CV values of these working width variation limits were determined between 16.08% and 19.90%. The effective working width was determined as 10 m with the lowest CV value of 16.08% (Figure 7).

In the experiments, it has been determined that the working width variation limits in the DA₄DA₂ vane position in the rotating working method are between 9.5 and 12.5 m. The CV values of these working width variation limits were determined between 11.35% and 19.12%. With the lowest CV value of 11.35%, the effective working width was determined as 10 m (Figure 8).

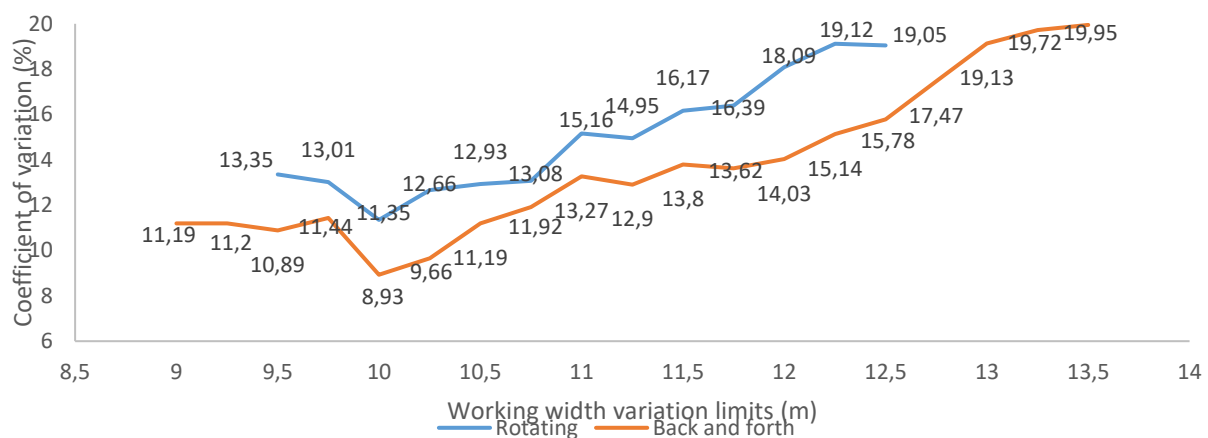


Figure 8. CV values of the working width variation limits of DA₄DA₂ vane position

In the trials, it was determined that the working width variation limits were between 9 and 13.5 m in the DA₄DA₂ vane position in the way of working back and forth method. The CV values of these working width variation limits were determined between 8.93% - 19.95%. With the lowest CV value of 8.93%, the effective working width was determined as 10 m (Figure 8).

In the experiments, it has been determined that the working width change limits in the DA₅DA₂ vane position in the rotating working method are between 9 and 13.25 m. The CV values of these working width variation limits were determined between 11.69% and 19.64%. The effective working width was determined as 10.25 m with the lowest CV value of 11.69% (Figure 9).

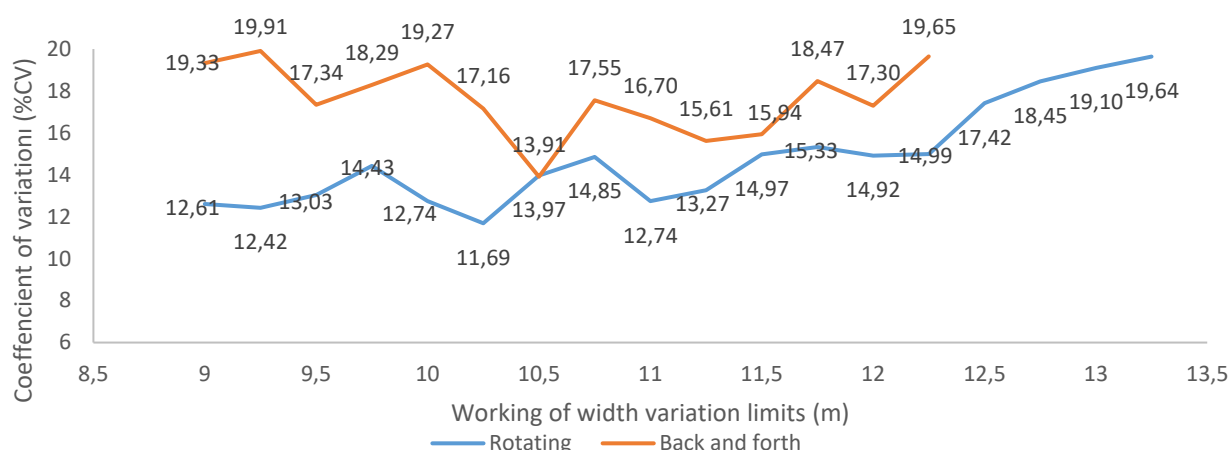


Figure 9. VK values of the working width variation limits of DA₅DA₂ vane position

In the trials, it was determined that the working width variation limits were between 9 and 12.25 m in the DA₅DA₂ vane position in the way of working back and forth method. The CV values of these working width variation limits were determined between 13.91% and 19.91%. The effective working width was determined as 10.5 m with the lowest CV value of 13.91 (Figure 9).

In the experiments carried out to determine the flow rate of the fertilizer flow opening in the fertilizer norm openings where the experiments were made, it was determined how much the total amount of fertilizer was thrown to the right and left sides in all applications. The obtained values are given in Table 4.

Table 4. The amount and proportions of fertilizer thrown to the right and left sides of the machine at a fertilizer flow rate of 33 kg min⁻¹

Applications	%		kg		%
	Right	Left	Right	Left	
CA ₂ CA ₁	49,95%	50,05%	16,48	16,52	0,24
CA ₃ CA ₁	49,37%	50,63%	16,29	16,71	2,57
DA ₄ DA ₁	49,22%	50,78%	16,24	16,76	3,20
DA ₄ DA ₂	49,90%	50,10%	16,47	16,53	0,36
DA ₅ DA ₂	50,13%	49,87%	16,54	16,46	0,48

4. CONCLUSION

As a result of the research, the best working width change limits among the vane positions used in the trials were obtained as 9-13.5 m in the forward-backward working method in the DA₄DA₂ application.

Among the vane positions where the experiments were carried out, the maximum effective working width was obtained as 10.5 m with a 13.91% coefficient of variation of fertilizer distribution uniformity in the DA₅DA₂ vane position in the forward-backward working method, while the best coefficient of variation of fertilizer distribution uniformity was

obtained as 8.93% in the DA4DA2 vane position, and the effective working width in this vane position was determined as 10 m.

The variation coefficients obtained in the forward-backward working method in the CA2CA1 vane position were not evaluated because they were above the acceptable limit (20%). In an acceptable fertilizer distribution order, the CV value should be less than 20% (Parish, 1999; Önal, 1995; Anonymous, 1996).

The difference between the amounts of fertilizer spread on the right and left sides obtained in the fertilizer opening where the experiments were carried out varied between 0.24% and 3.20%. Önal (1995) It was stated that the ratio between the amount of fertilizer spread on the right and left sides of the machine axis in the transverse fertilizer distribution after the folding study should not exceed 4%. While working with the applications, it was determined that the difference between the amounts of fertilizer spread on both sides according to the direction of advancement was less than 4% in all applications.

Considering these results, when fertilizing with mineral fertilizer spreaders, considering the maximum effective working width, DA5DA2 (Vane length 166 mm, position angle of one of the two vanes -19° , position angle of the other -31°) vane position can be recommended with the forward-backward working method. Considering the best fertilizer distribution uniformity and working width change limits, DA4DA2 (Vane length 166 mm, position angle of one of the two vanes -23° , position angle of the other -31°) vane positions can be recommended for the forward-backward working method.

ACKNOWLEDGEMENTS

I would like to thank Önallar Tarım Makineleri A.Ş. for supporting this study.

5. REFERENCES

- Anonymous, (1996) Santrifüjlü Kimyevi Gübre Dağıtıcıları Deney Metotları Türk Standartları Enstitüsü, TSE 2541
- El-Sharabasy, M. M. A., Ali, M. M. A., & Afify, M. K. (2007). Manufacturing and evaluation of a selfpropelled machine for broadcasting seeds and granular fertilizers. *Misr J. Ag. Engg*, 24(4), 752-774.
- Hofstee, J. W. (1995). Handling and spreading of fertilizers: Part 5, The spinning disc type fertilizer spreader. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 62(3), 143-162.
- Van Liedekerke, E. P., Tijskens, E., Dintwa, F., Rioual, J., Vangeyte, H. Ramon., ‘‘DEM simulations of the particle flow on a centrifugal fertilizer spreader’’. *Powder Technology*.190 348–360, 2009
- Mennel, R. M., & Reece, A. R. (1963). The theory of the centrifugal distributor. III: Particle trajectories. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 8(1), 78-84.
- Göhlich, H., Keste, E., (1972).‘‘Einflusse Auf Das Verhalten Von Haufwerksrömen Auf Schleuderscheiben Von Mineral-Düngerstreuber’’. *Grundlagen Der Lendtechnik*, Bd.) 22, No: 1, 11-15,
- Laghari, M., Laghari, N., Shah, A. R., & Chandio, F. A. (2014). Calibration and performance of tractor mounted rotary fertilizer spreader. *International Journal of Advanced Research*, 2(4), 839-846.
- Önal, İ. (1995) Ekim Bakım Gübreleme Makinaları. İzmir: Ege Üniversitesi Yayınları Yayın No:490
- Önal, İ., Yazgı, A., & Gücüyen, A. (2007). Titreşimli Besleme Düzenli Çift Diskli Gübre Dağıtma Makinasının Performansı Üzerinde Bir Araştırma. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 3(4), 239- 247.
- Parish, R. L. (1999). Granular spreaders: Selection, calibration, testing, and use. Louisiana Agricultural Experiment Station, Louisiana State University Agricultural Center.

**TÜRKİYE'DE API TURİZM: SÜRDÜRÜLEBİLİR KALKINMAYA YENİ BİR
KATKI**

Aysun YENER ÖGÜR (ORCID:0000-0002-2764-0759)

Selcuk University, Faculty of Agriculture, Department of Agricultural Economics

Özet

Api turizmi, arıcılık faaliyetlerini doğayla uyumlu bir turizm anlayışıyla birleştirerek eko turizmde yenilikçi bir alan olarak öne çıkmaktadır. Türkiye, arıcılık geleneği, zengin flora çeşitliliği ve ünlü bal çeşitleri ile Api turizmi için büyük bir potansiyele sahiptir. Karadeniz, Ege ve Akdeniz gibi bölgelerde bal hasadı gözlemi, bal tadım etkinlikleri ve arıcılık eğitimleri gibi faaliyetlerle Api turizmi yapılmaktadır. Ancak altyapı eksiklikleri, iklim değişikliği ve yasal düzenlemelerin yetersizliği bu alandaki gelişimi kısıtlayan başlıca sorunlardır. Api turizminin sürdürülebilir bir şekilde büyüebilmesi için yerel halkın eğitilmesi, ekolojik konaklama imkanlarının artırılması ve devlet desteği gerekmektedir. Bu bağlamda, arıcılık alanında eğitim ve farkındalık programları düzenlenmeli, devlet desteği ve teşvikler oluşturulmalı, turizm altyapısı güçlendirilmeli, yerel bal çeşitliliğinin tanıtılması, dijital pazarlama kanallarının oluşturulması ve tanıtım çalışmalarının yapılması, güvenlik ve sağlık protokollerinin oluşturulması, arıcılık müzeleri ve deneyim merkezlerinin kurulması, çevresel ve sürdürülebilirlik ilkelerine uygun politikaların oluşturulması gerekmektedir. Api turizmi, kırsal kalkınmaya katkı sağlarken doğaya duyarlılığı arttırmakta Türkiye'nin turizm çeşitliliğine önemli bir değer katmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Api Turizm, Sürdürülebilir Kalkınma, Türkiye

**API TOURISM IN TURKIYE: A NEW CONTRIBUTION TO SUSTAINABLE
DEVELOPMENT**

Abstract

Api tourism stands out as an innovative area in ecotourism by combining beekeeping activities with a tourism approach compatible with nature. Turkiye has great potential for Api tourism with its beekeeping tradition, rich flora diversity, and famous honey varieties. Api tourism is carried out with activities such as honey harvest observation, honey tasting events, and beekeeping training in regions such as the Black Sea, Aegean, and the Mediterranean. However, infrastructure deficiencies, climate change, and inadequacy of legal regulations are the main problems restricting development in this area. For Api tourism to grow sustainably, local people should be educated, ecological accommodation opportunities should be increased and state support should be provided. In this context, education and awareness programs should be organized in the field of beekeeping, state support and incentives should be created, tourism infrastructure should be strengthened, local honey diversity should be introduced, digital marketing channels should be created and promotional activities should be carried out, safety and health protocols should be established, beekeeping museums and experience centers should be established, and policies in line with environmental and sustainability principles should be created. While contributing to rural development, Api tourism increases sensitivity to nature and adds significant value to Turkiye's tourism diversity.

Keywords: API Tourism, Sustainable Development, Turkiye

1. INTRODUCTION

The tourism industry has a major impact on economic development and job creation worldwide (WTTC, 2019). Tourism has become a driving force for developed country economies. Rural tourism, on the other hand, has grown in recent years with different human typologies (Lane, 1994a). Any tourism that showcases rural life, art, culture, and heritage in rural areas, thus providing economic and social benefits to the local community and providing a richer tourism experience by providing interaction between tourists and local people is called rural tourism. Rural tourism is an activity that mainly takes place in rural areas. Rural tourism is characterized by the enjoyment of agricultural areas and nature or landscapes (Aref and Gill, 2009). It can show different characteristics between countries and continents. It also has local phenomena within countries and continents (Gartner, 2004; Sharpley and Roberts, 2004). Tourism in rural areas is defined by various terms. There are various terms such as farm tourism, agricultural tourism, and ecotourism (Beeton, 2006). These terms relate to the land uses and human cultures created by the interaction between people and the land. It positions agriculture and farms as the foundation on which the attraction is built (Knowd, 2001). This explains why the existing literature on rural tourism includes a significant number of case studies of countries and their rural tourism attractions. Although rural tourism is specific to a country's political, economic, and social systems, issues of definition and conceptualization have been explored (Lane, 1989, 1994a, 1994b; Sweeney, 1995). Respect for the environment and the differentiation of destinations comprise one of the fundamental pillars of the sector's growth (Yagüe, 2002; Huang, 2006). Tourists are looking for ways to actively spend their free time. However, they have shifted to looking for cognitive activities as well as physical activities. Gaining new experiences, and getting to know the natural and cultural features of a region or area are the motivations for many tourist trips (Woźniak and Cebulak, 2007). A perfect example of this type of tourism is API tourism (Wos, 2014). Api tourism is an innovative type of tourism that combines beekeeping activities with tourism, contributing to the protection of nature and biodiversity (Wos, 2014; Izquierdo-Gascón and Rubio, 2023). Api-tourism (its name comes from the Latin name of the honey bee, *Apis mellifera*) is a form of tourism in which beekeeping, one of the traditional professions, is combined with ecological, food, and medical bee products. Activities related to api-tourism include learning about beekeepers' working lives, honey collection methods, honey characteristics (including tasting different types of honey), other bee products (pollen, beeswax, bee bread, royal jelly), observing how bee colonies live, getting to know the ecological relationship between humans and bees, and visiting open-air museums (Woś and Bień, 2013). The indispensable role of bees in the ecosystem and the impact of the beekeeping sector on local development have increased the importance of API tourism (Arih and Korošec, 2015). Especially in countries with rich vegetation and apiculture traditions, such as Türkiye, API tourism contributes to rural development, raises awareness about protecting natural resources, and supports tourism diversity.

2. MATERIAL AND METHODS

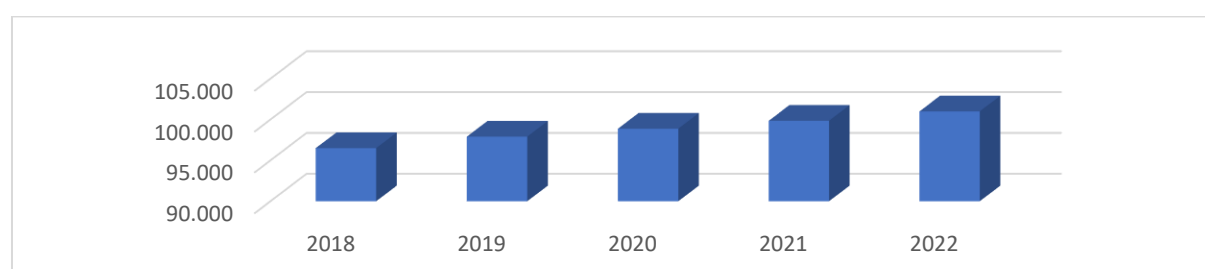
The study was conducted using secondary data. The study included statistics, reports, relevant legislation, and previously conducted scientific studies published by relevant institutions and organizations. Some of the findings obtained were tabulated as a result of the literature review and presented using simple percentage calculations.

3. RESEARCH FINDINGS

3.1. BEEKEEPING ACTIVITIES IN THE WORLD AND TÜRKİYE

Beekeeping has become popular in recent years as a sector that can be done with little capital and without being tied to the land (Özbek, 2002). Beekeeping can generate income in a short time, provide rapid conversion to investment, increase product yield, not require large land areas, and complement most farming systems (Gupta et al., 2014; Klein et al., 2007; Kluser and Peduzzi, 2007; Schouten et al., 2019). When we look at the number of hives in the world, it will increase by 1.1% compared to the previous year and reach 101 million in 2022.

Graph 1. Number of hives in the world (thousand)



Resource: TEPGE, 2024.

Beekeeping is one of the oldest agricultural activities in the world. After honey bees passed the American and Australian continents, they have developed in all countries of the world (Almeida et al., 2012). In addition, the importance of pollination for the productivity of agricultural products makes beekeeping more prominent (Korkmaz, 2003). According to 2022 data, India ranks first with a share of 12.5% in the world's total number of hives, while China ranks second with a share of 9.2% and Türkiye ranks third with a share of 8.9%.

Table 1. Number of hives in the world by country (thousands)

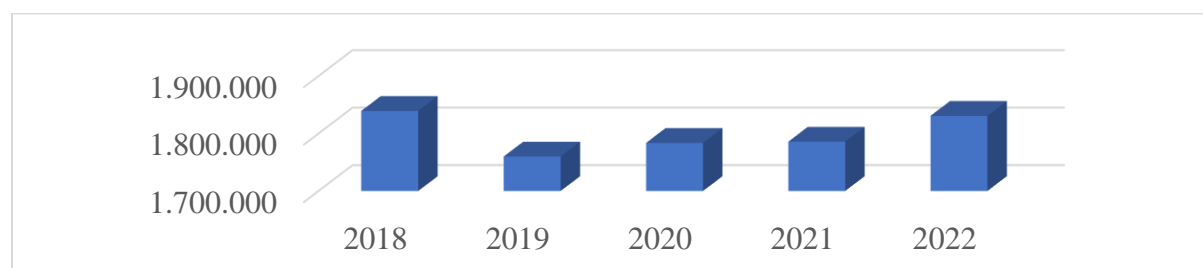
Countries	2018	2019	2020	2021	2022
India	12,207	12,297	12,411	12,513	12,615
China	9,143	9,194	9,198	9,225	9,249
Türkiye	8,108	8,128	8,179	8,733	8,985
Iran	6,947	7,160	7,213	7,372	7,575
Ethiopia	7,075	6,958	6,986	5,982	6,208
Tanzania	2,978	3,030	3,038	3,057	3,077
Argentina	2,921	2,977	2,971	2,973	2,976
Russian Fed.	3,182	3,094	2,982	2,890	2,790
USA	2,828	2,812	2,706	2,697	2,667
Mexico	2,172	2,158	2,148	2,226	2,319
Other	38,940	40,098	41,047	22,180	42,535
World	96,501	97,906	98,879	99,848	100,996

Resource: TEPGE, 2024.

When some beekeeping products are examined, it is an important agricultural activity that produces products such as honey, beeswax, pollen, royal jelly, propolis, and bee venom (Özbek, 2002). Individuals and countries that find beekeeping important widely use valuable products

such as honey, beeswax, pollen, royal jelly, propolis, and bee venom obtained from bees in many areas within the scope of natural nutrition and treatment with natural products. Approximately 1.8 million tons of honey was produced in the world in 2022. There was a 2.5% increase in honey production in 2022 compared to the previous year.

Graph 2. World Honey Production (thousand tons)



Resource: TEPGE, 2024.

In 2022, honey production decreased by 2.3% in China compared to the previous year, while it increased by 22.8% in Türkiye and 2.6% in Iran.

Table 2. Honey Production by Country (tons)

Countries	2018	2019	2020	2021	2022
China	446,879	444,054	458,100	472,700	461,900
Türkiye	107,920	109,330	104,077	96,344	118,297
Iran	73,286	73,645	74,887	77,484	79,535
India	65,267	67,606	69,783	74,000	74,204
Argentina	79,468	79,140	72,183	70,715	70,437
Russia	65,006	63,526	66,368	64,533	67,014
Mexico	64,253	61,986	54,165	62,079	64,320
Ukraine	71,279	69,937	68,028	68,558	63,079
Brazil	42,268	45,801	52,493	55,679	60,966
USA	69,857	71,179	66,948	57,490	56,849
Other	753,850	673,729	696,615	686,270	714,167
World	1,839,333	1,759,933	1,783,647	1,785,852	1,830,768

Resource: TEPGE, 2024.

In addition to beekeeping, beeswax production is used in the metal industry, cosmetics industry, textile industry, medicine production, candle making, and many other areas. In 2022, a total of around 65 thousand tons of beeswax was produced in the world. Türkiye is among the top five countries in the world in beeswax production. When beeswax production is examined by years, it is seen that the amount of beeswax production increased by 0.6% in India, 1.6% in Ethiopia, 0.3% in Argentina, and 8.7% in Türkiye in 2022 compared to the previous year (TEPGE, 2024).

**ISPEC 16th INTERNATIONAL CONFERENCE ON AGRICULTURE, ANIMAL
SCIENCE & RURAL DEVELOPMENT
November 15-17, 2024 / Konya, Türkiye**

Table 3. Beeswax Production by Country (tons)

Countries	2018	2019	2020	2021	2022
India	23,937	24,134	24,303	24,448	24,594
Ethiopia	5,629	5,525	5,589	5,714	5,808
Argentina	5,017	5,011	4,976	4,991	5,006
Türkiye	3,987	3,971	3,765	3,766	4,095
Republic of Korea	3,763	3,703	3,703	3,728	3,753
Kenya	2,594	2,567	2,572	2,579	2,587
Angola	2,320	2,319	2,316	2,317	2,318
Tanzania	1,875	1,887	1,890	1,894	1,898
Brazil	1,762	1,778	1,776	1,782	1,789
USA	1,586	1,591	1,595	1,593	1,591
Other	10,986	11,105	10,989	11,346	11,624
World	63,455.86	63,591.35	63,473.64	64,158.29	65,063.47

Resource: TEPGE, 2024.

The total number of colonies in Türkiye reached 9 million in 2022. Honey production in Türkiye decreased by 2.9% compared to the previous year in 2023 and was realized as 115 thousand tons.

Table 4. Beekeeping Status in Türkiye by Year

Yıl	Number of Villages Engaged in Beekeeping (Number)	Number of Businesses Engaged in Beekeeping (Number)	Number of New Hives (Number)	Number of Old Hives (Number)	Total Number of Hives (Number)	Honey Production (Ton)	Wax Production (Ton)	Yield (kg)
2010	20.845	-	5.465.669	137.000	5.602.669	81.115	4.148	14,5
2011	21.131	-	5.862.312	149.020	6.011.332	94.245	4.235	15,7
2012	21.307	-	6.191.232	156.777	6.348.009	89.162	4.222	14,0
2013	-	79.934	6.458.083	183.265	6.641.348	94.694	4.241	14,3
2014	-	81.108	6.888.907	193.825	7.082.732	103.525	4.053	14,6
2015	-	83.467	7.525.652	222.635	7.748.287	108.128	4.756	14,0
2016	-	84.047	7.679.482	220.882	7.900.364	105.727	4.440	13,4
2017	-	83.210	7.796.666	194.406	7.991.072	114.471	4.488	14,3
2018	-	81.830	7.904.502	203.922	8.108.424	107.920	3.987	13,3
2019	-	80.675	7.929.368	198.992	8.128.360	109.330	3.971	13,5
2020	-	82.862	7.956.933	222.152	8.179.085	104.077	3.765	12,7
2021	-	89.361	8.456.305	277.089	8.733.394	96.344	3.766	11,0
2022	-	95.386	8.734.938	249.738	8.984.676	118.297	4.165	13,2
2023	-	100.399	8.969.387	255.494	9.224.881	114.886	3.971	12,5

Resource: TEPGE, 2024.

When the beekeeping situation in Türkiye is examined by region, it is determined that the Aegean region, the Mediterranean region, and the Eastern Black Sea region are the leaders in terms of the number of hives (Table 5). Muğla; While it ranks first with 8.9% share in the total

**ISPEC 16th INTERNATIONAL CONFERENCE ON AGRICULTURE, ANIMAL
SCIENCE & RURAL DEVELOPMENT
November 15-17, 2024 / Konya, Türkiye**

number of hives in Türkiye, Ordu is second with 6.6% share with 612 thousand hives and Adana is third with 5.4% share with 495 thousand hives. The region with the highest honey yield is the Eastern Black Sea region with 19.5 kg. When honey production is examined on a provincial basis; Ordu is first with 16.5% share, Adana is second with 10.7% share and Muğla is third with 7.0% share in total honey production in Türkiye in 2023. A total of around 4 thousand tons of beeswax was produced in Türkiye in 2023. Total beeswax production in Türkiye decreased by 4.7% in 2023 compared to the previous year. Sivas ranked first with a 10.2% share in beeswax production in 2023, Muğla ranked second with a 9.7% share, and Adana ranked third with an 8.3% production (TEPGE, 2024).

Table 5. Beekeeping Status by Region in Türkiye (2023)

Level Name	Number of beekeeping businesses (number)	Number of new hives (number)	Old hives (number)	Total hives (number)	Honey Production (Ton)	Wax Production (Ton)	Yield (kg)
Mediterranean-TR6	13,227	1,460,431	6,273	1,466,704	21,350	864	14.6
Western Anatolia-TR5	4,296	292,096	5,111	297,207	2,047	114	6.9
Western Black Sea-TR8	10,807	532,973	7,587	540,560	4,285	211	7.9
Western Marmara-TR2	7,034	472,435	6,058	478,493	6,340	178	13.2
Eastern Black Sea-TR9	13,010	1,163,733	4,762	1,168,495	22,775	390	19.5
Eastern Marmara-TR4	6,850	415,075	2,369	417,444	7,357	119	17.6
Aegean-TR3	13,343	1,677,651	8,472	1,686,123	17,654	743	10.5
Southeastern Anatolia-TRC	7,740	846,037	68,135	914,172	9,472	146	10.4
Northeastern Anatolia-TRA	6,277	512,471	3,958	516,429	5,014	209	9.7
Central Anatolia-TR7	7,045	502,616	3,213	505,829	8,376	479	16.6
Central Eastern Anatolia-TRB	9,243	1,001,103	139,225	1,140,328	9,425	490	8.3
Istanbul-TR1	1,527	92,766	331	93,097	792	28	8.5

Resource: TEPGE, 2024.

3.2. API TOURISM

Api-tourism is a type of tourism that is rooted in the culture and traditions of rural communities. Api tourism offers the opportunity to discover and experience beekeeping and the method of making honey (Uzun, 2021). In recent years, the development of API tourism has been quite stable (Beigi, 2018). It is a tourist route that interacts with artisan beekeepers in rural areas and different types of honey and consumers (Shiffler, 2014). Today, beekeeping activities on the one hand, and travel opportunities to nature on the other hand are turning into api tourism (Koç and Özgürel, 2023).

Thanks to api tourism, people meet nature and greenery. It also creates unique journeys that enrich lives and strengthen ties with nature, culture, and society (Koç and Özgürel, 2023). The content, impact, and benefits of API tourism go far beyond beekeeping (Apiturizem, 2022).

Api tourism (beekeeping tourism) is a type of tourism that has become popular worldwide in recent years, organized for tourists who want to learn about beekeeping, consume bee products directly from the source, and witness beekeeping processes (Wos, 2014). Api tourism is a type of tourism that allows tourists to experience beekeeping activities closely and aims to increase knowledge and awareness in the field of beekeeping. In this type of tourism, various activities such as honey harvest observation, beehive inspection, and honey tasting events are offered. In addition, API tourism, as a sustainable ecotourism branch, contributes to rural development by supporting the economic development of local people (Arih and Korošec, 2015; González Arnedo et al., 2022; Gascón and Gil, 2023). Some factors highlight the development of API tourism in the world and contribute to the popularization process.

a) Orientation to Natural and Sustainable Tourism (Arih and Korošec, 2015).

- Api tourism overlaps with ecotourism and offers a nature-sensitive and sustainable tourism experience. The increasing interest of people in tourism activities compatible with nature increases the popularity of API tourism.

b) Increasing Health Awareness (Suna, 2018).

- As awareness of the positive effects of natural bee products such as honey, propolis, and royal jelly on health increases, interest in API tourism also increases. Tourists want to purchase these products directly from the producer, see the production processes on-site, and learn about healthy nutrition.

c) Contribution to Local Economies (Izquierdo-Gascón and Rubio-Gil, 2023).

- Api tourism provides economic contribution, especially in rural and beekeeping regions. In this way, local people can earn income by sharing their knowledge and experiences about beekeeping. This supports the sustainability of beekeeping and rural development.

d) Education and Awareness (Sulistyo et al., 2023).

- Api tourism raises awareness on issues such as the role of bees in nature, biodiversity, and ecosystem health. Through educational tours and workshops, people learn about the environmental impacts of beekeeping and the importance of bees.

e) Offering Unique Tourism Experiences (Zhang et al., 2021).

- Tourists around the world are now looking for unique and meaningful experiences rather than standard holiday experiences. Api tourism has a high tourist appeal because it offers unique activities such as one-on-one interaction with beehives and honey harvesting.

f) Supportive Policies of Countries

- Many countries, especially in Europe, are developing policies that encourage beekeeping tourism and support local beekeepers. These policies both make beekeeping sustainable and diversify the tourism sector (Izquierdo-Gascón and Rubio-Gil, 2023).

When the prominent API tourism destinations in the world are examined, it is seen that some countries stand out (Anonymous, 2024). The leader in bee tourism in the world is Slovenia. Among the European Union countries, Slovenia is the only country that legally protects endemic bee species in its own country. Poland, Germany, the Czech Republic, Chile, Lithuania, Indonesia, Spain, Hungary, and Ukraine follow Slovenia in bee tourism (Šivic, 2013; Woś, 2014; Anonymous, 2020). Different examples of bee tourism are also encountered in countries such as Croatia, Indonesia, Chile, Bulgaria, France, Sicily, New Zealand, and Romania. The addition of new examples to these countries every day stands out as a remarkable development (Uzun, 2021).

Api tourism has become a global trend with the increasing interest in sustainable tourism and nature. It continues to develop as an important tourism branch both in terms of nature and ecosystem and for the diversification of the local economy and tourism sector. Türkiye is one of the countries that will have a say in beekeeping in the 21st century with its suitable ecological situation, rich flora, genetic variation in bee material, and the increasing number of colonies (Karadeniz, 2012; Kuvancı, 2019). At the same time, Türkiye is among the 12 most important gene centers in the world, and there are over 10,000 natural flowering plant species and bee races and ecotypes adapted to regional conditions in our country (Karadeniz, 2012). The concept of Api Tourism is a newly emerging tourism type in Türkiye. Environmental awareness is at the core of Api tourism, and there is a structure that aims to transfer this awareness to new generations (Wos 2014; Korosec 2016; Suna 2018). This type of tourism will both contribute to the understanding of sustainable tourism and directly affect economic development, as it will be parallel to the work of beekeepers (Suna, 2020).

The practices that a person traveling in the api tourism center, which will be developed considering Türkiye's existing potential, can take part in are listed below (Wos, 2014):

- Purchasing bee products produced in the destination,
- Visiting the bee museum,
- Making an informative presentation about bees for the elderly and children,
- Receiving treatment with apitherapy,
- Visiting honey-producing plant gardens,
- Visiting beekeepers and learning how honey is made,
- Learning how to make candles from beeswax,
- Making dishes cooked with honey

Türkiye is a country that stands out with its variety of honey produced in different geographical regions and high-quality bee products. Species such as Anzer honey (Rize), pine honey (Muğla), and chestnut honey (Black Sea Region) are world-famous and recognized as geographically indicated products (Uslu, 2024). Türkiye's rich flora diversity, climatic conditions supporting beekeeping activities, and biodiversity offer a strong potential for API

tourism. Api tourism is gaining importance in Türkiye and various activities are carried out in many regions. Here, the prominent API tourism activities in Türkiye are examined.

Honey Harvest and Beekeeping Tours; In many beekeeping regions of Türkiye, especially in provinces such as Muğla, Rize, Artvin, Ordu, and İzmir, honey harvest events are organized by local honey producers (Kılıç and Güler, 2020; Dönmez and Helvacıoğlu, 2023). These events offer tourists the opportunity to observe the honey production process, interact with bees in a safe environment, and participate in the honey harvest. **Beekeeping Training and Workshops;** Within the scope of Api tourism, training and workshops are organized for those who want to learn about beekeeping. In these workshops, training is provided on topics such as working with beehives, honey extraction techniques, propolis, and royal jelly production. For example, such workshops are popular in the Black Sea Region, especially in Rize and Artvin (Anonymous, 2008). **Honey Tasting Tours;** Türkiye is known for its rich honey diversity. Honey tasting tours are organized to introduce different types of honey such as pine honey (Muğla), Anzer honey (Rize), chestnut honey (Zonguldak and Black Sea), and astragalus honey (Eastern Anatolia). Thanks to these tours, tourists can taste the honey flavors of different regions and also learn about the production processes of honey (Sürücü et al., 2017; Ekiztepe, 2024). **Beekeeping Museums and Exhibitions;** There are various museums and exhibitions to introduce the culture of beekeeping. For example, the Beekeeping Museum in Muğla exhibits beekeeping equipment and provides visitors with information about Türkiye 's beekeeping history (Şahin and Aydın, 2021; Cam and Çılgınoğlu, 2024; Ekiztepe, 2024). **Bee and Ecosystem Awareness Activities;** One of the most important goals of api tourism in Türkiye is to draw attention to the role of bees in the ecosystem. In this context, information activities are carried out on the protection of natural life, the importance of biodiversity, and the value of bees in terms of sustainable agriculture. In addition, awareness is raised about the role of bees in biodiversity at various festivals. **Ecological Accommodation Facilities and Beekeeping Farms;** There are ecological accommodation facilities and beekeeping farms in rural areas for tourists who want to experience honey and other bee products directly in the production area (Uzun et al., 2022). Accommodation is offered in farms that carry out beekeeping activities and are located in nature in the Aegean, Black Sea, and Eastern Anatolia regions (Ekiztepe, 2024). There are some prominent api tourism destinations and activities in Türkiye. **Muğla / Marmaris:** It is famous for its pine honey production and various activities are held in beekeeping farms. **Rize / Anzer Plateau:** In this plateau, where the world-famous Anzer honey is produced, tourists are offered both nature walks and honey harvest activities. **Artvin:** It offers the opportunity to meet beekeepers who produce chestnut honey in the natural forest areas of the Black Sea and to learn about beekeeping. **Ordu and Giresun:** These are important points where beekeepers who produce organic honey can be visited and where the Black Sea honey varieties can be tasted (Kılıç and Güler, 2020). Although their numbers are few throughout Türkiye, there are a few facilities that can be shown as examples of business concept health structures and apiculture facilities. Zonguldak Apiculture Center is one of them and is in the establishment phase (GEKA, 2020). Api tourism in Türkiye continues to develop as an important tourism branch both in terms of ecotourism and rural development and for the protection of bees and the sustainable use of natural resources.

3.3. BARIERS TO API TOURISM

Although API tourism is increasingly gaining attention as a sustainable tourism type that is compatible with nature, it faces some challenges. Resolving these obstacles can support API

tourism to reach wider audiences and develop sustainably. The main obstacles to API tourism are insufficient awareness and lack of information, lack of legal regulations, lack of training and experienced guides, environmental factors and climate change, inadequacy of tourism infrastructure, health and safety risks, lack of economic support and incentives, marketing and promotion deficiencies, and lack of sustainable practices (Pal and Bhattacharya, 2023).

Insufficient Awareness and Lack of Information; The lack of sufficient awareness about the importance of bees on the ecosystem makes it difficult for API tourism to become widespread. Most people think that beekeeping is an activity limited to honey production. Lack of information about the role of bees in terms of ecosystem health and the diversity of bee products can limit interest in API tourism. **Deficiencies in Legal Regulation;** Another obstacle is that the legal regulations regarding beekeeping and beekeeping tourism in Türkiye are limited or not yet fully established. This may create difficulties in obtaining the support of local governments and relevant institutions and in carrying out the activities safely and sustainably. **Lack of Education and Experienced Guides;** Api tourism requires tourists to interact with bees in a safe environment. Therefore, experienced guides with beekeeping knowledge are needed. However, the lack of experienced and trained guides in this field may affect the safety and experience of tourists. **Environmental Factors and Climate Change;** Climate change is a factor that directly affects beekeeping. Changes in weather conditions and the impact on vegetation may negatively affect the health of bee colonies and reduce honey production efficiency. This is an important problem that threatens the sustainability of tourism. **Inadequacy of Tourism Infrastructure;** Inadequate infrastructure (transportation, accommodation, activity areas) for API tourism in rural areas may make it difficult for tourists to access and stay in these regions. Increasing ecotourism opportunities in rural areas is of critical importance for the development of API tourism. **Health and Safety Risks;** In api tourism, tourists' direct interaction with bees can pose health risks, especially for those at risk of allergic reactions. If the necessary safety precautions are not taken, this can pose a serious problem for tourists' safety. The lack of safety protocols makes it difficult to promote this area further. **Lack of Economic Support and Incentives;** Api tourism businesses are generally small-scale and state support and incentives are needed for these businesses to grow. However, since the incentives given to support rural development are not sufficient, it becomes difficult for such businesses to obtain financial resources and grow. **Marketing and Promotion Deficiencies;** The promotion of api tourism to large audiences, especially abroad, is quite limited. Foreign tourists who want to learn about API tourism activities in Türkiye often have difficulty accessing information. For this reason, promotions should be made on international platforms and digital channels. **Sustainable Application Deficiencies;** Although api tourism is a type of tourism that is sensitive to nature and the environment, there are some points to be considered in terms of sustainability when combining this area with commercial activity. Some practices in this area may be contrary to sustainability principles and may harm the ecosystem. Removing these obstacles to API tourism can encourage local development by supporting the beekeeping and ecotourism sectors in Türkiye. It is possible to overcome these obstacles with legal regulations, promotional activities, trained guide support, and sustainable tourism practices.

4. CONCLUSION AND RECOMMENDATIONS

Api tourism is a type of tourism that supports rural development and is sensitive to nature by combining beekeeping activities with tourism. Türkiye has significant potential in this area with its natural beauty, rich flora diversity, and beekeeping tradition. However, sustainable growth of API tourism is possible with awareness-raising, provision of necessary infrastructure, and

state support. Api tourism, as a sub-branch of ecotourism, contributes to our country's tourism diversity while also revealing the vital role of bees in the ecosystem. What needs to be done for api tourism to develop in Türkiye is spread over a wide range to support the beekeeping sector and rural tourism. Here are some suggestions that can be effective in this regard:

1. Education and Awareness Programs in Beekeeping

- **Education for Local People and Tour Guides:** Training can be provided for local people and guides on beekeeping, biodiversity, and sustainability. Trained guides can provide tourists with safe and impressive experiences regarding beekeeping.
- **Social Awareness Campaigns:** Campaigns can be organized to raise awareness in society about the role of bees in the ecosystem and the sustainability of API tourism. Providing education about beekeeping in schools and local events can also create interest in API tourism in the future.

2. State Support and Incentives

- **Financial Support Programs:** In order to support api tourism, grants and credit support can be provided from rural development funds. In particular, economic support can be provided to small-scale beekeeping enterprises and sustainable growth of enterprises that combine beekeeping and tourism can be ensured.
- **Tax Incentives and Legal Regulations:** Tax reductions or incentives can be applied to enterprises engaged in API tourism. In addition, a clear legal framework can be created for beekeeping tourism and the security of enterprises in this area can be ensured.

3. Strengthening Tourism Infrastructure

- **Ecological Accommodation Facilities and Beekeeping Farms:** Establishing ecological facilities and farms in rural areas where tourists can comfortably stay can increase the interest of tourists in these areas. In this way, an environment can be provided where they can experience beekeeping activities in nature.
- **Ease of Transportation:** Infrastructure improvements can be made to facilitate access to beekeeping farms in rural areas. For example, public transportation options can be increased to certain beekeeping tourism centers or guided tours can be organized.

4. Introducing Local Honey Diversity

- **Honey Festivals and Tasting Events:** Honey festivals and tasting events to be held in certain beekeeping regions every year will attract the attention of tourists. In these events, honey varieties of different regions can be introduced and information can be provided about products such as propolis and royal jelly in addition to honey.
- **Honey Products with Geographical Indication:** Honey varieties with geographical indications (e.g. Anzer honey, pine honey) produced in various regions of Türkiye can be introduced on national and international platforms, and awareness of these honey varieties can be increased.

5. Digital Marketing and Promotion Studies

- **Websites and Social Media:** Websites and social media channels equipped with content for API tourism can be created to reach local and foreign tourists. Beekeeping tourism can be made attractive with video content, blog posts, and visuals.
- **Promotion for Foreign Tourists:** Increasing Türkiye 's awareness as an api tourism destination by promoting api tourism at international tourism fairs can attract the attention of foreign tourists.

6. Establishment of Safety and Health Protocols

- **Precautions for Allergic Reactions:** Health precautions should be taken for tourists who may have allergic reactions to bee stings during API tourism. In this context, guides with emergency response training can be assigned and first aid equipment can be provided in tourist areas.
- **Guidance Services for Tourist Safety:** Trained guides should be provided to ensure that tourists have a safe experience interacting with bees and safety rules should be followed during beekeeping activities.

7. Beekeeping Museums and Experience Centers

- **Educational and Interactive Museums:** Beekeeping museums and experience centers for API tourism can be established to offer tourists an experience that is both entertaining and informative. In these centers, topics such as old beekeeping techniques, equipment used in beekeeping, and the role of bees in the ecosystem can be introduced interactively.

8. Policies in Line with Environmental and Sustainability Principles

- **Sustainable Application Principles:** Sustainability principles should be established for api tourism and environmentally friendly practices should be encouraged. Beekeeping activities should be carried out in a way that does not harm the ecosystem, and environmentally sensitive policies should be followed to protect bees and ensure biodiversity.

With these suggestions, the development of API tourism in Türkiye can be ensured, contributions can be made to the local economy, and support the protection of natural resources. Api tourism can also create awareness about the importance of bees and sensitivity to nature.

REFERENCES

1. Almeida, E. A., Pie, M. R., Brady, S. G., & Danforth, B. N. (2012). Biogeography and diversification of colletid bees (Hymenoptera: Colletidae): emerging patterns from the southern end of the world. *Journal of biogeography*, 39(3), 526-544.
2. Anonymous, (2008). Anzer Yaylasına arı safari. Ağustos. <https://www.aa.com.tr/tr/yasam/anzeryaylasina-arisafari/5468> (Erişim Tarihi: 26.11.2024).
3. Anonymous, (2020). <https://turkiyeturizmansiklopedisi.com/ari-turizmi>
4. Anonymous, (2024). <https://www.geoapify.com/places-api/>
5. Apiturizem, (2022). Apitourism. <https://www.apiturizem.si/en/apiturizem/>, (Accessed date:20.05.2024).
6. Aref, F., & Gill, S. S. (2009). Rural tourism development through rural cooperatives. *Nature and Science*, 7(10), 68-73.
7. Arih, I. K., & Korošec, T. A. (2015). Api-tourism: Transforming Slovenia's apicultural traditions into a unique travel experience. *WIT Transactions on Ecology and the Environment*, 193, 963-974.
8. Beeton, S. (2006). Community development through tourism. In: Landlink Press, Australia.
9. Beigi, H. (2018). Api-Tourism, Bees Tourism. *Honeybee Science Journal*, 9(16), 12-18.
10. Cam, O., & Çılgınoğlu, H. (2024). Gastronomi Turizmi Kapsamında Coğrafi İşaretleli Ürünlerin İncelenmesi: Ağrı Örneği. *Safran Kültür ve Turizm Araştırmaları Dergisi*, 7(1), 107-128.
11. Dönmez, N. A., & Helvacıoğlu, F. (2023). Apiturizmin geliştirilmesi kapsamında apirota oluşturulmasına yönelik bir araştırma: Marmaris Örneği. *Seyahat ve Otel İşletmeciliği Dergisi*, 20(1), 41-56.
12. Ekiztepe, B. A. 2024. Apiturizmin Gelişmesinde Arıcılık Müzelerinin Önemi: Çine Arıcılık Müzesi ve Eğitim Merkezi Üzerine Bir Değerlendirme. *Abant Sosyal Bilimler Dergisi*, 24(2), 705-717.
13. Gartner WC. (2004). Rural tourism development in the USA. *International Journal of Tourism Research*6(3): 151–164.
14. Gascón, M. I., & Gil, Á. R. (2023). Api-tourism as a Regenerative Tourism Modality against Rural Depopulation in Spain. *Ager: Revista de estudios sobre despoblación y desarrollo rural= Journal of depopulation and rural development studies*, (38), 183-220.
15. GEKA (Güney Ege Kalkınma Ajansı), 2020. Muğla İl Apterap Turizm Tess Yatırımı Ön Fzblte Raporu, Ekm
16. Gupta R.K., Reybroeck, W., van Veen, J. W., & Gupta, A. (2014). Beekeeping for poverty alleviation and livelihood security.
17. Huang, L. 2006. Rural Tourism Revitalization of the Leisure Farm Industry by Implementing an E-Commerce Strategy. *J. Vacat. Mark.* 12, 232–245.
18. Izquierdo-Gascón, M., & Rubio-Gil, Á. (2023). Theoretical approach to Api-tourism routes as a paradigm of sustainable and regenerative rural development. *Journal of Apicultural Research*, 62(4), 751-766.
19. Karadeniz, T. (2012). Meyve yetiştiriciliğinde polinasyonun önemi, verim ve kaliteye etkisi. 3. Uluslararası Muğla Arıcılık ve Çam Balı Kongresi, Bildiri Kitabı, 275-282.
20. Kılıç, B., & Güler, E. G. (2020). Türkiye'nin Kırsal ve Alternatif Turizm Kaynakları Üzerine Bir Araştırma: Api Turizm. 6. Uluslararası Ekonomi Yönetimi ve Pazar Araştırmaları Kongresi, 17-25.

21. Klein, A. M., Vaissière, B. E., Cane, J. H., Steffan-Dewenter, I., Cunningham, S. A., Kremen, C., & Tscharntke, T. (2007). Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proceedings of the royal society B: biological sciences*, 274(1608), 303-313.
22. Kluser, S., & Peduzzi, P. (2007). Global pollinator decline: A literature review (p. 10). Geneva: United Nations Environment Programme (UNEP)/Global Resource Information Database (GRID). Available: http://grid.unep.ch/products/13_Reports/Global_pollinator_decline_literature_review_2007.pdf
23. Knowd, I. (2001). Rural tourism: panacea and paradox. Exploring the phenomenon of rural tourism and tourism's interaction with host rural communities. In *Geography Teachers' Curriculum Workshop*, University of Western Sydney.
24. Koç, B. P., & Özgürel, G. (2023). A niche market: api therapy and api tourism.
25. Korkmaz, A. (2003). Beekeeping.
26. Korosec, T.A. (2016). Api Turizmi, Api Sağlık, Api Terapi, Muğla Arıcılık ve Çam Balı Kongresi (ss. 112-115). 1-5 Kasım 2016. Türkiye: Muğla
27. Kuvancı, A. (2019). Bal ve Çeşitleri, Arıcılık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Ordu, <https://arastirma.tarimorman.gov.tr/aricilik/Belgeler/makale/balces.pdf>, (Accessed date: 22.05.2024).
28. Lane B. (1989). The future for rural tourism. *Insights (English Tourism Council)*D5: 1-6.
29. Lane B. (1994a). What is rural tourism? *Journal of Sustainable Tourism*2(1/2): 7-21.
30. Lane B. (1994b). Sustainable rural tourism strategies: A tool for development and conservation. *Journal of Sustainable Tourism*2(1/2): 102-111.
31. Özbek, H. (2002). Bees and nature. *Uludag Bee Journal*, 8, 22-25.
32. Pal, S., & Bhattacharya, S. (2023). Apitourism in agritourism: a fusion of greenery, apiculture & tourism in the valley of Jampui hills of North East India. *Plant Archives*, 23(1), 51-55.
33. Schouten, C., Lloyd, D., & Lloyd, H. (2019). Beekeeping with the Asian honey bee (*Apis cerana javana* Fabr) in the Indonesian islands of Java, Bali, Nusa Penida, and Sumbawa. *Bee world*, 96(2), 45-49.
34. Sharpley R, Roberts L. (2004). Rural tourism — 10 years on. *International Journal of Tourism Research*6(3): 119-124.
35. Shiffler, K. (2014). Api-Tourism as added-value: the case of La Ruta de la Miel in Chile (Master's thesis, Norwegian University of life Sciences, Ås).
36. Šivic, F. (2013). Apitourism: A fusion of apiculture and travel in verdant lands. *Bee World*, 90(3), 66-67.
37. Sulistyono, A., Rijanta, R., Hadna, A. H., & Giyarsih, S. R. (2023). Group of Community-Based Tourism Awareness (Pokdarwis) Strategies in Addressing Conflicts in Utilization and Conservation of the Environment. In *Forum Ilmu Sosial (Vol. 50, No. 2)*.
38. Suna, B. (2018). Api Turizm'in Türkiye'deki Yeri ve Önemi. *Uludağ Arıcılık Dergisi*, 18(1), 42-51.
39. Suna, B. (2020). Turizmde Arıcılığın Kullanımına Keşifsel Bir Yolculuk. *Anatolia: Turizm Araştırmaları Dergisi*, 31(1), 19-30.
40. Sürücü, Ç., Bekar, A., & Arman, S. (2017). Turizmde çekicilik unsuru olarak gastronomi müzeleri: Marmaris bal evi örneği.

**FACTORS AFFECTING VEGETABLE PRODUCTION IN SABON-GARI LOCAL
GOVERNMENT AREA OF KADUNA STATE, NIGERIA**

Bashir, M.B* (ORCID:0000-0003-0459-7097)

National Agricultural Extension and Research Liaison Services, Ahmadu Bello University,
Zaria, Nigeria

Email:bmbawuro@gmail.com

Imran, M.O

Department of Vocational and Technical Education, Ahmadu Bello University, Zaria, Nigeria

Abubakar, S.Z

Department of Vocational and Technical Education, Ahmadu Bello University, Zaria, Nigeria

Abstract

Vegetable production play a crucial role in the livelihoods of farmers and contributes significantly to food security in Sabon-Gari Local Government Area of Kaduna State, Nigeria. Despite its importance, vegetable farming in the study area faces many challenges that impede its full potential. This study assessed factors affecting vegetable production in Sabon-Gari Local government area of Kaduna State. The specific objectives of the study were to describe the socio-economic characteristics of the vegetable farmers; determined the factors influencing vegetable production; and identified the constraints faced by farmers in vegetable production. Data was collected through the use of questionnaire and interview schedule with 188 vegetable farmers. Results of the study revealed majority (67%, 81.9% and 68%) of the farmers were male within the age of 21-40 years and had farm size range between 1.1-3 hectares. Moreover, among the factor influencing vegetable production age (0.0000), educational level (0.0542) and household Size (0.0607) were significant at 1%, 5% and 10% probability level respectively. High costs of farm input, inadequate supply of farm input, low price of vegetable and lack of credit facilities were among the major constraints experienced by the farmers. Additionally, environmental factors such as erratic rainfall patterns and pest infestations further complicate vegetable farming in the study area. The study recommended among others, the need for targeted interventions, including improved agricultural extension services, better access to credit, and modern farming inputs, to enhance productivity and sustainability of vegetable production.

Keywords: Factors Affecting, Vegetable Production, Sabon-Gari, kaduna State, Nigeria.

Introduction

Vegetable crops are grown in many regions around the world, contributing significantly to household income, food security, and nutritional well-being. Recent studies affirm the vital role vegetables play in enhancing diets, particularly in resource-poor areas where they provide between 30 to 50 percent of essential micronutrients like iron and vitamin A. This underscores the importance of vegetables in combating malnutrition (Mofeke et al., 2020). Global vegetable production has experienced significant growth over the decades, with an estimated 2.2 billion metric tons produced in 2021, reflecting the rising demand for vegetables worldwide (FAO, 2022). Nigeria remains a key player, ranking 16th in global tomato production and contributing approximately 11 percent of Africa's total tomato output (Adeleke & Balogun, 2023).

Across Sub-Saharan Africa, vegetables like tomatoes, okra, peppers, and cabbage are widely cultivated, particularly by smallholder farmers who depend on them for income and sustenance (Adeolu & Taiwo, 2021; Giroh et al., 2022). In Nigeria, vegetable farming has a long history and continues to provide employment opportunities, especially during the dry season when other agricultural activities slow down. The diversity of vegetable production systems, ranging from small backyard gardens to large-scale operations targeting domestic and export markets, is evident across Nigeria's varied agro-ecological zones (Dawit et al., 2021). Recently, there has been an increase in demand for vegetables, particularly for export purposes, driven by consumer preferences for fresh and healthy produce (Tsegay, 2021). Vegetables are not only marketable and profitable but also nutritionally superior to staple cereals, making them a staple in Nigerian households (EARO, 2022).

Despite their significant economic and nutritional value, several challenges continue to restrict the growth of vegetable farming in Nigeria. Socio-economic factors such as inadequate resources, lack of access to modern farming equipment, and socio-cultural constraints limit farmers' productivity (Osei et al., 2022). According to Sabo and Zira (2021), the majority of vegetable farmers in Nigeria still rely on traditional farming tools such as hoes and cutlasses, which are inefficient and labor-intensive. This lack of mechanization, coupled with the scarcity of essential inputs like quality seeds, fertilizers, and irrigation systems, hampers productivity and profitability.

The need for agrochemical use in vegetable cultivation is on the rise due to declining soil fertility and the prevalence of pests and diseases. Farmers increasingly turn to improved, high-yielding vegetable varieties such as cabbage, lettuce, peppers, onions, and carrots, which are nutrient-demanding and susceptible to pest attacks (Laary, 2020). To protect these crops, farmers frequently use agrochemicals like insecticides, herbicides, and fertilizers. However, while these inputs improve yields, they also come with environmental and health concerns.

Another critical issue in vegetable production is the perishability of crops. Vegetables start to lose quality soon after harvest and continue to degrade throughout the supply chain (Kohl & Uhl, 2022). This makes vegetable farming a risky venture, as farmers must contend with factors beyond their control, such as weather patterns, pest infestations, and volatile market prices (Kara et al., 2021). The challenge of matching supply with market demand due to the biological and perishable nature of vegetables further complicates production planning. Understanding the risk preferences of small-scale vegetable farmers is therefore crucial in shaping effective agricultural policies and risk management strategies (Ayinde et al., 2020).

Irrigation is essential for vegetable farming, particularly during the dry season, and has greatly improved productivity in Nigeria. However, irrigation infrastructure remains underdeveloped. Only about 6% of cultivated land in Nigeria is under irrigation, compared to 37% in Asia and 14% in Latin America (FAO, 2021). This limits the potential for year-round vegetable production and exacerbates the demand-supply gap. For example, Nigeria imported over 12,000 metric tons of tomatoes in 2022 to meet domestic demand, costing the country billions of naira (FAO, 2023).

In Sabon-Gari Local Government, vegetable farmers face a range of challenges, including limited access to credit, lack of input support, absence of standardized pricing mechanisms, and high levels of illiteracy. These constraints undermine the productivity and profitability of vegetable farming in the region, necessitating focused interventions from government and agricultural stakeholders to address these issues and promote sustainable vegetable production. This study therefore, seeks to determine factors affecting vegetable production in Sabon-gari Local Government Area of

Kaduna State, Nigeria. The specific objectives were to:

- i. describe the socio-economic characteristics of the vegetable farmers in the study area;
- ii. determine the factors influencing vegetable production in the study area; and
- iii. identify the constraints of vegetable production in the study area.

Methodology

The study was conducted in Sabon Gari Local Government area of Kaduna State, Nigeria.

The

Local Government was created out of the defunct Soba Local Government in 1991. It comprises of six districts; Basawa, Muciya, Samaru, Hanwa, Bomo and Sabon Gari district. The major language in the area is Hausa language while Islam and Christianity are the religions practiced among people in the area.

According to the National Population Commission of Nigeria, the population of Sabon Gari Local Government Area (LGA) of Kaduna State as of the 2006 census was 175,997. The 2023 projected population for Sabon Gari LGA is 430,500 (City Population, n.d).



Method of Data Collection and Analysis

Data collection involved the use of structured questionnaires, semi-structured interviews, and direct observation. The questionnaires was designed to gather quantitative data on farm size, input usage, yield levels, and market access, while the interviews explored qualitative aspects such as challenges faced in production, pest management practices, and the role of government interventions. Direct observation also help in assessing the farming practices, the condition of farmlands, and irrigation systems.

Data analysis involved both descriptive and inferential statistics. Quantitative data collected from the questionnaires was analyzed using statistical tools such as frequencies, percentages, and mean scores, while qualitative data from the interviews was analyzed thematically to identify patterns and key themes related to the factors affecting vegetable production.

Sampling Procedure Sample Size

The population of the study comprises vegetable farmers in 11 wards of Sabon-gari Local Government Area (LGA) namely; Samaru, Basawa, Bomo, Jama'a, Chikaji, Dogarawa, Hanwa, Jushin-Waje, Muchia, Unguwan-Gabas, and Zabi wards respectively.

Five wards were purposely selected based on the intensity of vegetable production in the wards. Stratified sampling was used to draw the respondents from the 6 wards. Basawa, Bomo, Jama'a, Samaru, Dogarawa and, Unguwan-Gabas. A total of 188 respondents were randomly selected across the six selected wards and interviewed for study.

Results and Discussion

The result in Table 1 revealed that, majority (67.0% and 81.9%) of the farmers were male within their youthful age of 21-40 years with a mean age of 32 years this indicate that youth form the bulk of vegetable farmers and their youthful strength might be effectively utilized in production of vegetable in the study area. Majority (82.9%) of the farmers had acquired one form of education or the other. This implies that education has positive and significant impact on farmers and greatly influences their decision making and adoption of innovation. Majority (68.0%) had farm size range between 1.1-3 hectares. This implies that majority of the farmers in the study area are small scale farmers. The result in Table 1 further reveals that 48.9% of the farmers had farming experience of 6-15 years with a mean years of farming experience were 13 years respectively. This disagrees with the findings of Girei, *et al.*, (2017). Majority (69.2 %) had 5-10 household members. The implication of having large household size is that, it is likely to enhance family labour supply on the farm and, hence supporting favorably, productive capacity of the farmers. This agree with the findings of Nakwe et al; (2018) who reported that majority of women vegetable farmers had more than 5 persons per household. Most (58.9%) of the farmers had extension contact. Extension services enable vegetable farmers to adopt technologies and improve their output. Majority (68.1 %) do not belong to any cooperative society

Table 4.1: Socio-economic Characteristics of Respondents

Variables	Frequency	Percentage	Mean
Age			
21 – 30	78	41.5	32
31 – 40	76	40.4	
41 – 50	21	13.8	
>50	13	4.3	
Gender			
Male	126	67	
Female	62	33.0	
Educational Level			
Non formal	30	17.1	
Primary	50	25.5	
Secondary	88	46.8	
Tertiary	20	10.6	
Farm Size			
<1	52	27.7	2
1.1 – 3	136	72.3	

Table 1: Socio-economic Characteristics of Respondents Continue

Years of Farming Experience			
1-5	28	12.8	13
6–10	50	26.6	
11–15	42	22.3	
16-20	58	28.7	
21-25	10	9.6	
Extension visit			
Yes	112	58.9	
NO	76	41.1	
Cooperative			
Belongs	60	31.9	
None	128	68.1	
Cooperative year			
1-5	90	48.3	
6-20	98	51.7	
Household			
Size			
1-4	38	20.27	
5-10	130	69.2	
11-20	20	11.7	

Source: Field Survey Data, 2024

Factors Influencing Vegetable Production in the Study Area

The factors influencing vegetable production were evaluated using multiple logit regression where four functional forms were tried and linear function gave the best fit. The result presented in table 2 revealed the coefficient of determination (R^2) of 0.698035 implying that 69% variations in the dependent variable (yield) was explained by the explanatory variables included in the model. However, the coefficient of age (X_1), farm size and educational level(X_2) and

Farm Size(X_3) were positive and statistically significant at 1%, 5% and 10% probability level. The positive coefficients of age, educational level and household size these means that there is a direct relationship these socioeconomic variables and vegetable production. Age is said to be primary latent characteristics in adoption decision. However, there is contention on the direction of the effect of either increase or decrease vegetable production. The higher the educational level of farmers the higher their level of adoption of technology in vegetable production and vice versa likewise the higher the number of household size the higher the number of household labour supply. These findings agrees with the finding of Nakwe et al; (2018).

Table 2: Factors Influencing Vegetable Production in the Study Area

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob. J
X ₁ (Age)	1.879549	0.188814	9.954478	0.0000*
X ₂ (Education)	175.1864	89.85272	1.949707	0.0542***
X ₃ (Household Size)	0.195431	0.102859	1.899993	0.0607**
X ₄ (Farm Size)	0.080331	0.058920	1.363388	0.1763
X ₅ (Farming Experience)	0.042405	0.043850	0.967059	0.3362
C	1.268214	0.607166	2.088744	0.0397
R-squared	0.698035			
f-statistic	36.6431			
prob(f-statistic)	0.000000			

Source: Field survey Data 2024. Note: *, **, *** are level of significant at 10%, 5% and 1% respectively.

Constraint in Vegetable Production

The study shows that, farmers are faced with many constraints in their effort to produce vegetables; these constraints were ranked according to their order of severity. The result in Table 2 shows that high cost of input (13.4%) ranked first, as the most severe problem in the study area. Followed by Inadequate supply of input (13.0%) ranked second, Low price of vegetable (12.7%) ranked third, Pest and diseases (12.6%) ranked fourth, Lack of credit facilities (12.4%) ranked fifth, lack of transport facilities (12.2%) ranked sixth among the most severe constraints faced by the farmers in the study area. This revealed that, farmers are faced with constraints that can limit vegetable production in the study area.

Table 3 Constraints faced by vegetable Farmers.

Problems	Frequency	Percentage
Inadequate supply of input	94	13.0
High cost of input	97	13.4
Lack of transport facilities	88	12.2
Lack of storage facilities	84	12.0
Lack of credit facilities	90	12.4
Low price of vegetable	92	12.7
Pest and disease	91	12.0
Land tenure	84	11.5
Total	723***	100

Source field survey 2024. Note: *** implies multiple response.

Conclusion and Recommendations

In conclusion, the study provided key challenges limiting vegetable production in the study area such as High cost of input, inadequate supply of input, Low price of vegetable, Lack of credit facilities among others. By focusing on improvement is possible to enhance the productivity and livelihood of vegetable farmers in the study area through strengthening agricultural policies. These will not only improve vegetable production but also contribute to the overall development of agriculture in the area.

Based on the findings from the study the following recommendation were made:

- i. It is essential to strengthening the extension services by deploying more agricultural officers to train farmers on modern farming techniques, pest control, and soil management would help increase productivity.
- ii. Vegetable Farmers organisation should liaised with agricultural research institute that are mandated to conduct research on vegetables to establish input distribution centres within the local government area, ensuring that these resources are affordable and readily available to farmers at subsidizing price to boost their production.
- iii. Another critical area is improving irrigation infrastructure the study area like many agricultural regions, is prone to erratic rainfall, which hinder vegetable production. Government intervention is needed to promote irrigation technologies that are affordable and suitable for local conditions in the form of small-scale irrigation systems, such as drip or sprinkler irrigation, would allow farmers to better manage water resources and reduce their dependency on unpredictable rain patterns. Government intervention is needed to promote irrigation technologies that are affordable and suitable for local conditions.

- iv. Furthermore, addressing financial constraints is crucial. Microfinance institutions and government programs should be encouraged to provide low-interest loans or grants tailored to the needs of small-scale farmers. This financial support will enable farmers invest in their farms and increase their production capacity

REFERENCES

- Adeleke, A., and Balogun, T. (2023). Nigeria's role in Africa's vegetable production. *African Agribusiness Journal*. 66, 111193.
- Adeolu, O., and Taiwo, T. (2021). Smallholder vegetable farming in Sub-Saharan Africa: Opportunities and challenges. *African Journal of Agricultural Economics*.
- Ayinde, O., Falola, A., and Adeoti, A. (2020). Risk management strategies for small-scale farmers in Nigeria. *Journal of Agronomy and Rural Development*.
- Dawit, G., Tesfaye, B., and Kebede, Y. (2021). Market opportunities for vegetable producers in Nigeria. *African Journal of Agricultural Marketing*.
- EARO. (2022). The role of vegetables in improving household nutrition. *Journal of Food Systems and Development*.
- FAO. (2021). Global irrigation statistics. FAO Agricultural Reports.
- FAO. (2022). Global vegetable production statistics. FAO Agricultural Database.
- FAOSTAT. (2023). *Global Irrigation Statistics: A Comparative Analysis*. FAOSTAT Annual Review.
- Food and Agriculture Organization (FAO). (2022). *The State of Food Security and Nutrition in the World*. FAO Annual Report.
- Giroh, A. B., Adebayo, S. B., and Omole, I. S. (2022). Vegetable production and income generation in Nigeria: A case study of smallholder farmers. *Journal of Sustainable Agriculture*.
- Girei, A.A; Haruna, U; and Osazuwa, V.N (2017). Analysis of Profitability of Pumpkin (Cucurbita Spp) Production in North Central Agricultural Zoone of Nasarawa State, Nigeria *Asia research Journal of Agriculture* 3(1): 1-9
- Kara, H., Zayimoglu, E., and Ceylan, A. (2021). Risk management in vegetable production: A case study of Nigerian farmers. *Journal of Agricultural Risk Management*.
- Kohl, R., and Uhl, J. (2022). Post-harvest losses in vegetable production: Causes and solutions. *Journal of Food and Agricultural Sciences*.
- Laary, A. (2020). The impact of agrochemical use in vegetable farming. *Journal of Environmental Sciences*.
- Mofeke, D. S., Adeoye, R. A., and Bawa, Y. (2020). Nutritional significance of vegetables in resource-poor diets. *Journal of Nutrition and Food Security*.
- Muhammed, A. M., and Akinsola, A. O. (2022). Land tenure and agricultural productivity in Nigeria: A review of current trends. *Journal of Agricultural and Environmental Ethics*, 35(1), 67-80.
- Nakwe, S.H.G; Mahmood, H.U: Ndaghu, A.A; Bashir, M.B. and. Kyaru, M.T (2018) Assessment of Women Participation in Vegetable Production Activities in ADP Zone 3, Taraba State, Nigeria. *Asian Journal of Extension Economics and Sociology* 27(2):1-16 AJAEES 44126, ISSN: 2320-7027
- Osei, M. T., Kisseih, E., and Amoah, P. (2022). Overcoming constraints in vegetable farming in West Africa. *Journal of Agricultural Development*.
- Tsegay, G. (2021). The rising demand for African vegetables in the global market. *International Journal of Horticultural Science*.

**BAZI SERT ÇEKİRDEKLİ MEYVE TÜRLERİNDE TARIMSAL BİYOKÜTLE
POTANSİYELİNİN VE ENERJİ EŞDEĞERİNİN ÇOK DEĞİŞKENLİ ANALİZ
YÖNTEMLERİ KULLANILARAK BELİRLENMESİ**

Dr. Yazgan TUNÇ* (ORCID:0000-0002-3228-8657)

Tarım ve Orman Bakanlığı, Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü, Hatay Zeytincilik Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Hassa İstasyonu, 31700, Hassa, Hatay, Türkiye
Email:yazgan.tunc@tarimorman.gov.tr

Prof. Dr. Kadir Uğurtan YILMAZ (ORCID:0000-0001-7897-3898)

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, 46100, Onikişubat, Kahramanmaraş, Türkiye
Email:ugurtanyilmaz@ksu.edu.tr

Zir. Yük. Müh. Ömer ATAGÜL

Tarım ve Orman Bakanlığı, Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü, Doğu Akdeniz Geçit Kuşağı Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, 46140, Onikişubat, Kahramanmaraş, Türkiye
Email:omer.atagul@tarimorman.gov.tr

Özet

Yenilenebilir enerji kaynaklarının önemli bir parçası olan biyokütle hem dünyada hem de Türkiye’de geniş bir varlığa sahiptir ve çevreye verdiği zarar minimaldir. Biyokütle enerjisi, tarımsal üretim süreçlerinden kaynaklanan atık ve artıkların değerlendirilmesiyle elde edilmesi açısından sürdürülebilir bir çözüm sunmaktadır. Farklı yerlerde yetiştirilen tarım ürünlerinin biyokütle enerji kaynaklarına katkısı ve kullanımı, giderek artan bir ilgiyle günbegün büyümekte, bu da hem enerji verimliliğini artırmakta hem de atık yönetimi açısından önemli fırsatlar sunmaktadır. Bu çalışma, Türkiye’de 2014-2023 yılları arasında yetiştirilen erik, kiraz, kayısı, nektarin, şeftali ve vişne türlerinin biyokütle enerji potansiyelini belirlemeyi amaçlamaktadır. Araştırmada kullanılan sert çekirdekli meyve türleriyle toplam enerji değerleri belirlenmiş ve bu değerler, hesaplamalarla karşılaştırılarak detaylandırılmıştır. Elde edilen bulgular, bu meyve türlerinin atık ve artıklarından elde edilebilecek ortalama kuru biyokütle enerji değerinin 3.364,21 Ton Eşdeğer Petrol (TEP) ve 39,13 Megawatt (MW) olduğunu göstermektedir. Bu katkı, türler arasında değişiklik göstererek, nektarin için ortalama %2.95, kayısı için ise %42.94 gibi önemli yüzdelerle ifade edilmiştir. Temel bileşen analizi, altı bileşenin toplam varyansın %100’ünü açıkladığını ortaya koymuştur. Bu bileşenler arasında birinci bileşen %64.00, ikinci bileşen %23.55 ve üçüncü bileşen %9.26’lık oranları temsil etmektedir. Bu sonuç, meyve türleri arasındaki ilişkilerin daha iyi anlaşılmasını sağlarken, potansiyel enerji üretiminin çeşitliliğini ve kaynakların daha etkin kullanımını da işaret etmektedir. Korelasyon matrisi analizi, kayısı ile nektarin arasında ($r=0.97^{***}$) istatistiksel olarak çok anlamlı bir korelasyon olduğunu ortaya koymuştur. Bu durum, bu iki meyve türünün benzer biyokütle enerji potansiyeline sahip olduğunu ve dolayısıyla birlikte değerlendirilebileceğini göstermektedir. Isı haritası analizi ise kayısı ve nektarinin aynı grupta yer aldığını ortaya koyarak, bu iki türün biyokütle enerji üretimi açısından benzer özellikler

taşıdığını vurgulamaktadır. Sonuç olarak, bu çalışma Türkiye'deki sert çekirdekli meyve türlerinin biyokütle enerji potansiyelini değerlendirerek hem enerji üretiminde hem de atık yönetimde önemli katkılar sağlayabileceğini göstermektedir. Bu bulgular, sürdürülebilir enerji uygulamalarının geliştirilmesine yönelik stratejilerin belirlenmesinde faydalı bir referans niteliği taşıırken, yerel tarım politikalarının iyileştirilmesi ve çevresel etkilerin azaltılması konusunda da önemli bilgiler sunmaktadır. Ayrıca, biyokütle kaynaklarının verimli kullanımı hem ekonomik hem de çevresel sürdürülebilirliğe katkıda bulunarak, gelecekteki enerji ihtiyaçlarının karşılanmasında kritik bir rol oynamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Çok değişkenli analiz; ısıl değer; sert çekirdekli meyveler; tarımsal kuru biyokütle; yenilenebilir enerji

**DETERMINATION OF AGRICULTURAL BIOMASS POTENTIAL AND ENERGY
EQUIVALENT IN SOME STONE FRUIT SPECIES USING MULTIVARIATE
ANALYSIS METHODS**

Abstract

Renewable energy sources play a crucial role in the global energy landscape, and biomass, as a significant component, has a strong presence both worldwide and in Turkey, with minimal environmental impact. Biomass energy, derived from the recycling of agricultural waste and residues, offers a sustainable solution for energy production. The contribution and utilization of agricultural products grown in various regions as biomass energy sources are increasingly gaining attention, presenting significant opportunities for both energy efficiency and waste management. This study aims to determine the biomass energy potential of stone fruits, including plum, cherry, apricot, nectarine, peach, and sour cherry, cultivated in Turkey between 2014 and 2023. In this context, total energy values of the utilized stone fruit species were identified and compared through calculations. The findings indicate that the average dry biomass energy value that can be obtained from the waste and residues of these fruit species is 3,364.21 Tons of Equivalent Petroleum (TEP) and 39.13 Megawatts (MW). This contribution varies among species, with an average of 2.95% for nectarine and 42.94% for apricot. Principal component analysis revealed that six components accounted for 100% of the total variance. Among these components, the first component represented 64.00%, the second component represented 23.55%, and the third component represented 9.26%. These results facilitate a better understanding of the relationships among the fruit species, highlighting the diversity of potential energy production and the more efficient utilization of resources. Correlation matrix analysis showed a statistically significant correlation ($r=0.97^{***}$) between apricot and nectarine. This finding suggests that these two fruit species share similar biomass energy potential and can be evaluated together. Heat map analysis further confirmed that apricot and nectarine belong to the same group, indicating that they possess similar characteristics regarding biomass energy production. In conclusion, this study evaluates the biomass energy potential of stone fruit species in Turkey, demonstrating significant contributions to both energy production and waste management. The findings provide a valuable reference for developing strategies aimed at enhancing sustainable energy applications, while also offering insights into improving local agricultural policies and reducing environmental impacts. Furthermore, the efficient use of biomass resources plays a critical role in contributing to both economic and environmental sustainability, addressing future energy needs effectively.

Keywords: Multivariate analysis; heating value; stone fruits; agricultural dry biomass; renewable energy

1. GİRİŞ

Dünya nüfusunda meydana gelen sürekli artış, alternatif enerji gereksinimine olan ihtiyacı gün geçtikçe artırmaktadır (Demir vd, 2015). Bu artış çevre kirliliği gibi olumsuz durumları beraberinde getirirse de çevre kirliliğini en aza indirecek yenilenebilir enerji kaynaklarını gündeme getirmiştir (Erel ve Erbay, 2014). Yenilenebilir enerji kaynakları, doğanın kendi evrimi içinde sürekli olarak yenilenen ve doğal çevredeki enerji akımlarının nicelik ve nitelik özelliklerini bozmayacak şekilde kullanılan enerji kaynakları olarak tanımlanabilir (Topal ve Arslan Topal, 2012). Bu kaynaklar içerisinde biyokütle enerjisi de yer almaktadır (Anonim, 2024).

Biyokütle, suda ve karada yetişen bitkiler, gıda endüstrisi, hayvansal atıkları, kentsel atıklar ve orman yan ürünlerini içeren, 100 yıldan daha kısa bir sürede yenilenebilen tüm organik maddeler olarak tanımlanmaktadır (Akçay, 2014). Bu kaynaklardan meydana gelen enerjiye ise biyokütle enerjisi denmektedir (Kuş vd., 2016). Bitkisel biyokütle, yeşil bitkilerin güneş enerjisini fotosentez yoluyla kimyasal enerjiye dönüştürüp depolaması sonucunda meydana gelen ve canlı organizmaların atası olan organik madde kaynaklarıdır (Koçer ve Ünlü, 2007).

Dünya enerji tüketiminin yaklaşık %12.2'si biyokütleden sağlanırken, gelişmekte olan ülkelerde bu oran yaklaşık %43'tür. Çevreci, her yerde yetiştirilebilmesi ve bilhassa araçlar için yakıt olarak kullanılabilmesi sebebiyle biyokütle, stratejik bir enerji kaynağı olarak kabul görmektedir (Çukurçayır ve Sağır, 2008). Dünyada enerji ihtiyacının artması ve biyolojik atıkların çevreyi koruyarak daha doğru bir şekilde değerlendirilmesi, buna bağlı olarak modern tekniklerin geleneksel yakma uygulamalarının yerine geçmesine yol açmıştır. Modern biyokütle teknolojilerinde hammadde olarak her türlü biyolojik artık ve atıkların değerlendirilmesinden dolayı bitkisel üretim öne çıkmıştır. Modern biyokütle teknolojisine, son dönemlerde tarımsal atıklarla, enerji ormancılığıyla ve enerji tarımıyla bitkisel hammadde temin edilmektedir (Sümer vd., 2016). Bitkisel biyokütleden yakma yoluyla enerji eldesinde yanma verimi orta kaliteli bir kömüre denktir. Bitkisel biyokütlelerin birçoğu kömürden daha az kül ve kükürt miktarı içermektedir (Koçer ve Ünlü, 2007).

Önemli sert çekirdekli meyve türlerinden olan erik, kiraz, kayısı, nektarin, şeftali ve vişnenin 2023 yılı verilerine göre Türkiye'de toplam 321.345,9 ha alanda yetiştiriciliği yapılmaktadır (TÜİK, 2024). Bu sebeple, söz konusu bu meyve türlerinin budama artığı ve çekirdek biyokütlesi oldukça yüksektir.

Bu çalışmada, Türkiye'de tarımsal faaliyetler sonucunda açığa çıkan ve biyokütle enerjisine hammadde oluşturan erik, kiraz, kayısı, nektarin, şeftali ve vişnenin enerji eşdeğer potansiyeli belirlenmiştir. Elde edilen bulgular toplam veriler ile kıyaslanmış olup, araştırılan meyve türlerinin kendi arasında oluşturdukları gruplar ve korelasyonlar çok değişkenli analiz yöntemleri kullanılarak saptanmıştır.

2. MATERYAL VE METOT

Çalışma kapsamında materyal olarak Türkiye İstatistik Kurumunun (TÜİK) son on yıllık (2014-2023) erik, kiraz, kayısı, nektarin, şeftali ve vişne üretim miktarları ve dikim alanı verileri kullanılmıştır (TÜİK, 2024). Üretimin alanları (A) hektar olarak belirlenmiştir. Erik, kiraz, kayısı, nektarin, şeftali ve vişne için ortalama kuru biyokütle miktarları ve ortalama biyokütle

enerji potansiyelleri hesap edilmiştir. Bir hektar tarladan yılda ortalama olarak 25-30 ton kuru biyokütle elde edilmekte ve kuru biyokütlenin ısı değeri 3800-4300 kcal/kg arasında değişmektedir (Kurt ve Nacar Koçer, 2010). 1 kcal değeri 10^{-7} TEP (Ton Eşdeğer Petrol); 1 TEP 0,01163 MW (Megawatt)'tır. Buna göre her bir yılda üretilebilecek ortalama kuru biyokütle miktarı (OKBM), ortalama kuru biyokütle ısı değeri (OKBID) ve ortalama kuru biyokütle enerji değerinin (OKBED) belirlenmesi Eşitlik 1; 2; 3; 4'de verilen formüllere göre hesaplanmıştır (Topal ve

Arslan Topal, 2012).

$$OKBM = [(25+30)/2] \times A \quad (1)$$

$$OKBID = OKBM \times [(3800+4300)/2] \quad (2)$$

$$OKBED_{(TEP)} = OKBID \times 1.10^{-7} \quad (3)$$

$$OKBED_{(MW)} = OKBED_{(TEP)} \times 0,01163 \quad (4)$$

Ayrıca yıllara göre erik, kiraz, kayısı, nektarin, şeftali ve vişneden elde edilen ortalama kuru biyokütle enerji değerinin oransal dağılımı (OD) Eşitlik 5'de verilen formüle göre belirlenmiştir (Topal ve Arslan Topal, 2012). Örneğin 2023 yılında eriğin $OKBED_{(MW)}$ 'nin oransal dağılımı şu şekilde hesaplanmıştır (Eşitlik 5);

$$2023 \text{ yılı eriğin OD (\%)} = \frac{2023 \text{ yılı eriğin } OKBED_{(MW)}}{2023 \text{ yılı toplam } OKBED_{(MW)}} \times 100 \quad (5)$$

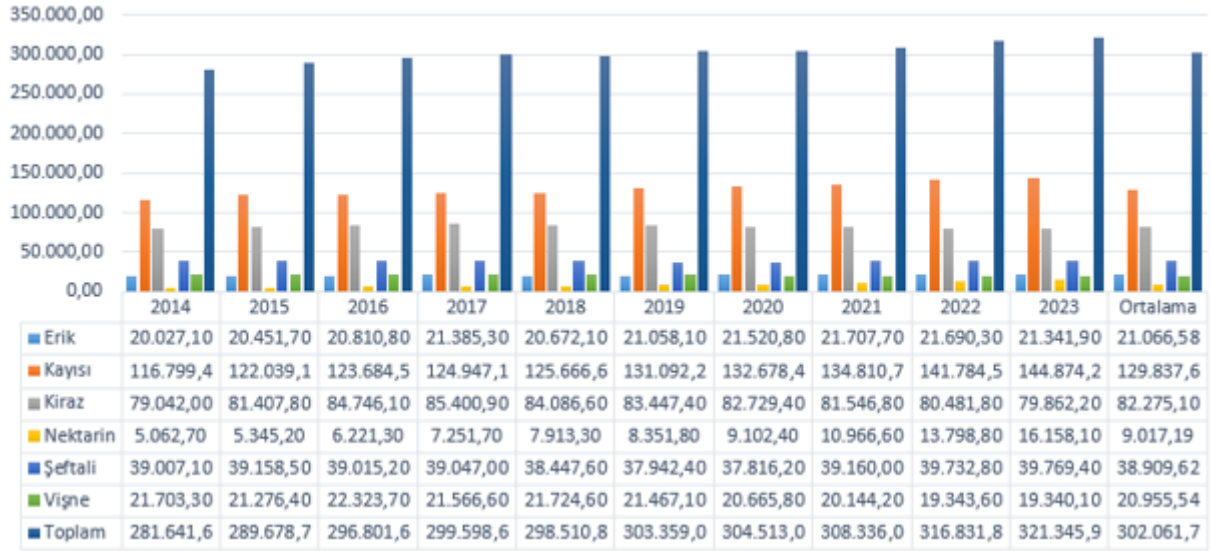
İSTATİSTİK ANALİZ

Erik, kiraz, kayısı, nektarin, şeftali ve vişnenin $OKBED_{(MW)}$ verilerine dayalı temel bileşen analizi (TBA), korelasyon matrisi analizi ve ısı haritası analizi, Origin Pro[®] 2024b (OriginLab[®], 2024) istatistik programı ile gerçekleştirilerek, kendi aralarında oluşturdukları gruplar ve korelasyonlar tespit edilmiştir. Korelasyon matrisi analizinde Pearson korelasyon tipi (r) kullanılmıştır.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

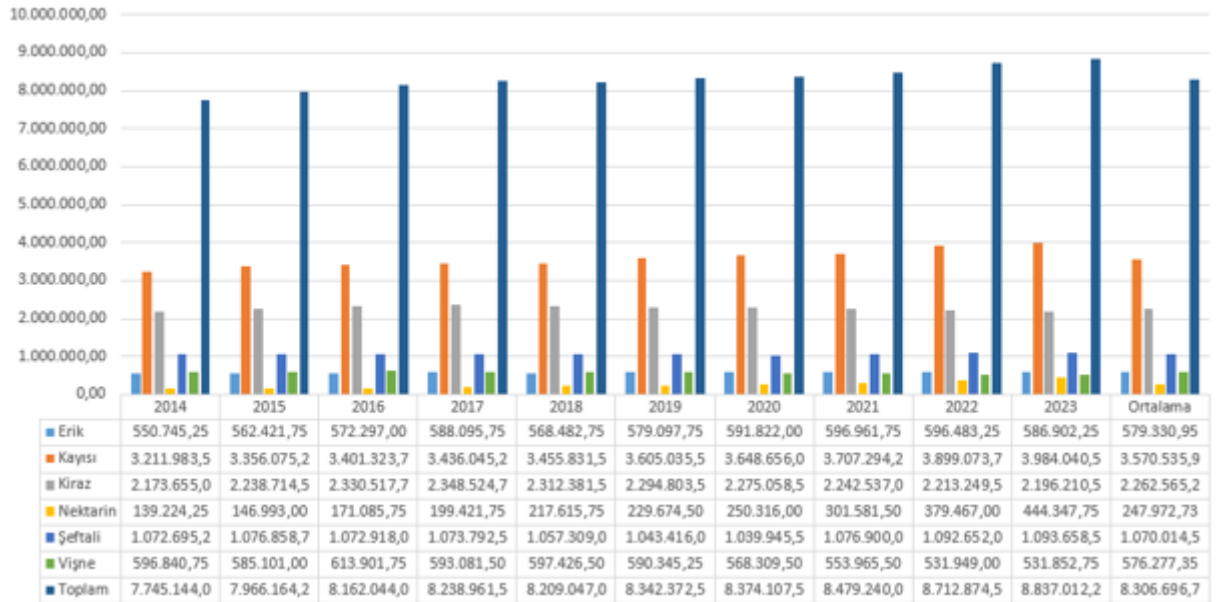
Erik, kiraz, kayısı, nektarin, şeftali ve vişneye ait on yıllık (2014-2023) yetiştiricilik yapılan alan miktarı Şekil 1'de detaylı olarak verilmiştir (TÜİK, 2024). Son on yılda erik, kiraz, kayısı, nektarin, şeftali ve vişnenin yetiştirildiği alan 281.641,6 ha'dan 321.345,9 ha'ya yükselmiştir. Son on yılın ortalaması 302.061,7 ha olarak tespit edilmiştir. Yetiştiricilik yapılan alan ortalama 9.017,19 ha (nektarin) ile 129.837,7 ha (kayısı) arasında değişmiştir.

**ISPEC 16th INTERNATIONAL CONFERENCE ON AGRICULTURE, ANIMAL
SCIENCE & RURAL DEVELOPMENT
November 15-17, 2024 / Konya, Türkiye**



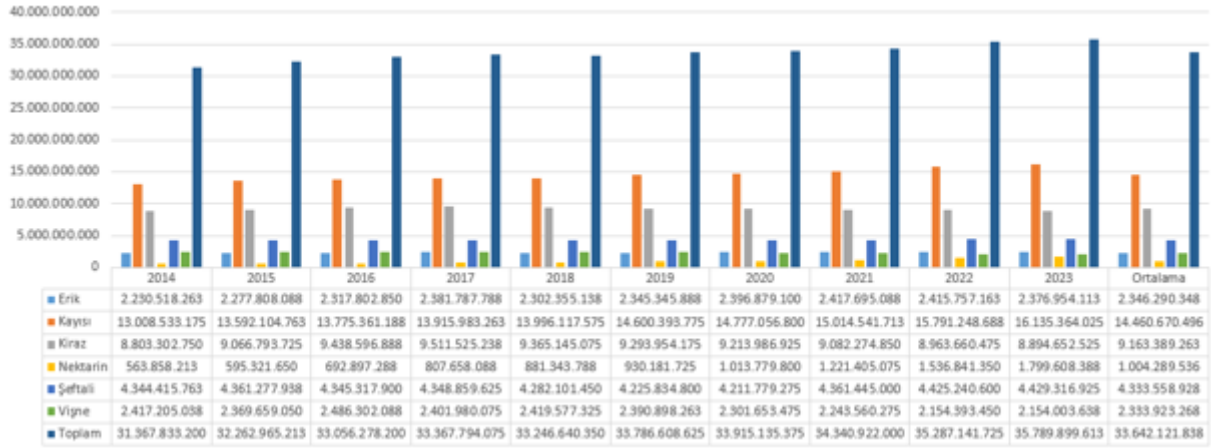
Şekil 1. Meyvelerin yetiştirildiği alanların yıllara göre dağılımı (ha)
Figure 1. Distribution of cultivated areas of fruits by year (ha)

Yıllara göre erik, kiraz, kayısı, nektarin, şeftali ve vişneden elde edilebilecek ortalama kuru biyokütle miktarı değerlendirildiğinde 2014 yılında toplam 7.745.144 ton, 2023 yılında ise 8.837.012,2 ton ortalama kuru biyokütle miktarı olduğu tespit edilmiştir. Söz konusu meyvelerin atık ve artıkları son on yılda %14.10 oranında arttığı saptanmıştır. Bu miktara en fazla katkıyı ortalama 3.570.535,9 ton ile kayısı sağlarken, nektarin ise ortalama 247.972,73 ton ile en az katkıyı sağlamıştır (Şekil 2).



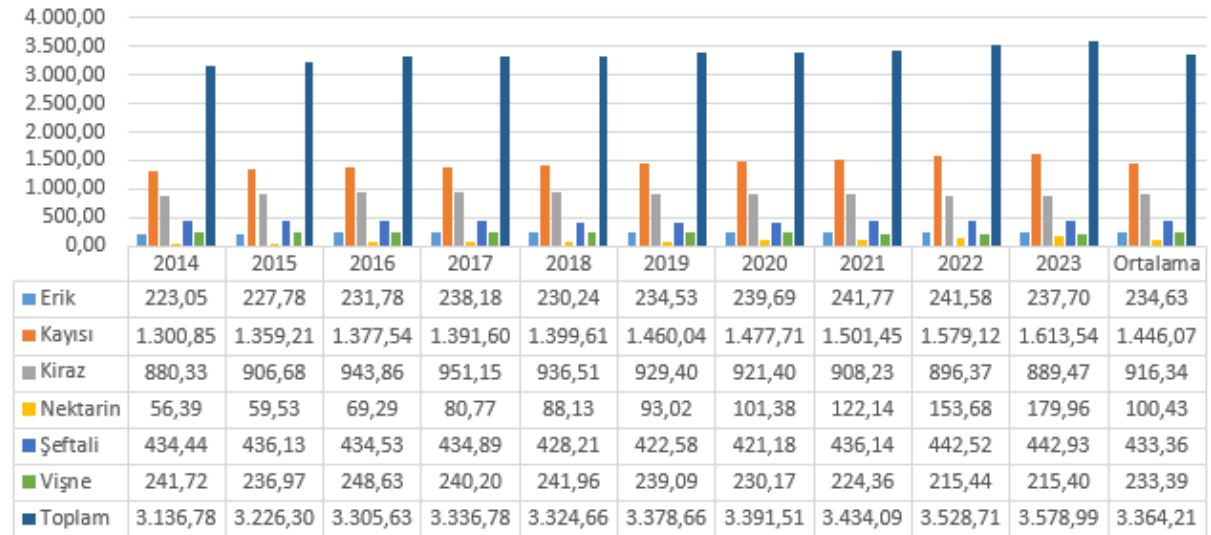
Şekil 2. Meyvelerden elde edilebilecek ortalama kuru biyokütle miktarı (ton)
Figure 2. Average dry biomass amount obtainable from fruits (tons)

Yıllara göre erik, kiraz, kayısı, nektarin, şeftali ve vişneden elde edilebilecek ortalama kuru biyokütle ısı değeri değerlendirildiğinde 2014 yılında toplam 31.367.833.200 kcal/kg, 2023 yılında ise 35.789.899.612 kcal/kg ortalama kuru biyokütle ısı değeri olduğu belirlenmiştir. Bu miktara en fazla katkıyı ortalama 14.460.670.496 kcal/kg ile kayısı sağlarken, nektarin ise ortalama 1.004.289.536 kcal/kg ile en az katkıyı sağlamıştır (Şekil 3).



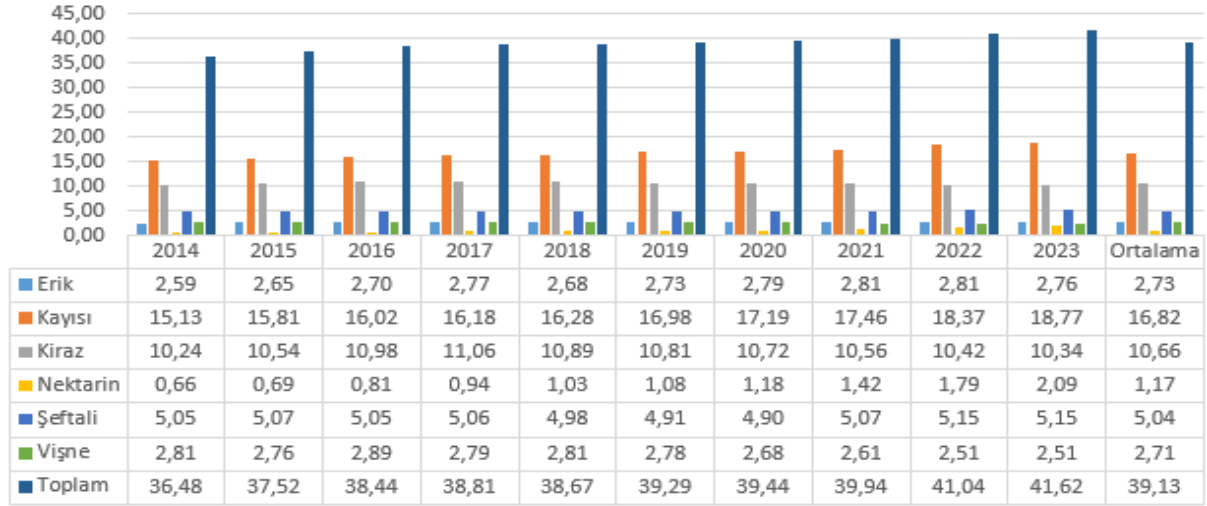
Şekil 3. Meyvelerden elde edilebilecek ortalama kuru biyokütle ısı değeri (kcal/kg)
Figure 3. Average dry biomass heating value obtainable from fruits (kcal/kg)

Yıllara göre erik, kiraz, kayısı, nektarin, şeftali ve vişneden elde edilebilecek ortalama kuru biyokütle enerji değeri değerlendirildiğinde 2014 yılında toplam 3.136,78 TEP, 2023 yılında ise 3.578,99 TEP ortalama kuru biyokütle enerji değeri olduğu tespit edilmiştir. Bu miktara en fazla katkıyı ortalama 1.446,07 TEP ile kayısı sağlarken, nektarin ise ortalama 100,43 TEP ile en az katkıyı sağlamıştır (Şekil 4).



Şekil 4. Meyvelerden elde edilebilecek ortalama kuru biyokütle enerji değeri (TEP)
Figure 4. Average dry biomass energy value obtainable from fruits (TEP)

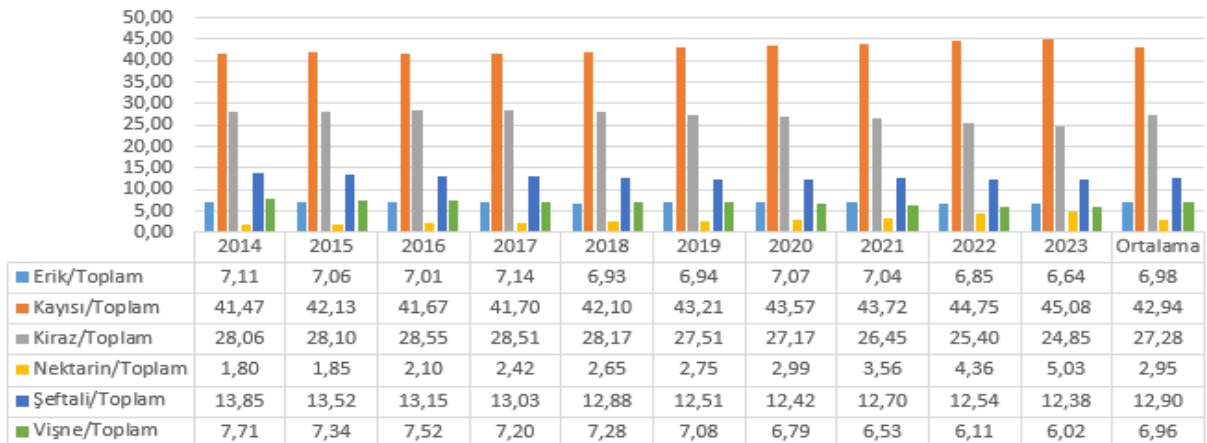
Yıllara göre erik, kiraz, kayısı, nektarin, şeftali ve vişneden elde edilebilecek ortalama kuru biyokütle enerji değeri değerlendirildiğinde 2014 yılında toplam 36,48 MW, 2023 yılında ise 41,62 MW ortalama kuru biyokütle enerji değeri olduğu saptanmıştır. Bu miktara en fazla katkıyı ortalama 16,82 MW ile kayısı sağlarken, nektarin ise ortalama 1,17 MW ile en az katkıyı sağlamıştır (Şekil 5).



Şekil 5. Meyvelerden elde edilebilecek ortalama kuru biyokütle enerji değeri (MW)

Figure 5. Average dry biomass energy value obtainable from fruits (MW)

Yıllara göre erik, kiraz, kayısı, nektarin, şeftali ve vişneden elde edilebilecek ortalama kuru biyokütle enerji değerinin oransal dağılımı değerlendirildiğinde Türkiye’de katkıyı ortalama olarak sırasıyla kayısı (%42.94), kiraz (%27.28), şeftali (%12.90), erik (%6.98), vişne (%6.96), nektarin (%2.95) sağlamıştır (Şekil 6).



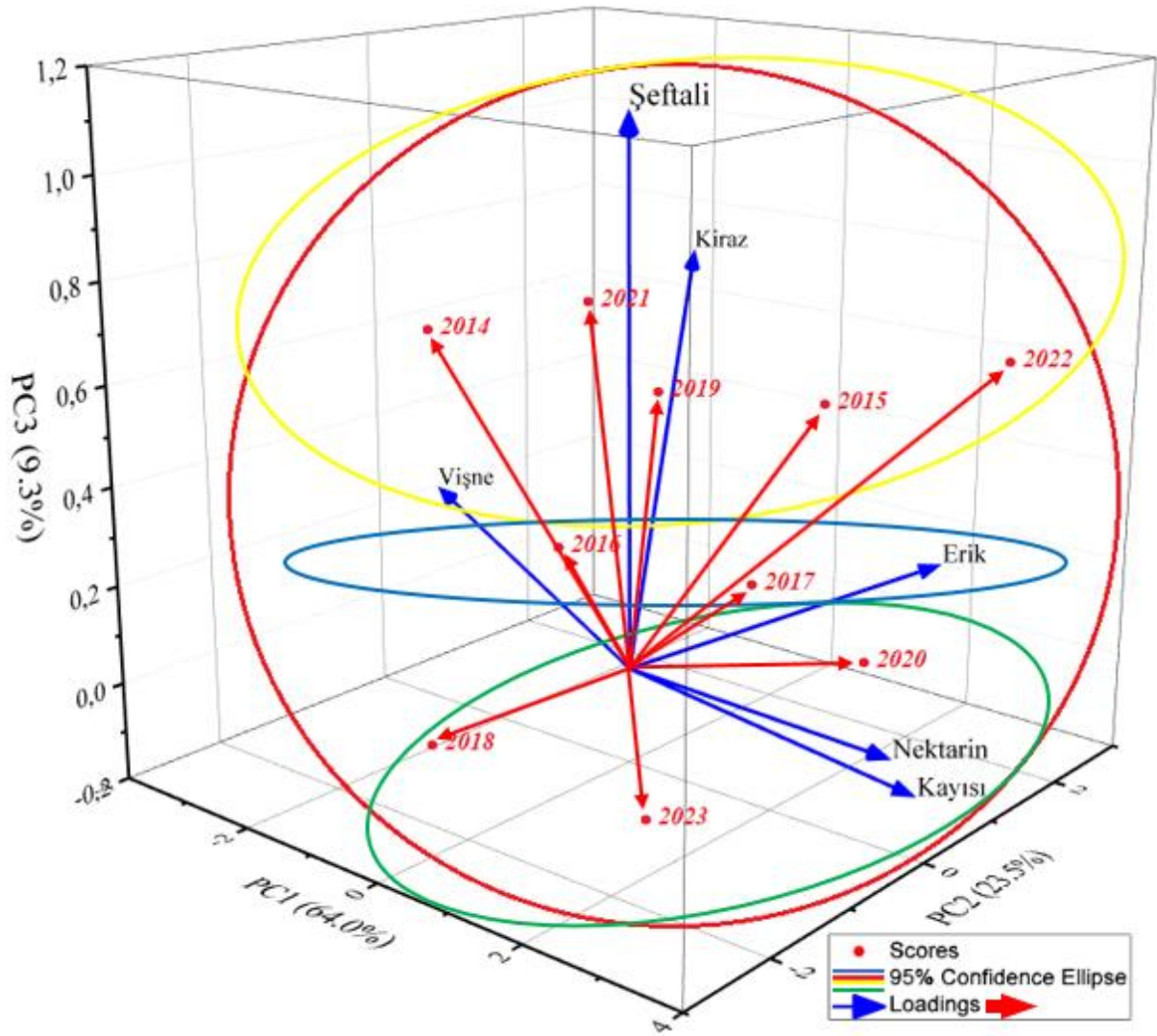
Şekil 6. Meyvelerden elde edilebilecek ortalama kuru biyokütle enerji değerinin oransal dağılımı (%)

Figure 6. Proportional distribution of average dry biomass energy value obtainable from fruits (%)

Temel Bileşen Analizi (TBA), yüksek boyutlu verilerdeki genel özellikleri belirleyerek boyut sayısını azaltan ve veriyi daha yönetilebilir hale getiren bir istatistiksel yöntemdir (Jolliffe, 2002). TBA, veri setindeki değişkenler arasındaki ilişkileri ortaya çıkarmak ve karmaşıklığı azaltmak için kullanılır. Bu sayede, daha az sayıda bileşen ile veri setinin çoğunu temsil edebilme imkanı sağlanır. Bu çalışmada, TBA sonucunda elde edilen altı bileşenin toplam varyansın %100'ünü açıkladığı bulunmuştur. Birinci bileşen, toplam varyansın %64'ünü temsil ederek en fazla bilgi ve varyans barındıran bileşen olarak öne çıkmaktadır. Bu durum, araştırılan verilerin büyük bir kısmının bu birinci bileşenle açıklandığını gösterir. İkinci bileşen %23.55, üçüncü bileşen %9.26, dördüncü bileşen %2.70, beşinci bileşen %0.30 ve altıncı bileşen ise %0.19'luk varyans payları ile diğer bileşenlerin katkı düzeylerini göstermektedir (Tablo 1). Bu bileşenlerin her biri, veri setindeki belirli özelliklerin bir kombinasyonunu temsil etmektedir. Şeftali, kiraz, vişne ile 2014, 2015, 2019, 2021, 2022 yılları; erik ile 2016, 2017 yılları; nektarin, kayısı ile 2018, 2020, 2023 yılları aynı grupta yer almıştır (Şekil 7). Bu gruplanma, bu meyve türlerinin belirli dönemlerde benzer özellikler sergilediğini ve ortak çevresel koşullardan etkilendiğini göstermektedir. Aynı zamanda, her meyve türünün kendine özgü gelişim dinamikleri de sergilediğini ortaya koymaktadır. Kısacası, TBA sonuçları, bu meyvelerin zaman içindeki benzerliklerini ve farklılıklarını anlamamıza yardımcı olmaktadır. Bu bağlamda, TBA'nın sağladığı bulgular hem tarımsal üretim stratejilerinin geliştirilmesine hem de sürdürülebilir enerji kaynaklarının araştırılmasına katkıda bulunabilir.

Tablo 1. Temel bileşen analizinin özdeğerleri
Table 1. Eigenvalues of principal component analysis

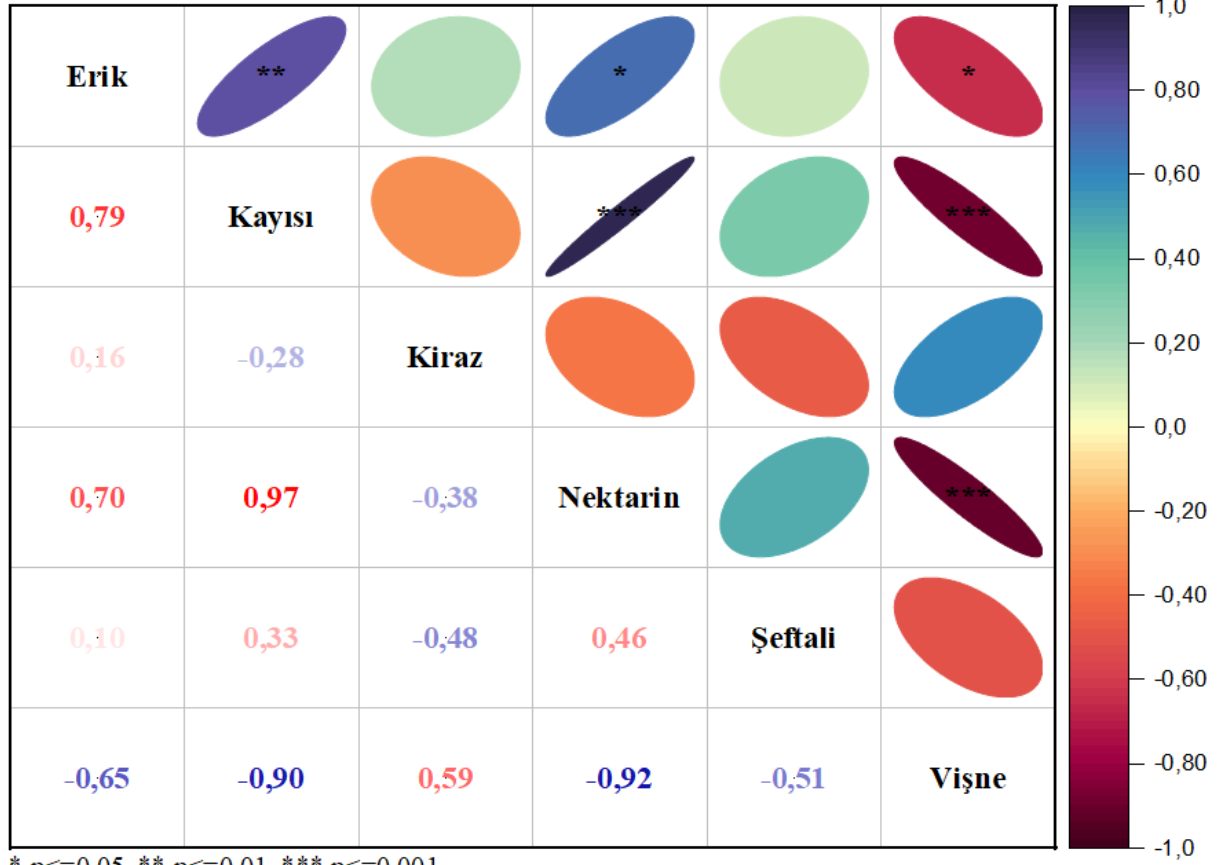
Temel Bileşen Sayısı <i>Basic Components Number</i>	Özdeğer <i>Eigenvalue</i>	Varyans Yüzdesi (%) <i>Variance Percentage (%)</i>	\sum Varyans (%) \sum <i>Variance (%)</i>
1	3.84	64.00	64.00
2	1.41	23.55	87.55
3	0.56	9.26	96.81
4	0.16	2.70	99.50
5	0.02	0.30	99.81
6	0.01	0.19	100.00



Şekil 7. Temel bileşen analizi konum grafiği
Figure 7. Position graph of principal component analysis

Pearson korelasyon katsayısı (r), istatistiksel analizlerde iki değişken arasındaki ilişkinin gücünü ve yönünü belirlemek için yaygın olarak kullanılan bir ölçüttür. Değer aralığı -1 ile +1 arasında değişir; +1 değeri, iki değişken arasında mükemmel bir pozitif ilişkiyi, -1 değeri ise mükemmel bir negatif ilişkiyi ifade eder. 0 değeri, iki değişken arasında hiçbir ilişki olmadığını gösterir (Tabachnick et al., 2013). Bu çalışmada, erik ve kayısı arasındaki pozitif korelasyon ($r=0,79^{**}$) oldukça anlamlıdır. Bu, erik ve kayısı arasındaki verim veya diğer özelliklerin benzer şekilde değiştiği anlamına gelir. Aynı şekilde, nektarin ile kayısı arasındaki güçlü pozitif korelasyon ($r=0,97^{***}$) istatistiksel olarak çok anlamlıdır ve bu iki tür arasında belirgin bir benzerlik olduğunu gösterir. Diğer yandan, vişne ile erik arasındaki negatif korelasyon ($r=-0,65^*$) ve vişne ile kayısı arasındaki negatif korelasyon ($r=-0,90^{***}$) dikkat çekicidir. Bu durum, vişne ve diğer meyve türleri arasında karşıt bir ilişki olduğunu gösterir; örneğin, erik veya kayısı miktarındaki artış, vişne miktarında bir azalmaya yol açabilir. Nektarin ile vişne arasındaki negatif korelasyon ($r=-0,92^{***}$) ise istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Bu bulgu, nektarin ve vişne arasında güçlü bir ters ilişki olduğunu ortaya koyar; yani bu iki meyve türünün verim ya da diğer özellikleri arasında karşıt bir ilişki gözlemlenmektedir. Bu sonuçlar,

çalışmanın kapsamındaki meyve türleri arasındaki ilişkilerin derinlemesine incelenmesine ve bu türlerin enerji potansiyeli gibi diğer özelliklerinin belirlenmesine katkıda bulunur. Elde edilen korelasyon değerleri, bu meyve türlerinin ekolojik ve tarımsal yönlerini anlamada önemli bir temel sağlar ve gelecekteki araştırmalara ışık tutabilir. (Şekil 8).

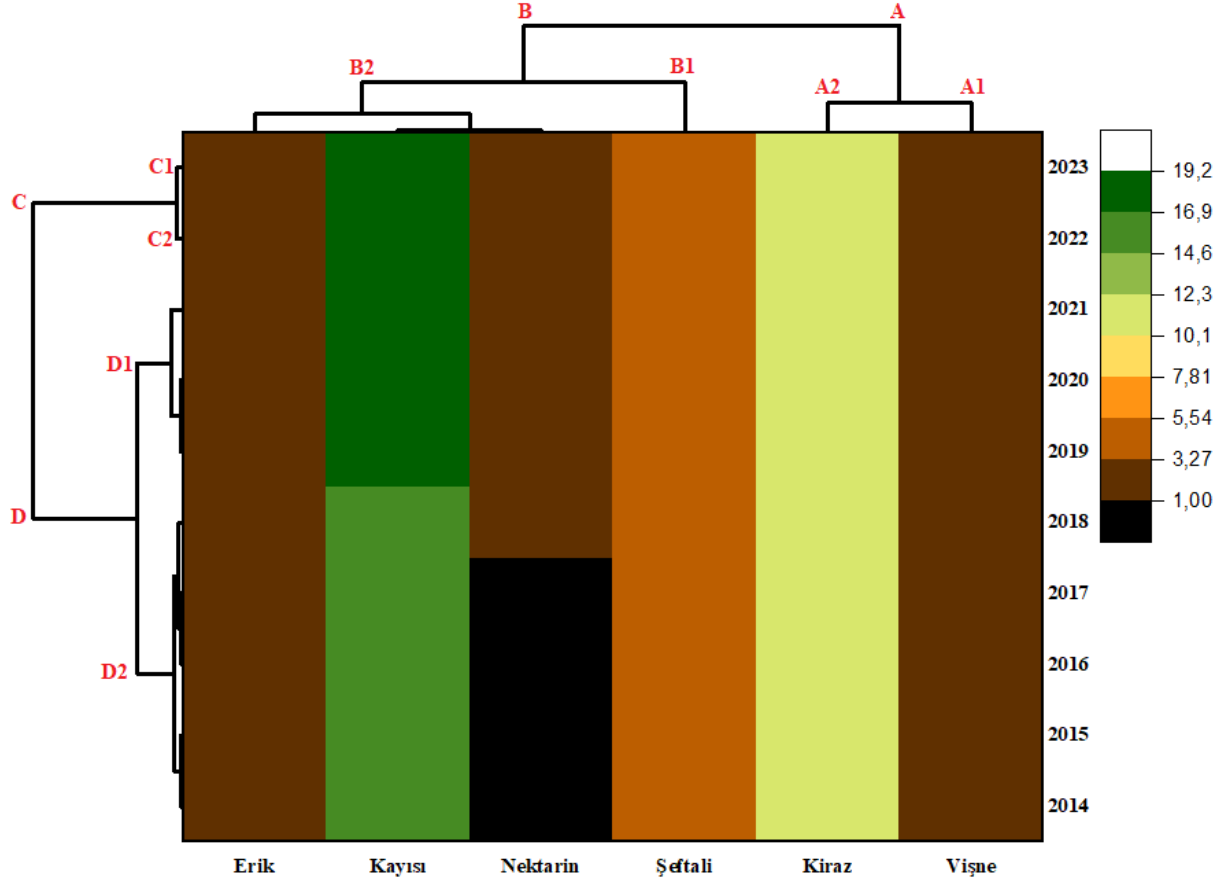


* $p \leq 0.05$ ** $p \leq 0.01$ *** $p \leq 0.001$

Şekil 8. Korelasyon Matrisi Analizi
Figure 8. Correlation matrix analysis

Isı haritası, bir veri kümesindeki değerlerin büyüklüğünü renk tonlarıyla gösteren güçlü bir veri görselleştirme tekniğidir. Bu yaklaşım, veriler arasındaki korelasyonları ve benzer ilişkileri görsel olarak anlamayı kolaylaştırarak, örüntüleri ve eğilimleri anında tanımlamayı sağlar. Farklı renk yoğunlukları kullanarak, ısı haritaları yüksek ve düşük değerlerin bulunduğu alanları vurgular, böylece araştırmacıların karmaşık veri setlerinde önemli ilişkileri ve içgörülerini hızla fark etmesine olanak tanır (Wilkinson ve Friendly, 2009). Bu çalışma bağlamında, meyve türleri iki ana gruba (A ve B) ayrılmıştır. A1 alt grubunda vişne, A2 alt grubunda kiraz; B1 alt grubunda şeftali, B2 alt grubunda ise erik, kayısı ve nektarin yer almaktadır. Bu gruplama, belirli meyve türlerinin benzer özellikler sergilediğini ve belirli ilişkiler içinde olduğunu göstermektedir. Yıllar da benzer bir şekilde iki gruba (C ve D) ayrılmıştır. C1 alt grubunda 2023, C2 alt grubunda 2022; D1 alt grubunda 2019, 2020 ve 2021 yılları bulunmaktadır. Bu düzenleme, yıllar arasındaki benzerlik ve farklılıkların görselleştirilmesine yardımcı olmaktadır. Böylece, belirli yılların hangi meyve türleriyle ilişkili olduğunu ve bu ilişkilerin zaman içindeki değişimini daha iyi analiz etme imkânı sunmaktadır.

Genel olarak, bu ısı haritası analizi, meyve türleri ve yıllar arasındaki etkileşimleri anlamada önemli bir araç işlevi görmektedir. (Şekil 9).



Şekil 9. Isı Haritası Analizi
Figure 9. Heat map analysis

Çeşitli bitki grupları üzerine yapılan araştırmalar, tarımsal üretimin ve gıda güvenliğinin geliştirilmesine önemli katkılar sağlamaktadır. Özellikle baklagiller, endüstriyel bitkiler, tahıllar, yem bitkileri, yağlı tohumlar ve yumrulu bitkiler üzerine yapılan çalışmalar (Topal ve Arslan Topal, 2012) dikkat çekicidir. Çeltik üzerine de önemli araştırmalar gerçekleştirilmiştir (Akçay, 2014). Aynı zamanda, meyveler, sebzeler, tahıllar, yağlı tohumlar ve kuru baklagiller gibi çeşitli tarım ürünleri üzerine geniş kapsamlı incelemeler yapılmıştır (Demir vd., 2015). Tarla bitkileri, sebzeler ve meyveler de bu kapsamda ele alınarak çeşitli çalışmalarla desteklenmiştir (Kuş vd., 2016). Ceviz gibi spesifik bitkiler üzerine de önemli bulgular elde edilmiştir (Demir vd., 2017). Akbaş (2019) ve Polat (2021) gibi araştırmacılar, tahıllar, yağlı tohumlar, kuru baklagiller, sebzeler ve meyveler üzerine çalışmalarını sürdürmüştür. Sevgili ve Koçer (2023) ise tarla bitkileri, meyveler ve sebzeler üzerinde güncel veriler sunarak bu alandaki bilgi birikimini genişletmiştir. Ancak, bu araştırmaların bulguları bir arada değerlendirildiğinde, veri setlerindeki farklılıklar dikkat çekmektedir. Bu farklılıkların, bitki türleri ve çeşitlerinin çeşitliliğinden kaynaklandığı öngörülmektedir. Her bir bitki türü, ekolojik koşullara, toprak özelliklerine ve iklim faktörlerine bağlı olarak değişik özellikler sergilemekte, bu da araştırma sonuçlarını etkilemektedir. Dolayısıyla, gelecekte yapılacak çalışmaların bu

çeşitliliği göz önünde bulundurması, daha kapsamlı ve etkili sonuçlar elde edilmesine katkı sağlayacaktır.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Türkiye, enerji alanında önemli bir dışa bağımlılığa sahip olup, bu durum ekonomik ve çevresel sürdürülebilirliği tehdit etmektedir. Ancak, ülkenin eşsiz coğrafi konumu, yerli kaynakları daha etkin bir şekilde kullanarak bu bağımlılığı ciddi ölçüde azaltma potansiyeli sunmaktadır. Özellikle biyokütle enerjisi, tarım sektöründe üretilen atıkların değerlendirilmesi yoluyla önemli bir alternatif yenilenebilir enerji kaynağı olarak öne çıkmaktadır. Biyokütle enerjisinin aktif kullanımı, sürdürülebilir bir kalkınma modeli oluşturulmasında önemli bir rol oynamaktadır. Türkiye'nin geniş ürün deseni, özellikle sert çekirdekli meyve türlerinden elde edilen atıkların biyokütle enerjisi potansiyelini artırmaktadır. Bu meyvelerin atık ve artıklarının enerji üretiminde kullanılması hem çevresel etkilerin azaltılmasına hem de yerel ekonominin güçlendirilmesine katkı sağlayacaktır. Bu bağlamda, yenilenebilir enerjinin gelişimini destekleyecek kapsamlı politikaların geliştirilmesi ve etkin bir şekilde uygulanması gerekmektedir. Geleneksel enerji kaynaklarının yerini alacak modern sistemlerin entegre edildiği tesislerin kurulumu için projelerin geliştirilmesi kaçınılmaz bir ihtiyaç haline gelmiştir. Bu tesislerin faaliyete geçirilmesi, yalnızca enerji alanındaki dışa bağımlılığı azaltmakla kalmayacak, aynı zamanda istihdama katkı sağlayarak yerel halkın yaşam standartlarını da yükseltecektir. Sonuç olarak, tarımsal biyokütle potansiyelinin belirlenmesi, enerji stratejilerinin güçlendirilmesi ve sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşılması açısından kritik bir öneme sahiptir. Sert çekirdekli meyve türlerinin biyokütle enerjisi üretiminde daha fazla değerlendirilmesi, Türkiye'nin enerji politikalarında dönüşüm sağlayacak ve çevresel sürdürülebilirliği artıracaktır. Bu nedenle, bu alandaki araştırmaların ve uygulamaların desteklenmesi, ülkenin enerji geleceği açısından hayati bir adım olacaktır.

KAYNAKLAR

- Akbaş, T. (2019). Aydın ili tarımsal biyokütle enerji eşdeğer potansiyelinin belirlenmesi. 2. Uluslararası Tarım, Çevre ve Sağlık Kongresi, 18-19 Ekim 2019, 1952-1964, Aydın.
- Akçay, T. (2014). Trakya bölgesinde çeltik sapının biyokütle potansiyeli ve enerji değerlerinin saptanması. Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Tekirdağ.
- Anonim. (2024). Uluslararası Yenilenebilir Enerji Ajansı'nın (IRENA) Statüsü. https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/About-IRENA/Statute/IRENA_Statute_in_Turkish.pdf?la=en&hash=A06B83D7BF03AB4EC141F585F8882BFAB0216FEA. Erişim Tarihi: 24.05.2024.
- Çukurçayır, M. A., Sağır, H. (2008). Enerji sorunu, çevre ve alternatif enerji kaynakları. Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, (20), 257-278.
- Demir, B., Kuş, Z. A., İrik, H. A., Çetin, N. (2015). Mersin ili tarımsal biyokütle enerji eşdeğer potansiyeli. Alinteri Journal of Agriculture Science, 29(2), 12-18.
- Demir, B., Yaman, M., Çetin, N. (2017). Tarımsal biyokütle enerjisine hammadde oluşturan cevizin (*Juglans Regia* L.) enerji eşdeğeri. Bahçe, 46, 83-87.
- Erel, F. P., Erbay, E. R. (2014). Biyodizel üretiminde ters lojistik uygulamaları. Enerji Tarımı ve Biyoyakıtlar 4. Ulusal Çalıştayı, 28-29 Mayıs 2014, Samsun.
- Jolliffe, I. T. (2002). Principal component analysis for special types of data (pp. 338-372). Springer New York. https://doi.org/10.1007/0-387-22440-8_13
- Koçer, N., Ünlü, A. (2007). Doğu Anadolu bölgesinin biyokütle potansiyeli ve enerji üretimi. Fırat Üniversitesi Doğu Araştırmaları Dergisi, 5(2), 175-181.
- Kurt, G., Koçer, N. N. (2010). Malatya ilinin biyokütle potansiyeli ve enerji üretimi. Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fen Bilimleri Dergisi, 26(3), 240-247.
- Kuş, E., Yıldırım, Y., Çokgez Kuş, A., Demir, B. (2016). Iğdır ili tarımsal biyokütle potansiyeli ve enerji eşdeğeri. Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 6(1), 65-73.
- OriginLab®. (2024). <https://www.originlab.com/>. Erişim tarihi: 02.06.2024.
- Polat, M. (2021). Türkiye'nin Tarımsal Atık Biyokütle Enerji Potansiyelindeki Değişim. Toprak Su Dergisi, Özel Sayı, 19-24. <https://doi.org/10.21657/topraksu.692275>.
- Sevgili, S., Koçer, N. N. (2023). Elazığ ili'nde bitkisel kökenli tarımsal biyokütle potansiyeli ve enerji üretimi amacıyla değerlendirilmesi. Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi, 1(1), 51-64.
- Sümer, S. K., Say, S. M., Çiçek, G. (2016). Çanakkale ilinin tarla ürünleri artık ve enerji potansiyelinin belirlenmesi. Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi, 31(2), 240-247. <https://doi.org/10.7161/omuanajas.260980>.
- Tabachnick, B. G., Fidell, L. S., Ullman, J. B. (2013). Using multivariate statistics. 6, 497-516. Boston, MA: pearson.
- Topal, M., & Topal, E. İ. A. (2012). Ürün bitkilerinden yenilenebilir enerji kaynağı biyokütle enerjisi potansiyelinin belirlenmesi: Afyonkarahisar ili örneği (2006-2010). Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 12(2), 1-11.
- TÜİK. (2024). Türkiye İstatistik Kurumu. Erişim Tarihi: 24.05.2024. <https://www.tuik.gov.tr/>
- Wilkinson, L., Friendly, M. (2009). The history of the cluster heat map. The American Statistician, 63(2), 179-184. <https://doi.org/10.1198/tas.2009.0033>

GIDA MÜHENDİSLİĞİNDE MATEMATİK VE KULLANIM ALANLARI

Doç. Dr. Tuba ERKAYA KOTAN (ORCID:0000-0003-4571-3090)

Atatürk Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu,
Gıda İşleme Bölümü

Email:terkaya@atauni.edu.tr

Özet

Matematik ve gıda arasındaki etkileşim günümüzde oldukça büyük bir öneme sahiptir. Bir gıda ürününün üretimini her aşamasında matematiğin kullanımını görmek mümkündür. Bu gerçek, matematiğin, sürekli evrimi ve endüstriyel uygulama arasında sıkı bir ilişki içinde olan bir bilim olduğuna dair doğru bir görüş ortaya koymaktadır. Gıda işleme, dünya üzerinde faaliyet gösteren çok uluslu fabrikaların giderek artan katılımıyla, zanaatkar bir faaliyetten büyük bir endüstriye dönüşmüştür. Şaşırtıcı bir şekilde son birkaç yıldır gıda endüstrisi ile temel insani ihtiyaçlardan uzak olduğu düşünülen matematik bilimi arasındaki -aslında her zaman farkında olmadan var olan- ilişki giderek sıkı bir bağ oluşturmuştur. Matematik gerçek dünyayı betimlemek için bir araç olarak insan uygarlığıyla birlikte doğmuştur. Günümüzde matematik, fiziksel dünyayı ve onun dönüşümlerini daha iyi ifade edebilmek için kullanılan bir dildir. Örneğin malzeme ve enerji bilimleri (fizik, kimya, gibi), yaşam bilimleri (biyoloji, tıp, eczacılık gibi), ekonomi ve sosyal bilimler gibi alanlar yaptıkları çalışmalarda nesnelere, karşılıklı etkileşimlerini ve gelişimlerini tanımak ve tanımlamak için matematiği kullanırlar. Fen bilimleri ve mühendislik alanlarında, özellikle biyoloji, kimya, biyoteknoloji ve gıda bilimlerinde, deneysel verilerin uygun bir matematik modelle tanımlanması yaygın bir uygulamadır. Bir gıda ürününün endüstriyel sürecinin herhangi bir adımı, gıdanın ana bileşenlerinin kimyasal ve fiziksel dönüşümlerinden oluştuğu için bu adımlar matematik yoluyla incelenebilmektedir. Örneğin, yapılan bir araştırmada, profesyonel bir yoğurma makinesinin içindeki makarna hamurunun moleküler viskozitesi ölçülüp matematiksel olarak hesaplandığında elde edilen sonuçlar, araştırmacıların performansını artırmak için makinede uygun değişiklikler yapmalarına olanak sağlamıştır. Benzer şekilde gıda işlemede sıcaklık ve pişirme süresi gibi parametrelerin belirlenmesi gıdanın besin değeri ve lezzetini etkilemeden patojen mikroorganizmaların öldürülmesi için önemlidir.

Anahtar kelimeler: Gıda mühendisliği, deneysel veriler, matematik

MATHEMATICS IN FOOD ENGINEERING AND APPLICATIONS

Abstract

The relationship between mathematics and food is of great importance today. It is possible to see the use of mathematics at every stage of the production of a food product. This fact reveals a correct view that mathematics is a science with a close relationship between its continuous evolution and industrial application. Food processing has evolved from an artisanal activity to a major industry, with the increasing involvement of multinational factories operating around the world. Surprisingly, over the last few years, the relationship between the food industry and mathematics, which is thought to be far from basic human needs - which has always existed unconsciously - has become increasingly close. Mathematics was born with human civilization as a tool for describing the real world. Today, mathematics is a language used to better express the physical world and its transformations. For example, fields such as material and energy sciences (such as physics, chemistry), life sciences (such as biology, medicine, pharmacy), economics and social sciences use mathematics to recognize and describe objects, their interactions and developments in their studies. In the fields of science and engineering, especially biology, chemistry, biotechnology and food sciences, it is common practice to describe experimental data with an appropriate mathematical model. Since any step of the industrial process of a food product consists of chemical and physical transformations of the main components of the food, these steps can be studied through mathematics. For example, in one study, when the molecular viscosity of pasta dough inside a professional kneading machine was measured and mathematically calculated, the results allowed researchers to make appropriate modifications to the machine to improve its performance. Similarly, determining parameters such as temperature and cooking time in food processing is important for killing pathogenic microorganisms without affecting the nutritional value and flavor of the food.

Keywords: Food engineering, experimental data, mathematics

1. GİRİŞ

Matematik ve gıda arasındaki etkileşim günümüzde büyük önem taşımaktadır. Bir gıda ürününün üretiminin her aşamasında matematiğin kullanımını görmek mümkündür. Bu gerçek, matematiğin sürekli evrimi ve endüstriyel uygulaması arasında yakın bir ilişki içinde olan bir bilim olduğu yönündeki doğru görüşü ortaya koymaktadır. Gıda işleme, dünyanın dört bir yanında faaliyet gösteren çok uluslu fabrikaların artan katılımıyla, zanaatkar bir faaliyetten büyük bir endüstriye dönüşmüştür. Şaşırtıcı bir şekilde, son birkaç yılda, temel insan ihtiyaçlarından uzak olduğu düşünülen -aslında her zaman bilinçsizce var olan- gıda endüstrisi ile matematik bilimi arasındaki ilişki giderek daha yakın hale gelmiştir. Matematik, gerçek dünyayı tanımlamak için bir araç olarak insan medeniyetiyle birlikte doğmuştur. Günümüzde matematik, fiziksel dünyayı ve onun dönüşümlerini daha iyi ifade etmek için kullanılan bir dildir. Örneğin, malzeme ve enerji bilimleri (fizik, kimya, vb.), yaşam bilimleri (biyoloji, tıp, eczacılık, vb.), ekonomi ve sosyal bilimler gibi alanlar, çalışmalarında nesnelere, etkileşimlerini ve gelişmelerini tanımlamak için matematiği kullanır. Bilim ve mühendislik alanlarında, özellikle biyoloji, kimya, biyoteknoloji ve gıda bilimlerinde, deneysel verileri uygun bir matematiksel modelle tanımlamak yaygın bir uygulamadır (Quarteroni, 2009).

Matematikçiler bilimsel topluluğa kesin ve tartışılmaz araçlar sağlarlar; bu araçlar dünyanın her yerindeki bilimsel laboratuvarlarda sayısız branşta sürekli olarak geliştirilmekte ve güncellenmektedir (Paglieri & Quarteroni, 2009). Matematiğin önemli başarıları sayesinde, günümüzde milyonlarca değişkenin karşılıklı etkileşim içinde olduğu (doğrusal veya doğrusal olmayan) çok yüksek karmaşıklıkta problemlerin üstesinden gelmek mümkündür. Ancak, matematikçilerin modelleme tekniklerini daha da geliştirmek ve genelleştirmek için diğer disiplinlerden bilim insanlarıyla yakın iş birliği içinde çok çalışmaları gerekeceği ve böylece bugünün çözülmemiş sorunlarının matematik sayesinde çözüleceği konusunda şüphe yoktur (Quarteroni, 2008).

Gıda bilimlerinin farklı alanları, özellikle gıda mikrobiyolojisi, gıda kimyası ve gıda biyoteknolojisi, matematiksel modellerin deneysel verilerin tanımlanmasında kullanıldığı disiplinler arasında yer almaktadır. Bu bağlamda temel hedef, mümkün olduğunca az parametre içeren bir matematiksel model aracılığıyla deneysel verilerin en doğru şekilde temsil edilmesini sağlamaktır. Matematiksel modeller genel olarak doğrusal ve doğrusal olmayan modeller olarak iki ana gruba ayrılmaktadır. Bir modelin parametreleri doğrusal olduğunda, parametre değerleri doğrusal regresyon yöntemleriyle hesaplanabilir. Ancak, parametrelerin doğrusal olmaması durumunda, doğrusal olmayan regresyon yöntemlerinin kullanılması gereklidir. Bu yaklaşım, model doğruluğunu artırmak ve verilerin daha iyi anlaşılmasını sağlamak açısından önemlidir. Gıda endüstrisi uzun zamandır matematiksel modellerin uygulanması için bir test yatağı olmuştur. Bazı pratik örnekleri incelemeye başlamadan önce, endüstriyel üretim zincirinde bir gıda ürününün tipik yolunu özetleyelim; şematik ve yaklaşık olmasına rağmen, bu açıklama yine de tüm sürecin karmaşıklığını ortaya koyacaktır. Besinsel özellikleri, tadı, görünümünü ve nihai potansiyel özellikleri açısından tüketici beğenisini artırmayı amaçlayan uzman araştırmacıların zihninde doğan belirli bir ürünü ele alalım. Bu ürün ayrıca, hazırlama, paketlenme, dağıtım ve satış sürecinde ve satın alma işleminden sonra tüketicinin evinde kalitesini korumak için gerekli tüm adımları kapsayan bir süreci de içerir. Tüketimden sonra bile, ürün tüketici sağlığı üzerindeki etkilerinin (yararlı veya zararlı) incelenmesi yoluyla bir araştırma nesnesi olmaya devam edecektir.

1.1. Matematik ve Beyin

Lezzet algımızı, tat reseptörlerimiz aracılığıyla beynimiz tarafından hazırlanan karşılık gelen duyumla hangi bağlantı ilişkilendirir? Bu süreç günlük deneyimlerimizin bir parçasıdır, ancak modellenmesi özellikle zor olan bir organımızı, yani beynimizi içerdiğinden olağanüstü bir karmaşıklığa sahiptir. İsviçre'deki Beyin ve Zihin Araştırma Enstitüsü'nde yürütülen bir çalışma, tat algısını ve yargıyı yönlendiren beyin aktivitesini modellemeyi amaçlamıştır. Araştırmacılar, saniyede 360.000 milyara kadar işlem gerçekleştirebilen, davranışı yeniden üretmek için gereken bir hesaplama hızına ve nöronal korteksi oluşturan yaklaşık 10.000 nöronun etkileşimine sahip dünyanın en güçlü bilgisayarlarından biri olan IBM Blue Gene'i kullandılar. Modelin, özellikle insan yaşamının iki kritik dönemi olan bebekler ve yaşlılar hedeflenerek, gıdaların besin kalitesini optimize etmek için beynin enerji ihtiyaçlarını değerlendirmek için kullanılması amaçlanmıştır. Gıdaları öncelikle gözümüzle değerlendirdiğimiz iyi bilinir, bu nedenle seçimlerimiz genellikle yiyeceklerin görünüşüne göre belirlenir; "Mavi Beyin" projesi olarak adlandırılan bu projenin koku ve daha belirgin olarak tadın yanı sıra, gözümüzle gıda arasında kurduğumuz bilişsel süreci araştırmak için de kullanılacağı ifade edilmektedir [Brain and Mind: <http://bluebrain.epfl.ch/>]. İnsan beynindeki nöronal yapıların matematiksel olarak tanımlanması, tat ve görme yoluyla beyin gelişimi ve yiyecek algısı üzerindeki beslenme etkilerinin incelenmesine olanak tanıyacaktır.

1.2. Matematik ve Lezzet

Glasgow Üniversitesi'nde yürütülen bir araştırmaya göre, sıvının temel bileşenlerinden başlayarak matematiksel modelleme yoluyla yaban mersini içecekleri için bir "tat formülü" bulunmuştur. Bu modelleme, sinir ağlarına dayanmaktadır ve yaban mersini lezzetinin yoğunluğunun, içecek bileşenlerinden herhangi birinin değişimine bağlı olarak değerlendirilmesine olanak tanır. Bu modelde, yaban mersinlerinin hasat yeri veya mevsimi nedeniyle oluşan farklılıklar bile dikkate alınmıştır. Aynı üniversitede, biranın tatlı tadı ile şeker dışındaki uçucu bileşiklerin varlığı arasındaki ilişkiyi anlamak için matematiksel modelleme kullanılmıştır. Bu modelde sinir ağı algoritmaları da kullanılmıştır (Boccorrh ve Paterson, 2002).

Bir gıda ürününün aroması sadece bir tat meselesi değildir; gıdanın kıvamı ve yoğunluğu da tüketiciyi etkilemede önemli bir rol oynar. Bu nedenle, Birmingham Üniversitesi'ndeki araştırmacılar, matematiksel bir model kullanarak çikolatadaki ısı transferini inceleyerek kıvamdaki sıcaklık değişimlerini tahmin etmişlerdir. Çikolatanın katılma süreci, yalnızca başlangıç ve son sıcaklığa değil, aynı zamanda soğutma için gereken zamana ve elde edilecek son şekle de bağlı olarak son derece kritiktir. Bu çalışmada, ısı denklemini çözmek için sonlu elemanlar yöntemi kullanılmıştır. Matematiksel modeller, yaban mersini içeceği gibi bazı gıda ürünlerinin tadını tahmin etmek ve kontrol etmek için kullanılabilir (Tewkesbury vd., 2000).

1.3. Gıda Endüstrisinde Matematik ve Kullanımı

Gıda işleme süreci, gıda bileşenlerinin kimyasal ve fiziksel dönüşümlerinden oluştuğu için, bir gıda ürününün endüstriyel sürecindeki herhangi bir adım matematiksel olarak incelenebilir. Padua Üniversitesi Mühendislik Bölümü'nde yapılan bir araştırmada, profesyonel bir yoğurma makinesinde makarnanın moleküler viskozitesini incelenmiş ve elde edilen sonuçlar, araştırmacıların makinenin performansını artırmak için uygun değişiklikler yapmalarına izin vermiştir. Floransa Üniversitesi Matematik Bölümü, kahve tozundan basınçlı suyun

filtrelenmesini incelemek için matematiksel modellemeyi kullanarak, aromanın kahve tozundan suya aktarılmasını ve dolayısıyla son tadı değiştirecek bir durum olan aglomerasyon koşullarını belirlemiştir (Fasano, 1996). İyi, lezzetli bir kahve, kahve tozundan basınçlı sıcak suya karmaşık bir aroma aktarımının sonucudur: Matematik, optimum aktarım için toz özelliklerini optimize etmek için en önemli araçtır. İtalya'da makarna ve kahve incelenirken, lezzet, sindirilebilirlik ve gıda güvenliği için pişirme tekniklerini optimize etmek amacıyla Kaliforniya'da hamburgerler inceleniyor. Aslında, hamburger pişirmek önemsiz bir görev gibi görünebilir, ancak patojenik mikroorganizmaların etin besin özelliklerini etkilemeden öldürülmesini sağlamak için sıcaklık ve pişirme süresi kesin olarak belirlenmelidir (Singh, 2000).

1.4. Matematik ve Gıda Ambalajlama

Bir gıdanın tarladan soframıza gelinceye kadar oldukça uzun bir yolculuğu söz konusudur. Üretim, işleme, ambalajlama, muhafaza ve depolama gibi aşamalarda kalitenin korunması matematiğin verimli bir şekilde korunmasına bağlıdır. Örneğin ambalajlama, gıdanın dış kontaminasyonundan korunabilmesi için sağlam ancak hafif bir paket elde etmek için genellikle şekil ve malzeme optimizasyonunu içerir. Araştırmacılar, matematiksel modelleme yoluyla cam şişeleri şekillendirme konusunda spesifik yöntemler ortaya koymuştur (Zhu, vd., 2007).

1.5. Matematik ve Gıda Muhafazası

Birçok gıda koruma yöntemi ısı uygulamasına dayanmaktadır. Klasik ısı işlemler için sıcaklık 60 ila 120°C aralığındadır ve işlem süresi birkaç saniye ile birkaç dakika arasında değişebilir. Bu işlemlerin temel amacı, gıdaların raf ömrünü uzatmak, doğal niteliklerini korumak ve hatta iyileştirmek için gıdaya zararlı mikroorganizmaları ve enzimleri etkisiz hale getirmek ve esas olarak tüketicilere iyi koşullarda ürünler sunmaktır (Rijgersberg ve Top, 2003). Gıdaların ısı işlemlerle işlenmesindeki sorun, besinsel ve organoleptik (duyusal) özelliklerinin önemli bir bölümünü kaybedebilmesidir. Bu nedenle, daha düşük işleme sıcaklıklarına sahip yeni teknolojilerin geliştirilmesi, geçtiğimiz yıllarda herkesin bildiği gibi artmıştır (Laevsky ve Mattheij, 2000)

1.6. Matematiksel ve Enzimatik İnaktivasyon

Gıda güvenliğini sağlamak amacıyla gıda muhafaza süreçlerinin geliştirilmesi için kinetik parametreler ve modeller kullanılır. Ayrıca, farklı proses teknolojilerinin mikrobiyal popülasyonların veya enzimatik aktivitenin azaltılması üzerindeki etkisini karşılaştırmak için araçlar sağlarlar. Termal ve yüksek basınç işlemlerinin kombinasyonu nedeniyle Mikrobiyal ve Enzimatik İnaktivasyonu tanımlayan matematiksel modeller ve parametreler mevcuttur (Corney, 2000; Applegate vd., 2006)

- Mikrobiyal popülasyonlardaki değişiklikleri zamanın bir fonksiyonu olarak tanımlamaya yönelik geleneksel yaklaşım, birinci dereceden kinetik model kullanmıştır:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{dN(t)}{dt} = -kN(t), \\ N(0) = N_0, \end{array} \right. \quad t \geq 0,$$

[Solution : $N(t) = N_0 \exp(-kt)$]

Bunun yanısıra Arrhenius eşitliği, Weibull modeli, Eyring eşitliği gıda mühendisliği alanında kullanılan matematiksel işlemlerden sadece birkaç tanesidir (Quarteroni vd., 2006).

Arrhenius	Aquilanti-Mundim
$k(T) = Ae^{-\frac{E_a}{RT}}$	$k_d(T) = Ae_d^{-\frac{E_a}{RT}} \equiv A \left(1 - d \frac{E_a}{RT}\right)^{1/d}$
$\ln k(T) = \ln A - \frac{E_a}{RT}$	$\ln k_d(T) = \ln A + \frac{1}{d} \ln \left(1 - d \frac{E_a}{RT}\right)$
$E_a = -\frac{\partial \ln k(T)}{\partial (1/RT)} = \text{constant}$	$E_a(T) = -\frac{\partial \ln k_d(T)}{\partial (1/RT)}$

$\lim_{d \rightarrow 0} [k_d(T)] = k(T)$

Son olarak; gıda mühendisliği araştırmalarında teoriğin pratiğe dönüştürülmesinde kullanılan matematiksel modelleme prosedürü aşağıdaki gibidir:

- Deneysel gözlem
- Matematiksel modelleme
- Kinetik parametrelerin belirlenmesi
- Deneysel verilerle modelin doğrulanması

SONUÇ

Matematik ve gıda arasındaki ilişki son zamanlarda önemli ölçüde genişlemiştir. Çeşitli örnekler aracılığıyla, bir gıda ürününün yaşam döngüsünün her aşamasında matematiğin yaygın rolünü görmek mümkündür. Özellikle, tüm örnekler, genellikle akademik ortamlarda keşfedilen, oldukça uzmanlaşmış matematik dallarının kullanımını vurgulamaktadır. Bu, matematiğin, endüstriyel uygulamalarla sıkı sıkıya iç içe geçmiş, sürekli gelişen bir bilim olarak dinamik doğasını vurgulamakta olup matematiğin yalnızca statik teoremler alanıyla sınırlı soyut bir disiplin olduğu şeklindeki eski algıyla çelişmektedir.

KAYNAKÇA

- Applegate, D. L., Bixby, R. E., Chvátal, V., & Cook, W. J. (2006). *The traveling salesman problem: A computational study*. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Boccorh, R. K., & Paterson, A. (2002). An artificial neural network model for predicting flavour intensity in blackcurrant concentrates. *Food Quality and Preference*, 13, 117–128. [https://doi.org/10.1016/S0950-3293\(01\)00070-8](https://doi.org/10.1016/S0950-3293(01)00070-8)
- Corney, D. (2000). Designing food with Bayesian Belief Networks. In *Proceedings of ACDM2000 – Adaptive Computing in Design and Manufacture*. Plymouth, UK.
- Fasano, A. (1996). Some non-standard one-dimensional filtration problems. *Bulletin of the Faculty of Education, Chiba University (III, Natural Sciences)*, 44, 5–29.
- Laevsky, K., & Mattheij, R. M. M. (2000). Mathematical modeling of some glass problems. In A. Fasano (Ed.), *Complex flows in industrial processes*. Basel: Birkhäuser Verlag.
- Paglieri, L., & Quarteroni, A. (2009). Mathematics and food: a tasty binomium. *Mathknow: Mathematics, Applied Sciences and Real Life*, 157-165.
- Quarteroni, A. (2008). Mathematics in the wind. SIAM series "WhyDoMath". Retrieved from <http://dev.whymath.org/node/americascup/index.html>
- Quarteroni, A. (2009). Mathematical models in science and engineering. *Notices of the AMS*, 56(1), 10–19.
- Quarteroni, A., Formaggia, L., & Veneziani, A. (Eds.). (2006). *Complex systems in biomedicine*. Milano: Springer-Verlag.
- Rijgersberg, H., & Top, J. L. (2003). An engineering model of modified atmosphere packaging for vegetables. In *Proceedings of the 2003 International Conference on Bond Graph Modeling and Simulation*. Miami, FL, USA.
- Singh, R. P. (2000). Moving boundaries in food engineering. *Food Technology*, 54(2), 40–43.
- Techakriengkrai, I., Paterson, A., & Piggot, J. R. (2004). Relationships of sweetness in lager to selected volatile congeners. *Journal of the Institute of Brewing*, 110(4), 360–366. <https://doi.org/10.1002/j.2050-0416.2004.tb00634.x>
- Tewkesbury, H., Stapley, A. G. F., & Fryer, P. J. (2000). Modeling temperature distributions in cooling chocolate moulds. *Chemical Engineering Science*, 55, 3123–3132. [https://doi.org/10.1016/S0009-2509\(99\)00487-2](https://doi.org/10.1016/S0009-2509(99)00487-2)
- Zhu, J., Kuznetsov, A. V., & Sandeep, K. P. (2007). Mathematical modeling of continuous flow microwave heating of liquids (effects of dielectric properties and design parameters). *International Journal of Thermal Sciences*, 46, 328–341. <https://doi.org/10.1016/j.ijthermalsci.2006.06.013>

**YOĞURT BAKTERİLERİNDEN POSTBİYOTİK OLARAK ELDE EDİLEN
EKZOPOLİSAKKARİTLER VE SAĞLIĞA FAYDALARI**

Dr. Öğr. Üyesi Zeynep GÜRBÜZ KAÇAN (ORCID:0000-0003-4066-0241)
Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Erzurum
Email:zeynepgurbuz@atauni.edu.tr

Doç. Dr. Tuba ERKAYA KOTAN* (ORCID:0000-0003-4571-3090)
Atatürk Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Gıda Teknolojisi Programı,
Erzurum
Email:terkaya@atauni.edu.tr

Özet

Son yıllarda tüketicilerin sağlıklı yaşam ve alışkanlıklar edinmeye yönelik ilgisi artmaktadır. Bu yükselen eğilimden dolayı fonksiyonel gıdalar giderek daha popüler hale gelmektedir. Temel olarak *Streptococcus thermophilus* ve *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*'un fermantasyonu ile üretilen yoğurt, dünya çapında süt bazlı ürünler tarafından sağlıklı bir gıda olarak tüketilmektedir. Başlangıçta bu bakterilerin sağlığa faydaları sadece bağırsak sorunlarıyla sınırlıydı ancak son yıllarda araştırmalar yoğurt tüketiminin artmasının bağırsak ve gastrointestinal sağlığı desteklediğini ve kardiyovasküler hastalıklar, inflamasyonlar, tip-2 diyabet ve kanser riskini azalttığını göstermiştir. Yoğurdun bahsi geçen sağlığa faydaları, yoğurt starter bakterileri veya probiyotik bakterilerin ilgili suşları tarafından üretilen biyoaktif peptitler, organik asitler, kısa zincirli yağ asitleri, enzimler ve ekzopolisakkaritler dahil olmak üzere çeşitli metabolitlere atfedilebilir. "Postbiyotikler" terimi, konakçı için olumlu bir etkiye sahip olan metabolik ürünleri veya yan ürünleri ifade eder. Ekzopolisakkaritler (EPS), laktik asit bakterileri (LAB) tarafından fermantasyon sürecinde doğal olarak üretilir. Yoğurt ve yoğurt benzeri fermente süt ürünleri üzerinde fiziksel ve tekstürel etkilerinin yanı sıra biyoaktif özelliklere de sahiptir. Dolayısıyla ile yoğurt bakterileri, yoğurt dokusunu oluşturmanın yanı sıra EPS üretimi ile serum ayrılmasını iyileştirme veya viskoziteyi modüle etme gibi işlevsel özellikler sergilerler. Bu açıdan günümüzde EPS'ler yoğurt bakterileri tarafından üretilen postbiyotik olarak dikkat çeken özel biyopolimerlerdir. Çok sayıda çalışma, LAB'nin ürettiği EPS'lerin immünomodülatör, antioksidan, bağırsak mikrobiyota stimülasyonu, antitümör ve kolesterol düşürücü aktivitelerini ortaya koymuştur. EPS'ler, farklı suşların ve fermantasyon koşullarının etkisiyle zengin bir yapısal çeşitlilik sergiler, bu da onlara çeşitli biyolojik işlevler kazandırmaktadır. Bununla birlikte, yoğurt starter bakterilerinin (*S. thermophilus* ve *L. bulgaricus*) ürettiği EPS'nin sağlık üzerindeki etkileri hakkında bilgi eksikliği bulunmaktadır. Bu metin, yoğurt bakterileri tarafından EPS üretimini ve bunların sağlığa faydalarını tartışmayı amaçlamıştır.

Anahtar kelimeler: Postbiyotikler, EPS, *S. thermophilus*, *L. bulgaricus*

EXOPOLYSACCHARIDES FROM YOGHURT BACTERIA AS A POSTBIOTIC AND HEALTH BENEFITS

Abstract

In recent years, consumers are increasingly interested in promoting good health. Due to this increasing trend, healthy habits and functional foods are becoming increasingly popular. Yoghurt is mainly produced by fermentation of *Streptococcus thermophilus* and *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*, is consumed worldwide by milk-based products as a healthy food. Early on, the health benefits of these bacteria were restricted to intestinal problems, but in recent years research has indicated that increased yoghurt consumption supports immune and gastrointestinal health and reduces the risk of cardiovascular diseases, inflammations, type-2 diabetes and cancer. These health benefits in yoghurt can be attributed to several metabolites including bioactive peptides, organic acids, short-chain fatty acids, enzymes, and exopolysaccharides produced by yoghurt starter bacteria or related strains of probiotic bacteria. The term "postbiotics" refers to metabolic products or by-products that possess a positive effect for the host. Exopolysaccharides (EPS) are naturally produced by Lactic acid bacteria (LAB) during the fermentation process. Exopolysaccharides (EPS) formed by lactic acid bacteria (LAB) have bioactive properties in addition to their physical and textural effects on yoghurt and yoghurt-like fermented products. Therefore, yogurt bacteria have functional properties such as improving serum separation or modulating viscosity by EPS production in addition to creating yogurt texture. In this respect, today EPSs are special biopolymers that have attracted attention as postbiotics. Numerous studies have shown the immunomodulatory, antioxidant, intestinal microbiota stimulation, antitumor, and cholesterol-lowering activities of EPS from LAB. EPSs exhibit a rich structural diversity due to the influence of different strains and fermentation conditions, giving them a variety of biological functions. Nevertheless, there is a lack of information about the health effects of yoghurt starter bacteria (*S. thermophilus* and *L. bulgaricus*)-derived EPS. This text aspired to discuss the production of EPSs by yoghurt bacteria and their health benefits.

Keywords: Postbiotics, EPS, *S. thermophilus*, *L. bulgaricus*

1. GİRİŞ

Yoğurt, sütün *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* ve *Streptococcus thermophilus* starter kültürleri kullanılarak fermente edilmesiyle üretilen ve en yaygın tüketilen fermente süt ürünüdür (Fan et al., 2022). Yoğurt starter kültürleri insan gastrointestinal sisteminde canlı kaldıkları için öncelikle probiyotik suşlar olarak kabul edilirler (Vargas et al., 2015; Paz et al., 2022). Bununla birlikte, bu bakterilerin tüm suşları dünyanın her yerinde farklılık göstermektedir; bu nedenle probiyotik potansiyelleri hala tartışma konusudur (Gao et al., 2021).

Probiyotik yoğurdun insan sağlığına faydalı etkileri nedeniyle, probiyotikler yoğurt üretiminde yaygın olarak kullanılmaktadır. Aynı zamanda yoğurt, probiyotiklerin büyümesi için uygun bir ortam görevi görmektedir. Bu mikroorganizmalar kolit, ishal, laktoz intoleransı, bağırsak sendromu, insülin direnci, kan basıncı ve kolesterolün düşürülmesi, farklı kanserler, alerji ve obezite gibi bazı hastalıkların tedavisinde önemli bir rol oynamaktadırlar (Sivamaruthi et al., 2019; Upadrasta and Madempudi, 2016; Ejtahed et al., 2019; Whelan and Quigley, 2013; Kijmanawat et al., 2018; Chibbar and Dieleman, 2015; Oak and Jha, 2019).

Fermantasyon sırasında bu organizmaların simbiyotik ilişkisi sayesinde, yoğurda kendine özgü lezzetini veren asetaldehit ve laktik asit üretilmektedir. Laktik asit üreten bakterilerin fermantasyon, beslenme ve sağlık açısından fayda sağlama kabiliyetleri onlara endüstriyel açıdan üstünlük sağlamaktadır. Tüketicilerin sağlık bilincinin artmasıyla üstün özelliklere sahip olan yoğurda talep son yıllarda oldukça artmaktadır. Yoğurt tüketimindeki artışa paralel olarak gıda endüstrisi fonksiyonel ürün geliştirmek amacıyla postbiyotikler (probiyotikler tarafından üretilen sağlıklı metabolitler) (Bourebara et al., 2022) gibi farklı aktif bileşenleri bir araya getirmeye yönelmiştir (Behbahani et al., 2023).

Fermantasyon işlemi sırasında, laktik asit ve biyoaktif bileşikler, ekzopolisakkaritler (EPS), kısa zincirli yağ asitleri, enzimler, peptitler, organik asitler ve vitaminler gibi birçok metabolitler starter bakteriler tarafından postbiyotik olarak üretilmektedir. Çok sayıda çalışma, yoğurt starterleri de dahil olmak üzere birçok bakteri suşu tarafından üretilen çeşitli postbiyotiklerin potansiyel sağlık etkilerini tespit etmiştir. Bu metinde, özellikle EPS'lerin sağlık üzerindeki etkileriyle ilgili bilgiler sunulması hedeflenmiştir.

2. POSTBİYOTİK OLARAK EKZOPOLİSAKKARİTLER

Probiyotik/mikrobiyal metabolitlerde yeni bir trend olarak postbiyotik, pro-fonksiyonel etkilere sahip mikrobiyal biyoaktif bileşikler olarak tanımlanmaktadır. Probiyotiklerin nadir görülen yan etkileri veya teknolojik uygulamalarına yönelik sınırlamalar nedeniyle, umut verici farmasötik ve güvenlik yönleri göz önünde bulundurulduğunda gıdalarda postbiyotikler için ilginç potansiyeller vardır (Salminen et al., 2021). Postbiyotikler, hücrelerin canlı olması gerekmediğinden ve bu nedenle probiyotiklerin bazı işleme, depolama ve raf ömrü zorluklarını aştığından, bir gıda bileşeni olarak probiyotiklere göre avantajlı konumundadır (Wegh et al., 2019; Cuevas-González et al., 2020). Postbiyotikler, fermantasyon matrisinde veya hücre parçalanması sırasında salınan ve sağlık açısından fayda sağlayabilen metabolik ürünler olarak tanımlanır ve GABA gibi sinyal metabolitleri, β -glukan gibi yapısal bileşikler, mikosin gibi antimikrobiyal ajanlar ve EPS gibi çok işlevli metabolitler dahil olmak üzere geniş bir mikrobiyal biyoaktif grubudur.

Ekzopolisakkaritler (EPS'ler), tekrarlanan monosakkarit alt birimlerinden oluşan homo-EPS (HoEPS) heteroEPS (HeEPS) olarak sınıflandırılan karmaşık moleküllerdir (Zhou et al., 2019) ve laktik asit bakterileri (LAB) dahil olmak üzere çok çeşitli mikroorganizmalar tarafından sitoplazmada üretilir ve hücre dışına salınırlar. LAB'nin çoğu, özellikle *Lactobacillus*, *Lactococcus*, *Fructilactobacillus*, *Lacticaseibacillus*, *Lentilactobacillus*, *Lactiplantibacillus*, *Leuconostoc*, *Limosilactobacillus*, *Pediococcus*, *Streptococcus* ve *Weissella* türleri çeşitli EPS sentezleme yeteneğine sahiptirler.

LAB tarafından türetilen EPS'ler, antioksidanlar, antimikrobiyal, antidiyabetik, antikanser ve immünomodulator etkiler gibi farklı biyolojik aktivitelere sahip doğal bileşikler olarak ifade edilmektedirler (Al Kassaa et al., 2014; Rajoka et al., 2020). Son yıllarda, bir dizi LAB suşunun EPS üretimi rapor edilmiş ve bunların bileşimi, yapısı, biyosentezi ve fonksiyonel özellikleri ayrıntılı olarak incelenmiştir (Saadat et al., 2019; Zhou et al., 2019; Rajoka et al., 2020). LAB'leri, karbondioksit, organik asitler, bakteriyosinler ve antifungal peptitler, reuterin, ve EPS gibi çok çeşitli moleküler ağırlıklı bileşikler dahil olmak üzere kimyasal yapı bakımından farklılık gösteren çok sayıda biyolojik olarak aktif maddenin kaynağı olduğu bilinmektedir (Li et al., 2014). EPS'ler, bakteri ortamında çoğunlukla hücrenin kuruma, pH, ozmotik basınç, ışık, metal iyonları, bakteriyosinler, fagositoz, protozoa ve toksik bileşikler gibi çevresel faktörlere karşı korunmasıyla ilgili çeşitli roller üstlenir (Looijesteijn et al., 2001; Donot et al., 2012; Ruas-Madiedo et al., 2002; Forde et al., 1999). LAB türevi EPS'ler, antioksidanlar, antikanser, antidiyabetik, immünomodulator etkiler ve antimikrobiyaller dahil olmak üzere çeşitli biyolojik aktivitelere sahip doğal bileşikler olarak kabul edilmektedirler (Al Kassaa et al., 2014; Rajoka et al., 2020). LAB'den türetilmiş EPS'ler, sağlık ve fonksiyonel faydaları nedeniyle gıda, ilaç ve nutrasötik endüstrilerinin ilgisini çekmektedir (Moscovici, 2015; Caggianiello et al., 2016; Lynch et al., 2018; Rajoka et al., 2020).

3. EKZOPOLİSAKKARİTLERİN SAĞLIĞA FAYDALARI

EPS, suş seçimi ve fermantasyon koşullarına dayanan geniş yapısal çeşitlilikleri nedeniyle çok çeşitli biyolojik işlevlere sahiptir. EPS'lerin sağlığa faydaları; antioksidan etkileri, immünomodulator aktiviteleri, anti-tümör etkileri, bağırsak mikrobiyota stimülasyonunu ve kolesterol düşürücü aktivitelerini içermektedir (Wegh et al., 2019; Cuevas-González et al., 2020). Laktik asit bakterileri tarafından üretilen EPS, çeşitli terapötik etkileri nedeniyle büyük ilgi görmektedir (Fig.1).



Fig.1. Ekzopolisakkaritler-sağlık ilişkisi (Sørensen et al., 2022)

3.1. Bağırsak Mikrobiyota Stimülasyonu

Bazı çalışmalar EPS'nin bağırsaktaki faydalı bakteri popülasyonlarını uyarma ve artırma potansiyeline sahip olduğunu göstermektedir (Salazar et al., 2008). Bağırsakta bir uyarıcı olarak hareket etmek için EPS'nin gastrointestinal sistemdeki zorlu ortamda hayatta kalabilmesi büyük önem taşımaktadır. *S. thermophilus* suşlarının bu yeteneğe sahip EPS üretmediği, *Lactococcus* ve *Lactobacillus* suşları tarafından üretilen EPS'nin sindirim sistemi boyunca bütünlüğünü koruduğu ve sonuç olarak polisakkarit potansiyelinin suşa bağlı olduğu yapılan çalışmalarla bildirilmiştir (Ruijsenaars et al., 2000, Hongpattarakere et al., 2012).

3.2. İmmünomodülatör Aktivite

Çalışmalar, EPS'nin immünomodülatör etkiler gösterebileceğini, bunların suşa bağlı olabileceğini ve bunun da üretilen polisakkaritlerin fiziksel özelliklerini etkileyebileceğini göstermiştir. Bu etki, EPS'lerin bileşimlerinde bir fosfat bulunduğunda bağışıklık hücreleri üzerinde uyarıcı olarak hareket etmeleri ve onlara negatif bir yük vermeleri ile açıklanabilmektedir (Rahbar Saadat et al., 2019). Ayrıca, EPS yapısının bu etkiyi göstermede önemli bir rol oynadığı, küçük EPS moleküllerinin bağışıklık hücrelerini uyarabildiği, daha büyük EPS moleküllerinin bağışıklık sistemini baskılayıcı bir etki ortaya çıkarabileceği ifade edilmektedir (Hidalgo-Cantabrana et al., 2012). *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus* suşları ile EPS üretilmesi amaçlanan bir çalışmada immünoestimülatör etkisi de incelemiş ve EPS'nin, bağışıklık hücresi çoğalmasını uyardığını tespit etmişlerdir (Kitazawa et al., 1998).

3.3. Antioksidan Aktivite

LAB'den üretilen EPS'lerin antioksidan aktiviteye sahip olduğu ifade edilirken ve sitotoksik ve kanserojen maddelere karşı aktiviteye de sahip olabilen sentetik antioksidanlara bir alternatif sunabileceğini bildirmişlerdir (Wang et al., 2017; Zhou et al., 2021). Lobo et al. (2019), *S. thermophilus* suşunun ürettiği EPS 'nin orta düzeyde antioksidan etkisinin olduğunu bildirmişlerdir. Bu etkiyi de EPS'nin negatif yükünün, serbest radikallerle bağlanarak radikal zincir reaksiyonunu sonlandırması ile aktivitelerini sınırlandırması ve oksidatif stresi azaltmasıyla açıklamışlardır (Ayyash et al., 2020).

3.4. Anti-Tümör Aktivite

EPS'nin anti-tümör aktivitesi üzerine yapılan çalışmalar çok erken aşamadır, ancak yine de EPS'nin mevcut kanser tedavilerine (Roberfroid et al., 2002) ek olarak kullanılabilmesine dair göstergeler vardır (Patten et al., 2015). Yakın zamanda yapılan bir çalışma, laktobasil *L. plantarum*, *L. rhamnosus*, *L. brevis* ve *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus*'tan elde edilen liyofilize EPS'nin 400 µg/L'lik konsantrasyonlarının %40 apoptozu indüklediğini ve kolon kanseri hücrelerinin canlılığını azalttığını göstermiştir (Tukenmez et al., 2018).

3.5. Kardiyovasküler Sağlık

EPS, kolesterol bağlama özelliği ile kardiyovasküler sisteminin sağlığının iyileştirilmesine katkı sağlayabilmektedir (Ryan et al., 2015). Bununla birlikte, EPS'lerin hipokolesterolemik bir ajan olarak etkisini inceleyen araştırmaların çoğunda, etkilerin spesifik olarak EPS'ye mi

atfedildiği yoksa biyoaktivitenin EPS üreten organizmanın tamamından mı kaynaklandığı açık değildir. Yapılan bir in vitro çalışmada, *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus* tarafından kolesterol giderimi araştırılmış ve en yüksek EPS üretimine sahip suşta %31 oranında maksimum kolesterol giderimi tespit etmişlerdir. Ayrıca, kolesterol gideriminin canlı ve ölü hücreler için benzer olduğu ifade edilirken; bu giderimin canlı hücrenin kendisinin neden olduğu bir etkiden ziyade, hücre ölümünden önce sentezlenen EPS gibi bileşenlerden kaynaklanabileceğini ifade etmişlerdir (Tok and Aslim, 2010).

3.6. Kilo Yönetimi

Çalışmalar, EPS'nin anti-obezite tedavisinde de etkili olabileceğini göstermektedir (Zhang et al., 2016; Zhu et al., 2021). Bu etkinin yağ dokusu ağırlığında ve düşük yoğunluklu lipoprotein kolesterolünde (LDL) bir azalma ile olduğu diğer çalışmalarda ifade edilmiştir (Lim et al., 2017; Everard et al., 2013; Walsh et al., 202).

4.SONUÇ

Laktik asit bakterileri tarafından üretilen EPS, değerli ve yenilikçi bir bileşen olarak sürekli gelişen fonksiyonel gıda endüstrisi için üstün özelliklere sahip potansiyel sunmaktadır. Endüstriyel ölçekte laktik asit bakterilerinden yüksek EPS verimi elde etmek için, suş seçimi, ortam seçimi ve biyoproses kurulumu gibi EPS verimliliğiyle ilgili faktörleri optimize etmenin önemli olduğu ayrıca belirtilmesi gereken bir konudur. EPS, birden fazla terapötik amaç için kullanılabilen bir ajan olarak büyük bir umut vaat etmektedir. Bağışıklık uyarıcı etkilere sahip olduğu, sağlıklı bağırsak bakterilerini uyardığı, antioksidan ve antikanserojen aktiviteye sahip olduğu ve daha iyi kardiyovasküler sağlığı ve kilo yönetimi için bir yardımcı olarak çalıştığı yapılan çalışmalarla tespit edilmiştir. Ancak şu anda, çoğu çalışma in vitro düzeyle sınırlı olup ve EPS'lerin sağlığa yararlarını doğrulamak için daha fazla in vivo çalışmaların yapılması gerekecektir. EPS'lerin sağlığa faydalarının in vivo şartlarda kanıtlanmasıyla, onu gıdalarda saflaştırılmış bir bileşen olarak kullanmak için bir EFSA sağlık beyanı almak önemli bir adım olacaktır.

KAYNAKÇA

- Al Kassaa, I., Hober, D., Hamze, M., Chihib, N. E., & Drider, D. (2014). Antiviral potential of lactic acid bacteria and their bacteriocins. *Probiotics and antimicrobial proteins*, 6, 177-185.
- Ayyash, M., Abu-Jdayil, B., Olaimat, A., Esposito, G., Itsaranuwat, P., Osaili, T., et al. (2020). Physicochemical, bioactive and rheological properties of an exopolysaccharide produced by a probiotic *Pediococcus pentosaceus* M41. *Carbohydrate Polymers*, 229, Article 115462.
- Behbahani, B. A., Jooyandeh, H., Vasiee, A., & Zeraatpisheh, F. (2023). Evaluation of anti-yeast metabolites produced by *Lactobacillus* strains and their potential application as bio-preservatives in traditional yogurt drink. *LWT*, 188, 115428.
- Bourebaba, Y., Marycz, K., Mularczyk, M., & Bourebaba, L. (2022). Postbiotics as potential new therapeutic agents for metabolic disorders management. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 153, 113138.
- Caggianiello, G., Kleerebezem, M., & Spano, G. (2016). Exopolysaccharides produced by lactic acid bacteria: from health-promoting benefits to stress tolerance mechanisms. *Applied microbiology and biotechnology*, 100, 3877-3886.
- Chibbar, R., & Dieleman, L. A. (2015). Probiotics in the management of ulcerative colitis. *Journal of clinical gastroenterology*, 49, S50-S55.
- Cuevas-González, P.F., Liceaga, A.M., 2020. Aguilar-Toalá, J.E. Postbiotics and Paraprobiotics: From Concepts to Applications. *Food Res. Int.* 2020, 136, 109502.
- Donot, F., Fontana, A., Baccou, J. C., & Schorr-Galindo, S. (2012). Microbial exopolysaccharides: main examples of synthesis, excretion, genetics and extraction. *Carbohydrate Polymers*, 87(2), 951-962.
- Ejtahed, H. S., Angoorani, P., Soroush, A. R., Atlasi, R., Hasani-Ranjbar, S., Mortazavian, A. M., & Larijani, B. (2019). Probiotics supplementation for the obesity management; A systematic review of animal studies and clinical trials. *Journal of Functional Foods*, 52, 228-242.
- Everard, A., Belzer, C., Geurts, L., Ouwerkerk, J.P., Druart, C., Bindels, L.B., Guiot, Y., Derrien, M., Muccioli, G.G., Delzenne, N.M. (2013). Cross-Talk between *Akkermansia muciniphila* and Intestinal epithelium Controls Diet-Induced Obesity. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 110, 9066–9071.
- Fan, X., Li, X., Du, L., Li, J., Xu, J., Shi, Z. & Pan, D. (2022). The effect of natural plant-based homogenates as additives on the quality of yogurt: A review. *Food Bioscience*, 49, 101953.
- Forde, A.; Fitzgerald, G.F. (1999). Analysis of Exopolysaccharide (EPS) Production Mediated by the Bacteriophage Adsorption Blocking Plasmid, PCI658, Isolated from *Lactococcus lactis* ssp. *Cremoris* HO2 . *Int. Dairy J.*, 9, 465–472.
- Gao, J., Li, X., Zhang, G., Sadiq, F. A., Simal-Gandara, J., Xiao, J., & Sang, Y. (2021). Probiotics in the dairy industry—Advances and opportunities. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 20(4), 3937-3982.
- Hidalgo-Cantabrana, C., López, P., Gueimonde, M., de Los Reyes-Gavilán, C. G., Suárez, A., Margolles, A., & Ruas-Madiedo, P. (2012). Immune modulation capability of exopolysaccharides synthesised by lactic acid bacteria and bifidobacteria. *Probiotics and Antimicrobial Proteins*, 4, 227-237.

- Hongpattarakere, T., Cherntong, N., Wichienchot, S., Kolida, S., Rastall, R.A. (2012). In Vitro Prebiotic Evaluation of Exopolysaccharides Produced by Marine Isolated Lactic Acid Bacteria. *Carbohydr. Polym.*, 87, 846–852.
- Kijmanawat, A., Panburana, P., Reutrakul, S., & Tangshewinsirikul, C. (2019). Effects of probiotic supplements on insulin resistance in gestational diabetes mellitus: A double-blind randomized controlled trial. *Journal of diabetes investigation*, 10(1), 163-170.
- Kitazawa, H., Harata, T., Uemura, J., Saito, T., Kaneko, T., Itoh, T. (1998). Phosphate Group Requirement for Mitogenic Activation of Lymphocytes by an Extracellular Phosphopolysaccharide from *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *Bulgaricus*. *Int. J. Food Microbiol.*, 40, 169–175.
- Li, C., Li, W., Chen, X., Feng, M., Rui, X., Jiang, M., & Dong, M. (2014). Microbiological, physicochemical and rheological properties of fermented soymilk produced with exopolysaccharide (EPS) producing lactic acid bacteria strains. *LWT-Food Science and Technology*, 57(2), 477-485.
- Lim, J., Kale, M., Kim, D.H., Kim, H.S., Chon, J.W., Seo, K.H., Lee, H.G., Yokoyama, W., Kim, H. (2017). Antiobesity Effect of Exopolysaccharides Isolated from Kefir Grains. *J. Agric. Food Chem.*, 65, 10011–10019.
- Lobo, R. E., Gómez, M. I., de Valdez, G. F., & Torino, M. I. (2019). Physicochemical and antioxidant properties of a gastroprotective exopolysaccharide produced by *Streptococcus thermophilus* CRL1190. *Food Hydrocolloids*, 96, 625-633.
- Looijesteijn, P.J., Trapet, L., De Vries, E., Abee, T., Hugenholtz, J. (2012). Physiological Function of Exopolysaccharides Produced by *Lactococcus lactis*. *Int. J. Food Microbiol.* 2001, 64, 71–80. Donot, F.; Fontana, A.; Baccou, J.C.; Schorr-Galindo, S. Microbial Exopolysaccharides: Main Examples of Synthesis, Excretion, Genetics and Extraction. *Carbohydr. Polym.*, 87, 951–962.
- Lynch, K. M., Coffey, A., & Arendt, E. K. (2018). Exopolysaccharide producing lactic acid bacteria: Their techno-functional role and potential application in gluten-free bread products. *Food research international*, 110, 52-61.
- Makino, S., Ikegami, S., Kano, H., Sashihara, T., Sugano, H., Horiuchi, H., Saito, T., Oda, M. (2006). Immunomodulatory Effects of Polysaccharides Produced by *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *Bulgaricus* OLL1073R-1. *J. Dairy Sci.*, 89, 2873–2881.
- Moscovici, M. (2015). Present and future medical applications of microbial exopolysaccharides. *Frontiers in microbiology*, 6, 1012.
- Oak, S. J., & Jha, R. (2019). The effects of probiotics in lactose intolerance: A systematic review. *Critical reviews in food science and nutrition*, 59(11), 1675-1683.
- Paz, D., Aleman, R. S., Cedillos, R., Olson, D. W., Aryana, K., Marcia, J., & Boeneke, C. (2022). Probiotic Characteristics of *Streptococcus thermophilus* and *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus* as Influenced by Carao (*Cassia grandis*). *Fermentation*, 8(10), 499.
- Rahbar Saadat, Y., Yari Khosroushahi, A., Pourghassem Gargari, B. (2019). A Comprehensive Review of Anticancer, Immunomodulatory and Health Beneficial Effects of the Lactic Acid Bacteria Exopolysaccharides. *Carbohydr. Polym.*, 217, 79–89.
- Rajoka, M. S. R., Wu, Y., Mehwish, H. M., Bansal, M., & Zhao, L. (2020). *Lactobacillus* exopolysaccharides: New perspectives on engineering strategies, physiochemical functions, and immunomodulatory effects on host health. *Trends in food science & technology*, 103, 36-48.
- Roberfroid, M.B. (2002). Global View on Functional Foods: European Perspectives. *Br. J. Nutr.*, 88, 133–138.

- Ruas-Madiedo, P., Hugenholtz, J., Zoon, P. (2002). An Overview of the Functionality of Exopolysaccharides Produced by Lactic Acid Bacteria. *Int. Dairy J.*, 12, 163–171.
- Ruijsenaars, H.J., Stingele, F., Hartmans, S. (2000). Biodegradability of Food-Associated Extracellular Polysaccharides. *Curr. Microbiol.*, 40, 194–199.
- Ryan, P.M., Ross, R.P., Fitzgerald, G.F., Caplice, N.M., Stanton, C. (2015). Sugar-Coated: Exopolysaccharide Producing Lactic Acid Bacteria for Food and Human Health Applications. *Food Funct.*, 6, 679–693.
- Saadat, Y. R., Khosroushahi, A. Y., & Gargari, B. P. (2019). A comprehensive review of anticancer, immunomodulatory and health beneficial effects of the lactic acid bacteria exopolysaccharides. *Carbohydrate polymers*, 217, 79-89.
- Salazar, N., Gueimonde, M., Hernández-Barranco, A.M., Ruas-Madiedo, P., De Los Reyes-Gavilán, C.G. (2008). Exopolysaccharides Produced by Intestinal Bifidobacterium Strains Act as Fermentable Substrates for Human Intestinal Bacteria. *Appl. Environ. Microbiol.*, 74, 4737–4745.
- Salminen, S., Collado, M. C., Endo, A., Hill, C., Lebeer, S., Quigley, E. M., ... & Vinderola, G. (2021). The International Scientific Association of Probiotics and Prebiotics (ISAPP) consensus statement on the definition and scope of postbiotics. *Nature Reviews Gastroenterology & Hepatology*, 18(9), 649-667.
- Sivamaruthi, B. S., Kesika, P., Suganthy, N., & Chaiyasut, C. (2019). A review on role of microbiome in obesity and antiobesity properties of probiotic supplements. *BioMed research international*, 2019(1), 3291367.
- Sørensen, H. M., Rochfort, K. D., Maye, S., MacLeod, G., Brabazon, D., Loscher, C., & Freeland, B. (2022). Exopolysaccharides of lactic acid bacteria: production, purification and health benefits towards functional food. *Nutrients*, 14(14), 2938.
- Tok, E. and Aslim, B. (2010). Cholesterol Removal by Some Lactic Acid Bacteria That Can Be Used as Probiotic. *Microbiol. Immunol.*, 54, 257–264.
- Tukenmez, U., Aktas, B., Aslim, B., Yavuz, S. (2019). The Relationship between the Structural Characteristics of Lactobacilli-EPS and Its Ability to Induce Apoptosis in Colon Cancer Cells in Vitro. *Sci. Rep.*, 9, 8268.
- Upadrasta, A., & Madempudi, R. S. (2016). Probiotics and blood pressure: current insights. *Integrated blood pressure control*, 33-42.
- Vargas, L. A., Olson, D. W., & Aryana, K. J. (2015). Whey protein isolate improves acid and bile tolerances of *Streptococcus thermophilus* ST-M5 and *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus* LB-12. *Journal of Dairy Science*, 98(4), 2215-2221.
- Walsh, C.J., Healy, S., O'Toole, P.W., Murphy, E.F., Cotter, P.D. (2020). The Probiotic *L. Casei* LC-XCAL™ Improves Metabolic Health in a Diet-Induced Obesity Mouse Model without Altering the Microbiome. *Gut Microbes*, 12, 1747330.
- Wang, X., Shao, C., Liu, L., Guo, X., Xu, Y., & Lü, X. (2017). Optimization, partial characterization and antioxidant activity of an exopolysaccharide from *Lactobacillus plantarum* KX041. *International Journal of Biological Macromolecules*, 103, 1173-1184.
- Wegh, C.A.M., Geerlings, S.Y., Knol, J., Roeselers, G., Belzer, C. (2019). Postbiotics and Their Potential Applications in Early Life Nutrition and Beyond. *Int. J. Mol. Sci.*, 20, 4673.
- Whelan, K., & Quigley, E. M. (2013). Probiotics in the management of irritable bowel syndrome and inflammatory bowel disease. *Current opinion in gastroenterology*, 29(2), 184-189.

- Zhang, Z., Zhou, Z., Li, Y., Zhou, L., Ding, Q., Xu, L. (2016). Isolated Exopolysaccharides from *Lactobacillus rhamnosus* GG Alleviated Adipogenesis Mediated by TLR2 in Mice. *Sci. Rep.*, 6, 36083.
- Zhou, Y., Cui, Y., and Qu, X. (2019). Exopolysaccharides of lactic acid bacteria: structure, bioactivity and associations: a review. *Carbohydr. Polym.* 207, 317– 332. doi: 10.1016/j.carbpol.2018.11.093
- Zhou, Y., Cui, Y., Suo, C., Wang, Q., & Qu, X. (2021). Structure, physicochemical characterization, and antioxidant activity of the highly arabinose-branched exopolysaccharide EPS-M2 from *Streptococcus thermophilus* CS6. *International Journal of Biological Macromolecules*, 192, 716-727.
- Zhu, Y., Zhou, J.M., Liu, W., Pi, X., Zhou, Q., Li, P., Zhou, T., Gu, Q. (2021). Effects of Exopolysaccharide from *Lactobacillus rhamnosus* on Human Gut Microbiota in in Vitro Fermentation Model. *LWT*, 139, 110524.

**BARRIERS THAT APPEAR DURING THE FORMATION OF COMMUNICATIVE
COMPETENCIES IN FOREIGN LANGUAGE TEACHING AND THEIR
SOLUTIONS**

Mammadzada Raziyya VUGAR

Mingachevir State University

Email:raziyya.mammadzada@mdu.edu.az

Ajdarli Sadaf ELNUR

Mingachevir State University

Email:sadaf.ajdarli@mdu.edu.az

Introduction

Effective communication is vital for building connections and enabling successful interactions in both personal and professional settings. In educational environments, communication plays a key role in shaping the learning process, particularly in the relationship between educators and students. However, various obstacles - such as physical, linguistic, and psychological barriers - can hinder communication, making it difficult to convey ideas and achieve understanding. This article explores these common barriers, especially in classroom settings, and emphasizes the importance of addressing them to promote a more productive and engaging learning atmosphere. Effective communication skills are fundamental to both the maintenance of relationships and the facilitation of successful social interactions. Human behavior, alongside social interactions, is the result of ongoing and effective communication processes that surround us. We continuously engage in communication through actions like listening, speaking, writing, sitting, walking, and even thinking. Consequently, comprehending the surroundings and the obstacles that may hinder the proper transmission or receipt of messages is essential for positive communication with others, both in professional and societal contexts. These obstacles may manifest in several ways and impede communication, ultimately resulting in misunderstandings and confrontations. During communication, parties may encounter disputes or conflicts, which adversely impact the engagement. Therefore, a communication barrier is any circumstance that hinders the intended message between the sender and recipient. In essence, these obstacles hinder the process, obstructing the accurate comprehension of the information.

Blocking or adversely interfering with the message that a person intends to deliver is often the result of communication obstacles, which may take many different forms. Indeed, we have discovered a significant number of obstacles that have the potential to obstruct successful communication. The primary cause of communication obstacles is the incomplete understanding of the sender's intended message. Moreover, every single one of these different kinds of communication obstacles has the potential to appear at any point in the communication process [3, 60].

The communication that takes place in a classroom environment serves to facilitate the learning process, either between the instructor and the students or amongst the students themselves. They cultivate communication to efficiently and effectively achieve any set

educational goals. Thus, established communication has a direct impact on the learning process and the standard of education provided in the classroom. Language serves as a communication tool that fosters connections between students in the classroom. Specifically, the sender, recipient, message, classroom setting, and feedback all affect how well students communicate in the classroom. Unfortunately, these elements may make it difficult for students to communicate effectively. Therefore, it is crucial for teachers to understand these obstacles and their potential solutions in order to reduce communication barriers and enhance factors that positively influence communication.

In any educational setting, educators function as communicators, employing a range of verbal and nonverbal strategies to impart information, knowledge, and instructions. Effective communication encourages a conducive environment within the educational setting. When we meet the objectives of communication, we facilitate and carry out the learning experience. Furthermore, successful collaboration between students and educators leads to favorable outcomes in the communication process. Fundamental principles such as clarity, adequacy, honesty, attentiveness, consistency, and the incorporation of feedback govern effective communication. By following these principles, one can develop effective communication within the classroom setting. The efficiency of the communication process remains valid when messages retain their clarity and accurately reflect the intended meaning. However, in instances where anticipated outcomes remain unfulfilled, educators must discern the underlying causes of challenges and obstacles. In fact, the presence of these barriers has the potential to distort the conveyed message throughout each phase of the communication process.

Knowing general communication barriers and understanding how they affect the communication process is crucial. Indeed, one of the simplest ways to improve the communication process is to eliminate these barriers. The following are some of the most common communication barriers:

Physical Barriers: Physical barriers refer to the disruption of the communication process due to physical factors. Conditions such as an excessively cold or hot classroom environment and uncomfortable seating contribute to physical barriers. Consequently, when students feel uncomfortable, their attention can easily wane. If the interaction between the teacher and students is successful and occurs in a physically comfortable setting, the classroom becomes an effective learning environment where the teacher can efficiently achieve their goals. Additionally, in classrooms, noise from various sources, ecological and physical disturbances, attention-distracting factors, and inadequate lighting, seating, and acoustics can be considered physical barriers to the communication process. Moreover, another barrier to communication is the improper functioning of the chosen media. Today, we use media as a tool to deliver messages. The clarity and understanding of the message will suffer if we do not select the media appropriately based on the student's context and the communication goals.

Noise is one of the physical disturbances that hinder the communication process, caused by a group of people. When individuals communicate in crowded spaces and engage in dialogue to convey a message or interact on a topic, such conditions can obstruct communication. In practice, the noise can prevent the receiver from correctly understanding the essence of the message. For instance, in a noisy classroom, students' responses to the teacher's question may impede the teacher's comprehension of the message. Therefore, participants in the

communication process should avoid noise in order to eliminate barriers to effective communication [4, 28].

Linguistic barriers: Language serves as a tool for interaction and communication in the classroom. While classrooms' physical attributes are appropriate, the communication process may fail if the language used by teachers is not effective in conveying information. Linguistic barriers that arise in classroom settings include teachers' overuse of idioms, figurative expressions, unclear symbols or graphics, and inappropriate body language, as well as students' poor speaking, comprehension, and listening skills, as well as the large linguistic gap between the teacher and students.

The following components can be used to explain linguistic barriers:

Word choice. Before conveying a message, the sender must carefully consider the words they choose to describe something. The language used by someone to express agreement with an idea could be interpreted as sarcasm. While communicating, speakers should avoid using ambiguous words, homonyms, homographs, and homophones, as they can cause confusion in understanding the message. As a result, the message may not reach the receiver as intended, creating a language barrier.

Intonation. Verbal communication employs an appropriate intonation pattern, which both sender and receiver must be aware of. If they do not understand the intonation, the message may not be given correctly. This, in turn, might lead to misunderstanding and conflict among the listeners. Consequently, intonation can act as an obstacle between communicators [4, 29].

Linguistic barriers are commonly seen in many classrooms, hindering the development of students' communication skills. To address this challenge, it is essential to create an environment where students feel at ease and can express their full potential. Such an environment will also encourage students to engage in discussions on various topics. By implementing these conditions, some issues contributing to linguistic barriers can be resolved. In most circumstances, teachers repeatedly correct students' mistakes and often highlight improper word choices. When addressing error correction and helping students overcome their fear of making mistakes, teachers should take into account each student's psychological features. Some mistakes should be corrected while the student is speaking, while others are better addressed once the student has finished expressing their thoughts.

Students learning a foreign language frequently complicate their communication by using improper vocabulary and incorrect grammatical structures, making it harder for the listeners to comprehend the message. In foreign language classes, the teacher should also assist students in selecting appropriate words and employing effective intonation to convey their ideas as intended.

Psychological barriers: The term "psychological barriers" refers to a person's mental state, including beliefs, attitudes, awareness, emotions, and other factors that greatly influence communication. The psychological condition of communicators significantly impacts how they interact, and this is particularly evident in classroom settings. If a student's emotional well-being is compromised, their ability to communicate effectively may be hindered. When a student's thoughts are distracted or preoccupied during a conversation with a teacher, they may

struggle to convey their message clearly, focus on what others are saying, understand the content accurately, or respond appropriately. As a result, the communication process faces difficulties and loses its effectiveness.

The following points can be highlighted regarding psychological barriers that hinder the development of communication.

Anxiety. The anxiety experienced by students is one of the main emotional reasons for the barriers that arise in communication. If a student feels anxious and is not confident in their thoughts, their likelihood of communicating decreases. This issue frequently arises when a student does not grasp what teacher means. Students with anxiety avoid participating in group discussions because they do not want to be the center of attention and are concerned about what others will think.

Lack of motivation. Foreign language students should be encouraged to engage in the communication process to develop their communicative skills. Motivation is one of the most important elements in learning a foreign language. Motivation is one of the factors that influence success or failure in learning a language, especially a foreign language. If students approach the learning process with reluctance, their competence will develop slowly. Making mistakes while learning any language is a natural process, but it poses a threat to students' egos, and they think they won't be able to speak fluently in a foreign language.

To overcome psychological barriers, teachers should cultivate a classroom environment that encourages active participation and motivates students in their learning journey. Utilizing various audio-visual materials and communication technologies can help spark students' interest in the subject matter. Given the diverse characteristics of students in a classroom, employing a range of media will enhance the communication process's effectiveness. This approach also helps create a shared experiential background among students. When selecting materials, teachers can tailor the content to meet the students' needs, interests, and socio-economic contexts, presenting it in innovative ways. It's essential, however, to consider students' prior knowledge of the topic during this process.

Conclusion

The analysis of the discussed points underscores that the effectiveness of classroom teaching and learning is heavily reliant on the quality and consistency of communication. Communication serves as the backbone of any successful learning environment, influencing how information is transmitted, understood, and applied by both teachers and students. However, this critical communication process can be significantly hindered by various barriers—whether physical, psychological, or linguistic—which may occur at any stage of the communication cycle. These barriers not only obstruct the flow of information but also impair the overall classroom dynamic, leading to misunderstandings, reduced engagement, and missed educational objectives.

Physical barriers, such as uncomfortable classroom conditions or environmental distractions, can diminish students' ability to focus, making it challenging to engage with the material or participate actively in discussions. Psychological barriers, including anxiety, lack of motivation, or emotional distress, further complicate the communication process, as students

may be reluctant to express their thoughts or interact confidently. Similarly, linguistic barriers—ranging from language proficiency issues to the misuse of symbols or intonation—can prevent students from fully grasping the content or from effectively sharing their perspectives.

Given the profound impact of these barriers, it is essential for educators to be proactive in identifying the specific challenges their students face. Teachers should employ diverse strategies to minimize or eliminate these obstacles, whether by adjusting the classroom environment providing emotional support, or using clearer language tailored to the student's comprehension levels. By continuously refining their communication methods, educators can create a more inclusive and responsive learning environment, where all students have the opportunity to succeed.

Ultimately, successful communication in the classroom is achieved through the ongoing effort to reduce the negative effects of barriers to the greatest extent possible. When these barriers are minimized, the transmission of messages becomes more effective, leading to better learning outcomes, enhanced student participation, and a more harmonious educational experience. Therefore, addressing communication barriers is not merely a matter of improving dialogue but is fundamental to the overall success of the teaching and learning process.

Reference.

1. M.Ə.Həmzəyev, S.F.Əmiraslanova. Ünsiyyətin psixologiyası. Bakı. 2007. 230
2. Fred C. Lunenburg. Communication: The Process, Barriers, And Improving Effectiveness. Sam Houston State University. Schooling volume1, number1, 2010. 11
3. M. Gernjit Darnish, Murugan Ramu. A study on the barriers on the effective communication. International journal of pure and applied mathematics volume119, number17, 2018, 57-69
4. Mudasir Ahmed Gori, Shah Alam. Integrated skills in English-I. Maulana Azad National Urdu University, Hyderabad, 2021, 370
5. https://www.academia.edu/34850866/barriers_of_communication_2_pdf

**PLASMA LEVELS OF CTRP6 IN VARIOUS PHENOTYPES OF IRANIAN
POLYCYSTIC OVARY SYNDROME WOMEN**

Dr. Akram Vatannejad*(ORCID:0000-0002-8202-7914)

University of Tehran, Faculty of Veterinary Medicine, Department of Comparative
Biosciences, Tehran, Iran.

Email:vatannejad@ut.ac.ir

Dr. Asma Kheirollahi (ORCID:0000-0002-5976-3892)

University of Tehran, Faculty of Veterinary Medicine, Department of Comparative
Biosciences, Tehran, Iran.

Email:Kheirollahi_asma@ut.ac.ir

Dr. Asie Sadeghi (ORCID:0000-0001-5241-9856)

Department of Clinical Biochemistry, Faculty of Medicine, Kerman
University of Medical Sciences, Kerman, Iran

Email:asiesadeghi@gmail.com

Abstract

Women with polycystic ovary syndrome (PCOS) suffer from complex endocrine disorders that are influenced by inflammation and oxidative stress. These factors can exacerbate insulin resistance, metabolic disturbances, ovarian dysfunction, and impaired folliculogenesis in PCOS women. CTRP6 (C1q/TNF-related protein 6) is a protein involved in metabolic regulation and inflammation. In women with PCOS, CTRP6 may serve as a biological marker for assessing metabolic and inflammatory status. However, it has not yet been evaluated in different phenotypes of PCOS. In this study, a total of 76 women diagnosed with PCOS based on the Rotterdam criteria were enrolled. Participants were categorized into different PCOS phenotypes: A, B, and C. Blood samples were collected from each participant after an overnight fast to measure the levels of CTRP6 using the ELISA method as well as biochemical parameters. Our study did not show a significant difference in the levels of CTRP6 among the various phenotypes of PCOS. The results indicated a significant direct association between FBS and BMI with CTRP6 levels in sub-phenotype A; however, this correlation was not found in the other phenotypes. Although metabolic parameters did not reach significance levels across the different phenotypes of PCOS, further research in larger population is needed to better understand the role of CTRP6 in the pathophysiology of PCOS phenotypes and its potential as a therapeutic target or biological marker in these patients.

Keywords: CTRP6; Polycystic ovary syndrome; PCOS phenotypes; insulin resistance

Introduction

Polycystic Ovary Syndrome (PCOS) is a common endocrine disorder diagnosed based on the presence of at least two of the following three criteria: polycystic ovaries (PCO), oligo-anovulation (OA), and hyperandrogenism (HA) (1). Different phenotypes of the disease are classified according to the specific criteria that patients exhibit. The classifications are as follows: Phenotype A (HA, OA, PCO morphology), Phenotype B (HA, OA), Phenotype C (HA, PCO morphology), Phenotype D (OD, PCO) (2). PCOS is also recognized as a metabolic disease, with obesity, insulin resistance, and hypertension frequently observed in affected patients (3).

CTRP6, a member of the CTRP (C1q/TNF-related protein) family, is implicated in metabolic processes, inflammatory responses, and cell growth. Its implications have been reported in several diseases, including obesity(4), cardiovascular diseases(5), and cancer (6). In women with PCOS, CTRP6 may serve as a biological marker for assessing metabolic and inflammatory status (7). Given the variations among different phenotypes, it is essential to investigate the pathological mechanisms associated with each phenotype to personalize diagnostic and therapeutic approaches. In this study, plasma levels of CTRP6 were assessed in women with various phenotypes of polycystic ovary syndrome in Iranian women.

Material and Methods

The study included 76 women diagnosed with PCOS according to the Rotterdam criteria, categorized into different PCOS phenotypes: A, B, and C. Exclusion criteria comprised current pregnancy, cardiovascular diseases, diabetes mellitus, metabolic disorders, and hypertension. BMI was calculated using the formula: weight (kg) / height² (m). After a 12-hour fasting period, blood samples were collected to measure CTRP6 levels along with other parameters. Fasting blood glucose (FBG) in the samples was tested using a colorimetric method. Fasting insulin and testosterone levels were assessed using ELISA kits (Pishtaz Teb, Iran). CTRP6 serum levels were measured using ELISA kit from Aviscera Bioscience Inc.

The Shapiro-Wilk test was utilized to assess whether the data followed a normal distribution. For data that met the normality assumption, Independent T test. The association between serum CTRP6 levels and hormonal and biochemical variables in the subtypes was assessed using Pearson correlation test. A p-value of less than 0.05 was considered statistically significant.

Results

Table 1 displays the levels of CTRP6 and hormonal parameters across different phenotypes of PCOS. Due to the presence of only two patients with phenotype B, this group was excluded from the statistical analysis. Phenotypes A and C did not show significant differences in terms of age and BMI. Additionally, insulin and free testosterone levels did not exhibit significant differences. However, fasting blood sugar (FBS) levels showed a significant difference between phenotypes A and C, with values of 90.69 ± 9.74 mg/dL and 86.09 ± 7.14 mg/dL, respectively. The levels of CTRP6 did not differ significantly between the various phenotypes A and C of PCOS.

The results of the Pearson correlation analyses (Table 2) revealed a significant direct correlation between plasma levels of FBS and BMI with CTRP6 in Phenotype A, only ($r=0.372$, $P < 0.05$, and $r = 0.343$, $P < 0.05$, respectively). Other parameters, including age, insulin, and free testosterone, did not show any correlation with CTRP6.

Table 1. Biochemical and hormonal parameters among different phenotypes of PCOS.

Parameters	PCOS Phenotypes			P-value
	A (n=51)	B (n=2)	C (n=23)	
Age (year)	29.83±3.91	27.4±6.42	30.03±3.24	NS
BMI (kg/m ²)	26.06±3.44	24.51±2.77	25.52±3.22	NS
FBS (mg/dL)	90.69±9.74	91.6±7.53	86.09±7.14	0.009
Insulin (μU/mL)	5.03±3.32	4.13±1.23	5.7±3.62	NS
Free Testosterone (pg/mL)	3.18±1.13	2.99±1.22	3.17±1.3	NS
CTRP6 (ng/ml)	514.54±128.74	328.35±232.18	512.02±129.26	NS

BMI: body mass index, FBS: Fasting Blood Sugar, CTRP6: C1q/TNF-related protein 6

Table 2. Association between CTRP6 levels and biochemical and hormonal parameters in different phenotypes of PCOS.

Parameters	CTRP6 (ng/ml)	
	Phenotype-A	Phenotype-C
Age (year)	0.251	0.148
BMI (kg/m ²)	0.343*	0.4
FBS (mg/dL)	0.372*	0.358
Insulin (μU/mL)	0.235	-0.215
Free Testosterone (pg/mL)	-0.152	0.009

Pearson correlation analyses were performed to determine if an association exists between the variables.

* $P < 0.05$

Discussion

CTRP6 is an adipokine that plays a role in the regulation of lipid metabolism, glucose levels, inflammation, and insulin sensitivity (8). Dysregulation of CTRP6 has been reported in metabolic diseases such as obesity (4), diabetes (9), and cardiovascular disorders (10). However, there are currently no studies investigating plasma CTRP6 levels in women with different phenotypes of PCOS. This study showed that there is no difference in CTRP6 levels among phenotype A and C of PCOS.

Different phenotypes of PCOS exhibit metabolic, hormonal, and clinical variations, leading to distinct responses to treatment. Current study in line with previous studies have reported that phenotype A, often referred to as full-blown PCOS, is the most prevalent phenotype and tends to be more severe than the others (11-13). Patients with this phenotype show a higher prevalence

of metabolic syndrome, insulin resistance, obesity, and lipid disorders compared to other phenotypes. Consequently, individuals with phenotype A face an increased risk of adverse metabolic and cardiovascular complications. Furthermore, they are more likely to experience clomiphene resistance, which can complicate treatment options for infertility (11).

Studies have shown that CTRP levels vary among patients with PCOS, indicating a role for CTRPs in the pathophysiology of the condition (7, 14, 15). However, unexpectedly, plasma CTRP6 levels did not show a significant difference between phenotypes A and C. One possible reason for this finding is the small sample size of the present study, which is a major limitation. It is suggested that this research be repeated with larger sample sizes to confirm the results.

The results of the correlation analysis revealed a direct correlation between FBS and BMI with CTRP6 levels, but this was observed only in phenotype A. our findings aligns with a study conducted by Sachdeva indicated that a higher prevalence of obesity and BMI in phenotype A (11). Additionally, circulating CTRP6 levels are higher in overweight or obese individuals compared to healthy individuals (4), suggesting that obesity and increased fat tissue lead to greater production of CTRP6 in various tissues specialt fat tissue. A study by Lei also found that CTRP6 mRNA levels in both subcutaneous and omental fat depots were positively associated with BMI (16).

In conclusion, our analysis highlights the significant relationship between FBS and BMI with CTRP6 levels, particularly in phenotype A of PCOS. These findings suggest a need for further research to investigate the mechanisms through which CTRP6 impacts metabolic outcomes across various phenotypes of PCOS.

References:

1. Dason ES, Koshkina O, Chan C, Sobel M. Diagnosis and management of polycystic ovarian syndrome. *CMAJ*. 2024;196(3):E85-E94.
2. Mumusoglu S, Yildiz BO. Polycystic ovary syndrome phenotypes and prevalence: differential impact of diagnostic criteria and clinical versus unselected population. *Current Opinion in Endocrine and Metabolic Research*. 2020;12:66-71.
3. Sanchez-Garrido MA, Tena-Sempere M. Metabolic dysfunction in polycystic ovary syndrome: Pathogenic role of androgen excess and potential therapeutic strategies. *Molecular metabolism*. 2020;35:100937.
4. Liao X, Liu S, Tang X, Yang D, Liu H, Gao L, et al. Circulating CTRP6 levels are increased in overweight or obese Chinese individuals and associated with insulin resistance parameters: a pilot study. *Experimental and Clinical Endocrinology & Diabetes*. 2021;129(07):535-41.
5. Li M, Zhou S, Feng Z, Zhang C. Role of C1q/TNF-Related Protein 6 for the Evaluation of Coronary Heart Disease Associated with Type 2 Diabetes. *Therapeutics and Clinical Risk Management*. 2024:289-96.
6. Hu B, Qian X, Qian P, Xu G, Jin X, Chen D, et al. Advances in the functions of CTRP6 in the development and progression of the malignancy. *Frontiers in Genetics*. 2022;13:985077.
7. Sadeghi A, Fadaei R, Moradi N, Fouani FZ, Roozbehkia M, Zandieh Z, et al. Circulating levels of C1q/TNF- α -related protein 6 (CTRP6) in polycystic ovary syndrome. *Iubmb Life*. 2020;72(7):1449-59.
8. Wang Y-J, Zhao J-L, Lau WB, Liu J, Guo R, Ma X-L. Adipose tissue-derived cytokines, CTRPs as biomarkers and therapeutic targets in metabolism and the cardiovascular system. *Vessel Plus*. 2017;1:202-12.
9. LI J, LIU M, QI X, WANG Y, RAN L, HONG T, et al. Relationship between serum CTRP6 level and insulin resistance in patients with newly diagnosed type 2 diabetes mellitus. *Chinese Journal of Endocrinology and Metabolism*. 2019:843-7.
10. Tabatabaei Sa, Fadaei R, Moradi N, Farrokhi V, Vatannejad A, Afrisham R, et al. Circulating levels of C1q/TNF- α -related protein 6 (CTRP6) in coronary artery disease and its correlation with inflammatory markers. *Journal of Diabetes & Metabolic Disorders*. 2024:1-9.
11. Sachdeva G, Gainer S, Suri V, Sachdeva N, Chopra S. Comparison of the different PCOS phenotypes based on clinical metabolic, and hormonal profile, and their response to clomiphene. *Indian journal of endocrinology and metabolism*. 2019;23(3):326-31.
12. Głuszak O, Stopińska-Głuszak U, Glinicki P, Kapuścińska R, Snochowska H, Zgliczyński W, et al. Phenotype and metabolic disorders in polycystic ovary syndrome. *International Scholarly Research Notices*. 2012;2012(1):569862.
13. Elsayed AM, Al-Kaabi LS, Al-Abdulla NM, Al-Kuwari MS, Al-Mulla AA, Al-Shamari RS, et al. Clinical phenotypes of PCOS: A cross-sectional study. *Reproductive Sciences*. 2023;30(11):3261-72.
14. Çalan M, Alan M, Alarslan P, Kocabaş GÜ, Bozkaya G, Acara AÇ, et al. Association of decreased C1q/tumor necrosis factor-related protein-5 levels with metabolic and hormonal disturbance in polycystic ovary syndrome. *Journal of the Turkish German Gynecological Association*. 2019;20(2):89.

15. Shanaki M, Moradi N, Fadaei R, Zandieh Z, Shabani P, Vatannejad A. Lower circulating levels of CTRP12 and CTRP13 in polycystic ovarian syndrome: Irrespective of obesity. *PloS one*. 2018;13(12):e0208059.
16. Lei X, Seldin MM, Little HC, Choy N, Klonisch T, Wong GW. C1q/TNF-related protein 6 (CTRP6) links obesity to adipose tissue inflammation and insulin resistance. *Journal of Biological Chemistry*. 2017;292(36):14836-50.

**EKMEKLİK BUĞDAY (triticum aestivum L.) M₄ POPULASYONLARININ BAZI
MORFOLOJİK VE AGRONOMİK ÖZELLİKLERİNDEKİ DEĞİŞİMLERİN
BELİRLENMESİ**

Zir. Yük. Müh. Uğur Barkın BAKAR (ORCID:0000-0003-4712-5858)
Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı,
Tekirdağ
Email:barkinbakar@hotmail.com

Prof. Dr. Oğuz BİLGİN (ORCID:0000-0002-4338-9912)
Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Tekirdağ
Email:obilgin@nku.edu.tr

Arş. Gör. Dr. Damla BALABAN GÖÇMEN*(ORCID:0000-0002-3980-3906)
Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Tekirdağ
Email:dgocmen@nku.edu.tr

Doç. Dr. Alpay BALKAN (ORCID:0000-0002-9203-6144)
Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Tekirdağ
Email:abalkan@nku.edu.tr

Prof. Dr. İsmet BAŞER (ORCID:0000-0002-5770-0118)
Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Tekirdağ
Email:ibaser@nku.edu.tr

Özet

Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü Uygulama ve Araştırma Alanında 2019-2020 yetiştirme döneminde yürütülen bu çalışma; tesadüf blokları deneme desenine göre 4 tekrarlamalı olarak kurulmuş ve materyal olarak 5 adet farklı ekmeklik buğday ticari çeşidi anaç olarak seçilmiş, bu çeşitlerin ⁶⁰Co kaynağından 4 farklı gama dozu (100, 200, 300 ve 400 Gy) uygulaması ile elde edilmiş olan 20 adet M₄ populasyonu ve gama ışını uygulanmayan kontrol olmak üzere 5 adet M₀ ile birlikte toplam 25 mutant populasyonu kullanılmıştır. Araştırmada mutant bitkiler kontrol anaçları ile birlikte; bitki boyu, başak uzunluğu, başakta tane sayısı, başakta tane ağırlığı, bin tane ağırlığı, tane verimi, protein oranı, yaş gluten oranı ve Zeleny sedimantasyon oranı gibi morfolojik ve kalite özellikleri açısından değerlendirilmiştir. Uygulanan gama ışını dozlarının araştırmada incelenen tüm özellikler üzerinde genotipe, uygulanan dozun miktarına ve genotip x doz interaksyonuna göre değişebilen etkilerinin olduğu saptanmıştır. Genel olarak mutasyonun karakterler üzerindeki etkisi değerlendirildiğinde; gama ışını uygulamasının bitki boyunda, başak uzunluğunda, başakta tane ağırlığında, protein oranında, yaş gluten oranında, Zeleny sedimantasyon değerinde artışa neden olduğu görülürken bin tane ağırlığında ve tane veriminde azalmaya neden olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Ekmeklik Buğday, Mutasyon, Gama Işını, Tane Verimi.

**DETERMINATION OF CHANGES IN SOME MORPHOLOGICAL AND
AGRONOMIC CHARACTERISTICS IN BREAD WHEAT (*triticum aestivum* L.) M₄
POPULATIONS**

Abstract

This research was carried out in the experimental and research area of Department of Field Crops, Faculty of Agriculture, University of Tekirdağ Namık Kemal in 2019-2020. This study was set up in a randomized block design with 4 replications. As material, 5 different commercial bread wheat cultivars were selected as rootstock. A total of 25 mutant populations were used, including 20 M₄ populations obtained from ⁶⁰Co source of these selected cultivars by applying 4 different gamma doses (100, 200, 300 and 400 Gy) and 5 M₀ populations, as a control without gamma irradiation. In the study, mutant plants together with the control check were evaluated for morphological and quality characteristics such as plant height, spike length, grain number per spike, grain weight per spike, thousand grain weight, grain yield, grain protein content, wet gluten content and Zeleny sedimentation value in field conditions. It was determined that the applied gamma-ray doses had varying effects on all the characteristics examined in the study, depending on the genotype, the amount of the applied dose, and the genotype x dose amount interaction. In general, when the effect of mutation on the characters is evaluated; It was observed that gamma ray application caused an increase in plant height, spike length, grain weight per spike, grain protein content, wet gluten content, Zeleny sedimentation value, while it caused a decrease in the thousand grain weight and grain yield. In addition, it has been observed that it causes increases and decreases for the number of grains per spike, which varies according to the variety.

Keywords: Bread Wheat, Mutation, Gama Rays, Grain Yield.

1. GİRİŞ

Tahıllar insanlığın yerleşik hayata geçip geleneksel tarıma başladığından beri en çok üretilen ve tüketilen tarımsal ürün gruplarından biri olmuştur. Buğday, dünya tahıl üretiminin yaklaşık %30'u ve dünya hububat ticaretinin %50'si ile en büyük katkıyı sağlayan üründür (Akter ve Rafiqul Islam, 2017). Her yıl yaklaşık 750 milyon ton üretimle, 220 milyon hektarı kapsayan ekim alanıyla ve günlük alınan kalorinin %15'ini sağlaması ile buğday, dünya çapında en çok tüketilen tahıllar arasındadır (Balfourier vd., 2019). FAO'nun tahminine göre, dünya, mevcut 642 milyon tonluk üretim seviyesinden 2050 yılına kadar yaklaşık 840 milyon ton buğdaya ihtiyaç duyacaktır. Bu talep, hayvan yemi ihtiyacını ve iklim değişikliğinin buğday üretimi üzerindeki olumsuz etkilerini hariç tutmaktadır. Bu talebi karşılamak için gelişmekte olan ülkelerin buğday üretimlerini %77 oranında artırmaları ve gelecekteki talepleri karşılamak için 2050 yılına kadar dünyanın ilave 198 milyon ton buğdaya ihtiyaç duyacağı tahmin ediliyor (Sharma vd., 2015). Üretim artışını gerçekleştirmenin çeşitli yol ve yöntemleri vardır. Bunlar, üretim alanlarının genişletilmesi, yetiştirme tekniklerinin iyileştirilmesi ve birim alan veriminin artırılmasıdır. Bu artışın üstesinden gelebilmek için alınması gereken önlemler arasında en gerçekçi olanı birim alan veriminin artırılmasıdır.

Bitkisel üretimde istenilen miktarda üretim artışını sağlayabilmek amacıyla yapılacak çalışmaların başında, yüksek verim potansiyeli olan, yetiştirme şartlarına uyum gösteren, kalite özellikleri yönünden iyi, hastalık ve zararlılara karşı dayanıklı yeni çeşitlerin elde edilmesi, üretimdeki çeşitlerin geliştirilmesi ve yaygınlaştırılması gelmektedir (Sirat ve Sezer, 2009). Bu da ancak yoğun, etkin ıslah programları sayesinde başarılabilir. Yeni çeşitlerin elde edilmesi amacıyla yapılacak ıslah çalışmalarında bugüne kadar uygulanan ıslah yöntemlerinin başında melezleme tekniğinin geldiği bilinmektedir. Geleneksel ıslah teknikleri, hızla değişen bir ortamda çeşit gelişimi için kritik bir darboğaz oluşturan yeterli genetik varyasyonu oluşturmak için nispeten uzun bir süre gerektirir (Shivakumar vd., 2018). Böylece, mutasyon ıslahı gibi hızlı bir metot, geleneksel ıslah metotlarını tamamlamak için kullanılabilir. Mutasyon ıslahı, geleneksel ıslah işe yaramadığında bitki özelliklerinin geliştirilmesinde, istenen özellikler resesif olduğunda veya ticari bir çeşitte başka bir ya da iki karakteri iyileştirmede (Van Harten, 1998; Ahloowalia ve Maluszynski, 2001) uygun bir seçenek haline gelmiştir. Günümüzde, Dünya'da 75 ülkede 233 bitki türünde toplam 3.401 mutant çeşit doğrudan veya dolaylı olarak mutasyonlar ile geliştirilmiştir (IAEA, 2022). En fazla mutant çeşit sırasıyla Çin (835), Japonya (505), Hindistan (348), Rusya (216), Hollanda (176) ve Almanya (171)'de tescil edilmiştir. Ülkemizde ise farklı bitki türlerinde toplam 15 mutant çeşit tescil edilmiştir (IAEA, 2022). Fiziksel mutajenler, kimyasal mutajenlere (%11) oranla mutant çeşitleri geliştirmede %78 oranında daha yoğun olarak kullanılan metot olmuştur (IAEA, 2022). Fiziksel mutajenlerin içinde gama ışınları ile ışınlama, radyasyonun fizyolojik ve genetik varyabilite üretmedeki etki mekanizmasının anlaşılmasına ilişkin bilgi sağlayabilmesi nedeniyle kantitatif karakterlerde yararlı varyasyon üretmek için doğrudan kullanılmıştır (Brock, 1970). Dünyadaki mutasyon ıslahındaki gelişmeler göz önüne alındığında maalesef ülkemizde henüz mutasyonla geliştirilmiş ticari buğday çeşidi bulunmamaktadır. Mutasyon uygulamasının bitki ıslahı yöntemi olarak uygulanabilir, sürdürülebilir, esnek, kuralsız, tehlikeli olmayan, çevresel olarak kabul edilebilir, son derece etkin ve düşük maliyetli bir teknoloji olduğu göz önünde alındığında (Kainthura ve Srivastava, 2015), ülkemizde de buğday ıslah programlarında mutasyon tekniğinin daha etkin bir şekilde kullanılması gerekmektedir. Gama ışınlaması yardımıyla mutasyon ıslahı programına göre geliştirilmiş olan M₄ generasyonundaki mutant populasyonlarının genetik varyabilitelerinin belirlenmesi, uygun varyabiliteye sahip

populasyonlar içinde seleksiyon yapılarak ülkemizde henüz geliştirilmeyen mutant buğday çeşidi geliştirilebilmesi için mutant ekmeklik buğday ileri hatlarının oluşturulması ve özelde bölge genelde de ülke buğday ıslahı çalışmalarına sağlayacağı katkılar açısından önemli bir çalışma niteliğindedir.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

Mutasyon ıslahında ilk aşama, mutasyon için en iyi anacı seçmektir. Anaç seçimi ıslah amaçlarına bağlıdır (Seneviratne ve Wijesundara, 2007). Genellikle ticari çeşitlerin seçilmesi daha doğru olduğu için (Madry vd., 1984), Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Tekirdağ Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü tarafından geliştirilmiş olan NKÜ Lider ve NKÜ Ergene ile Trakya Bölgesinde farklı dönemlerde tarımı yapılmış olan 3 adet eski ekmeklik buğday çeşidi (Tekirdağ, Flamura 80 ve Flamura 85) olmak üzere toplam 5 adet farklı ekmeklik buğday ticari çeşidi anaç olarak seçilmiş, bu çeşitlerin ⁶⁰Co kaynağından 4 farklı gama dozu (100, 200, 300 ve 400 Gy) uygulaması ile elde edilmiş olan 20 adet M₄ populasyonu ve gama ışını uygulanmayan kontrol olmak üzere 5 adet M₀ ile birlikte toplam 25 mutant populasyonu bu çalışmada materyal olarak kullanılmıştır.

2.1. Denemenin Kurulması ve Yönetilmesi

Deneme, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Araştırma ve Uygulama Alanı'nda (40° 59' N, 27° 34' E, 10 L), tesadüf blokları deneme desenine göre 19.11.2019 tarihinde 500 tohum/m² ekim sıklığı olacak şekilde, 2 metre uzunluğunda 4 sıradan oluşan ve sıra arası açıklıkları 20 cm olan parsellere 4 tekrarlamalı olarak elle ekilmiştir. Denemede, ekim ile birlikte 4 kg/da saf azot ve 4 kg/da saf fosfor olacak şekilde 20.20.0 kompoze gübresi, kardeşlenme döneminde 9,2 kg/da saf azot olacak şekilde üre gübresi (%46 azot) ve sapa kalkma döneminde 3,9 kg/da saf azot olacak şekilde kalsiyum amonyum nitrat gübresi (%26 azot) uygulanmıştır. Deneme alanında görülen yabancı otlara karşı kimyasal ilaçlama yapılmıştır. Deneme, 18.07.2020 tarihinde HEGE 160 parsel biçerdöveri ile hasat edilmiştir.

2.2. Araştırma Yerinin Toprak ve İklim Özellikleri

Yapılan analiz sonucunda deneme yeri toprağının tınlı yapıda, pH' sı nötr, organik madde içeriği az, az kireçli, azot yönünden zayıf, fosfor, kalsiyum, magnezyum, potasyum ve mangan bakımından yeterli, demir içeriği yönünden yüksek ve çinko içeriği olarak az sınıfta yer aldığı sonucuna varılmıştır. Denemenin yürütüldüğü Tekirdağ ilinin yetiştirme dönemi toplam yağış miktarı 388,6 mm, uzun yıllar ortalama toplam yağış miktarı ise 510,5 mm olmuştur. Denemenin yürütüldüğü dönemdeki toplam yağış miktarının uzun yıllar ortalamasının çok altında olduğu görülmektedir. Denemenin yürütüldüğü dönemdeki sıcaklık verileri incelendiğinde; sıcaklığın en yüksek olduğu dönem Haziran ayı (25,1 °C) ve sıcaklığın en düşük olduğu dönem Ocak ayı (2,9 °C) olmuştur.

2.3. Deneme Verilerinin Elde edilmesi ve Değerlendirmesi

Araştırmada tane verimi, bitki boyu, başak uzunluğu, başakta tane sayısı, başakta tane ağırlığı gibi verim unsurları ile bin tane ağırlığı, protein oranı (Anonim 1990), yaş gluten oranı (Anonim 1994), Zeleny sedimantasyon oranı (Anonim 1981) gibi kalite özellikleri açısından değerlendirmeler yapılmıştır. Denemeden elde edilen veriler, Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü'nde Açıkgoz vd. (1994) tarafından geliştirilen Tarist İstatistik Paket Programı yardımı ile tesadüf blokları deneme desenine göre, varyans analizine tabii tutulmuştur. Ayrıca, her bir genotipin incelenen her karakteri için farklı gama ışınlaması ile elde edilen populasyon ortalama değerlerin kontrollerine oranla değişimlerinin önemli olup olmadığının kontrolü t-testi ile yapılmıştır.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Araştırmada incelenen özellikler için gerçekleştirilen varyans analiz sonuçlarına göre bitki boyu, başak uzunluğu, başakta tane sayısı, bin tane ağırlığı, tane verimi, protein oranı ve Zeleny sedimantasyon değeri için genotip, mutasyon dozu ve genotip x mutasyon dozu interaksiyon ortalamaları arasında farklılıklar önemli iken başakta tane ağırlığı ve yaş gluten oranı için genotip ve mutasyon dozu ortalamaları arasındaki farklılıklar istatistiki olarak önemli bulunmuştur. İncelenen özelliklere ilişkin önemlilik testi sonuçları ayrı ayrı aşağıda değerlendirilmiştir.

3.1. Bitki boyu

Çizelge 1. Ekmeklik buğday mutant populasyonlarının standartlarına göre bitki boyundaki değişim oranları ve önemlilikleri

Gama Dozları (Gy)	Çeşitler									
	F-80	Fark (%)	F-85	Fark (%)	NKÜ LİDER	Fark (%)	NKÜ ERGENE	Fark (%)	TEKİRDAĞ	Fark (%)
0	90,55±0,90		95,95±0,39		93,22±0,25		93,60±0,15		83,97±0,25	
100	100,17±0,78**	9,6	95,47±0,24	-0,5	95,87±0,17**	2,7	96,77±0,20**	3,3	87,92±0,32**	4,5
200	103,47±0,22**	12,4	95,87±0,14	-0,08	95,97±0,20**	2,8	93,62±0,44	0,02	88,07±0,32**	4,6
300	95,75±0,58**	5,4	92,82±0,17**	-3,2	96,32±0,36**	3,2	97,42±0,33**	3,9	89,52±0,32**	6,1
400	98,72±0,27**	8,2	96,42±0,28	0,5	98,47±0,46**	5,3	96,72±0,24**	3,2	85,05±0,52**	1,2

*: %5 düzeyinde önemli, **: %1 düzeyinde önemli

Çizelge 1 incelendiğinde 5 farklı ekmeklik buğday çeşidinin gama ışını uygulaması ile elde edilen M4 populasyonlarında F-85 hariç diğerleri için kontrol dozuna göre artış şeklinde yüksek düzeyde önemli değişimlerin olduğu görülmektedir. Bulunan bu sonuca benzer bulguları Sobieh ve Ragab (2000)'de bildirmiştir. F-85 çeşidinin 300 Gy gama ışını uygulanan dozunda bitki boyunda azalma olmuştur. Bitki boyundaki en yüksek değişim F-80 çeşidinin 200 Gy gama ışını uygulanan dozunda gerçekleşmiştir. En yüksek bitki boyu uzunluğu F80/200 genotipinde, en düşük bitki boyu uzunluğu ise Tekirdağ/0 genotipinde meydana gelmiştir.

3.2. Başak uzunluğu

Çizelge 2. Ekmeklik buğday mutant populasyonlarının standartlarına göre başak uzunluğundaki değişim oranları ve önemlilikleri

Gama Dozları (Gy)	Çeşitler									
	F-80	Fark (%)	F-85	Fark (%)	NKÜ LİDER	Fark (%)	NKÜ ERGENE	Fark (%)	TEKİRDA Ğ	Fark (%)
0	10,14±0,19		10,60±0,07		11,81±0,13		12,03±0,12		9,75±0,04	
100	11,15±0,13*	9,0	10,93±0,15	2,9	11,25±0,08*	-4,7	12,55±0,16*	4,1	9,570±0,03*	-1,8
200	11,65±0,08*	13,0	10,80±0,24	1,8	11,52±0,33	-2,4	12,40±0,29	2,9	9,42±0,07*	-3,3
300	11,10±0,19*	8,7	11,14±0,18*	4,8	11,29±0,07*	-4,3	12,14±0,16	0,9	9,54±0,05*	-2,1
400	11,48±0,12*	11,7	10,40±0,11	-1,9	11,75±0,16	-0,5	11,81±0,14	-1,8	9,77±0,01	0,3

*: %5 düzeyinde önemli, **: %1 düzeyinde önemli

Çizelge 2 incelendiğinde gama ışını uygulaması ile elde edilen populasyonların kontrol dozuna göre başak uzunluğu ortalamaları arasında istatistiki anlamda önemli değişimler olmuştur. F-80 ve F-85 çeşitlerinin gama ışını uygulanmış her bir popülasyonu için kontrol dozuna göre istatistiki anlamda önemli derecede başak uzunluğunda zamanın olduğu, buna karşılık diğer üç çeşit için ise tersine durum olduğu görülmektedir. Şenay vd. (2011)'da başak uzunluğunda kısaltmayla ilgili benzer sonuçlar belirtmişlerdir. Başak uzunluğunda en yüksek değişim F-80 çeşidinin 200 Gy gama ışını uygulanan dozunda, en yüksek başak uzunluğu Ergene/100 genotipinde, en düşük başak uzunluğu ise Tekirdağ/200 genotipinde olmuştur.

3.3. Başakta tane sayısı

Çizelge 0. Ekmeklik buğday mutant populasyonlarının standartlarına göre başakta tane sayısındaki değişim oranları ve önemlilikleri

Gama Dozları (Gy)	Çeşitler									
	F-80	Fark (%)	F-85	Fark (%)	NKÜ LİDER	Fark (%)	NKÜ ERGENE	Fark (%)	TEKİRDA Ğ	Fark (%)
0	45,42±0,18		50,23±0,15		51,17±0,05		61,18±0,05		43,34±0,15	
100	45,52±0,36	0,2	52,97±0,34**	5,2	52,66±0,06**	2,8	64,63±0,33**	5,3	41,88±0,21**	-3,4
200	45,17±0,30	-0,5	53,32±0,17**	5,8	51,09±0,14	-0,1	59,30±0,30**	-3,1	36,58±0,24**	-
300	43,25±0,20**	-4,8	53,64±0,09**	6,3	50,10±0,12**	-2,1	60,96±0,17	-0,4	41,16±0,15**	-5,0
400	44,35±0,35*	-2,3	46,14±0,06**	-8,1	51,98±0,23*	1,5	57,99±0,26**	-5,2	42,53±0,17*	-1,9

*: %5 düzeyinde önemli, **: %1 düzeyinde önemli

Elde edilen sonuçlara göre Çizelge 3’de de görüleceği üzere gama ışını uygulamasının, çeşitlerin gama ışını uygulanmayan kontrollerine göre istatistiki anlamda önemli değişimlere neden olduğu görülmüştür. F-85 çeşidinin 300 dozuna kadar artış olduğu sonrasında azaldığı, diğer tüm çeşitler için ise genelde mutasyon dozlarının azaltıcı yönde etki ettiği görülmüştür. Bu sonuçlar Acquaah (2012)’nin sonuçları ile benzerlik göstermektedir. En yüksek değişim Tekirdağ çeşidinin 200 Gy gama ışını uygulanan dozunda (%-15,6) olmuştur. Başakta tane sayısının en fazla olduğu genotip Ergene/100, en az olduğu genotip ise Tekirdağ/200 olarak belirlenmiştir.

3.4. Başakta tane ağırlığı

Çizelge 4. Ekmeklik buğday mutant populasyonlarının standartlarına göre başakta tane ağırlıklarındaki değişim oranları ve önemlilikleri

Gama Dozları (Gy)	Çeşitler									
	F-80	Fark (%)	F-85	Fark (%)	NKÜ LİDER	Fark (%)	NKÜ ERGENE	Fark (%)	TEKİRDAĞ	Fark (%)
0	1,79±0,02		2,06±0,07		2,43±0,01		2,42±0,03		1,75±0,02	
100	2,08±0,05**	14,2	2,30±0,09	10,6	2,49±0,03	2,2	2,58±0,02**	6,2	2,09±0,01**	16,4
200	2,08±0,09*	14,1	2,32±0,13	11,5	2,50±0,02*	2,6	2,29±0,02*	-5,4	2,05±0,01**	14,7
300	2,01±0,02**	11,2	2,42±0,10*	14,9	2,24±0,04**	-8,0	2,50±0,02	3,3	2,04±0,02**	14,3
400	2,03±0,03**	12,0	2,39±0,09*	14,1	2,59±0,03**	6,2	2,29±0,01**	-5,2	2,11±0,01**	17,2

*: %5 düzeyinde önemli, **: %1 düzeyinde önemli

Çizelge 4 genel olarak incelendiğinde gama ışını uygulamasının F-80, F-85 ve Tekirdağ çeşitleri için başakta tane ağırlığını artırdığı, diğer çeşitler için azaltıcı etkide bulunduğu görülmüştür. Albokari vd. (2015) ile Nazarenko ve Kharytonov (2016) yaptıkları çalışmalarda benzer bulgular bildirilmiştir. Başakta tane ağırlığında en yüksek değişim Tekirdağ çeşidinin 400 Gy gama ışını uygulanan dozunda (%17,2) gerçekleşmiştir. Başakta tane ağırlığının en fazla olduğu genotip Lider/400, en az olduğu genotip ise Tekirdağ/0 olmuştur.

3.5. Tane verimi

Verim, çeşitli morfolojik ve fizyolojik bileşenlerin birbirleriyle olan etkileşimi ile oluşan bir sonuçtur. Bu sebeple, verimi arttırmak için yapılacak ıslah çalışmalarında, verimi oluşturan bileşenlerin bilinmesi ve bu bileşenler arasında meydana gelen etkileşimin ortaya konması gerekmektedir (Gencer vd., 1987). Buğdayda tane verimini yüksek oranda etkileyen üç temel unsur; metrekaredeki başak sayısı, başakta tane sayısı ve başakta tane ağırlığıdır (Sade, 1999). Varyans komponentlerindeki önemlilik düzeylerini belirlemek amacıyla gerçekleştirilen EKÖF önemlilik testi sonuçları Çizelge 5’de verilmiştir.

**ISPEC 16th INTERNATIONAL CONFERENCE ON AGRICULTURE, ANIMAL
SCIENCE & RURAL DEVELOPMENT
November 15-17, 2024 / Konya, Türkiye**

Çizelge 5. Ekmeklik buğday mutant populasyonlarının standartlarına göre tane verimindeki değişim oranları ve önemlilikleri

Gama Dozları (Gy)	Çeşitler									
	F-80	Fark (%)	F-85	Fark (%)	NKÜ LİDER	Fark (%)	NKÜ ERGENE	Fark (%)	TEKİRDAĞ	Fark (%)
0	578,2±1,79		678,5±1,19		661,5±0,86		565,5±1,44		562,0±1,58	
100	524,2±2,17**	-9,3	584,0±1,08**	-13,9	642,7±1,37**	-2,8	526,5±1,55**	-6,9	530,2±0,85**	-5,6
200	583,7±1,25*	0,9	580,0±1,08**	-14,5	562,0±1,29**	-15,0	564,0±1,58	-0,2	589,5±1,32**	4,6
300	519,5±1,04**	-10,1	574,0±0,91**	-15,4	552,5±1,32**	-16,5	597,7±1,75**	5,4	584,7±1,10**	3,9
400	541,2±1,10**	-6,4	525,7±1,25**	-22,5	650,0±0,91**	-1,7	491,2±1,10**	-13,1	574,0±1,29**	2,1

*: %5 düzeyinde önemli, **: %1 düzeyinde önemli

Çizelge 5’den anlaşılacağı üzere gama ışını uygulamasının, çeşitlerin gama ışını uygulanmayan populasyonlarına göre istatistiki anlamda önemli değişimlere neden olduğu görülmüştür. Gama ışını uygulamasının tane verimi üzerine negatif anlamda bir etkisinin olduğu görülmüştür. Sobieh ve Ragab (2000) ve Din vd. (2003) yaptıkları çalışmalarda tane veriminde artışın olduğu sonucunu bildirmişlerdir. Tane verimindeki en yüksek değişim F-85 çeşidinin 400 Gy gama ışını uygulanan dozunda (%-22,5) olmuştur. Tane veriminin en fazla olduğu genotip F-85/0, en az olduğu genotip ise Ergene/400 olarak belirlenmiştir.

3.6. Bin tane ağırlığı

Çizelge 6. Ekmeklik buğday mutant populasyonlarının standartlarına göre bin tane ağırlıklarındaki değişim oranları ve önemlilikleri

Gama Dozları (Gy)	Çeşitler									
	F-80	Fark (%)	F-85	Fark (%)	NKÜ LİDER	Fark (%)	NKÜ ERGENE	Fark (%)	TEKİRDAĞ	Fark (%)
0	43,02±0,26		46,87±0,28		49,25±0,40		39,40±0,38		52,27±0,30	
100	43,15±0,21	0,3	45,22±0,27**	-3,5	47,87±0,27*	-2,8	39,42±0,24	0,06	51,35±0,26	-1,7
200	42,52±0,39	-1,1	43,92±0,27**	-6,3	46,97±0,27**	-4,6	39,92±0,39	1,3	49,37±0,18**	-5,5
300	42,95±0,32	-0,2	42,25±0,32**	-9,8	45,82±0,20**	-6,9	40,15±0,42	1,8	49,67±0,28**	-5,0
400	40,80±0,20**	-5,2	42,25±0,32**	-9,8	46,77±0,37**	-5,0	38,65±0,26	-1,9	49,12±0,25**	-6,0

*: %5 düzeyinde önemli, **: %1 düzeyinde önemli

Elde edilen bulgular doğrultusunda Çizelge 6 genel olarak incelendiğinde, gama ışını uygulamasının NKÜ Ergene dışında diğer çeşitlerin bin tane ağırlıklarında azalmaya neden olduğu görülmüştür. Ayrıca genotiplere uygulanmış gama ışını miktarındaki artışla doğru orantılı olarak genotiplerin bin tane ağırlıklarındaki değişimin pozitiften negatife döndüğü görülmüştür. Bin tane ağırlığındaki en yüksek değişim F-85 çeşidinin 300 ve 400 Gy gama ışını uygulanan dozlarında (%-9,8) gerçekleşmiştir. Bin tane ağırlığının en fazla olduğu genotip Tekirdağ/0, en az olduğu genotip ise Ergene/400 olmuştur.

3.7. Protein oranı

Buğdaylarda kaliteyi belirlemede kullanılan en yaygın ölçütlerden birisi protein oranıdır (Dikerman vd., 1982). Ünal ve Boyacıoğlu (1984), buğdayda protein miktarı ve kalitesinin, kullanım amacını belirlemede en önemli kriter olduğunu vurgulamışlar ve protein miktarı ile ekmek hacmi arasında doğrusal ilişki olduğunu belirtmişlerdir. Bushuk (1982), protein oranı %8-20 arasında olduğunda ekmek hacmi ile arasında doğrudan bir ilişki bulunduğunu, protein oranının çevreden büyük oranda etkilenmesine karşılık, protein kalitesinin önemli oranda kalıtsal olduğunu bildirmiştir.

Çizelge 7. Ekmeklik buğday mutant populasyonlarının standartlarına göre protein oranlarındaki değişim oranları ve önemlilikleri

Gama Dozları (Gy)	Çeşitler									
	F-80	Fark (%)	F-85	Fark (%)	NKÜ LİDER	Fark (%)	NKÜ ERGENE	Fark (%)	TEKİRDAĞ	Fark (%)
0	13,35±0,06		12,45±0,02		12,92±0,04		12,75±0,06		12,80±0,04	
100	14,00±0,05**	4,6	13,22±0,04**	5,8	12,95±0,06	0,2	13,12±0,04**	2,8	13,27±0,04**	3,6
200	13,97±0,04**	4,4	13,30±0,04**	6,4	13,00±0,04	0,6	13,07±0,04**	2,5	13,37±0,05**	4,3
300	13,97±0,04**	4,4	13,57±0,01**	8,3	13,32±0,02**	3,0	13,35±0,06**	4,5	13,32±0,04**	3,9
400	14,40±0,04**	7,3	13,25±0,02**	6,0	13,15±0,05*	1,7	13,50±0,04**	5,5	13,67±0,02**	6,4

*: %5 düzeyinde önemli, **: %1 düzeyinde önemli

Elde edilen bulgulara göre Çizelge 7 genel olarak incelendiğinde, tüm çeşitlerde gama ışını uygulamasının protein oranında artışa neden olduğu görülmüştür. Yapılan çalışmada belirtilen bu sonuç ile paralel bulgulara Swaminathan (1969), Mashev vd. (1995) ve Borzouei vd. (2013)'da ulaşılmıştır. Protein oranındaki en yüksek değişim F-85 çeşidinin 300 Gy gama ışını uygulanan dozunda (%8,3) görülmektedir. Protein oranının en yüksek olduğu genotip F-80/400, en düşük olduğu genotip ise F-85/0 olmuştur.

3.8. Yaş gluten oranı

Çizelge 8. Ekmeklik buğday mutant populasyonlarının standartlarına göre yaş gluten oranlarındaki değişim oranları ve önemlilikleri

Gama Dozları (Gy)	Çeşitler									
	F-80	Fark (%)	F-85	Fark (%)	NKÜ LİDER	Fark (%)	NKÜ ERGENE	Fark (%)	TEKİRDAĞ	Fark (%)
0	30,82±0,07		28,77±0,04		30,00±0,07		28,70±0,04		30,65±0,06	
100	32,47±0,04**	5,1	30,40±0,09**	5,3	30,25±0,02*	0,8	30,30±0,07**	5,3	30,65±0,06	0,0
200	32,12±0,04**	4,0	30,52±0,07**	5,7	30,60±0,04**	1,9	30,42±0,06**	5,6	30,90±0,05*	0,8
300	32,12±0,06**	4,0	31,20±0,07**	7,7	30,67±0,04**	2,2	30,52±0,07**	6,0	31,07±0,06**	1,3
400	33,17±0,08**	7,1	31,30±0,07**	8,0	30,75±0,06**	2,4	30,47±0,04**	5,8	31,55±0,06**	2,8

*: %5 düzeyinde önemli, **: %1 düzeyinde önemli

Elde edilen sonuçlara göre Çizelge 8 genel olarak incelendiğinde, tüm çeşitlerde gama ışını uygulamasının yaş gluten oranında artışa neden olduğu görülmüştür. Ayrıca uygulanan mutasyon dozu miktarlarındaki artışa paralel olarak yaş gluten oranının da arttığı belirlenmiştir. Yaş gluten oranındaki en yüksek değişim F-85 çeşidinin 400 Gy gama ışını uygulanan dozunda (%8,0) gerçekleşmiştir. En yüksek yaş gluten oranı F-80/400, en düşük yaş gluten oranı ise Ergene/0 genotiplerinden alınmıştır.

3.9. Zeleny sedimantasyon değeri

Çizelge 9. Ekmeklik buğday mutant populasyonlarının standartlarına göre Zeleny sedimantasyon değerlerindeki değişim oranları ve önemlilikleri

Gama Dozları (Gy)	Çeşitler									
	F-80	Fark (%)	F-85	Fark (%)	NKÜ LİDER	Fark (%)	NKÜ ERGENE	Fark (%)	TEKİRDAĞ	Fark (%)
0	42,00±0,41		38,75±0,47		41,75±0,75		45,25±0,47		50,50±0,64	
100	50,25±0,47**	16,4	43,50±0,64**	10,9	41,00±0,40	-1,8	47,75±0,62*	5,2	53,50±0,50*	5,6
200	47,00±0,40**	10,6	42,75±0,48**	9,3	40,50±0,64	-3,0	47,00±0,40*	3,7	53,75±0,48**	6,0
300	49,00±0,40**	14,3	45,00±0,40**	13,9	43,75±0,47	4,6	47,75±0,62*	5,2	51,50±0,28	1,9
400	54,25±0,48**	22,6	44,00±0,57**	11,9	41,75±0,62	±0,0	46,00±0,40	1,6	53,75±0,48**	6,0

*: %5 düzeyinde önemli, **: %1 düzeyinde önemli

Elde edilen bulgular üzerinden Çizelge 9 incelendiğinde, gama ışını uygulamasının Zeleny sedimantasyon değerinde artışa neden olduğu görülmüştür. F-80 çeşidi için çizelge incelendiğinde; gama ışını uygulanmış genotiplerin Zeleny sedimantasyon değerlerinde istatistiki anlamda 0,01 düzeyinde önemli derecede doğru orantılı olarak artış olduğu görülmüştür. F-85, NKÜ Ergene ve Tekirdağ çeşitlerinde belirlenen artışların ise doğru orantılı olmadığı Çizelge 9'da görülmektedir. NKÜ Lider çeşidi üzerinden çizelge değerlendirildiğinde

gama ışını uygulanmış populasyonların Zeleny sedimantasyon değerlerinde artış ve azalışlar olduğu görülmüştür. Fakat ortaya çıkan bu değişimler istatistiki anlamda önemsizdir. Zeleny sedimantasyon değerindeki en yüksek değişim F-80 çeşidinin 400 Gy gama ışını uygulanan dozunda (%22,6) meydana gelmiştir. Zeleny sedimantasyon değerinin en yüksek olduğu genotip F80/400, en düşük olduğu genotip ise F-85/0 olarak belirlenmiştir.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

İncelenen özelliklerde görülen değişimlerin genotipe, uygulanan gama ışını dozuna ve genotip x mutasyon dozu interaksiyonuna göre farklılık gösterdiği belirlenmiştir. Genel olarak gama ışını uygulaması bitki boyu, başakta tane ağırlığı, protein oranı, yaş gluten oranı ve Zeleny sedimantasyon değerinde artışlara neden olurken, bin tane ağırlığı ve tane verimi üzerinde ise azaltıcı etkide bulunmuştur. Başak uzunluğu ve başakta tane sayısı üzerine mutasyon dozlarının etkilerinin her iki yönde de olduğu görülmüştür.

Öncelikli olarak uygun varyabilitenin görüldüğü populasyonların belirlenmesi ümitvar mutant hatlarının geliştirilmesinde uygulanacak seleksiyonun etkinliğinin artmasına yardımcı olacaktır. Böylelikle üstün özelliklere sahip mutant hatların belirlenme olasılığı da arttırılmış olacaktır. Elde edilen bulgular mutasyon ıslahının tarımsal değeri yüksek hatların geliştirilmesinde kullanılabileceğini ve son yıllarda giderek önem kazanan mutasyon ıslahı çalışmalarının bitki ıslahına bir kaynak olarak hizmet edeceğini ortaya koymaktadır.

Yazar Katkı Beyanı

Tüm yazarlar bildirinin hazırlanmasına eşit oranda katkı sağlamıştır.

Çıkar Çatışması Beyanı

Tüm yazarlar bu makaleyle ilgili herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan etmektedir.

Teşekkür

Bu çalışma ilk yazarın yüksek lisans tezinin bir bölümünden düzenlenerek üretilmiştir.

KAYNAKLAR

- Acquaah G (2012). Principles of Plant Genetics and Breeding, 2nd Edition. Wiley- Blackwell. USA. Pg 76-80.
- Ahloowalia BS and M Maluszynski (2001). Induced mutations - A new paradigm in plant. *Euphytica*. 118 (2): 167-173.
- Akter N and M Rafiqul Islam (2017). Heat stress effects and management in wheat. A review. *Agronomy for Sustainable Development* 37.
- Albokari MMA, Khashoggi AJ and MA Almuwalid (2015). Evaluation Of Some Local Wheat Landraces Treated With Different Doses Of Gama Rays In Saudi Arabia. *Pak. J. Biotechnol.* Vol. 12 (1) 63-72.
- Al-Naggar AMM, Atta MMM, Sobieh SES and KF Al-Azab (2013). Drought Tolerant Mutant Induction Via Gama Rays In Bread Wheat. *Egypt. J. Plant Breed.* 17 (4):129 – 156.
- Anonim (1981). ICC Standarts. International Association for Cereal Chemistry. Vienna.
- Anonim (1990). Approved methods of the American Association of Cereal Chemist, USA.
- Anonim (1994). ICC Standard No 155: Determination of Wet Gluten Quantity and Quality (Gluten Index ac. To Perten) Of Whole Wheat Meal and Wheat Flour.
- Balfourier F, Bouchet S, Robert S, De Oliveira R, Rimbart H, Kitt, J, Choulet F. et al. (2019). Worldwide phylogeography and history of wheat genetic diversity. *Sci. Adv.* 5, eaav0536.
- Borzouei A, Kafi M, Sayahi R, Rabiei E and PS Amin (2013). Biochemical response of two wheat cultivars (*Triticum aestivum* L.) to gama radiation. *Pak J Bot*, 45(2):473–477.
- Brock RD (1970). Mutations In Quantitatively Inherited Traits Induced By Neutron Irradiation *Radiation Botany*, 10: 209 - 223.
- Bushuk W (1982). Grains and Oilseeds 3rd. Ed. Canadian International Grains Institue, Winnipeg, Manitoba.
- Dikerman E, Pomeranz Y (1982). Mineral and Protein Content in Hard Red Winter Wheat, *Cereal Chemistry*, 58: 139-142.
- Din R, Qasim M, Ahmad K, Jehan S (2003). Study of days taken to earing initiation and earing completion in M 1 generation of different wheat genotypes irradiated with various doses of gama radiation. *Asian J Plant Sci.*, 2(12):894–896.
- Gencer O, Sinan NS ve Gülyaşar F (1987). Aspir (*Carthamus tinctorius* L.)’de Yağ Verimi ile Verim Unsurlarının Korelasyon ve Path Kat Sayısı Analizi Üzerine Bir Araştırma. *Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Dergisi*, 2(2); 37–43, Adana.
- IAEA (2022). FAO/IAEA Centre of Nuclear Techniques in Food and Agriculture maintains the Mutant Variety Database (MVD). <https://nucleus.iaea.org/sites/mvd/SitePages/Search.aspx> (Erişim Tarihi: 15 Kasım 2022)
- Johnson VA, Briggles LW, Axtel JD, Bouman LP, Leng ER and TR Johnson (1978). Grain crops. In: Protein Resources and Technology, AVI Publishing Co., West port CT, 239-255.
- Kainthura P and R Srivastava (2015). Induction of Genetic Variability and Isolation of Mutants in Tuberose (*Polianthes tuberosa* L). *Tropical Agricultural Research*, Vol. 26 (4): 721 – 732.
- Madry W, Wosinska A and UL Borucka (1984). Variability of pollen viability in the 'flowers and inflorescences of China aster (*Callistephus chinensis* Nees) caused by galluna rays in the M₁ and M₂ generations. *Acta Agrobotanica*, 37(2): 133-139.

- Mashev N, Vassilev G, Ivanov K (1995) A study of N-allyl N-2 pyridylthiourea and gama radiation treatment on growth and quality of peas and wheat. *Bulgerian J Plant Physiol*, 21(4):56.63.
- Nazarenko M and M Kharytonov (2016). Chatacterisation of wheat mutagen depression after gama-rays irradiated. *Agriculture and Forestry*, 62(4): 267-276.
- Sade B, Topal A, Soylu S, editors. (1999). Konya sulu koşullarında yetiştirilebilecek makarnalık buğday çeşitlerinin belirlenmesi. Orta Anadolu'da Hububat Tarımının Sorunları ve Çözüm Yolları Sempozyumu, Konya.
- Şenay A, Şekerci S ve Yalçın S (2011). Nükleer tekniklerle makarnalık buğdayda (*Triticum durum* desf.) mutasyon ıslahı. Ankara, Türkiye Atom Enerjisi Kurumu.
- Seneviratne, K.A.C.N. and D.S.A. Wijesundara (2007). First African violets (*Saintpaulia ionantha*, H. Wendl.) with a changing colour pattern induced by mutation. *Am. J. Plant Physiol.*, 2(3): 233-236.
- Sharma I, Tyagi BS, Singh G, Venkatesh K, Gupta OP (2015). Enhancing wheat production- a global perspective. *Indian J Agril Sci*, 85:3–13.
- Shivakumar M, Natara jV, Kumawat G, Rajesh V, Chandra S, Gupta S, Bhatia VS (2018). Speed breeding for Indian Agriculture: a rapid method for development of new crop varieties. *Curr Sci*, 115(7):1241.
- Sobieh SS and AI Ragab (2000). Gama rays induced variability in bread wheat (*Triticum aestivum* L.). *Proceedings of the Seventh Conference of Nuclear Sciences and Applications*. (1,2,3) 1341.
- Swaminathan MS (1969). Role of mutation breeding in a changing agriculture. Induced mutations in plants. In: *Proc Symposium of IAEA-FAO, Pullman 1969*. IAEA, Vienna, pp 719-734.
- Ünal S ve MH Boyacıoğlu (1984). Hamurun Reolojik Özellikleri. *Gıda*. 9 (1): 13- 20.
- Van Harten, AM (1998). *Mutation Breeding: Theory and practical application*. Cambridge University Press. Cambridge.

**TAM BUĞDAY UNU, TAŞ DEĞİRMEN UNU, RAFİNE UN VE BUNLARDAN
ÜRETİLEN EKMEKLERİN MİNERAL DEĞERLERİ BAKIMINDAN
KARŞILAŞTIRILMASI**

Ziraat Yüksek Mühendisi, Nagihan UĞUR (ORCID:0000-0003-2429-9898)

Gıda ve Yem Kontrol Merkez Araştırma Enstitüsü

Email:nagihan.ugur@tarimorman.gov.tr

Dr. Huriye Özgül UÇURUM (ORCID:0000-0002-2600-5892)

Gıda ve Yem Kontrol Merkez Araştırma Enstitüsü

Email:huriyeozgul.ucurum@tarimorman.gov.tr

Dr. Turgay ŞANAL (ORCID:0000-0002-4597-0102)

Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü

Email:turgay.sanal@tarimorman.gov.tr

Dr. Seda KÜLEN (ORCID:0000-0002-4597-0102)

Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü

Email:seda.kulen@tarimorman.gov.tr

Gıda Mühendisi, Kazım KARACA (ORCID:0009-0007-0820-7128)

Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü

Email:kazim.karaca@tarimorman.gov.tr

Veteriner Hekim, Mehmet Yılmaz KARACA (ORCID:0000-0003-2429-9898)

Gıda ve Yem Kontrol Merkez Araştırma Enstitüsü

Email:mehmetyilmaz.karaca@tarimorman.gov.tr

Ziraat Mühendisi, Raim ŞENOCAK (ORCID:0009-0008-9429-9774)

Gıda ve Yem Kontrol Merkez Araştırma Enstitüsü

Email:raim.senocak@tarimorman.gov.tr

Özet

Çalışmada iyi, orta ve zayıf kalite buğdaydan elde edilen unlar ve bu unlardan üretilen ekmekler kullanılmıştır. Her kalite grubu temsilen biri beyaz ve diğeri kırmızı olmak üzere ikişer çeşit seçilmiştir. Üç farklı kalite gruplarındaki buğday çeşitlerinin protein oranları; İyi kalite buğdaylarda % 12-%14, orta kalite buğdaylarda %10,5-%11,9 ve zayıf kalite buğdaylarda %9,5-%10,4 arasında değişmektedir. Buğday örnekleri laboratuvar tipi bühler un değirmeninde öğütülmüş, her buğday çeşidinin kalın ve ince kepeği karıştırılıp, 0,5 mm eleğe sahip olan kırma değirmeninde inceltirilmiştir. Her bir buğday örneğinden beyaz un/rafine ununa (RU) aynı çeşidin inceltirilmiş kepeği ilave edilerek hazırlanan tam buğday unu (TBU) ve aynı buğdayların taş değirmende öğütülmesi ile elde edilen taş değirmen unu (TDU) örnekleri çalışmada kullanılmıştır. Hazırlanan örneklerden laboratuvar tipi ekmek fırınında 100 g lık ekmekler

yapılarak mineral (Demir (Fe), Bakır (Cu), Magnezyum (Mg), Çinko (Zn), Potasyum (K), Kalsiyum (Ca), Fosfor (P)) içerikleri belirlenmiş ve istatistiki olarak değerlendirilmiştir. Tüm çeşitlerden elde edilen unlarda kepek ilavesi mineral miktarı artmıştır ($p<0,01$). Rafine unlarda mineral miktarları; Mg; 129,79-233,62 mg/kg, P; 505,54-618,20 mg/kg, K; 698,95-1163,38 mg/kg, Ca; 107,72-203,80 mg/kg, Fe; 2,64-6,38 mg/kg, Cu; 0,63-1,65 mg/kg, Zn 3,64-4,47 mg/kg arasında değişmiştir. Tam buğday ve taş değirmen unları beraber değerlendirildiğinde mineral miktarları; Mg; 790,32-1050,32 mg/kg, P; 1572,57-2220,72 mg/kg, K; 2731,56-3227,27 mg/kg, Ca; 244,05-370,77 mg/kg, Fe; 14,56-33,30 mg/kg, Cu; 1,94-4,16 mg/kg, Zn; 10,60-26,98 mg/kg arasına oldukları görülmüştür. Tam buğday ve taş değirmen ekmekleri mineral madde (Mg, P, K, Ca, Fe, Cu ve Zn) (mg/kg) içerikleri rafine unlara göre tüm kalite gruplarında önemli derecede ($p<0,01$) artışı belirlenmiştir. Rafine unlardan üretilen ekmeklerin mineral maddede içerikleri Mg; 171,33-280,42 mg/kg, P; 675,54-815,72 mg/kg, K; 1069,32-1609,35 mg/kg, Ca; 181,84-250,77 mg/kg, Fe; 3,55-9,13 mg/kg, Cu; 0,47-17,55 mg/kg, Zn; 3,72-6,82 mg/kg arasında değişmektedir. Tam buğday ekmekleri ve taş değirmen ekmekleri beraber değerlendirildiğinde mineral içerikleri kuru maddede Mg; 831,22-1299,42 mg/kg, P; 1655,04-2812,73 mg/kg, K; 2891,91-4016,70 mg/kg, Ca; 302,72-535,68 mg/kg, Fe; 17,09-39,21 mg/kg, Cu; 2,12-5,31 mg/kg, Zn; 11,06-31,38 arasında değişmektedir. Bu çalışma ile rafine unlarına kepek ilave edilmesi üretilen unlu mamüllerin ve ekmeklerin mineral içeriğinde %93-%441 arasında artışa neden olduğu ortaya konmuştur. Tam buğday ekmeği tüketimi ile günlük mineral ihtiyacının bir bölümünün karşılanması sağlayacaktır.

Anahtar Kelimeler: Beyaz un, taş değirmen, tam buğday ekmeği, taş değirmen ekmeği, mineral madde ihtiyacı

**COMPARISON OF WHOLE WHEAT FLOUR, STONE MILL FLOUR, RAFINED
FLOUR AND THE BREADS PRODUCED FROM THEM IN TERMS OF MINERAL
VALUES**

Abstract

In the study, flours obtained from high, medium, and low-quality wheat and the breads produced from these flours were used. For each quality group, two varieties have been selected, one white and the other red, to represent them. The protein content of wheat varieties in three different quality groups varies between 12%-14% in high-quality wheat, 10.5%-12% in medium-quality wheat, and 9.5%-10.0% in low-quality wheat. Wheat samples were ground in a laboratory-type Bühler flour mill, the coarse and fine bran of each wheat variety were mixed, and then finely ground in a crushing mill (Perten 3100) with a 0.5 mm sieve. From each wheat sample, refined flour (RF) and whole wheat flour (WWF) prepared by adding finely milled bran of the same variety to white flour, as well as stone-milled flour (SMF) obtained by grinding the same wheat in a stone mill, were used in the study. 100 g loaves of bread were made from the prepared samples, and their mineral (Iron (Fe), Copper (Cu), Magnesium (Mg), Zinc (Zn), Potassium (K), Calcium (Ca), Phosphorus (P)) contents were determined and statistically evaluated. Wheat samples were ground in the Bühler flour mill and separated into white flour and bran. Thick and fine bran were mixed and refined in a crushing mill with a 0.5 mm sieve. From each wheat sample, the bran was first separated and (refined flour) (RU) was obtained. This bran-free flour is created by mixing all of its own thinned bran (whole wheat flour) (TBU). Stone mill flour (TDU) is obtained by grinding wheat in a stone mill. These flours we prepared (refined, whole wheat and stone mill flours) were used in bread making. In order to detect the change in mineral values in refined flour, whole wheat flour and stone mill flour and in breads made from these flours, iron (Fe), copper (Cu), zinc (Zn), potassium (K), calcium (Ca), magnesium (C) The amount of Mg) and phosphorus (P) were examined. The mineral content of refined flours varied between Mg; 129.79-233.62 mg/kg, P; 505.54-618.20 mg/kg, K; 698.95-1163.38 mg/kg, Ca; 107.72-203.80 mg/kg, Fe; 2.64-6.38 mg/kg, Cu; 0.63-1.65 mg/kg, Zn 3.64-4.47 mg/kg. When whole wheat and stone-milled flours are evaluated together, the mineral amounts are observed to be as follows: Mg; 790.32-1050.32 mg/kg, P; 1572.57-2220.72 mg/kg, K; 2731.56-3227.27 mg/kg, Ca; 244.05-370.77 mg/kg, Fe; 14.56-33.30 mg/kg, Cu; 1.94-4.16 mg/kg, Zn; 10.60-26.98 mg/kg. When barn breads, whole wheat breads and stone mill breads were examined in terms of mineral substance (Mg, P, K, Ca, Fe, Cu and Zn) (mg/kg) contents, the addition of bran significantly increased the mineral substance content of the bread ($p < 0.01$). In bran breads (in dry matter), Mg; 171.33-280.42 mg/kg, P; 675.54-815.72 mg/kg, K; 1069.32-1609.35 mg/kg, Ca; 181.84-250.77 mg/kg, Fe; 3.55-9.13 mg/kg, Cu; 0.47-17.55 mg/kg, Zn; 3.72-6.82 mg/kg. When whole wheat breads and stone mill breads are evaluated together, mineral contents (in dry matter), Mg; 831.22-1299.42 mg/kg, P; 1655.04-2812.73 mg/kg, K; 2891.91-4016.70 mg/kg, Ca; 302.72-535.68 mg/kg, Fe; 17.09-39.21 mg/kg, Cu; 2.12-5.31 mg/kg, Zn; 11.06-31.38. This study revealed that adding bran to refined flours caused an increase between 93% and 441% in the mineral content of bakery products and breads. Consuming whole wheat bread will meet some of your daily mineral needs.

Keywords: White flour, bran addition, stone mill, whole wheat bread, stone mill bread, mineral substance requirement

2. Giriş

Türkiye’de ekmek temel gıda maddelerinin başında gelmektedir. TMO verilerine göre dünyada en fazla buğday üreten on ülkeden biriyiz. Kişi başı günlük 284 gr ekmek tüketimi ile de en fazla ekmek tüketen ülkeler arasındadır. Ülkemizde yıllık ekmek üretimi 90,9 milyon adettir (TMO, 2013).

Türk Gıda Kodeksi Buğday Unu Tebliği (Tebliğ No: 2013/9)’ne göre “Buğday unu: Yabancı maddelerden temizlenmiş ve tavllanmış buğdayların tekniğine uygun olarak öğütülmesiyle elde edilen unları;

Ekmeklik buğday unu: 4/1/2012 tarihli ve 28163 sayılı Resmî Gazete’de yayımlanan Türk Gıda Kodeksi Ekmek ve Ekmek Çeşitleri Tebliği (Tebliğ No: 2012/2) kapsamında tanımlanan ekmeğin üretiminde kullanılan unu;

Tam buğday unu: Yabancı maddelerden temizlenmiş buğdayların, tavlansız veya tavlansız, buğday tanesinin bütün anatomik kısımlarını içerecek şekilde tekniğine uygun olarak öğütülmesiyle elde edilen ununu” ifade eder(Anonim, 2012).

TGK Ekmek ve Ekmek Çeşitleri Tebliği(2012/2)’nde “Ekmek; Buğday ununa (TS 4500) (Anonim, 2010a), içilebilir su (TS 266) (Anonim, 2005), yemeklik tuz (TS 933) (Anonim, 2023) ve ekmek mayası (*Saccharomyces cerevisiae*) (TS 3522)(Anonim, 2015) gerektiğinde şeker, enzimler, enzim kaynağı olarak malt unu, vital gluten ve izin verilen katkı maddeleri ilave edilip bu karışımın tekniğine uygun olarak yoğrulması, şekillendirilmesi, fermentasyona bırakılması ve pişirilmesi ile yapılan ürünü.

Tahıl tanesini incelediğinde; endosperm buğdayın %83’ünü kapsar, enerji deposudur. Rüşeym (embriyo) ise lipit, protein, vitamin ve minerallerce zengindir. Kepek kısmı ise lifi oluşturmada olup bol miktarda, vitamin ve mineral içermektedir. Kepek; meyve kabuğu, tohum kabuğu ve aleuron tabakası ile endospermin dış katmanlarından oluşur ve buğday öğütme işleminin önemli bir yan ürünüdür(Akbaş 2010).

Mineraller doğada yaygın bulunan inorganik maddelerdir. Vücudun büyümesi ve gelişmesi, yaşamın sürdürülmesi ve sağlığın korunması için minerallere ihtiyaç duyulur. Mineraller vücudumuzda yapıyı oluşturan ve birçok işlevin yerine getirilmesini sağlayan çok önemli besin öğeleri grubudur. Vücudunuzun %4’ü olan çok küçük bir bölümünü oluşturmalarına rağmen vücut yapısının oluşmasında yardımcıdırlar. Kemik, diş, kas, kan ve diğer dokuların yapısında da mineraller mevcuttur. Mineraller inorganik maddelerdir ve ısı veya besin işlemede kullanılan diğer işlemler sırasında azalmazlar. Günlük gereksinmemiz 250 mg’ın üzerinde olan mineraller makro mineraller olup onlar; sodyum, potasyum ve klor elektrolitleri ile kalsiyum, magnezyum ve fosfor bu grupta yer alır. Krom, bakır, flor, iyot, demir, manganez, molibden, selenyum ve çinko gereksinimi günlük 20 mg’da daha düşük olup, bunlara eser elementleri oluşturur. Minerallerden günlük alım düzeyleri belirlenenler çinko, demir, iyot ve selenyum dur.

Kalsiyumun kemiklerin ve dişlerin oluşumu, kasların kasılması, sinirlerin işlevselliği, kan basıncının dengede olması, kanın pıhtılaşması, hücrelerin bir arada tutulması gibi önemli görevli vardır. %99’u kemiklerde ve dişlerde, %1’i ise vücut sıvılarında ve hücrelerde yer alır. Kalsiyum noksanlığında; çocuklarda raşitizm, yetişkin kadınlarda osteomalazi ve yaşlılarda

osteoporozda neden olur. Raşitizm ve osteomalazi kemiklerin gelişmemesi, yumuşaması ve eğriliği olarak bilinir. Osteoporozda kemikler kolay kırılabilir. Günlük kalsiyum ihtiyacı yetişkin bireylerde; 1000 mg, çocuklarda; 800 mg, ergenlik çağında; 1300 mg ve gebe-emziren kadınlarda ise 1300 mg'dır.

Fosfor; kalsiyumla birlikte dişlerin ve kemiklerin oluşumunda, besin öğelerinin metabolizmasında görev alan enzimlerin yapısında yer almaktadır. Fosfor; vücut sıvılarının asit ortama dönüşümünü engeller, hücre içi ve dışı sıvıların dengede tutulmasında görev alır. Fosforun %90'ı dişlerde ve kemiklerde, %10'u ise vücut sıvılarında ve hücrelerde yer alır. Fosfor ihtiyacı da kalsiyum ihtiyacı ile aynıdır. Kalsiyum/fosfor bir olmalıdır. Fosfor gereksinimi 1-10 yaş çocuklarda 800 mg, 11-24 yaşta 1200 mg ve 24 yaş üzerinde ise 800 mg olarak belirtilir.

Potasyum vücut mineral içeriğinin %5'ini oluşturur. Tüm vücut sıvılarında ve dokularda yer alır. En önemli görevleri kas çalışmasını, vücut su ve asit-baz dengesini sağlamaktır. Yetişkinler için potasyumun 2-4 gram tüketilmesi yeterlidir.

Vücudumuz ortalama 20-28 gram magnezyum içerir. Bunun %60'ı kemiklerde, %27'si kaslarda, %13'ü diğer dokularda ve vücut sıvılarında dağılmaktadır. Magnezyum vücutta enerji metabolizmasında, kas ve sinir sisteminin uyum içinde çalışmasında, kemik ve dişlerin oluşumunda, kan basıncının düzenlenmesinde görevlidir. Yetişkin erkek ve kadınlarda 320-400 mg, 1-3 yaş grubu çocuklarda 80 mg, 4-6 yaşında 120 mg ve 7-10 yaş grubunda 170 mg dir.

Yetişkin insandalarda 3-5 gram arasında demir bulunur. Demirin büyük bölümü kan ve kırmızı kan hücrelerinde hemoglobinde yer alır. Hemoglobinin yapısında bulunan demirin görevi oksijen taşımaktır. Karbondioksidi akciğerlere, akciğerlerden oksijeni hücrelere taşır. Yetersizliğinde kansızlık sorunu oluşur. Demir eksikliğinde çocukların sık hastalanır, öğrenme, algılamam ve dikkat sorunu yaşarlar. Ülkemizde yetişkin erkeklerde günde 10 mg, kadınlarda 15-18 mg, gebe kadınlarda ise 27-30 mg demir tüketimi tavsiye edilmektedir.

Çinko karaciğer, pankreas, böbrekler, kemik, kaslarda daha çok bulunur. Çinko enzimlerin yapısında bulunur. Büyüme ve cinsiyet organlarının gelişmesinde, bağışıklığın oluşumunda çok önemlidir. Yetersiz alındığında; fiziksel olarak büyümede gerilik (cücelik), cinsiyet organlarının gelişmesinde gecikme, hastalıklara dirençsizlik, yaraların iyileşmesinde gecikme, tat ve koku algılamada eksiklik görülür. Yetişkin erkeklerde günlük 15 mg, kadınlarda 12 mg(gebelerde ve emzirme döneminde 15 mg), çocuklarda(1-10yaş) 10 mg çinko alımı tavsiye edilmektedir(Eroğlu Samur, 2012).

3. Gelişme

Çalışmada 3 farklı protein oranında, 6 farklı buğdaydan elde edilen unlar ve bu unlardan üretilen ekmekler kullanılmıştır. Bu unlar iyi kalite, orta kalite ve zayıf kalite olarak gruplandırılmış ve her grubu temsilen iki çeşit seçilmiştir. Her kalite grubu temsilen biri beyaz ve diğeri kırmızı olmak üzere ikişer çeşit seçilmiştir. İyi kalite olarak; (yüksek protein oranında %11,9-%14), orta kalite olarak; (orta protein oranında%10,5-%12), zayıf kalite olarak; (düşük protein oranında %9-%10,4) çeşitleri kullanılmıştır. Seçilen çeşitler iki yıl üst üste Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü'ne deneme alanlarında aynı ortamda, doğal şartlarda yetiştirilmiştir. Deneme, tesadüs parselleri deneme desenine göre kurulmuştur. Sonuçlara

Jump7 istatistik programı kullanılarak yapılmıştır varyans alanizi tekniği uygulanmıştır. Verilerde farklı grupların tespitinde Duncan çoklu karşılaştırma testine tabi tutulmuştur (Turan, 1995).

3.1. Un Üretimi

Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü, Gıda Teknolojisi Bölümü'nde buğday örnekleri laboratuvar tipi vasli Bühler un değirmeninde öğütülmüştür (AACC Metod No:26-21) . Rafine un ve kepek birbirinden ayrılmıştır. Kalın ve ince kepek karıştırılarak 0,5 mm eleğe sahip olan Perten 3100 kırma değirmeninde inceltmiştir. Rafine unlara kendine ait inceltmiş kepeğin tamamı karıştırılarak (tam buğday unu)(TBU) oluşturulmuştur Ayrıca buğdayın tamamı taş değirmende öğütülerek taş değirmen unu elde edilmiştir.

3.2. Ekmek Üretimi

100 gr un %14 rutubet esasına göre yoğurucu kabına alınmıştır. Üzerine 25ml ticari (%2) maya süspansiyonu 25ml (%1,5) tuz çözeltisi ilave edilmiştir. Farinograf grafiğinden belirlenen absorpsiyona ulaşmak için eksik gelen su miktarı yoğurucuya ilave edilmiş ve yine farinograf grafiğinden tespit edilen süre kadar yoğrularak hamur elde edilmiştir. Elde edilen hamur kaplara alınmış ve fermantasyon dolabına konulmuş; birinci havalandırma 30 dakika, ikinci havalandırma 30 dakika olacak şekilde hamur şekillendirilip tavlansmıştır. Elde edilen hamur 30⁰C'de, %75 nisbi rutubette 55 dakikalık fermantasyondan sonra 230⁰C'de 25 dakika pişirilmiştir (AACC Metod No:10-10B).

3.3. Mineral analizleri

Ekmekler depolama ömrünün çok kısa olduğu için kurutularak analize alınmıştır. Üretilen ekmekler TS 5000'e göre kurutulmuş(Anonim, 2010) ve mineral (demir, bakır, çinko sodyum, potasyum, kalsiyum, magnezyum ve fosfor) analizleri TS EN ISO 17294 (NMKL 186) metoduna göre ICP-MS-7500 CX cihazı kullanılarak yapılmıştır. Demir analizi için örnekler demir içermeyen bir öğütücüde öğütülmüştür.

3.4. Bulgular ve Tartışma

Yapılan varyans analizi sonucunda unlar arasındaki farklılık tüm mineral maddeler(Mg, P, K, Ca, Fe, Cu ve Zn) için istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (p<0,01). Rafine un tam buğday ve taş değirmen unundan istatistiksel olarak farklı gruplarda yer almıştır. Tam buğday ve taş değirmen unları arasında mineral madde (Mg, P, K, Ca, Fe, Cu ve Zn) içerikleri bakımından istatistiksel olarak fark bulunmamıştır (p>0,01).

**ISPEC 16th INTERNATIONAL CONFERENCE ON AGRICULTURE, ANIMAL
SCIENCE & RURAL DEVELOPMENT
November 15-17, 2024 / Konya, Türkiye**

Çizelge 2.4.1. Buğday unlarında ortalama mineral madde(mg/kg)(Mg, P, K, Ca, Fe, Cu ve Zn) değerleri ve istatistiksel değerlendirme

Protein Oranları	Un çeşitleri	Mineral Maddeler (mg/kg)							
		Mg	P	K	Ca	Fe	Cu	Zn	
DÜŞÜK KALİTE (9-10,5)	1.ÇEŞİT	Rafine un	233,62 ± 16,72 G	547,96 ± 180,08 L	1163,38 ± 103,37 G	192,55 ± 25,27 I	3,19 ± 0,35 LM	0,81 ± 0,19 LM	3,88 ± 0,78 JK
		Tam buğday unu	950,72 ± 241,79 C	1572,57 ± 569,74 J	2806,91 ± 608,76 E	380,78 ± 120,65 B	18,48 ± 4,15 GH	2,70 ± 0,42 GH	10,65 ± 3,00 G
		Taş değirmen unu	897,40 ± 162,61 D	1739,02 ± 633,66 I	2801,75 ± 589,82 E	314,48 ± 45,86 G	14,56 ± 1,40 I	1,94 ± 0,23 I	10,60 ± 3,84 G
	2.ÇEŞİT	Rafine un	150,96 ± 36,13 HI	618,20 ± 172,24 K	1008,50 ± 133,90 H	203,80 ± 35,23 I	5,51 ± 0,16 K	0,63 ± 0,02 K	4,41 ± 0,92 I
		Tam buğday unu	1050,32 ± 156,88 A	2134,74 ± 491,42 BC	3027,02 ± 176,98 C	398,30 ± 22,02 A	23,33 ± 0,72 D	2,81 ± 0,12 D	14,28 ± 1,50 E
		Taş değirmen unu	901,57 ± 314,34 D	2027,81 ± 798,98 FG	2688,96 ± 560,56 F	351,42 ± 35,40 DE	17,98 ± 0,91 H	2,29 ± 0,10 H	12,79 ± 2,05 F
ORTA KALİTE (%10,5-12)	1.ÇEŞİT	Rafine un	152,78 ± 25,13HI	530,17 ± 232,28 L	1008,40 ± 150,44 H	188,54 ± 44,46 I	2,85 ± 1,13 LM	0,66 ± 0,07 LM	3,64 ± 1,19 K
		Tam buğday unu	895,40 ± 128,76 D	1977,08 ± 697,70 G	3151,25 ± 535,55 AB	370,77 ± 57,20 BC	20,96 ± 1,00 F	3,14 ± 0,19 F	17,71 ± 3,72 C
		Taş değirmen unu	858,35 ± 99,53 E	2054,32 ± 708,50 DEF	3113,11 ± 493,87 B	363,17 ± 40,36 CD	18,74 ± 3,13 G	2,98 ± 0,09 G	15,88 ± 4,90 D
	2.ÇEŞİT	Rafine un	164,03 ± 17,03 H	505,54 ± 199,85 L	698,95 ± 67,44 J	144,88 ± 42,80 K	2,64 ± 0,28 M	1,06 ± 0,04 M	4,34 ± 2,06 IJ
		Tam buğday unu	1007,46 ± 181,18 B	2112,83 ± 747,04 BCD	2731,56 ± 583,34 EF	347,12 ± 88,02 DE	22,27 ± 0,77 E	3,75 ± 0,68 E	16,23 ± 6,87 D
		Taş değirmen unu	1006,69 ± 78,10 B	2220,77 ± 606,73 A	2789,35 ± 388,71 E	337,46 ± 44,92 E	21,77 ± 4,44 E	3,52 ± 0,10 E	16,33 ± 3,45 D
YÜKSEK KALİTE (%12-14)	1.ÇEŞİT	Rafine un	129,79 ± 22,12 I	532,36 ± 221,05 L	887,48 ± 172,12 I	107,72 ± 17,01 L	3,44 ± 0,42 L	1,32 ± 0,20 L	5,47 ± 1,49 H
		Tam buğday unu	945,49 ± 143,38 C	2166,73 ± 653,56 AB	3081,64 ± 507,27 BC	336,33 ± 41,00 EF	25,28 ± 5,76 C	3,33 ± 0,91 C	26,13 ± 15,44 A
		Taş değirmen unu	801,65 ± 234,11 F	2037,39 ± 888,78 EFG	2778,99 ± 817,52 E	244,05 ± 58,09 H	25,71 ± 0,95 C	2,98 ± 0,23 C	24,98 ± 6,49 B
	2.ÇEŞİT	Rafine un	138,53 ± 35,61 I	545,46 ± 148,49 L	856,47 ± 163,99 I	163,26 ± 65,44 J	6,38 ± 1,68	1,65 ± 0,10 J	3,65 ± 0,73 K
		Tam buğday unu	912,69 ± 72,02 D	2091,16 ± 104,06 CDE	3227,27 ± 73,80 A	358,00 ± 78,38 CD	33,30 ± 5,40 A	4,16 ± 0,10 A	17,85 ± 2,91 C
		Taş değirmen unu	780,32 ± 59,20 F	1915,45 ± 13,06 H	2897,88 ± 106,78 D	320,48 ± 38,47 FG	27,46 ± 8,43 B	3,58 ± 0,56 B	17,58 ± 3,12 C

Çizelgede aynı özellik için aynı sütunda aynı harfle gösterilen değerler arasındaki farklar 0.01 güven sınırına göre önemsizdir.

Mineral madde içeriği yönünden rafine unlar, tam buğday unları ve taş değirmen unları karşılaştırılmıştır. Buğday unları Magnezyum (Mg) içerikleri yönünden incelendiğinde; Mg miktarı mg/kg tam buğday unlarında ortalama 960,35 mg/kg; taş değirmen unlarında ortalama 874,33 mg/kg; rafine unlarda ortalama 161,62 mg/kg olup istatistiksel olarak farklı grupta yer aldıkları görülmüştür. Rafine una göre taş değirmen ve tam buğday unlarında Mg miktarı artış sırası ile % 441 ve % 494 olmuştur. Buğday unları Fosfor (P) içerikleri yönünden incelendiğinde; tam buğday unlarında ortalama 2009,19 mg/kg; taş değirmen unlarında fosfor ortalama 1999,13 mg/kg olduğu ve tam buğday unlarından istatistiki olarak farklı olmadığı görülmüştür. Rafine unlarda ortalama fosfor 546,62 mg/kg olup istatistiksel olarak farklı grupta yer aldıkları görülmüştür. Rafine una göre taş değirmen ve tam buğday unlarında P miktarı artış

sırası ile % 266 ve % 268 olmuştur. Buğday unları Potasyum (K) içerikleri yönünden incelendiğinde; tam buğday unlarında ortalama 3004,28 mg/kg; taş değirmen unlarında ortalama 2845,01 mg/kg; rafine unlarda ortalama 937,20 mg/kg olup istatistiksel olarak farklı grupta yer aldıkları görülmüştür. Kepek oranı arttıkça K miktarının arttığı tespit edilmiştir. Rafine unlarda ortalama fosfor 546,62 mg/kg olup istatistiksel olarak farklı grupta yer aldıkları görülmüştür. Rafine una göre taş değirmen ve tam buğday unlarında K miktarı artış sırası ile % 204 ve % 221 olmuştur. Buğday unları Kalsiyum (Ca) içerikleri yönünden incelendiğinde; tam buğday unlarında ortalama 365,22 mg/kg; taş değirmen unlarında ortalama 321,85 mg/kg; rafine unlarda ortalama 166,80 mg/kg olup istatistiksel olarak farklı grupta yer aldıkları görülmüştür. Kepek oranının artışı ile Ca miktarının arttığı tespit edilmiştir. Rafine una göre taş değirmen ve tam buğday unlarında Ca miktarı artış sırası ile % 119 ve % 93 olmuştur. Buğday unları Demir (Fe) içerikleri yönünden incelendiğinde; tam buğday unlarında ortalama 23,94 mg/kg; taş değirmen unlarında ortalama 21,04 mg/kg; rafine unlarda ortalama 4,01 mg/kg olup istatistiksel olarak farklı grupta yer aldıkları görülmüştür. Kepek oranı arttıkça demir miktarının arttığı tespit edilmiştir. Rafine una göre taş değirmen ve tam buğday unlarında Fe miktarı artış sırası ile % 497 ve % 425 olmuştur. Buğday unları Bakır (Cu) içerikleri yönünden incelendiğinde; tam buğday unlarında ortalama 3,32 mg/kg; taş değirmen unlarında ortalama 2,88 mg/kg; rafine unlarda ortalama 1,02 mg/kg olup istatistiksel olarak farklı grupta yer aldıkları görülmüştür. Kepek oranı artışı ile bakır miktarının arttığı tespit edilmiştir. Rafine una göre taş değirmen ve tam buğday unlarında Cu miktarı artış sırası ile % 225 ve % 182 olmuştur. Buğday unları Çinko (Zn) içerikleri yönünden incelendiğinde; tam buğday unlarında ortalama 17,15 mg/kg; taş değirmen unlarında ortalama 16,36 mg/kg; rafine unlarda ortalama 4,24 mg/kg olup istatistiksel olarak farklı grupta yer aldıkları görülmüştür. Kepek oranı artışı ile çinko miktarının arttığı tespit edilmiştir. Rafine una göre taş değirmen ve tam buğday unlarında Zn miktarı artış sırası ile % 304 ve % 286 olmuştur. Tam buğday veya taş değirmen unlarının kullanılması durumunda mineral madde içeriği rafine unlara göre tüm mineral madde (Mg, P, K, Ca, Fe, Cu ve Zn) miktarlarında %93 ile %494 arasında artış olmuştur. Mineral sonuçlarından da anlaşıldığı üzere buğday tanesinin kepek kısmı önemli bir mineral madde kaynağıdır ve rafine un kullanımında bu mineral maddeler kepek ile birlikte atılmaktadır.



Şekil 2.4.1. Farklı protein oranlarında unlar ile üretilen tam buğday ekmekleri (sol; düşük kalite, protein % 9-10,4- orta; orta kalite, protein % 10,5-11,9 – sağ; yüksek kalite, yüksek protein % 12-14).



Şekil 2.4.2. Farklı protein oranlarında unlar ile üretilen taş değirmen ekmekleri (sol; düşük kalite, protein % 9-10,4)- orta; orta kalite, protein % 10,5-11,9 – sağ; yüksek kalite, yüksek protein % 12-14).

**ISPEC 16th INTERNATIONAL CONFERENCE ON AGRICULTURE, ANIMAL
SCIENCE & RURAL DEVELOPMENT
November 15-17, 2024 / Konya, Türkiye**

Yapılan varyans analizi sonucunda ekmekler arasındaki farklılık tüm mineral maddeler(Mg, P, K, Ca, Fe, Cu ve Zn) için istatistiksel olarak önemli bulunmuştur(p<0,01). Rafine ekmek tam buğday ve taş değirmen ekmeğinden istatistiksel olarak farklı gruplarda yer almıştır.

Çizelge 2.4.2. Ekmeklerde mineral madde (Mg, P, K, Ca, Fe, Cu ve Zn) (mg/kg) (Kuru maddede) miktarları ve istatistiksel değerlendirme

Protein Oranları		Kepek Oranları (%)	Mineral Maddeler (mg/kg)						
			Mg	P	K	Ca	Fe	Cu	Zn
DÜŞÜK KALİTE (9-10,5)	1.ÇEŞİT	Rafine ekmek	280,42 ±27,63 H	779,86 ±278,051 KL	1609,35±159 ,41 H	250,77±13,4 2 I	9,13±6,2 L	0,69 ±0,57 L	4,47±2,04 L
		Tam buğday ekmeği	831,22 ±262,03 G	1655,04±138 ,19 J	2891,97±531 ,55 G	361,64 ±74,12 G	17,07±6,09 K	4,27 ±3,74 E	11,57±0,2 2 I
		Taş değirmen ekmeği	1157,52 ±145,62 B	2150,17 ±842,62 I	3804,99±383 ,48 D	419,28± 12,78 E	18,24 ±1,96 J	5,30±1,61 A	19,22± 0,60 D
	2.ÇEŞİT	Rafine ekmek	174,85 ±23,83 J	739,98 ±196,88 LM	1383,95 ±32,30 IJ	228,02±7,31 J	5,23 ±1,12 M	0,47 ±0,20 M	3,72 ±1,68 M
		Tam buğday ekmeği	1299,42 ±29,57 A	2650,04±431 ,61 B	4016,70 ±416,54 A	535,68 ±127,10 A	28,95 ±3,48 E	3,77 ±0,60 G	18,40± 0,72 EF
		Taş değirmen ekmeği	737,15± 173,39 D	1695,01 ± 402,70 C	2700,32 ±120,08 E	381,85±38,2 9 D	17,09 ±1,93 I	2,12 ±0,16 H	11,06 ±5,33 H
ORTA KALİTE (%10,5-12)	1.ÇEŞİT	Rafine ekmek	188,77 ±6,0 J	675,54 ± 306,11 N	1447,64 ±69,23 H	240,34 ±4,55 IJ	3,55± 0,25 N	1,34 ± 0,37 K	4,61±3,05 L
		Tam buğday ekmeği	1036,13± 35,44 D	2456,75± 603,09 EF	3919,28 ±98,31 BC	474,78 ±13,46 C	24,51 ±3,33 G	5,04±1,56 B	18,44± 6,92 EF
		Taş değirmen ekmeği	1035,43 ±20,86 D	2481,09 ±648,855 DE	3935,64 ±121,45 AB	496,60 ±36,46 B	22,28 ±4,77 H	3,64 ±0,32 G	18,54 ±5,48 E
	2.ÇEŞİT	Rafine ekmek	216,65±1, 60 I	737,70±215, 13 M	1069,32 ±6,97 L	182,19± 21,91 K	5,37±1,41 M	1,63 ±0,13 J	6,47±1,71 J
		Tam buğday ekmeği	1131,23 ±147,09 BC	2428,04 ±858,42 F	3242,67 ±460,06 F	408,67 ±41,64 EF	32,19±10,22 D	4,09 ±0,10 F	17,76±5,7 7 G
		Taş değirmen ekmeği	1154,62 ±86,37 B	2502,60±866 ,15 D	3417,38 ±317,71 E	453,89±51,4 6 D	25,54±3,0 F	4,60±0,35 D	17,98±5,8 0 FG
YÜKSEK KALİTE (%12-14)	1.ÇEŞİT	Rafine ekmek	177,88 ±6,56 J	815,72 ±146,20 K	1320,73±25, 01 J	181,84±26,9 9 K	5,01±0,25 N	2,27±0,37 I	6,82 ±3,05 J
		Tam buğday ekmeği	1126,89±8 4,01 C	2812,73 ±543,12 A	3954,18 ±231,17 AB	368,25 ±13,14 G	37,57 ±3,33 B	4,93±1,56 C	31,38±6,9 2 A
		Taş değirmen ekmeği	899,69±19 6,96 F	2425,94±790 ,27 F	3332,26±551 ,88 EF	302,72 ±36,46 H	29,57± 4,77 E	4,40 ±0,36 F	27,09±5,4 8 B
	2.ÇEŞİT	Rafine ekmek	171,33±20 ,47 J	787,30±117, 96 K	1184,43±72, 14 K	195,57±33,2 7 K	8,44± 1,84 L	2,25±0,15 J	5,20±0,23 K
		Tam buğday ekmeği	1016,33±7 7,60 D	2284,37±128 ,0 H	3831,31±100 ,995 CD	398,90± 30,22 F	39,21± 10,72 A	5,31±0,89 A	20,09±2,2 8 C
		Taş değirmen ekmeği	986,98±66 ,96 E	2341,05 ±159,38 G	3869,03±92, 46 BCD	399,91±18,9 8 F	34,86±9,56 C	4,72± 0,36 D	19,48±2,1 3 D

Çizelgede aynı özellik için aynı sütunda aynı harfle gösterilen değerler arasındaki farklar 0.01 güven sınırına göre önemsizdir.

Rafine, tam buğday ve taş değirmen unlarından üretilen ekmekleri mineral madde (Mg, P, K, Ca, Fe, Cu ve Zn) (mg/kg) içerikleri yönünden incelenmiştir. Kepek ilavesinin ekmeğin mineral madde içeriğini arttırdığı istatistiki olarak tespit edilmiştir, fakat tam buğday ve taş değirmen ekmeği arasında mineral madde (Mg, P, K, Ca, Fe, Cu ve Zn) içerikleri bakımından istatistiki olarak fark bulunmamıştır ($p>0,01$).

Mineral madde içeriği yönünden rafine undan üretilen ekmekler, tam buğday ekmekleri ve taş değirmen unlarından üretilen ekmekleri karşılaştırılmıştır. Ekmeklerin Magnezyum içerikleri incelendiğinde; tam buğday ekmeklerinde ortalama 1073,54 mg/kg(KM'de); taş değirmen ekmeklerinde ortalama 1044,29 mg/kg(KM'de); Rafine ekmeklerde ortalama 201,66 mg/kg(KM'de) olduğu tespit edilmiştir. Rafine undan üretilen ekmeklere göre taş değirmen ve tam buğday unlarından üretilen ekmeklerin Mg miktarı artış sırası ile % 432 ve % 418 olmuştur.

Ekmeklerin Fosfor(P) içerikleri incelendiğinde; tam buğday ekmeklerinde ortalama 2381,16 mg/kg(KM'de); taş değirmen ekmeklerinde ortalama 2410,72 mg/kg(KM'de); rafine ekmeklerde ortalama 756,02 mg/kg(KM'de) içermektedir. Rafine undan üretilen ekmeklere göre taş değirmen ve tam buğday unlarından üretilen ekmeklerin P miktarı artış sırası ile % 215 ve % 219 olmuştur.

Ekmeklerin Potasyum(K) içerikleri incelendiğinde; tam buğday ekmeklerinde ortalama 3642,7 mg/kg(KM'de); taş değirmen ekmeklerinde ortalama 3628,17 mg/kg(KM'de); rafine ekmeklerde ortalama 1335,9 mg/kg(KM'de) bulunmuştur. Rafine undan üretilen ekmeklere göre taş değirmen ve tam buğday unlarından üretilen ekmeklerin K miktarı artış sırası ile % 173 ve % 171 olmuştur

Ekmeklerin Kalsiyum(Ca) içerikleri incelendiğinde; tam buğday ekmeklerinde ortalama 424,64 mg/kg(KM'de); taş değirmen ekmeklerinde ortalama 418,30 mg/kg(KM'de); rafine ekmeklerde ortalama 213,12 mg/kg(KM'de) tespit edilmiştir. Rafine undan üretilen ekmeklere göre taş değirmen ve tam buğday unlarından üretilen ekmeklerin Ca miktarı artış sırası ile % 99 ve % 96 olmuştur.

Ekmeklerin Demir(Fe) içerikleri incelendiğinde; tam buğday ekmeklerinde ortalama 29,92 mg/kg(KM'de); taş değirmen ekmeklerinde ortalama 25,15 mg/kg(KM'de); rafine ekmeklerde ortalama 6,12 mg/kg(KM'de) görülmüştür. Rafine undan üretilen ekmeklere göre taş değirmen ve tam buğday unlarından üretilen ekmeklerin Fe miktarı artış sırası ile % 389 ve % 311 olmuştur

Ekmeklerin Bakır(Cu) içerikleri incelendiğinde; tam buğday ekmeklerinde ortalama 4,56 mg/kg(KM'de); taş değirmen ekmeklerinde ortalama 4,13 mg/kg(KM'de); rafine ekmeklerde ortalama 1,44 mg/kg(KM'de) bulunmuştur. Rafine undan üretilen ekmeklere göre taş değirmen ve tam buğday unlarından üretilen ekmeklerin Cu miktarı artış sırası ile % 217 ve % 187 olmuştur

Ekmeklerin Çinko(Zn) içerikleri incelendiğinde; tam buğday ekmeklerinde ortalama 19,61 mg/kg(KM'de); taş değirmen ekmeklerinde ortalama 19,81 mg/kg(KM'de); rafine ekmeklerde ortalama 5,21 mg/kg(KM'de) içermektedir. Rafine undan üretilen ekmeklere göre taş değirmen ve tam buğday unlarından üretilen ekmeklerin Zn miktarı artış sırası ile % 276 ve % 280 olmuştur.

Ekmek üretiminde tam buğday veya taş değirmen unlarının kullanılması durumunda mineral madde içeriği rafine undan üretilen ekmeklere göre tüm mineral madde (Mg, P, K, Ca, Fe, Cu ve Zn) miktarlarında % 96 ile % 432 arasında artış olmuştur. Mineral sonuçlarından da anlaşıldığı üzere ekmek üretiminde tam buğday veya taş değirmen unu kullanılması ile önemli miktarda mineral madde ekmeğe geçmektedir.

Özkaya (1986), farklı oranlarda kepek ilave ettiği rafine unlardaki mineral madde (demir, bakır, çinko, potasyum, kalsiyum, magnezyum ve fosfor) artışını göstermiş olup sonuçları bizimkiler ile uyumludur.

Ercan vd., (1992) ise buğdaydan mineral madde miktarı üzerinde, protein, çeşit ve çevrenin etkisi olduğunu göstermiş olup sonuçları bizim çalışmamız ile uyumludur.

4. Sonuç

Bu çalışma ile buğday unlarına kepek ilave edilmesi ile bunlardan yapılacak unlu mamüllerin ve ekmeklerin mineral içeriğinde artışa neden olduğu ortaya konmuştur. Rafine un ile tam kepekli unlar (tam buğday unu ve taş değirmen unu) karşılaştırıldığında kepek ilavesi ile Magnezyum içeriği; yaklaşık 5 kat, Fosfor içeriği; 3 kat, Potasyum; 2,8 kat, Kalsiyum içeriği; 2 kat, Demir içeriği; 4,4 kat, Bakır içeriği; 3,1 kat, Çinko içeriği; 1,9 kat artmaktadır. Günlük diyetimizde rafine ekmek yerine tam buğday ekmeği tüketmek vücudumuza doğal yolla mineral alımının artmasına katkı sağlayacaktır.

Tam buğday ekmeği tüketimi ile günlük mineral ihtiyacının bir bölümünün karşılaması sağlanacaktır. Tam buğday unu ve onunla yapılan mamüllerin yaygınlaşması, bu konu ile yapılacak çalışmaların desteklenmesi faydalı olacaktır.

5. Kaynakça

- AACC, 2000, American Association of Cereal Chemists, Approved Methods of the AACC., 10th ed., Method No: 10-10B,10-54, 14-50, 16-50, 26-21, 26-31, 26-41, 26-50, 38-12A, 44-15A, 46-30, 54-21, 54-40, 54-50, 55-31, 74-09, The Association: St. Paul. MN. USA.
- Akbaş Ö. (2010). Farklı Kepek Fraksiyonlarından Hazırlanan Un Paçalarının Değişik Depolama Koşullarında Hamur ve Ekmek Özelliklerine Etkisi. Selçuk Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Konya.
- Anonim, 2005a. TS 266. Türk Standartları Enstitüsü. Ankara. İçme Suları Standardı
- Anonim, 2005b. TS EN ISO 17294. Su Kalitesi İndüktif Çift Plazma Kütle Spektrometri Uygulaması (ICP-MS) 62 Element Tayini.
- Anonim, 2010a. TS 4500. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara. Buğday Unu Standardı
- Anonim, 2010b. TS 4500. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara. Ekmek Standardı
- Anonim, 2012. Türk Gıda Kodeksi Ekmek ve Ekmek Çeşitleri Tebliği. Tebliğ No: 2012/2
- Anonim, 2013. Türk Gıda Kodeksi Buğday Unu Tebliği. Tebliğ No: 2013/9
- Anonim, 2015. TS 4500. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara. Ekmek Mayası Standardı
- Anonim, 2023. TS 4500. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara. Yemelik Tuz Standardı
- Ercan, R. ., Erbaş, S. ., ve Bildik, E. . (1992). Bazı Buğdayların Mineral Madde Miktarları Üzerine Çeşit ve Çevrenin Etkisi. Gıda, 17(1).
- Eroğlu Samur G., 2012. Vitaminler, Mineraller ve Sağlığımız. Hacettepe Üniversitesi, Sağlık Bilimleri, Sağlık Bilimleri Fakültesi Beslenme ve Diyetetik Bölümü, Ankara.
- Özkaya, H., 1986. Buğday, Un ve Ekmeğin Besin Değeri ve Ekmeğin Zenginleştirilmesi. Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Ürünleri Teknolojisi Bölümü. Cilt 11, Sayı 3. s 175-183.
- Turan, Z.M. 1995. Araştırma ve deneme metotları. Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders Notları. No:62, Bursa. 121 s.

**BAHARAT OLARAK SATIŞA SUNULAN ÜRÜNLERİN SAFLIĞININ
MİKROSKOBİK OLARAK BELİRLENMESİ**

Ziraat Yüksek Mühendisi, Nagihan UĞUR (ORCID:0000-0003-2429-9898)
Gıda ve Yem Kontrol Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü
Email:nagihan.ugur@tarimorman.gov.tr

Dr. Huriye Özgül UÇURUM (ORCID:0000-0002-2600-5892)
Gıda ve Yem Kontrol Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü
Email:huriyeozgul.ucurum@tarimorman.gov.tr

Ziraat Yüksek Mühendisi Habil UMUR (ORCID:0000-0002-9824-1165)
Gıda ve Yem Kontrol Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü
Email:habil.umur@tarimorman.gov.tr

Ziraat Yüksek Mühendisi Mehmet SAĞLAM (ORCID:0000-0003-3273-6103)
Gıda ve Yem Kontrol Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü
Email:saglammehmet@tarimorman.gov.tr

Ziraat Mühendisi Uğur GÜNDOĞAN (ORCID:0009-0009-6612-3330)
Gıda ve Yem Kontrol Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü
Email:ugur.gundogan@tarimorman.gov.tr

Prof. Dr. Gökalp İŞCAN (ORCID:0000-0003-1210-0490)
Eskişehir Anadolu Üniversitesi, Eczacılık Fakültesi
Email:giscan@anadolu.edu.tr

Prof. Dr. Yavuz Bülent KÖSE (ORCID:0000-0002-3060-7271)
Eskişehir Anadolu Üniversitesi, Eczacılık Fakültesi
Email:ybkose@anadolu.edu.tr

Doç. Dr. Oya KAÇAR (ORCID:0000-0002-1337-2423)
Bursa Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi
Email:okacar@uludag.edu.tr

Ziraat Yüksek Mühendisi, Adem Murat YILMAZ (ORCID:0009-0008-6935-7821)
Ankara Gıda Kontrol Laboratuvar Müdürlüğü
Email:ademmurat.yilmaz@tarimorman.gov.tr

Kimyager, Sevil YİĞİT (ORCID:0009-0002-1751-0317)
Ankara Gıda Kontrol Laboratuvar Müdürlüğü
Email:sevil.yigit@tarimorman.gov.tr

Ziraat Mühendisi, Ayhan BİÇER (ORCID:0009-0004-4658-1370)
Ankara Gıda Kontrol Laboratuvar Müdürlüğü

**ISPEC 16th INTERNATIONAL CONFERENCE ON AGRICULTURE, ANIMAL
SCIENCE & RURAL DEVELOPMENT
November 15-17, 2024 / Konya, Türkiye**

Email:ayhan.bicer @tarimorman.gov.tr

Gıda Mühendisi, Nazan KOCABAŞ (ORCID:0009-0005-5020-1956)

Tekirdağ Gıda Kontrol Laboratuvar Müdürlüğü

Email:nazan.okmen @tarimorman.gov.tr

Ziraat Mühendisi, Serkan UĞUR (ORCID:0009-0000-9607-1302)

Bursa İl Tarım ve Orman Müdürlüğü

Email:serkan.ugur @tarimorman.gov.tr

Gıda Mühendisi, Fisun BAYÇELEBİ (ORCID:0009-0002-3642-7105)

Tekirdağ Gıda Kontrol Laboratuvar Müdürlüğü

Email:fisun.baycelebi@tarimorman.gov.tr

Gıda Mühendisi, Ahmet GÜNGÖR (ORCID:0009-0006-9378-9873)

Gıda ve Kontrol Genel Müdürlüğü

Email:ahmet.gungor@tarimorman.gov.tr

Gıda Yüksek Mühendisi, Esin TOPARLAK (ORCID:0000-0001-7700-1309)

Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü

Email:esin.toparlak @tarimorman.gov.tr

Gıda Yüksek Mühendisi, Sinem GÜMÜŞSOY (ORCID:0000-0003-0000-7706)

Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü

Email:sinem.gumussoy @tarimorman.gov.tr

Veteriner Hekim, Dr. Figen ÜTÜKOĞLU (ORCID:0000-0002-3360-6485)

Gıda ve Yem Kontrol Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü

Email:figen.kutukoglu@tarimorman.gov.tr

Prof. Dr. Fatih DEMİRCİ (ORCID:0000-0003-1497-3017)

Eskişehir Anadolu Üniversitesi, Eczacılık Fakültesi

Email:fdemirci@anadolu.edu.tr

Özet

Baharatlar, çeşniler ve değerli gıdalar farklı şekillerde tağşiş edilmiş ve edilmeye devam etmektedir. Tağşiş, insan ve halk sağlığını olumsuz etkileyen, gıda ürünlerinin kalitesini düşüren haksız bir kazanç şeklidir. Baharatlara, üretim esnasında tağşiş amacıyla maliyeti daha düşük olan nişasta, mineral maddeler, izin verilmeyen gıda katkı maddeleri, farklı bitkiler gibi bileşenlerin yanı sıra boyar maddeler de eklenebilmektedir. Tağşişli ürünler, tüketilmesi güvenli olmayan, nihayetinde düşük kaliteli ürünler olup ciddi sağlık tehlikelerine neden olabilir. Bu tip insan sağlığına zararlı olabilecek, etik dışı uygulamaların önüne geçebilmek ve tağşişi tespit edebilmek çok önemlidir. Türkiye birçok baharatın ana vatanı ve gen merkezi olmasından dolayı bu konuda yapılacak çalışmalar çok daha önemlidir. Tarım ve Orman Bakanlığı'nın yetkilendirilmiş laboratuvarlarında, sınırlı sayıda bazı baharatların makroskobik ve mikroskobik yöntemlerle saf olup olmadığı belirlenebilmektedir. Mikroskobik

incelemelerde stereo mikroskopta 10 - 55X, ışık mikroskobunda ise 10 - 200X ile görüntüleme ve elektronik kayıtlar tutulmaktadır. Gıda Kontrol Genel Müdürlüğü'nün talebi ile oluşturulan ve TAGEM tarafından desteklenen "Türkiye'de Bazı Baharat Çeşitlerinin Karakteristik Özelliklerinin Mikroskopik Yöntemle Belirlenmesi ve Baharat Mikroskopi Atlasının Oluşturulması" projesi kapsamında 22 farklı baharat üzerinde çalışılmakta ve baharat hammaddelerinin karakteristik özelliklerini en iyi ortaya koyan mikrograflar seçilmektedir. Belirlenen bu mikrograflar ile 'Baharat Mikroskopi Atlası' oluşturulacaktır. Hizmet İçi Eğitim Programları (HİEBİS) kapsamında verilecek eğitimler ile mikroskopik analizlerin yaygınlaştırılması sağlanacaktır. Baharat sektörünün de kolaylıkla kullanabileceği bu yöntem ile baharat ithalatına ve ihracatına katkı sağlayarak, dünya baharat pazarında Türkiye'nin payının artması beklenmektedir. Bu çalışmaların baharat dışında gıda ve yem gibi başka sektörlerde de güvenli bir şekilde kullanılabilmesi için, yapılan ve yapılacak çalışmalar ile alt yapısının oluşturulması gerekmektedir.

Anahtar Kelimeler: Baharat, tağşiş, makraskobik analiz, mikroskopik analiz, mikroskopi atlası

**MICROSCOPIC DETERMINATION OF THE PURITY OF PRODUCTS OFFERED
FOR SALE AS SPICES**

Abstract

Spices, condiments and valuable foods have been and continue to be adulterated in different ways. Adulteration is a form of unfair profit that negatively affects human and public health and reduces the quality of food products. During production, lower cost ingredients such as starch, mineral substances, unauthorized food additives, different herbs, as well as dyestuffs can be added to spices for adulteration purposes. Adulterated products are ultimately low-quality products that are unsafe to consume and can cause serious health hazards. It is very important to prevent such unethical practices that may be harmful to human health and to detect adulteration. Since Türkiye is the homeland and gene center of many spices, studies on this subject are much more important. In the authorized laboratories of the Ministry of Agriculture and Forestry, the purity of a limited number of spices can be determined using macroscopic and microscopic methods. During microscopic examinations, imaging and electronic records are kept at 10 - 55X in the stereo microscope and 10 - 200X in the light microscope. Within the scope of the "Determination of Characteristic Features of Some Spice Varieties in Turkey by Microscopic Method and Creation of Spice Microscopy Atlas" project, which was created upon the request of the General Directorate of Food Control and supported by TAGEM, 22 different spices are studied and the micrographs that best reveal the characteristic features of spice raw materials are selected. A "Spice Microscopy Atlas" will be created with these determined micrographs. Microscopic analyses will be disseminated through training to be given within the scope of In-Service Training Programs (HİEBİS). It is expected that Turkey's share in the world spice market will increase by contributing to spice import and export with this method, which can be easily used by the spice industry. In order for these studies to be used safely in other sectors such as food and feed, apart from spices, the infrastructure needs to be created with the studies that have been done and will be done.

Keywords: Spice, adulteration, macroscopic analysis, microscopic analysis, microscopy atlas

1. Giriş

Türk Gıda Kodeksi Baharat Tebliği (2013/12)'ne göre; "Baharat; çeşitli bitkilerin tohum, tomurcuk, çekirdek, meyve, çiçek, kabuk, kök, gövde, rizom, yumru, yaprak, sap, soğan gibi kısımlarının kurutulup; bütün halde ve/veya ufalanması ve/veya öğütülmesi ile elde edilen gıdalara renk, tat, koku ve lezzet vermek için kullanılan ürünleri olarak tanımlanmıştır. Bu tebliğe göre 50 adet baharat çeşidi tanımlanmaktadır"(Anonim 2013).

2022 yılı verilerine göre dünya baharat üretiminde Hindistan 6 milyon ton ile ilk sırayı almaktadır. Sonrasında sırasıyla Çin, Bangladeş, Nijerya ve Etiyopya yer almaktadır. Türkiye ise toplamda 646,43 bin ton baharat üretimi ile dünya sıralamasında 6. sırada bulunmaktadır. Son 5 yılda (2018-2022), dünya genelinde toplam baharat üretimi %15,39 oranında artış göstermiştir (FAO, 2024). Küresel ölçekte, 4,91 milyon ton ile en fazla üretilen baharatın kırmızı biberdir. Dünya genelinde en çok üretilen ikinci baharat, 4.87 milyon ile zencefildir. Sonrasında 3.17 milyon ton üretim ile Kekik, Safran, Zerdeçal, Defne Yaprağı üretimi gelmektedir. Ülkemizde 2023 yılında baharat olarak %75,68 oranla en çok biber üretilmiştir. 2023 yılında ülkemizde biber üretimi 287.322 ton olmuştur. 2023 yılında ülkemizde en çok üretilen ikinci baharat ise defne yaprağı, ülkemiz baharat üretiminde üçüncü sırada 31.045 ton ile kekik, dördüncü sırada ise kimyon gelmektedir.

2023 yılında değer bazında biber ihracatı gerçekleştiren ilk 5 ülke sırasıyla; Çin, İspanya, Hindistan, Almanya ve ABD'dir. Çin, 671 milyon dolar biber ihracatı ile ilk 7 sıradaki diğer diğer ülkelerin toplamından daha fazla ihracata ulaşmıştır. Dünya ihracatında biberi hem değer hem de miktar bazında 'Kekik, Sumak, Defne Yaprakları, Çörek Otu' grubu izlemiştir. Bu ürün grubunda 2023 yılında en fazla ihracatı 128 milyon dolar ile Hindistan gerçekleştirmiştir. Türkiye ise 2021 yılına kadar en fazla ihracatı yaparken, 2023 yılında 126 milyon dolar ihracat ile ikinci sırada yer almıştır (TÜİK ve T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Orman Genel Müdürlüğü, 2024). Bitki tür ve çeşitliliği açısından oldukça zengin kaynaklara sahip olan Türkiye'nin, planlı bir üretim ve kontrol mekanizması ile tıbbi aromatic bitkiler pazarı da dahil, ticaretten çok daha fazla gelir elde edebilir (Hasdemir 2021).

Türkiye coğrafi yapısı nedeniyle genetik çeşitlilik ve endemizm bakımından zengin bir ülke olmasının yanı sıra birçok bitkinin gen merkezidir. Türkiye tıbbi bitkiler ticaretinde dünyada en önemli ülkeler arasında yer almaktadır. Türkiye'de, doğadan toplanarak iç ve dış ticareti yapılan 347 tür bulunmakta ve bunların %30'unun dış ticareti yapılmaktadır (Faydalıoğlu ve ark. 2011). Ancak, tıbbi ve aromatik bitkilerin ihracatında Türkiye'nin yüksek potansiyeli olmasına karşın henüz arzu edilen düzeye değildir.

Ülkemizdeki baharat üretimi incelendiğinde kırmızıbiber, haşhaş, kimyon, kekik, anason ve nanenin ilk sıralarda olduğu görülmektedir(Anonim, 2021).

Türkiye'de baharat olarak kullanımı yaygın olan tıbbi ve aromatik bitkilere ait tescilli çeşitler incelendiğinde; başta TAGEM enstitüleri olmak üzere diğer kamu kurumları, özel sektör ve üniversiteler tarafından tescilli çeşitler geliştirilmiştir(Anonim 2020a). Bu ürünlerden haşhaş 22, kekik 8, japon nanesi 1, fesleğen 7, kinoa 5, şekerotu 5, kişniş 4, çemen 3, tıbbi adaçayı 3, karabuğday 2, kimyon 2, Anadolu adaçayı 1, anason 4, çörek otu 1, düğün çiçeği(çayır salebi) 1, ekinezya 1, kapari 1, oğulotu(melisa) 1, safran 1, şevketibostan 1, şerbetçiotu 7, olmak üzere toplam 71 tescilli çeşit vardır. Son yıllarda dünyada ve Türkiye'de tıbbi araomatik bitkilere olan

ilginin artışı ile, buna paralel olarak tıbbi ve aromatik bitkilere yönelik Ar-Ge çalışmaları da fazlaşmıştır. Tıbbi ve aromatik bitkilere olan yoğun ilgi ve talep ile birlikte hem ıslah çalışmaları hem de tescil ettirilen çeşit sayısında dikkate değer artışlar yaşanmıştır. Bu gelişmeler ülkemizin dünya ticaretindeki payını arttırmıştır(Anonim, 2021).

Baharatlarda taşıdığı belirlenmesinde kullanılan yöntemleri analitik, fiziksel, ve biyoteknolojik olarak sayılabilir. Fiziksel metotlar makroskobik ve mikroskobik tetkiklerdir. Analitik yöntemler arasında kromatografik, elektroforetik ve spektroskopik olanlar, biyoteknolojik yöntemlerde ise polimeraz zincir reaksiyonu (PCR), PCR olmayan yöntemler, yüksek çözünürlüklü erime analizi, immünolojik yöntemler ve biyosensör uygulamalarını sayılabilir. Kemometrik ve biyoteknolojik yöntemlerin negative yönü kalifiye personele olan ihtiyaç ve yatırım maliyeti yüksek olması sayılabilir. Fiziksel ve mikroskobik yöntemlerde ise analiz maliyeti düşük olmakla birlikte, bu konu ile çalışmış uzman personele ihtiyaç duyulması için sürekliliği için çok önemlidir (Boğa ve ark., 2021).

Dünya Sağlık Örgütü'nün 'Bitkisel Materyallerde Kalite Kontrol Metotları' isimli kitapta bitkisel materyallerin Makroskobik kimliği, kesilen yüzeyin şekline, boyutuna, rengine, yüzey özelliklerine, dokusuna, kırılma özelliklerine ve görünümüne göre oluşturmuşlardır. Bu görünümleri kalite kontrol ölçütü olarak kullanmış ve materyal temininde karar mekanizmasının bir parçası olarak kullanılabilmesi bildirilmektedir(Anonim 1998).

Avrupa Baharat Birliği (ESA) ve Amerikan Baharat Ticaret Birliği (ASTA), gıda güvenliği ve gıda düzenlemesinin uygulanması ile bitki ve baharatların korunmasını göz önünde bulundurarak, baharatların güvenli, temiz işlenmesini, paketlenmesini ve kalitesini sağlamak için uluslararası düzeyde çalışmaktadır. ESA ve ASTA, baharatlarda maksimum yabancı madde seviyesini %1 ve %0.5–1 w/w olarak belirlemiştir(Anonim 2010).

Dünya Sağlık Örgütü(WHO)'nün 'Bitkisel İlaçlarda İyi Uygulamalar' adlı eserinde; kaliteli ve doğru ürün üretiminde güvenli drog seçimine önem verilmiş ve mikroskobik analizlerin nasıl yapılacağı ile ilgili rehber bir doküman oluşturulmuştur(Anonim 2007).

İşcan ve ark (2019), 'Bitkisel Droğların Makroskobik ve Mikroskobik Özellikleri' isimli eserinde mikroskobik çizimler yerine dijital mikro fotoğraflar kullanılarak, ağırlıklı olarak Avrupa Farmakopesi'nde yer alan 150'den fazla bitkisel drog ile ülkemiz açısından önemli olan bazı bitkisel drog bulunmaktadır. Bitkilere ait yaprak, toprak üstü aksamı, çiçek, meyve, tohum, kök, rizom, kabuk ve diğer droğlar incelenmiştir. Ayrıca droğların Türkçe, Latince, İngilizce ve Almanca isimleri, elde edildiği bitkinin taksonomik bilgileri ile önemli makroskobik ve mikroskobik karakterlerine ait karakteristik tanımlamalara bulunmaktadır. Droğlara ait ölçekli makroskobik renkli fotoğrafları yanında, toz hale getirilmiş materyalin teşhis ve kalite kontrolünde yararlanılacak karakteristik yapıları Farmakopede tarif edilen uygun reaktifler ile ışık mikroskobu ile incelenmiş ve renkli baskılı bir kaynak oluşturulmuştur. Kitapta 35 yaprak, 35 toprak üstü aksamı, 15 çiçek, 19 meyve, 8 tohum, 18 kök, 9 rizom, 9 kabuk droğuna ait mikroğraflar bulunmaktadır.

Ayrıca Türk Farmakopesi(Anonim, 2016a)'ne mikroskobik incelemelerde droğun saflığına karar vermede yol gösterici olacak, birçok bitkisel droğa ait önemli karakteristik özelliklerini içeren çizimler yer almaktadır.

Bizim çalışmamızın diğer çalışmalardan önemli farklı hem baharat hem de ilaç olarak kullanılabilen bu ürünlerin TGK Baharat tebliğinde tanımlanan kalite kriterlerine göre değerlendirmektir.

Örneğin; TGK Baharat tebliğe göre; “Baharata ve baharat karışımlarına ürünlerin kendi doğasından gelen nişasta hariç olmak üzere nişasta, irmik, razmol, kepek ve benzeri dolgu maddeleri katılmaz”, “Pul kırmızıbiberlerde ve isotta kendinden olan sap ve dal parçaları kütlece %1’i, tohum ve tohum parçalarının kütlece % 40’ı geçemeyeceği belirtilmiştir”denilmiştir(Anonim, 2022).

Gerek yabancı madde analizlerinin gerekte baharatlara özgü kalite analizlerinin mikroskopik olarak yapılması Türk baharat kalitesinin artmasına katkı sağlayacaktır.

Tarım ve Orman Bakanlığı’nın yetkilendirdiği lobaratuvarlarda baharatlarda taklit ve tağşişi belirlemek için yapılan analiz yöntemlerine ve kaynaklar Çizelge 2. 1’de verilmiştir.

Çizelge 2.1. Baharatta tağışı belirlemede kullanılan metotlar

Yazar/Kaynak	Baharatta tağışı belirlemede kullanılan metotlar
Regnel (1976)	Suni Boya Aranması (yün ipi ile)
Anonim (1980)	TS 3495 Baharat-Öğütölmüş Baharatın İncelik Derecesinin Tayini-el İle Eleme Yöntemi
Anonim (1987a)	TS 2135 Baharat-alkolde Çözünen Ekstrakt Tayini
Anonim (1987b)	TS 2136 Baharat-soğuk Suda Çözünen Ekstrakt Tayini
Anonim (1990)	TS 8471 Baharat Yabancı Madde Tayini
Anonim (2000a)	Kükürtdioksit ((SO ₂)E 22) AOAC Official Method 962.16
Anonim (2000b)	TS 2137 ISO 1108 Baharat ve Çeşni Veren Bitkiler- Uçucu Olmayan Eter Ekstraktı Tayini
Anonim (2001b)	TS 2131 ISO 928 Baharat ve Çeşni Veren Bitkiler- Toplam Kül Tayini
Anonim (2009)	Vanilyada Vanilin Tayini TS 3892
(Dann ve ark (2005), Cevallos-Cevallos ve ark (2009)	LC QTOF ile Kekikte Zeytin Yaprağı Tayini
Anonim (2011b)	TS EN ISO 927 Baharat ve Çeşniler - Yabancı Madde ve Dış Kaynaklı Madde Muhtevasının Tayini
Anonim (2011c)	TS EN ISO 6571- Baharat, Çeşni Maddeleri ve Tıbbi Bitkiler - Uçucu Yağ Muhtevasının Tayini
Başer ve ark (2012)	Gaz Kromatografisi ile Uçucu Yağ Kompozisyon Analizleri
Anonim (2014)	TS EN ISO 5492 -Duyusal Analizler- Terimler ve Tarifleri (ISO 5492:2008)
Anonim (2016b)	TS 2133 ISO 930 -Baharat ve Çeşni Veren Bitkiler- Asitte Çözünmeyen Kül Muhtevası Tayini
Anonim (2021a)	TS ISO 939 –Baharat Rutubet Miktarı Tayini

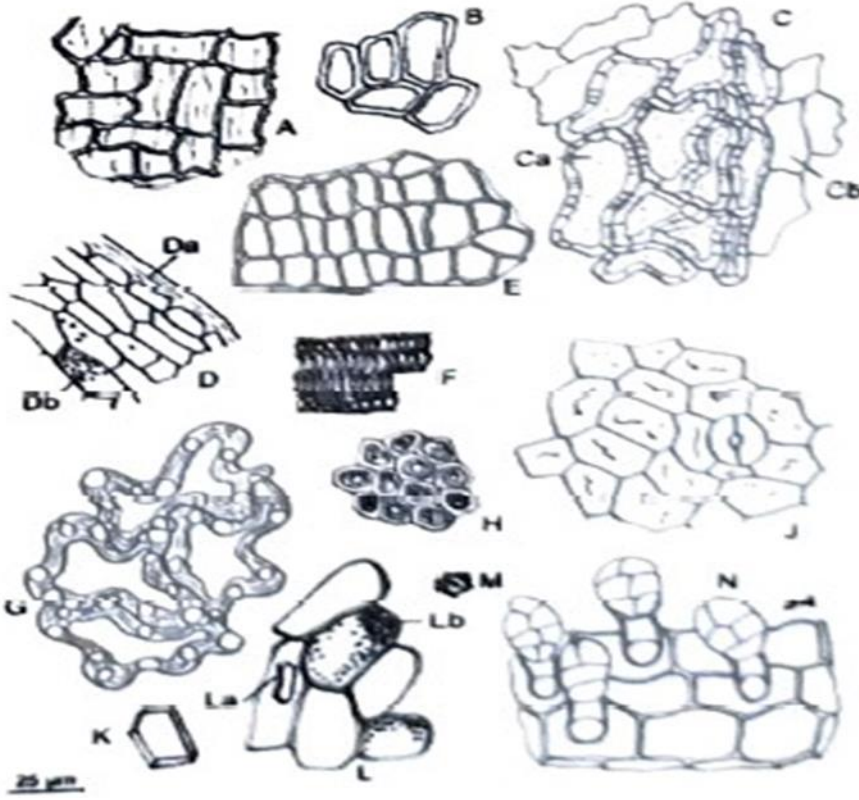
Tarım ve Orman Bakanlığı'nın yetkilendirdiği Ankara Gıda Kontrol Laboratuvarı Müdürlüğü ve Gaziantep Gıda Kontrol Laboratuvarı Müdürlüğü'nde kekikte yabancı madde analizi ASTA ANALYTICAL METHODS 26.0 kullanılarak zeytin yaprağı , mersin yaprağı, çilek yaprağı ve *Cistus* spp. gibi sınırlı sayıda tağış materyalini tanımlamada hizmet vermektedir.

Tarım ve Orman Bakanlığı'nın yetkilendirdiği Tekirdağ Gıda Kontrol Laboratuvarı Müdürlüğü'nde ise biberde mikroskopik yabancı madde analizi yapılmaktadır. Ayrıca «Nişasta Granüllerinin Mikroskopik Görünüşü» analizi ile birçok gıdanın içinde buğday, mısır, patates, tapiyoka, manyok, pirinç granüllerinin olup olmadığı «İşletme İçi Metot ATFZ 135»kullanılarak tespit edilebilmektedir.

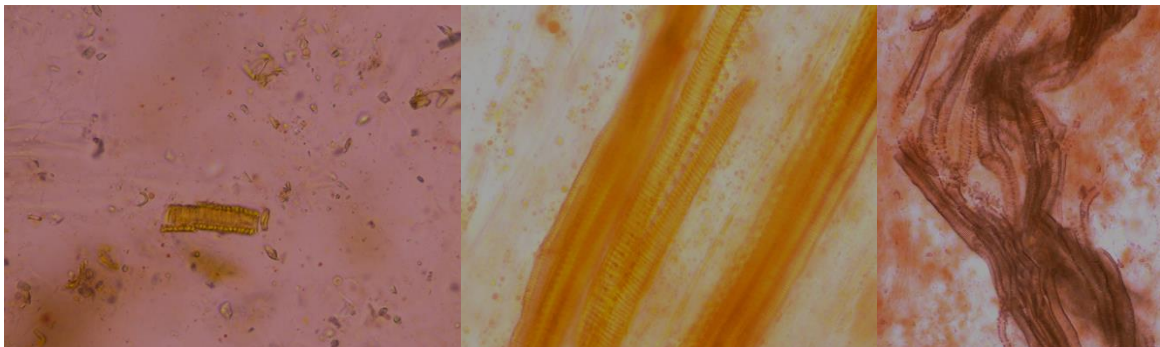
Materyal olarak Gaziantep ilinden elde edilen kurutulmuş baharatlık biberler kullanılmıştır.

Alet ve ekipman olarak, en az 6.5X-40X büyütme oranına sahip, fotoğraf ve video çekebilen sterio mikroskop, en az 40X-400X büyütme oranına sahip, polarize ışık verebilen, fotoğraf ve video çekebilen ışık mikroskobu, lam, lamel kullanılmıştır.

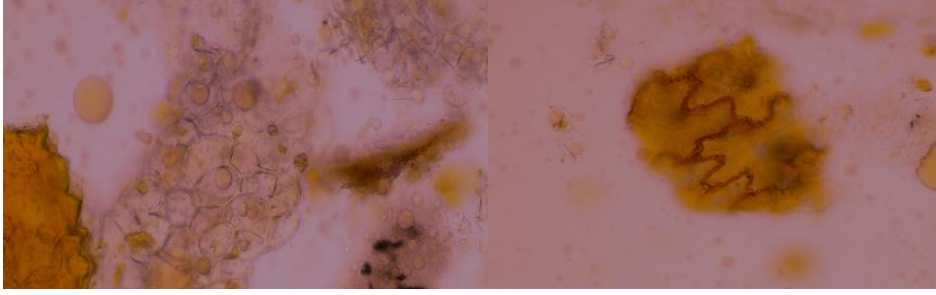
Mikroskobik incelemelerde kloral hidrat çözeltisi(8 kısım kloral hidrat, 5 kısım H₂O ile karıştırılır) kullanılmıştır.



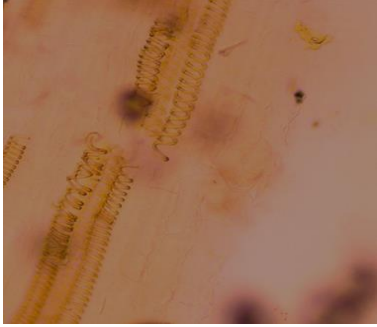
Şekil 2.1. Acı biber meyvesi, bitkisel toz droğunun teşhisi için çizim. Türk Farmakopesi-2016 (Anonim, 2016).



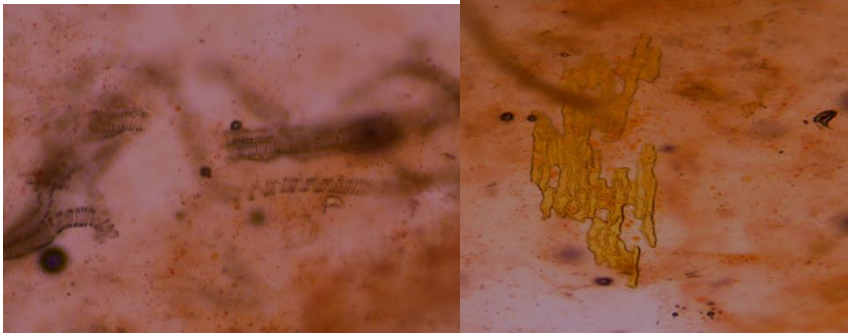
Şekil 2.2. *Capsicum annum* L. mikroskobik görüntü



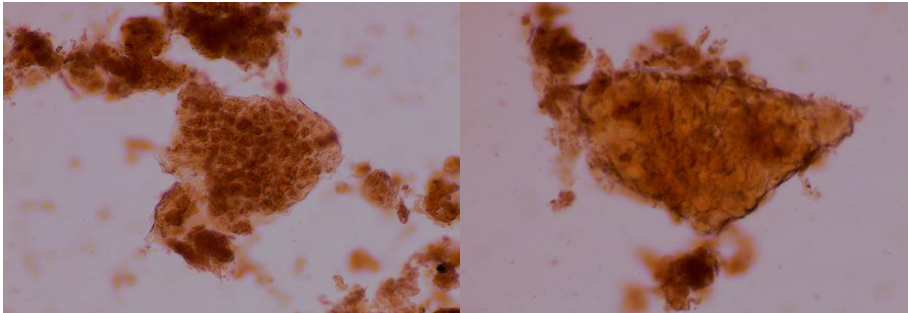
Şekil 2.3. *Capsicum annum* L. tohumu, mikroskopik görüntü



Şekil 2.4. *Capsicum annum* L. sap, mikroskopik görüntü



Şekil 2.5. *Capsicum annum* L. meyve yatağı, mikroskopik görüntü



Şekil 2.6. *Capsicum annum* L. (Urfa biberi) endüstriyel metotla üretilmiş isot,, mikroskopik görüntü

Çekilen görüntüler Türk Farmakopesi(2016) ve İşcan ve ark(2019) ile uyumludur.

5996 Sayılı Veteriner Hizmetleri, Bitki Sağlığı, Gıda ve Yem Kanun'un madde 3/63 ve 3/64'üne göre: "Tağşış: Bu Kanun kapsamındaki ürünlere temel özelliğini veren öğelerin ve besin değerlerinin tamamının veya bir bölümünün mevzuata aykırı olarak çıkarılmasını veya miktarının değiştirilmesini veya aynı değeri taşımayan başka bir maddenin, o madde yerine aynı maddeymiş gibi katılmasını, Taklit: Bu Kanun kapsamındaki ürünlerin, şekil, bileşim ve nitelikleri itibarıyla yapısında bulunmayan özelliklere sahip gibi veya başka bir ürünün aynısıymış gibi göstermeyi" ifade eder (Anonim, 2010b).

5996 sayılı kanunun (Değişiklik 28/10/2020-7255) Madde 29'a göre "taklit veya tağşış yapılan gıda veya yemlere el konulur" ifadesi ve yine aynı kanunun 30. Maddesine a ve ı bentlerine göre;

"a) Kişilerin hayatını ve sağlığını tehlikeye sokacak gıdalar, masrafları sorumlusuna ait olmak üzere piyasadan toplatılır ve mülkiyeti kamuya geğirilerek imha edilir. Bu gıdaları üreten, ithal eden, kendi adı veya ticari unvanı altında piyasaya arz eden gıda işletmecilerine bir yıldan beş yıla kadar hapis ve bin günden beş bin güne kadar adli para cezası verilir. Fiilin üç yıl içinde tekrarlanması durumunda ayrıca, gıdayı üreten, ithal eden, kendi adı veya ticari unvanı altında piyasaya arz eden gıda işletmecisi beş yıldan on yıla kadar gıda sektörü faaliyetinden men edilir."

"1) 24 üncü maddenin dördüncü fıkrasına aykırı olarak taklit veya tağşış yapılan gıda veya yemlere el konulur. Ürünler masrafları sorumlusuna ait olmak üzere piyasadan toplatılır. Piyasaya arz amacı dışında değerlendirilmesi mümkün olmayan ürünler işletmecisi tarafından Bakanlık gözetiminde imha edilir veya ettirilir. Piyasaya arz amacı dışında değerlendirilmesi mümkün olan ürünlerin mülkiyetinin kamuya geğirilmesine karar verilir. Taklit veya tağşış yapılan gıda veya yemleri;

1) Üreten, ithal eden veya kendi adı veya ticari unvanı altında piyasaya arz eden gıda veya yem işletmecisine ellibin Türk lirasından,

2) İzlenebilirliğini sağlamadan piyasaya arz eden perakende gıda veya yem işletmecisine beşbin Türk lirasından, aşağı olmamak ve beşyüzbin Türk lirasını geğmemek kaydıyla, fiilden bir önceki mali yıl sonunda oluşan veya bunun hesaplanması mümkün olmazsa fiil tarihine en yakın mali yıl sonunda oluşan yıllık gayri safi gelirlerinin yüzde biri oranında idari para cezası verilir. Fiilin üç yıl içinde birinci kez tekrarlanması durumunda üreten, ithal eden veya kendi adı veya ticari unvanı altında piyasaya arz eden gıda veya yem işletmecisine yukarıda belirtilen idari para cezalarının alt ve üst sınırları bir katı artırılarak uygulanır. Fiilin aynı süre içinde ikinci kez tekrarlanması durumunda, üreten veya ithal eden gıda veya yem işletmecisine bin günden üçbin güne kadar adli para cezası verilir ve gıda veya yem işletmecisi beş yıldan on yıla kadar bu sektördeki faaliyetinden men edilir. Fiili üç yıl içinde ikinci kez tekrarlayan kendi adı veya ticari unvanı altında piyasaya arz eden gıda veya yem işletmecisine ise ikiyüzbin Türk lirasından az olmamak ve iki milyon Türk lirasını geğmemek kaydıyla, fiilden bir önceki mali yıl sonunda oluşan veya bunun hesaplanması mümkün olmazsa fiil tarihine en yakın mali yıl sonunda oluşan yıllık gayri safi gelirlerinin yüzde biri oranında idari para cezası verilir"(Anonim, 2020b).

İdari para cezaları her yıl belirlenen "Yeniden Değerleme Oranları"na göre arttırılarak uygulanmaktadır.

3. Sonuç

Yapılan mevcut çalışmalara ek olarak taklit ve tağşişin ne olduğunu belirleyecek çalışmaların yapılması uygulanacak cezanın miktarını veya tağşiş yapılan ürünün insan tüketime uygun olup olmadığını belirlemede önemli olacaktır.

Baharat sektörünün de kolaylıkla kullanabileceği mikroskopik analiz yöntemi ile baharat ithalatına ve ihracatına katkı sağlayarak, dünya baharat pazarında Türkiye'nin payının artması beklenmektedir. Gerek yabancı madde analizlerinin gerekse baharatlara özgü kalite analizlerinin mikroskopik olarak yapılması Türk baharat kalitesinin artmasına katkı sağlayacaktır. Gıda Kontrol Genel Müdürlüğü'nün talebi ile oluşturulan ve TAGEM tarafından desteklenen "Türkiye'de Bazı Baharat Çeşitlerinin Karakteristik Özelliklerinin Mikroskopik Yöntemle Belirlenmesi ve Baharat Mikroskopi Atlasının Oluşturulması" projesi kapsamında 22 farklı baharat üzerinde çalışılmakta ve baharat hammaddelerinin karakteristik özelliklerini en iyi ortaya koyan mikrograflar seçilmektedir.

Bu çalışmaların baharat dışında gıda ve yem gibi başka sektörlerde de güvenli bir şekilde kullanılabilmesi için, yapılan ve yapılacak çalışmalar ile alt yapısının oluşturulması gerekmektedir.

4. Kaynakça

- Anonim (1980). TS 3495. Türk Standartları Enstitüsü. Ankara. Baharat-Öğütülmüş Baharatın İncelik Derecesinin Tayini-el İle Eleme Yöntemi
- Anonim (1987a). TS 2135. Türk Standartları Enstitüsü. Ankara. Baharat-alkolde Çözünen Ekstrakt Tayini.
- Anonim (1987b). TS 2136. Türk Standartları Enstitüsü. Ankara. Baharat-soğuk Suda Çözünen Ekstrakt Tayini.
- Anonim (1990). TS 8471. Türk Standartları Enstitüsü. Ankara. Baharat Yabancı Madde Tayini
- Anonim, 1998. World Health Organization. Quality Control Methods for Herbal Material.178 p.
- Anonim (2000a). Kükürtdioksit ((SO₂)E 22) AOAC Official Method 962.16.
- Anonim (2000b). TS 2137 ISO 1108. Türk Standartları Enstitüsü. Ankara. Baharat ve Çeşni Veren Bitkiler- Uçucu Olmayan Eter Ekstraktı Tayini
- Anonim (2001b). TS 2131 ISO 928. Türk Standartları Enstitüsü. Ankara. Baharat ve Çeşni Veren Bitkiler- Toplam Kül Tayini.
- Anonim, 2007. World Health Organization, WHO guidelines on good manufacturing practices (GMP) for herbal medicines. ISBN 978 924 1547 16 1
- Anonim (2009). TS 3892. Türk Standartları Enstitüsü. Ankara. Vanilyada Vanilin Tayini.
- Anonim, 2010. Asta Analytical Methods. Method 26.0. October, 2010
- Anonim, 2010b. 5996 sayılı Veteriner Hizmetleri, Bitki Sağlığı, Gıda ve Yem Kanunu. 27610 sayılı Resmî Gazete.
- Anonim (2011a). TS EN ISO 927. Türk Standartları Enstitüsü. Ankara. Baharat ve Çeşniler - Yabancı Madde ve Dış Kaynaklı Madde Muhtevasının Tayini.
- Anonim (2011b). TS EN ISO 6571. Türk Standartları Enstitüsü. Ankara. Baharat, Çeşni Maddeleri ve Tıbbi Bitkiler - Uçucu Yağ Muhtevasının Tayini.
- Anonim, 2013. Türk Gıda Kodeksi Baharat Tebliği. (Tebliğ No: 2022/7). Sayı: 31814
- Anonim (2014). TS EN ISO 5492. Türk Standartları Enstitüsü. Ankara. Duyusal Analizler- Terimler ve Tarifleri (ISO 5492:2008).
- Anonim 2016a. Türk Farmakopesi. TC Sağlık Bakanlığı, Ankara.
- Anonim (2016b). TS 2133 ISO 930. Türk Standartları Enstitüsü. Ankara. Baharat ve Çeşni Veren Bitkiler- Asitte Çözünmeyen Kül Muhtevası Tayini
- Anonim, 2020a. FAO, 2020. <http://www.fao.org/faostat/en/#data..>
- Anonim 2020b. Veteriner Hizmetleri, Bitki Sağlığı, Gıda Ve Yem Kanunu. Kanun no 7255. 31294 sayılı Resmî Gazete.
- Anonim 2021. Tıbbi ve Aromatik Bitkiler Sektör Politika Belgesi 2020-2024. Ankara 2021. <https://www.tarimorman.gov.tr/TAGEM/Belgeler/yayin/T%C4%B1bbi%20ve%20Aromatik%20Bitkiler%20SPB.pdf>
- Anonim (2021b). TS ISO 939. Türk Standartları Enstitüsü. Ankara. Baharat Rutubet Miktarı Tayini.
- Anonim, 2023. <https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-eurostat-news/w/ddn-20231227-1a>.
- Başer ve ark (2012). Gaz Kromatografisi ile Uçucu Yağ Kompozisyon Analizleri.
- Boğa T., Topaloğlu G. K., Çakmak S., 2021. Baharatlarda Yapılan Tağşişin Tespit Edilmesinde Kullanılan Yöntemler. 6. Uluslararası Beslenme Obezite Ve Toplum Sağlığı Kongresi.
- Faydaoğlu E. ve Sürücüoğlu M.S., 2011. Geçmişten Günümüze Tıbbi ve Aromatik Bitkilerin Kullanılması ve Ekonomik Önemi. Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 11(1):52- 67

İşcan G., Köse Y.B ve Demirci F., 2019. Bitkisel Drogların Makroskopik ve Mikroskopik Özellikleri. Antalya Eczacı Odası Yay ını No:1 2019. 333 s.

**EKMEKLİK BUĞDAYDA TANE RENGİ (L*, a*, b*) OLUŞUMU ÜZERİNE AZOT
VE GENOTİP ETKİSİ**

Assist. Prof. Dr. Ali YİĞİT (ORCID:0000-0003-3303-5122)

Aydın Adnan Menderes University, Faculty of Agriculture, Department of Field Crops
Email:ali.yigit@adu.edu.tr

Prof. Dr. Osman EREKUL (ORCID:0000-0002-0276-4843)

Aydın Adnan Menderes University, Faculty of Agriculture, Department of Field Crops
Email:oerekul@adu.edu.tr

Özet

Son zamanlarda beslenme konusunda tüketici taleplerinin daha sağlıklı bir yaşam tarzına doğru kayması, günlük beslenmede tahılların sağlık konusunda önemi konusunda farkındalığın artmasına yol açmıştır. Ekmeklik buğday (*Triticum aestivum* L.) en önemli tahıllardan birisi olmakla birlikte tanesinin nişasta, protein, mineral ve diyet lifi içeriği, besin ve sağlık değerinin ortaya koymaktadır. Buğday tanesi, fitokimyasallarla bağlantılı renk pigmentleri içermekle birlikte bu bazı yararlı kimyasalların sağlığa katkılarının olduğu ve tanenin dış katmanlarında daha fazla miktarda bulunduğu bilinmektedir. Bu nedenle, tahıldaki bu pigmentlerin birikimi ve agronomik işlemlere tepkilerinin bilinmesi, günlük beslenme ve sağlık açısından büyük önem taşımaktadır. Bu nedenle yapılan çalışmada; farklı yetiştirme tabiatlı (kışlık ve alternatif) 15 farklı genotipte (hatlar, melezler ve çeşitler) değişen azot dozlarının (0, 60, 120 ve 180 kg ha⁻¹) tane rengi (L*, a* ve b*) değerleri üzerindeki etkisini tespit etmek amacıyla yürütülmüştür. Çalışmanın sonuçları, genetik etkinin tane rengi beyazlık (L*) değerinde önemli farklılıklarla ilişkili olduğunu göstermiştir. Ayrıca, Yıl*Azot*Genotip interaksiyonunun etkisi kırmızılık (a*) ve sarılık (b*) rengi için istatistiksel anlamda önemli bulunmuştur. Buğday tanesinin rengi üzerindeki genetik etki ile ilgili olarak, Hat-2 ve Bozkır genotipleri en yüksek değer ile ön plana çıkmışlardır. Buna karşılık, a* ve b* değerleriyle ilgili olarak, kurak sezonda (2018) bazı genotiplerde yüksek azot dozlarının (60, 120 ve 180 kg ha⁻¹) uygulanmasıyla renk oranında bir artış gözlenmiştir. Sonuçlar genel olarak değerlendirildiğinde, genetik etkinin L* oranını etkileyen en önemli faktör olduğu, a* ve b* değerlerinin belirlenmesinde ise faktörlerin etkisinin daha karmaşık olduğu sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Buğday, azot, genotip, renk, tane, sağlık, antioksidan, L*, a*, b*

**NITROGEN AND GENOTYPE IMPACT ON BREAD WHEAT GRAIN COLOR
(L*, a*, b*) FORMATION**

Abstract

The recent shift in consumer demands towards a healthier lifestyle has led to an increased awareness of the importance of cereals in enhancing overall health in daily diet. Bread wheat (*Triticum aestivum* L.) is a cereal of significant importance, and the starch, protein, mineral and dietary fiber content of its grain represent the primary sources of nutritional and health value. Its grain contains color pigments that are linked to phytochemicals, some of which have been demonstrated to contribute to health and are present in the outer layers of the grain. Therefore, the knowledge of accumulation and responses to agronomic treatments of these pigments in the grain has significant importance for daily nourishment and health. For this reason, our study was therefore conducted to ascertain the influence of varying nitrogen doses (0, 60, 120 and 180 kg ha⁻¹) on grain color (L*, a* and b*) values in 15 different genotypes (lines, hybrid and cultivars) exhibiting diverse growth habits (winter and facultative). The results of the study indicated that the genetic effect was associated with significant differences in grain color brightness (L*) value. Additionally, the effect of the Year*Nitrogen*Genotype interaction was found to be statistically significant for redness (a*) and yellowness (b*) color. With regard to the genetic influence on the color of wheat grain, the Hat-2 and Bozkır genotypes emerged as the most notable. Conversely, with respect to the a* and b* values, an increase in the color rate was observed in certain genotypes during the dry season (2018), with the application of elevated nitrogen doses (60, 120 and 180 kg ha⁻¹). Upon evaluation of the results in general, it was concluded that the genetic effect was the most significant factor influencing L* rate, while the effect of the factors was more complicated in determining a* and b* values.

Keywords: Wheat, nitrogen, genotype, color, grain, health, antioxidant, L*, a*, b*

INTRODUCTION

Bread wheat (*Triticum aestivum* L.) has a unique value in terms of design and layers in the grain structure for nutritional, health and technological quality. In addition to being the fundamental foodstuff of humanity throughout history, it is of strategic importance among cereals due to its capacity to be produced into a variety of products and foodstuffs in numerous fields. It constitutes approximately half of the global food calorie in daily intake and is a rich source of nutrients, including proteins (gluten), minerals (Cu, Mg, Zn, P, and Fe), vitamins (B-group and E), riboflavin, niacin, thiamine, and dietary fiber. Wheat seed storage proteins (gliadins and glutenins) represent a significant source of food and energy and play a pivotal role in determining the quality of bread (Khalid et al., 2023).

Furthermore, it has been demonstrated that this foodstuff contributes to the maintenance of good health when consumed daily. The beneficial effects of wheat grain on human health are attributed to the biochemical compounds it contains, which are predominantly located in the outer layer of the grain.

Literature data have shown that antioxidants have a vital role in neutralizing reactive oxygen species (ROS) and free radicals. This mechanism plays a significant role in the inhibition of oxidative mechanisms, which may contribute to the development of degenerative diseases (cancer, cardiovascular diseases, etc.). It is possible that the endogenous antioxidant systems present in humans may be insufficient to neutralize free radicals. This may result in further oxidative damage to lipids, proteins and nucleic acids (Katrii et al., 2020). Therefore, healthy nutrition and the intake of molecules that contribute to this health through nutrition play a very critical role.

Whole grains of cereals, especially raw flour which contains the outer layers, are a rich source of bioactive phytochemicals (antioxidants, phenolic components, vitamins and minerals). These bioactive components have been identified as having a beneficial impact on both plant and human health (Žilić, 2016). It is therefore evident that the intake of whole wheat products, including the bran layer, is of greater significance for maintaining good health. In the last years, consumption and concept of colored wheat grains grabbed the attention of researchers in interdisciplinary studies. The rate of change of layers in wheat varieties with red and white grain structure, as well as wheat varieties with red, yellow, purple, and black pigments, have recently been the subject of attention with regard to their potential impact on human health and nutrition. The pigments have been demonstrated to possess a number of beneficial effects on human health, including the capacity to reduce oxidative damage to biological membranes, thereby slowing the aging process and preventing the development of a number of chronic diseases (Padhy et al., 2022).

The composition of phenolic components and antioxidants are subject to alteration as a consequence of the fractions derived from different varieties (genetic control). In some instances, the distribution of phenolic acids within grain fractions exhibited considerable variation. In wheat varieties, some of them are found to be highly concentrated in the germ, followed by the aleurone layer and the pericarp layer. The aleurone layer is of particular significance due to their elevated concentrations (Ndolo and Beta, 2014).

A further crucial element is the alteration in the rate of increase/decline in these layers within the wheat grain in response to nitrogen fertilizer application. And this situation generally occurs during the grain filling periods when the grain structure is shaped. The impact of nitrogen fertilization and grain filling periods on the total phenolic concentration of wheat was investigated by Stumpf et al. (2015). The application of nitrogen fertilizer resulted in the production of phenolic compounds exhibiting inverse effects in varying proportions. In the study, the authors observed that most phenolic compounds are primarily located in the outer layers of the grain. Consequently, it can be anticipated that an increase in the proportion of the bran fraction in the grain may result in a higher concentration of phenolic compounds.

In consideration of the information presented, the objective of this study was to examine the influence of genetic and nitrogen factors, which are the primary determinants of bread wheat grain color formation.

MATERIAL AND METHOD

This study was conducted in Aydın (37°45'22''N 27°45'36''E) ecological conditions during 2017 and 2018 growing seasons. A field experiment was conducted as consist of 15 bread wheat genotypes with different grain (red and white grain) and spike (white, red, awned and awnedness) characteristics, growth habits (facultative and winter) and genetic properties (3 advanced lines, 1 hybrid and 11 cultivars) (Table 1). In the field experiment five nitrogen doses (0, 60, 120 and 180 kg ha⁻¹ hereafter referred as N0, N60, N120 and N180) were applied to these genotypes in 2017 and 2018 growing seasons.

Table 1. List of genotypes

No	Genotype name and grain color	No	
1	Golia (red)	9	Line 2* (red)
2	Kate A (red)	10	Line 3* (red)
3	Selimiye (red)	11	Eraybey (red)
4	Ceyhan 99 (white)	12	Bozkır (white)
5	Tosunbey (white)	13	Euclide (white)
6	İkizce-96 (red)	14	Julius (white)
7	Müfitbey (white)	15	Hybery** (white)
8	Line 1* (red)	*: IWWIP line, ** Hybrid variety (Germany)	

The experimental design was conducted according to randomized split plot design with three replications where N doses were applied as the main plot effect. Plot sizes were adjusted as 1,2 x 6 m and 20 cm (sowing distance). The field experiment area consisted of 180 sub-plots (Figure 1).

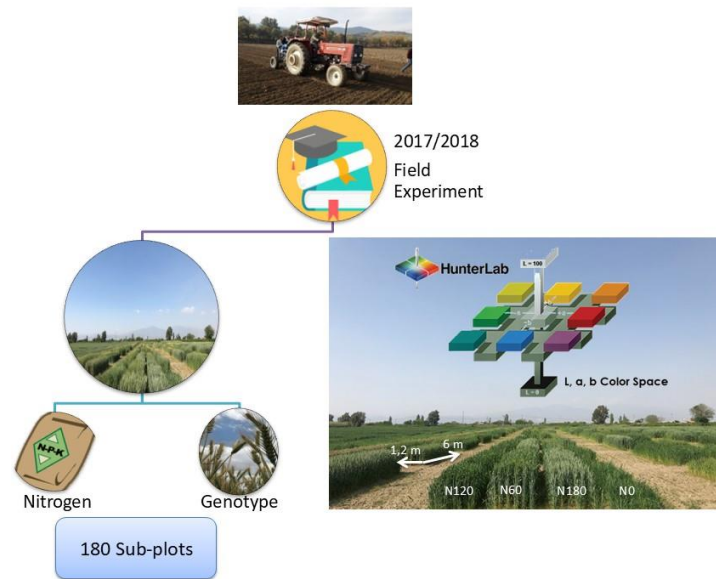


Figure 1. The design and factors of the field experiment

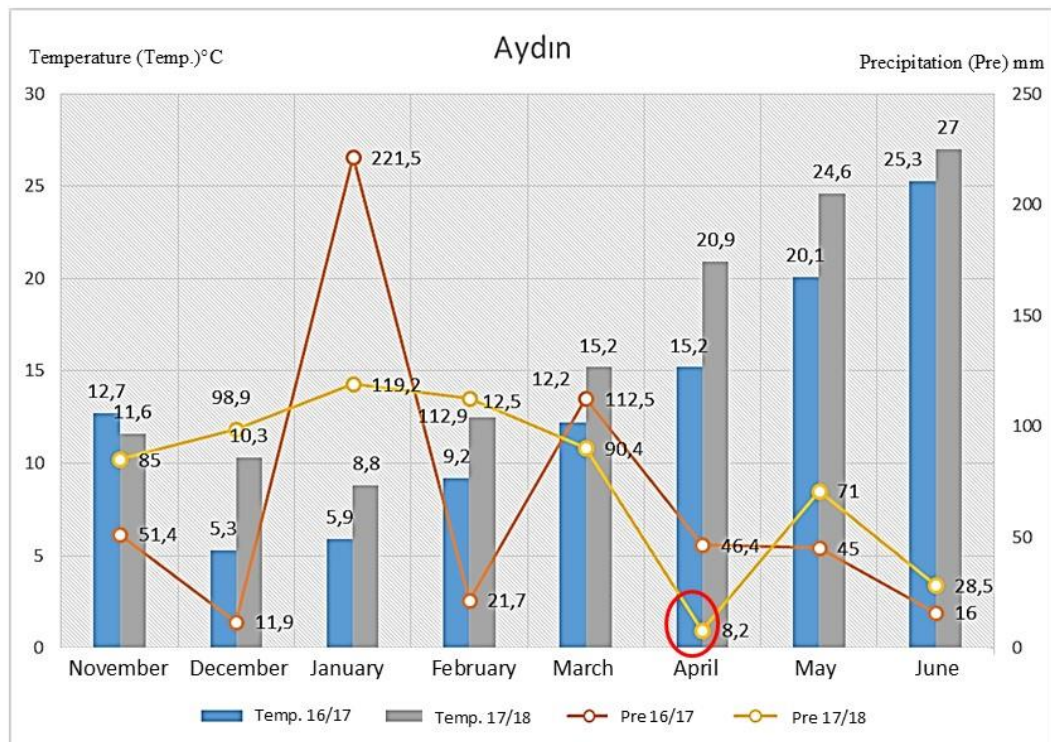


Figure 2. Meteorological conditions during the field experiment (Mean annual temperature for long term: 17.7°C, total annual precipitation amounts for long term: 647.0 mm)

In the first year of experiment, deficit rainfall amount observed in the first months of the experiment (November and December) however, excess rainfall observed and caused short time flooding stress in wheat seedlings in January during 2017. In generally the weather conditions were favorable (compared to long term conditions) in the first year. In terms of mean temperature, favorable values observed in vegetative development periods in 2018 compared to long term values, but it is noteworthy that high temperature conditions occurred in springtime (and also April had lowest precipitation value) compared to long term and first year of experiment. This situation caused adverse conditions during generative growth stages of plants and observed drought conditions and highlighted as dry year in the study (Figure 2).

The soil type of the experimental area was loamy sand with 69.9% sand, 21.3% silt, and 8.65% clay with typical alkaline soil pH level (8.0). At the end of both growing seasons, the plots were harvested and then seeds were threshed, cleaned and stored at 4°C until analysis. The grain color analysis was conducted by using HunterLab® ColorFlex Spectrophotometer and the results were obtained as L*, a*, b* units showing in color space diagram (Figure 3). To measure the grain color homogenized whole wheat flour was obtained by milling seeds with a diameter of 0.5 mm. The analysis was conducted in Aydın Adnan Menderes University Agricultural Biotechnology and Food Safety Laboratory (ADU-TARBIYOMER). The data were subjected to analysis of variance for each parameter and analyzed by using ANOVA and LSD test techniques of Tarist statistical analysis software.

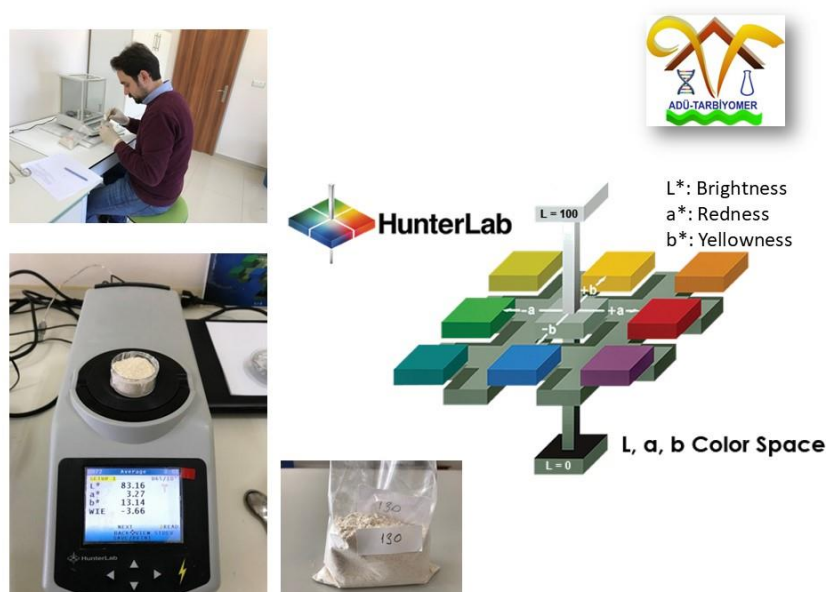


Figure 3. The measuring of wheat grain color in HunterLab® ColorFlex

RESULTS AND DISCUSSION

The statistical data shows that experimental factors have significant contributions to the design of grain color of bread wheat. Table 2 shows the ANOVA results of examined color parameters. When the ANOVA results were examined in L* parameter, the genetic factor (Genotype) was only the experimental factor affecting statistically significant in brightness color of grain. Year, Nitrogen and interactions (YxN, YxG, NxG, YxNxG) have been found not significant for the L* parameter. Year and Genotype factors have been found significant for a* (redness) and b* (yellowness) parameters while Nitrogen was not statistically significant for all evaluated color parameters (L*, a*, b*).

Table 2. ANOVA results for grain color parameters

Color Parameters		L*	a*	b*
Experimental factors	DF	Mean Square	Mean Square	Mean Square
Year (Y)	1	5.37 ns	6.51**	73.7**
Nitrogen (N)	3	37.4 ns	0.10 ns	0.4 ns
YxN	3	19.8 ns	0.11 ns	1.52**
Genotype (G)	14	72.4**	2.87**	18.2**
YxG	14	13.7 ns	0.17**	1.14**
NxG	42	17.6 ns	0.09**	0.88**
YxNxG	42	15.8 ns	0.13**	1.20**
Error	236	18.3	0.05	0.27
Total	359	20.0	0.20	1.40

ns: not significant; *: $p \leq 0,05$, ** $p \leq 0,01$

The environmental conditions resulted in notable alterations to the redness and yellowness of the wheat grain. The observed differences in wheat grain coloration can be linked to the different climate conditions experienced in the two experimental years. In 2017, favorable weather conditions, characterized by efficient rainfall distribution and amount, as well as optimal temperature conditions, were recorded. In contrast, the 2018 growing season was characterized by a dry season, with deficit irrigation and higher temperatures during grain filling and springtime. The results demonstrate that, contrary to our expectations, nitrogen fertilization has no statistically significant impact on grain color change. The use of nitrogen is widely regarded as a crucial aspect of cereal crop cultivation, with a multitude of investigations conducted to ascertain the most efficacious N fertilization rates and timing (Govindasamy et al., 2023).

Effective N fertilizer management is crucial to ensure optimal plant and grain development. The most crucial characteristics of importance for utilization in the production of pasta and bread are grain protein content, color and gluten strength. The yellow color is attributed to the carotenoid pigment content present in the entire kernel, and it is commercially designated as the yellow index in semolina that has notable nutritional and health-related attributes. The effect of weather conditions, cultivar and N rate and timing on the yellow index has been established; however, there is a lack of information regarding the impact of N source and S fertilization on this quality parameters (Rossini et al., 2018). As a result, the combination of all factors evaluated, YxNxG interaction have been found significant for a* and b* color values except for L* parameter while nitrogen had no significant effect for all parameters.

The analysis of the mean values of the flour brightness ratio (L*) revealed that the genetic factor was the primary determinant, with significant statistical differences observed between the genotypes. The results of the variance analysis indicated that there were significant differences

**ISPEC 16th INTERNATIONAL CONFERENCE ON AGRICULTURE, ANIMAL
SCIENCE & RURAL DEVELOPMENT
November 15-17, 2024 / Konya, Türkiye**

in the L* value between the genotypes, with the highest values observed in Line 2, Bozkır, Ceyhan 99 and Tosunbey varieties, and the lowest values observed in Hat 3, Hybery (hybrid variety) and Golia varieties. The L* value ranged from 81.01 to 87.35.

The nitrogen factor was not found to be significant, and no significant changes were observed in the brightness ratio of flour over the course of the study. A comparison of the grain color of the genotypes with the highest L* values revealed that only Line 2 exhibited a red grain type, while the other varieties (Bozkır, Ceyhan 99 and Tosunbey) displayed a white-typed grain property (Table 3).

Table 3. The mean values of brightness (L*) for bread wheat genotypes grown under different nitrogen fertilizer doses in the period of 2017 and 2018.

G/N	2017				2018				Mean (G)
	N0	N60	N120	N180	N0	N60	N120	N180	
Golia	83.27	85.15	82.73	82.29	82.41	82.53	81.99	81.92	82.78 cd
Kate A	83.74	84.04	84.07	82.85	84.07	83.07	83.4	83	83.53 bc
Selimiye	94.45	84.75	81.9	83.6	83.95	84.16	83.17	83.2	83.65 bc
Ceyhan	85.09	87.42	86.24	85.51	85.13	85.62	84.93	84.78	85.59 ab
Tosunbey	86.25	85.12	86.1	85.06	85.93	85.39	84.99	85.01	85.48 ab
İkizce	83.32	82.99	84.21	82.9	83.37	83.61	83.43	83.77	83.45 bcd
Müfitbey	82.85	84.85	84.39	83.44	85.27	82.6	82.81	81.45	83.46 bcd
Line 1	84.32	83.5	83.52	83.71	83.41	83.26	83.25	84.64	83.7 bc
Line 2	88.03	86.28	87.98	87.3	89.18	87.79	86.6	85.67	87.35 a
Eraybey	85.79	83.7	85.39	84.29	82.66	84.1	84.97	83	84.24 bc
Bozkır	87.34	86.41	85.61	87.96	88.21	87.15	86.53	87.35	87.07 a
Line 3	84.9	84.89	84.65	60.18	82.69	84.39	83.79	82.59	81.01 d
Euclide	84.13	84.43	84.28	83.46	82.95	81.69	82.72	82.85	83.31 bcd
Julius	82.64	82.94	83.98	81.47	81.53	81.49	79.29	81.54	81.86 cd
Hybery	81.72	84.99	85.25	83.42	82.35	84.09	82.59	83.04	83.43 bcd
Mean (N)	N0		N60		N120		N180		
	84.36		84.41		84.16		83.04		
Mean (Y)	84.12				83.87				
Lsd G: 2.45, Mean values color diagram shows increasing values from red to blue									

A comparison of the mean redness values across the years revealed that the highest value was observed in the 2018 season (2.70), while the lowest value was recorded in the 2017 season (2.43). In general, the genotypes exhibited higher values in the second year (dry season) of the field trial with the applied nitrogen doses. This resulted in an unfavorable climatic situation, particularly in terms of a reduction in spring precipitation and the occurrence of elevated temperatures. It is estimated that the unfavorable weather conditions during the grain-filling period resulted in a reduction in the grain-filling rate of the genotypes in general and an increase in the redness value due to the expansion of the outer layer of the grain.

The highest value in terms of flour color redness was observed in the Julius variety (3.03) and in genotype Line 2 (1.87). With regard to the interactions between Year, Nitrogen and Genotype, the highest value was observed in the Julius variety at a nitrogen dose of N120 in the 2018 season, with a value of 3.43. Conversely, the lowest value was recorded in the Line 2 genotype at a nitrogen dose of N120 in the 2017 season, with a value of 1.63.

Table 4. The mean values of redness (a*) for bread wheat genotypes grown under different nitrogen fertilizer doses in the period of 2017 and 2018.

G/N	N0	N60	N120	N180	N0	N60	N120	N180	Mean (G)
Golia	2.72	2.27	2.84	3.04	2.99	2.96	2.77	3.25	2.85 bcd
Kate A	2.53	2.4	2.57	2.64	2.76	2.71	2.6	2.67	2.61 e
Selimiye	2.79	2.64	2.7	2.68	2.87	2.69	2.8	2.77	2.74 cde
Ceyhan	2.29	2.06	2.12	2.22	2.31	2.15	2.42	2.4	2.25 g
Tosunbey	2.19	2.15	2.16	2.2	1.97	2.06	2.32	2.27	2.16 gh
İkizce	2.71	2.86	2.65	2.96	3.11	2.9	2.97	2.79	2.87 bc
Müfitbey	2.45	2.4	2.17	2.57	2.42	3.13	3	3.35	2.69 e
Line 1	2.65	2.64	2.84	2.79	3.3	3.04	3	2.42	2.83 bcd
Line 2	1.76	2.04	1.63	1.8	1.68	1.73	2.27	2.07	1.87 i
Eraybey	2.2	2.45	2.31	2.19	2.52	2.73	2.33	2.73	2.43 f
Bozkır	1.8	1.86	2.17	1.71	2.03	2.12	2.43	2.31	2.05 h
Line 3	2.18	2.4	2.17	2.15	2.67	2.58	2.74	2.84	2.47 f
Euclide	2.66	2.65	2.71	2.63	2.98	3.37	3.32	2.85	2.89 ab
Julius	3.03	2.69	2.59	3.13	3	3.21	3.43	3.16	3.03 a
Hybery	2.68	2.13	2.56	2.66	2.75	3.14	2.78	3.1	2.72 de
Mean (N)	N0		N60		N120		N180		
	2.53		2.54		2.58		2.61		
Mean (Y)	2.43 b				2.70 a				

Lsd Y: 0.10; Lsd G: 0.13; Lsd YxG: 0.19; Lsd NxG: 0.19; Lsd YxNxG: 0.39

During the two-year field trial, the yellow color pigment values in whole wheat flour samples of genotypes at different nitrogen doses exhibited a range of 10.08 to 15.68. The highest value was observed in the Müfitbey variety at a nitrogen dose of N120 during the 2018 season, while the lowest value was observed in the Bozkır variety at a nitrogen dose of N180 during the 2017 season. In the study conducted by Al-Saleh and Brennan (2012), it was observed that the flour color yellowness value varied between 8.57 and 11.55. The yellow pigment ratio obtained in the present study was above these values, and the Müfitbey variety generally exhibited higher values compared to other genotypes at different nitrogen doses. As with the redness parameter of flour color, higher values were obtained for the yellowness value in the second year. It is hypothesized that the reduction in rainfall and the rise in temperatures characteristic of the dry season may have resulted in a decline in assimilate transfer during the spring and grain-filling periods. Consequently, the grain-filling rate may not have been sufficient to meet the needs of

**ISPEC 16th INTERNATIONAL CONFERENCE ON AGRICULTURE, ANIMAL
SCIENCE & RURAL DEVELOPMENT
November 15-17, 2024 / Konya, Türkiye**

the crop. It is hypothesized that a reduction in the grain filling rate may result in an expansion of the bran layer and an increase in the concentration of color pigments in this region.

Table 5. The mean values of yellowness (b*) for bread wheat genotypes grown under different nitrogen fertilizer doses in the period of 2017 and 2018.

G/N	2017				2018				Mean (G)
	N0	N60	N120	N180	N0	N60	N120	N180	
Golia	11.94	11.54	11.94	12.43	12.53	13.36	12.78	13.53	12.51 c
Kate A	12.75	11.74	12.7	12.51	13.41	12.67	12.56	13.65	12.75 c
Selimiye	12.05	11.36	11.38	11.44	12.25	11.86	12.48	11.86	11.84 ef
Ceyhan	11.9	11.14	11.47	11.65	12.54	12.36	12.68	12.35	12.01 de
Tosunbey	12.77	11.68	12.49	12.49	12.38	12.67	13.53	12.47	12.56 c
İkizce	11.4	11.94	11.66	11.87	12.62	12.88	12.32	11.48	12.02 de
Müfitbey	14.11	12.85	12.74	13.28	13.27	15.48	15.68	15.59	14.12 a
Line 1	11.79	11.4	12.03	12.14	13.34	12.67	12.75	11.23	12.17 d
Line 2	10.48	10.19	10.18	10.87	11.08	10.44	12.12	10.68	10.75 g
Eraybey	11.24	11.74	11.46	11.04	13.95	12.4	11.41	11.79	11.88 def
Bozkır	10.27	11.33	10.57	10.08	10.62	10.57	11.61	11.59	10.83 g
Line 3	13.39	12.96	13.33	13.39	12.85	14.88	14.77	12.27	13.48 b
Euclide	11.59	11.71	11.89	12.1	12.34	13.51	13.49	14.1	12.59 c
Julius	11.3	11.33	10.95	11.31	13.35	12.53	12.11	12.11	11.88 def
Hybery	10.59	10.88	10.98	11.38	12.38	12.01	12.73	12.57	11.69 f
Mean (N)	0 kg/da		6 kg/da		12 kg/da		18 kg/da		
	12.22		12.14		12.29		12.18		
Mean (Y)	11.75 b				12.66 a				

CONCLUSION

Upon evaluation of the results in general terms, it is evident that nitrogen fertilizer doses alone had no discernible impact on grain color. Conversely, the genetic factor was identified as the most effective contributor to flour brightness (L*), while the YxNxG interaction was determined to be a significant predictor of redness (a*) and yellowness (b*). A comparison of the two growing seasons revealed an increase in redness and yellowness values in 2018, when the plants received less rainfall and were exposed to higher temperatures during the spring and generative development periods. It is hypothesized that the lack of adequate assimilate transport to the grain and dry conditions, which may be attributed to unfavorable conditions, is a consequence of the increase in the proportion of outer layers (bran and husk). In general, it was concluded that the color change in wheat grain depends on environmental and genetic factors. However, the results obtained should be supported by further studies in the future.

ACKNOWLEDGEMENTS

This study includes some of the results (not including any other publications) from the corresponding author's (AY) doctoral thesis.

REFERENCES

- Al-Saleh, A., & Brennan, C. S. (2012). Bread Wheat Quality: Some Physical, Chemical and Rheological Characteristics of Syrian and English Bread Wheat Samples. *Foods*, 1(1), 3-17. <https://doi.org/10.3390/foods1010003>.
- Govindasamy, P., Muthusamy, S. K., Bagavathiannan, M., Mowrer, J., Jagannadham, P. T. K., Maity, A., Halli, H. M., G. K., S., Vadivel, R., T. K., D., Raj, R., Pooniya, V., Babu, S., Rathore, S. S., L. M., & Tiwari, G. (2023). Nitrogen use efficiency—A key to enhance crop productivity under a changing climate. *Frontiers in Plant Science*, 14, 1121073. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1121073>.
- Katrii, V. B., Lystvan, K. V., Morgun, B. V., Sandetska, N. V., & Velykozhan, L. H. (2021). Changes of antioxidant activity during storage of wheat grains with different colours. *Visnik Ukrain's'kogo Tovaristva Genetikiv i Selekcioneriv*, 18(1-2), 29-33. <https://doi.org/10.7124/visnyk.utgis.18.1-2.1352>.
- Khalid, A., Hameed, A., & Tahir, M. F. (2023). Wheat quality: A review on chemical composition, nutritional attributes, grain anatomy, types, classification, and function of seed storage proteins in bread making quality. *Frontiers in Nutrition*, 10, 1053196. <https://doi.org/10.3389/fnut.2023.1053196>.
- Ndolo, V. U., T. Beta 2014. Comparative studies on composition and distribution of phenolic acids in cereal grain botanical fractions. *Cereal Chemistry*, 91 (5): 522-530.
- Padhy, A. K., Kaur, P., Singh, S., Kashyap, L., & Sharma, A. (2024). Colored wheat and derived products: Key to global nutritional security. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 64(7), 1894-1910. <https://doi.org/10.1080/10408398.2022.2119366>.
- Rossini, F., Provenzano, M. E., Sestili, F., & Ruggeri, R. (2018). Synergistic Effect of Sulfur and Nitrogen in the Organic and Mineral Fertilization of Durum Wheat: Grain Yield and Quality Traits in the Mediterranean Environment. *Agronomy*, 8(9), 189. <https://doi.org/10.3390/agronomy8090189>.
- Stumpf, B., F. Yan, B. Honermeier 2015. Nitrogen Fertilization and Maturity Influence the Phenolic Concentration of Wheat Grain (*Triticum aestivum*). *J. Plant Nutr. Soil Sci.*, 178: 118-125.
- Žilić, S. (2016). Phenolic Compounds of Wheat. Their Content, Antioxidant Capacity and Bioaccessibility. *MOJ Food Processing & Technology*, 2(3). <https://doi.org/10.15406/mojfpt.2016.02.00037>.

**SOYA FASULYESİ KÖK SİSTEMİ MİMARİSİNİN KURAKLIK KOŞULLARINA
TEPKİSİ**

Dr. Nermin YARAŞIR (ORCID:0000-0001-7748-9375)

Aydın Adnan Menderes University, Faculty of Agriculture, Department of Field Crops
Email:nerminyarasir@gmail.com

Assist. Prof. Dr. Ali YİĞİT (ORCID:0000-0003-3303-5122)

Aydın Adnan Menderes University, Faculty of Agriculture, Department of Field Crops
Email:ali.yigit@adu.edu.tr

Prof. Dr. Osman EREKUL (ORCID:0000-0002-0276-4843)

Aydın Adnan Menderes University, Faculty of Agriculture, Department of Field Crops
Email:oerekul@adu.edu.tr

Özet

Küresel iklim değişikliğinin etkisiyle gelecekte çoğu bitkinin kuraklık kaynaklı olumsuz etkilere maruz kalacağı öngörülmektedir. Bitkilerin iklim değişikliği senaryolarına nasıl tepki vereceklerine dair yapılan araştırmalarda çevre şartlarının etkisinde en yüksek verimin ve yeterli ürün eldesinin hangi tarz yenilikçi uygulamalarla alınacağı araştırılmaktadır. Kuraklık stresinin morfolojik, verim ve kalite parametreleri üzerine değişkenliğini değerlendirmek, iklim değişikliği ile artacak stres şartlarına dayanıklı çeşitlerin belirlenmesi için etkili bir strateji olarak görülmektedir. Kuraklık dünya çapında soya fasulyesi üretimini sınırlayan önemli bir abiyotik stres faktörü olarak kabul edilmesine rağmen, kuraklığın soya fasulyesi verimi üzerine etkilerine ilişkin çalışmalar büyük ölçüde toprak üstü aksamı kapsayan çalışmalara dayanmaktadır. Kök sistem mimarisi soya fasulyesinde [*Glycine max.* (L.) Merr] verimlilik ve adaptasyon gibi parametrelerin tespitinde son derecede önemli bir konudur. Kök sistemi ve kök nodülleri kuraklığı algılayan önemli sensörler olmalarına karşılık, bu ciddi derecede öneme sahip toprak altı organlarının kuraklığa tepkileri ve dayanıklılık mekanizmaları günümüzde hala yetersiz bir şekilde karakterize edilmektedir. Kuraklığın soya fasulyesi kök mimarisi ve nodül özellikleri üzerine etkilerine ilişkin kolay ve hızlı tekrarlanabilen kök görüntü analiz sistemleri gibi çeşitli sistemlerde son zamanlarda gelişmeler kaydedilmektedir. Yıkanmış bitki köklerinden elde edilen görüntüleri işleyerek elde edilmesi zor olan kök uzunluğu, kök çapı, kök yüzey alanı gibi kök parametrelerinin ölçümlerinin kolaylıkla elde edilmesi sağlamaktadır. Bu bilgiler ışığında, çalışmamızda kuraklık koşulları altında kök sistemi mimarisi tasarımının tepkisinin incelenmesi amaçlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: İklim değişikliği, kuraklık, soya fasulyesi, kök sistemi, su stresi

THE RESPONSE OF SOYBEAN ROOT SYSTEM ARCHITECTURE TO DROUGHT CONDITIONS

Abstract

With the impact of global climate change, it is predicted that most plants will be exposed to drought-induced negative effects in the future. Researches on how crops will respond to climate change scenarios is investigating which kind of innovative practices will provide the highest yield and sufficient crop yield under the influence of environmental conditions. Evaluating the variability of drought stress on morphological, yield and quality parameters is considered as an effective strategy to identify varieties resistant to stress conditions that will increase with climate change. Although drought is recognized as an important abiotic stress factor limiting soybean production worldwide, studies on the effects of drought on soybean yield are largely based on studies involving the above-ground parts. Root system architecture is an extremely important issue in determining parameters such as productivity and adaptation in soybean [*Glycine max.* (L.) Merr]. Although the root system and root nodules are important sensors of drought, the drought responses and tolerance mechanisms of these critically important subsoil organs are still poorly characterized. There have been recent developments in various systems, such as root image analysis systems, which can be easily and rapidly replicated on the effects of drought on soybean root architecture and nodule characteristics. By processing the images obtained from washed plant roots, measurements of root parameters such as root length, root diameter and root surface area, which are difficult to obtain, can be easily obtained. Within the light of this knowledge, our study aims to review the response of root system architecture design under drought conditions.

Keywords: Climate change, drought, soybean, root system, water stress

1. IMPACT OF CLIMATE CHANGE ON SOYBEAN

The most limiting factor for crop production in the world is drought conditions. Water resources that can be used for crops are limited except for rainfall. Therefore, it is important to select plant species that can best adjust the water use efficiency of plants under drought stress. Water use efficiency is defined as the ratio of biomass production to plant transpiration, which is the amount of water used by the plant (Bacon, 2009). It is possible to reduce the water use efficiency of plants and increase their biomass production. In this regard, it is very important to understand the orientation of root system architecture towards water and nutrients and their responses under drought conditions. Each plant species responds differently to water scarcity under drought conditions in various environments through its root architecture. Soybean root system architecture is characterized by vertical root structure under drought conditions (Rogers and Benfey, 2015).

Temperature plays a critical role in plant growth and development. It is predicted that average temperatures worldwide will increase by 0.3^oC every 10 years on average and will increase by 1.5^oC by 2050 and up to 4^oC by 2100. These temperature increases are one of the most important abiotic stress factors threatening plant growth and yield (Poudel et al., 2023). Plants try to survive under the influence of different environmental factors. These environmental factors can be defined as biotic and abiotic factors. In order to obtain an economic product, it is necessary to provide optimum environmental requirements to which the plant species or variety can be adapted to itself. Drought, which is one of the abiotic stress factors, is defined in different ways by many researchers and is defined as the amount of moisture in the soil at the wilting point of the plant. There is a wide variation among plants in terms of drought resistance. Although soybean is a mesophyte plant (a group living in environments with suitable soil moisture), drought stress in some developmental periods causes yield and quality losses (Lynch, 1995).

Soybean (*Glycine max.* (L.) Merr) is one of the field crops with the largest economic importance in the world. The annual production amount is around 370 million/tonne. Soybean is a highly nutritious legume in terms of high protein and fat ratios both for human consumption and as animal feed (Statista, 2023). Legumes establish a symbiotic relationship with *Rhizobium* bacteria in the soil with their roots and increase soil fertility by binding the free nitrogen of the air to the soil. However, abiotic stress factors seriously affect the production potential of soybean due to climate change and it is known that the average yield loss corresponds to more than 50%. Soil moisture that falls below the optimum negatively affects the growth and production of soybeans (Kopecka et al., 2023). For this reason, understanding the responses of drought stress to subsoil stress factors in vegetative and generative periods and determining resistant genotypes is an extremely important issue to maintain yields against climate change conditions in the future. Drought stress is an important risk for soybean production in unirrigated areas. Exposure of soybean to short-term drought stress during early vegetative growth periods negatively affects its growth and development. Selection of soybean genotypes that can minimally withstand drought stress in terms of physiological and developmental aspects is thought to contribute to the maintenance of biomass and yield in terms of cultivation (Narayana et al., 2024).

Global import and export values of soybean surpass crops such as wheat, rice and maize. However, global production potential is constrained by the effects of climate change, especially drought and limited agricultural irrigation resources (Kunert et al., 2016). It is estimated that

drought stress will be experienced more severely in the following time periods and soybean yield will decrease accordingly (Li et al., 2015). Soybean is a critically important plant in maintaining its yield potential with its ability to utilize water and nutrients in the deep layers of the soil thanks to its root system. The deep root system is an important system that helps to maintain and sustain yield potential under conditions such as drought stress (Chen et al., 2022).

In a successful *Rhizobium-legume* symbiotic relationship, the nitrogen source obtained from the symbiotic association due to nodulation and nitrogen fixation in the roots is very important for the agroecosystem (Ferguson et al., 2019). The amount of nitrogen obtained symbiotically is around 50-60% in the soil after the soybean growing period. This natural process in *Rhizobium-legume* association is very important in reducing the use of chemical fertilisers and providing a nitrogen source for soybean growth. Root capillaries are the most important and first infection site in the symbiotic process from the beginning of the infection process to the formation of nodules. Root development and nodule formation are affected by abiotic factors in the soil, and more detailed investigations are required for the situations where abiotic factors affect these developments (Nishida et al., 2018).

Since it is easier to determine shoot and yield traits than root traits in soybean cultivation, yield and yield components are mostly studied in field studies. The root system is a topic with limited research area due to limitations in root research and measurements and insufficient information on root morphology and distribution in the soil. In soybean, root studies should be integrated with microorganisms in the rhizosphere, especially nitrogen fixing bacteria (*Rhizobium*). A better understanding of the effects of *Rhizobium* and inter-root interactions on yield parameters in the soybean root system is a crucial issue to improve the success of future plant breeding strategies.

2. THE IMPORTANCE OF ROOT ARCHITECTURE

Roots are the main organs that provide water and nutrient uptake from the soil. The root system is a three-dimensional system with complex spatial and temporal configurations. Root system architecture refers to the spatial distribution of plant roots within the soil (Manschadi et al., 2015). Root system architecture plays a vital role in the exploration of subsoil regions and in the understanding of water and nutrient availability. Root biomass, root length, root surface area, root diameter and root volume, which are complementary components of root architecture, are important organs that determine the access of plants to water and nutrient resources (Vamerali et al., 2003). Root system architecture involves the exploration of spatial domains in the soil and research on how nutrients and water in the lower layers of the soil can be made available to the plant. However, root system studies cannot be investigated in detail due to the difficulties in analyzing roots under field conditions. The study of root distributions and root growth in root zones, which can be defined as semi-hidden areas, is very complex, since an appropriate method must be chosen and the important effects of the environment on root growth have to be understood.

Research on root development has started with new research efforts to better observe root development under harsh environmental conditions in the field. Also in the last years the root studies conducted under controlled conditions are sufficient for root phenotyping, more field-based studies are needed to understand root/environment interactions. Field studies can be labor intensive and costly. Advanced technologies are required to bridge the gaps between laboratory and field studies. The methods used to measure the root system architecture of field-grown

plants are often conventional and difficult. They also lead to the destruction of root habitat. The profile wall method, in which trenches are dug to reveal the root profile, is time consuming and labor intensive (Chen et al., 2022). However, excavation and washing of roots using the profile wall method to measure root length and architecture is recognized as the most common method in field studies. The profile wall method provides quantitative information on root system architecture, but only a small part of the root system can be observed. In addition, these traditional methods are not suitable for root surveys (Smith et al., 2000). As an alternative to these, methods such as Rhizotrons, Rhizoboxes, Minirhizotrons, which are generally used for in situ root measurements, have come to the fore in recent years. Such techniques facilitate the observation and measurement of root development periods from root initiation to maturity in field studies. However, useful data such as root density and biomass cannot be easily obtained in these systems (Chen et al., 2018).

Under drought stress, plants can develop resistance strategies and improve their morphological, photosynthetic activities and antioxidant enzyme mechanisms positively. In addition to all these, roots are the most important parts of plants in water and nutrient uptake. Therefore, the study of root physiology and developmental responses to stress conditions has become an increasingly popular research topic in recent years. Various root image analysis systems such as WinRHIZO, which facilitate the rapid measurement of root architecture and morphology, have become increasingly popular in recent years. WinRHIZO image system processes the images obtained from washed plant roots and provides easy measurements of root parameters such as root length, root diameter, root surface area, which are difficult to obtain (Yiğit, 2023). Since research methods for *root-Rhizobium* bacteria performances are not widespread and large-scale trials cannot be carried out under field conditions, many studies are carried out in controlled environments. For this reason, researches are carried out with Rhizobox systems for the observation and sampling methods of the root systems of legume plants grown in the field and which can form nodules in their roots by cohabiting with *Rhizobium* bacteria such as soybean. It is extremely important to get scientific data on information and findings that have not been clearly revealed until today. In especially, it is important to use simulation modelling that can reconstruct the 3D root structure in order to establish a link between studies conducted in controlled environments and studies conducted under field conditions.

3. ROOT ARCHITECTURE AND DROUGHT IN SOYBEAN

Soybean root system architecture is defined by parameters such as primary root depth, root surface area, root length, number of lateral roots and root volume. Root system architecture is partly genetically determined and partly determined by soil composition. Therefore, interactions between genetic and environmental factors are important in this definition. The root system architecture in soybean is classified into 3 root phenotypes. The first one is the ‘shallow root’ phenotype, which has more lateral roots in the upper layer of the soil and develops horizontally. The second one is the ‘deep root’ phenotype with long primary roots and lateral roots and larger root angles. The third is the ‘intermediate root’ phenotype between the shallow and deep root phenotype (Chen et al., 2022).

Root architecture determines the ability of plants to obtain nutrients and water. Plants can adapt their roots to different environments under stress conditions through genetic structures that control root growth and development (Jovanovic et al., 2021). In soybean, natural diversity in root systems can be used to increase drought tolerance (Salim et al., 2022). Variation in soybean

root morphology and anatomy affects water transport through root systems (Prince et al., 2017). Root length, root surface area and root volume directly affect the ability of plants to absorb and transport nutrients and water (Wang et al., 2021). Soybean root system architecture has a root structure that can adapt to arid conditions. To adapt to drought stress, root morphology can be altered based on traits such as root depth, root angle and branching density. Drought-tolerant soybean cultivars were reported to have deeper root system with more than 40° root angle degrees, while susceptible cultivars were reported to have shallow root system with less than 40° root angle degrees (Zhao et al., 2018).

Soybean has a root system consisting of main root and lateral roots. Under drought conditions, root length and dry biomass accumulation are reduced in soybean root system (Thu et al., 2014). Drought not only alters root architecture (root depth, root branching density, root angle), but also affects the root/shoot biomass ratio with an increase in root mass. The physiological characteristics of the plant are largely determined by the root system. In a study, it was reported that soybean genotypes with shallow root phenotype were more susceptible to drought under field conditions, deep-rooted genotypes avoided drought more easily, and the mid-root type was more drought tolerant and provided higher yields under limited water conditions (Fenta et al., 2014).

It has been reported that the main characteristic of drought tolerance is a deep, widely spread, highly branched root system and deep branched root system is an important development for drought tolerance (Purushothaman et al., 2013). Soybean is a dicotyledonous species and its root system consists of taproot and lateral roots. Root growth is divided into primary and secondary root growth. The taproot is the first organ to emerge from the pituitary in the germinating seed (Smet et al., 2010). In soybean, the development of lateral roots from the taproot takes place. Root nodules are structures formed as a result of symbiotic interactions between roots and soil rhizobia. Studies have proved that soybean has a root type that reaches higher root mass in the deep layers of the soil and spreads over large areas, and root types that form more root capillaries are more advantageous under drought conditions (Vadez, 2014). Such root types tend to have larger root total surface area, which facilitates maximum moisture and nutrient acquisition to sustain photosynthesis (Kunert, 2016).

Soybean root system development starts with seed germination and radicle emergence where the taproot is formed. During this period, the root begins to grow between 2.5-5 cm per day when favorable soil moisture is provided and grows much faster than the above-ground organs. Lateral roots begin to grow horizontally 3-7 days after germination, usually reaching a length of 25-30 cm at the end of the period and develop at a maximum depth of 3 cm from the surface depending on temperature and soil moisture (Alves et al., 2024). In the pre-flowering period, main root growth begins, while lateral roots reach their maximum horizontal length. Capillary roots begin to grow over the entire surface area of the root, while the total root dry weight increases. The ratio of above-ground plant weight to root weight continues to grow until the R1 (beginning of flowering) stage (Miladinovic and Dordevic, 2021). During the flowering period, the soybean root system regrows rapidly compared to the above-ground organs. In this period, there is an 84% increase in total root dry weight and 165% increase in root length compared to the previous developmental stage. The increase in this period is the highest increase among the developmental stages. After this period, root growth starts to slow down compared to the above-ground organ growth rate. The increase in root architecture is realized by the progression of root length to deeper layers of soil depth. Most of the dry weight is concentrated in the soil layer

30 cm deep. After this period, lateral roots stop growing horizontally and start to grow rapidly downwards. This is considered as an escape mechanism from drought conditions (Alves et al., 2024). During the seed development and maturation period, root growth slows down considerably compared to the previous development period. Since the plant uses almost all of the organic matter produced during photosynthesis in seed formation and filling, root development comes to a standstill (Miladinovic and Dordevic, 2021).

Narayana (2024) investigated the response mechanisms of soybean genotypes to drought during early vegetative development under drought conditions and reported that drought stress significantly increased root weight, root volume and root-shoot ratio but decreased shoot weight. Soybean can reduce the negative effects of drought by developing its roots to utilize the water and nutrients in the deep layers of the soil. In addition, lateral roots are produced under water-limited conditions and their number continues to increase under prolonged drought stress. Under restricted irrigation conditions, the biomass increases towards the root increases and the root ratio increases. Non-irrigated plants have longer root length than irrigated plants. There is a positive relationship between root length and drought tolerance. The increase in root length is an indicator of resistance to drought stress (Çırak and Esendal, 2006).

Soybean plant is a plant that can form nodules in its roots as a result of its symbiotic relationship with *Bradyrhizobium* bacteria. Although the nitrogen obtained from this symbiotic relationship is sufficient for the amount of nitrogen needed by soybean, it may not be sufficient for high yields. One of the major reasons for this is known to be the reduced nodule formation under drought stress (Marquez-Garcia et al., 2015). biomass and maintenance of photosynthetic products delivery to nodules under stress conditions. However, the relationships between nodulation frequency and density, root growth and architecture, and the factors controlling nodule density per unit root length under stress conditions are still poorly understood. Nitrogenase activity is impaired in nodules exposed to severe drought. This leads to impaired oxygen diffusion in symbiotic nitrogen fixation in nodules, resulting in reduced delivery of photosynthetic products and loss of leghemoglobin (Arreselger et al., 2011). Li et al. (2015) reported that in soybean, *Rhizobium* bacteria increase the size and number of cortex cells in the root meristem and elongation zones, which in turn increases root hair density and root hair area and allows for more nodulation. Deformed root hairs always prevent infection by bacteria in *Rhizobium-legume* associations (Velandia et al., 2022). In addition, little information is available on the deformation of root capillaries, nodule initiation and the process of nodule development over time in soybean. Therefore, it is very important to study the progression of root capillary deformation in *soybean-Rhizobium* association, which will help to understand the process of root capillary deformation mechanism (Zhao et al., 2017). Lu et al. (2023) conducted root observations on Rhizoboxes to observe root capillaries and to investigate root deformations and nodule formation. A strong correlation was observed between the number and structure of root capillaries and the number and size of nodules. As a result, nodule number can be calculated, and nodule diameter can be observed without damaging the roots.

4. CONCLUSION

The physiological mechanisms underlying water use efficiency under drought stress conditions in soybean are not well understood. Roots are the first part of the plant to sense drought stress and initiate the response mechanism. Root distribution and architecture are critical in optimizing the absorption of essential resources such as water. There is a paucity of studies on

the association of root traits with shoot traits that contribute to yield in soybean. The difficulties associated with root harvesting and evaluation of root traits under field conditions make root studies very challenging. The lack of an effective field-based methodology for root phenotyping for field crops greatly hinders root studies. Visualization of root growth and structure is a topic that needs detailed attention to improve yield parameters in soybean. The focus of innovative research should be on better, accurate, easy and non-destructive monitoring of soybean root architecture and nodulation stages. Root phenotyping of the tolerance of soil root and nodule system under field conditions is extremely important for future studies. Research should be developed using data analytics and modelling simulations to quantify root system architecture traits. Such approaches are expected to improve the understanding of the relationships between root structure and function, the complexity of root-soil interactions, and the success of breeding programs to improve the performance of soybean varieties. Under the conditions of global climate change, soybean production is thought to be a species that can combat and adapt to multiabiotic stresses. However, there are some challenges in the study of root physiology and root system architecture in soybean and future research should address these challenges. Most studies are conducted in controlled environments due to the lack of innovative methods to investigate root growth and performance and the inability to conduct large-scale trials under field conditions. Therefore, there is a need to develop appropriate methods and tools for observation and sampling of root systems of field crops such as soybeans grown in the field. However, it is of great importance to develop simulation modelling that can reconstruct the three-dimensional root structure to correlate studies conducted in controlled environments and field conditions.

REFERENCES

- Alves, R. D. F. B., Menezes-Silva, P. E., Loram-Lourenço, L., Abreu, I. M. P. G., Alencar, K. M., Sousa, L. F. & Farnese, F. S. (2024). Exploring the coordinated hydraulic plasticity across organs in soybean plants exposed to drought cycles. *Environmental and Experimental Botany*, 226, 105871.
- Arrese-Igor, C., González, E. M., Marino, D., Ladrera, R., Larrainzar, E. & GilQuintana, E. (2011). Physiological response of legumes nodules to drought. *Plant Stress* 5, 24–31.
- Bacon, M. (2009). *Water use efficiency in plant biology*. John Wiley & Sons.
- Chen, Y. L., Đalović, I., & Siddique, K. (2018). Advances in understanding grain legume physiology: Understanding root architecture, nutrient uptake and response to abiotic stress. Cambridge: *Burleigh Dodds Science Publishing.*, (pp. 1-18).
- Chen, Y., Wang, Z., Ye, H., Liu, S., Nguyen, H.T., Lam, H.M. & Siddique, K.H.M. (2022). Root physiology and morphology of soybean relation to stress tolerance. *Advances in Botanical Research*, <https://doi.org/10.1016/bs.abr.2022.02.005>
- Çırak, C. & Esendal, E. (2006). Soyada kuraklık stresi. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 21(2), 231-237.
- Fenta, B. A., Beebe, S. E., Kunert, K. J., Burrige, J. D., Barlow, K. M. & Lynch, J. P. (2014). Field phenotyping of soybean roots for drought stress tolerance. *Agronomy*, 4, 418–435.
- Ferguson, B.J., Minamisawa, K., Muñoz, N.B. & Lam, H.M. (2019). Editorial: metabolic adjustments and gene expression reprogramming for symbiotic nitrogen fixation in legume nodules. *Front Plant Sci*, 10: 898.
- Jovanović, M., Čujić-Nikolić, N., Drnić, Z., Janković, T., Marković, S., Petrović, P. & Šavikin, K. (2021). Spray drying of gentiana asclepiadea L. root extract: successful encapsulation into powders with preserved stability of bioactive compounds. *Industrial Crops and Products*, 172, 114044.
- Kopecká, R., Kameniarová, M., Černý, M., Brzobohatý, B. & Novák, J. (2023). Abiotic stress in crop production. *Int. J. Mol. Sci.*, 6603(2023).
- Kunert, K. J., Vorster, B. J., Fenta, B. A., Kibido, T., Dionisio, G. & Foyer, C. H. (2016). Drought stress response in soybean roots and nodules. *Plant Science*, Volume 7, 1015. doi.org: 10.33.89/fpls.2016.01015.
- Lynch, J.P. (1995). Root architecture and plant productivity. *Plant Physiol.*, 109, 7–23.
- Li, S. Meng, L., Zhang, A., Wang, F., Han, X. & Wang, D. (2015). Arbuscular mycorrhizal fungi and rhizobium facilitate nitrogen uptake and transfer in soybean/maize intercropping system. *Frontiers in Plant Science*, 6, 339.
- Lu, W., Wang, X., Jia, W. & Ou, M. (2023). Characterization of root hair curling and nodule development in soybean-rhizobia symbioses. *Research Square*, <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-3218858/v1>.
- Manschadi, A. M., Manske, G. G. B., & Vlek, P. L. G. (2013). Root architecture and resource acquisition: Wheat as a model plant. In A. Eshel, & T. Beeckman (Eds.), *Plant roots: The hidden half* (pp. 249–259). New York: Marcel Dekker
- Márquez-García, B., Shaw, D., Cooper, J. W., Karpinska, B., Quain, M. D. & Makgopa, E. M. (2015). Redox markers for drought-induced nodule senescence, a process occurring after drought-induced senescence of the drought stress response strategy in *Medicago truncatula*. *J. Proteomics* 136, 202–213. doi: 10.1016/j.jprot.2016.01.006
- Miladinović, J., Mihailović, V., Đorđević, V., Vasiljević, S., Katanski, S., Živanov, D., & Ranđelović, P. (2021). The importance of legume genetic resources for breeding. *Ratarstvo i povrtarstvo/Field and Vegetable Crops Research*, 58(3), 94-103.

- Narayana, N.K., Wijewardana, C., Alsajri, F.A., Reddy, K.R., Stetina, S.R. & Bheemanahalli, R. (2024). Resilience of soybean genotypes to drought stress during the early vegetative stage. *Nature/Scientific Reports*, doi.org/10.1038.
- Nishida, H. & Suzaki, T. (2018). Nitrate-mediated control of root nodule symbiosis. *Current Opinion In Plant Biology*, 44, 129-136.
- Poudel, S., Adhikari, B., Dhillon, J., Reddy, K.R., Stetina, S.R. & Bheemanahalli, R. (2023). Quantifying the physiological, yield and quality plasticity of Southern USA soybeans under heat stress. *Plant Stress*. <https://doi.org/10.1016/j.stress.2023.100195>.
- Prince, S.J., Murphy, M., Mutava, R.N., Durnell, L.A., Valliyodan, B., Shannon, J.G. & Nguyen, H.T. (2017). Root xylem plasticity to improve water use and yield in water-stressed soybean. *J. Exp. Bot.*, 68, 2027–2036.
- Purushothaman, R., Zaman-Allah, M., Mallikarjuna, N., Pannirselvam, R., Krishnamurthy, L., & Gowda, C. L. L. (2013). Root anatomical traits and their possible contribution to drought tolerance in grain legumes. *Plant Production Science*, 16, 1–8.
- Rogers, E. D. & Benfey, P. N. (2015). Regulation of plant root system architecture: implications for crop advancement. *Current Opinion in Biotechnology* 32,93–98. doi:<https://doi.org/10.1016/j.copbio.2014.11.015>.
- Salim, M., Chen, Y., Ye, H., Nguyen, H. T., Solaiman, Z. M. & Siddique, K.H. (2021). Screening of soybean genotypes based on root morphology and shoot traits using the semi-hydroponic phenotyping platform and rhizobox technique. *Agronomy*, 12(1), 56.
- Smet, I. D., Lau, S., Mayer, U., & Jurgens, G. (2010). Embryogenesis € – The humble beginnings of plant life. *Plant Journal*, 61, 959–970.
- Smit, A. L., Bengough, A. G., Engels, C., van Noordwijk, M., Pellerin, S., & van de Geijn, S. C. (2013). *Root methods: a handbook*. Springer Science & Business Media
- Statista (2023). <https://www.statista.com/statistics/612557/soybean-oil-production-worldwide-by-country/> (Retrieved on 25 Oct2023).
- Thu, N. B. A., Nguyen, Q. T., Hoang, X. L. T., Thao, N. P. & Tran, L. S. P. (2014). Evaluation of drought tolerance of the Vietnamese soybean cultivars provides potential resources for soybean production and genetic engineering. *Biomed Research International*, 2014, 809736
- Vadez, V. (2014). Root hydraulics: the forgotten side of roots in drought adaptation. *Field Crops Res.* 165, 15–24. doi: 10.1016/j.fcr.2014.03.017.
- Vamerali, T., Saccomani, M., Bona, S., Mosca, G., Guarise, M., & Ganis, A. (2003). A comparison of root characteristics in relation to nutrient and water stress in two maize hybrids. *Plant and Soil*, 255, 157–167.
- Velandia, K., Reid, J. B. & Foo, E. (2022). Right time, right place: The dynamic role of hormones in Rhizobial infection and nodulation of legumes”, *Plant Communications*.
- Yiğit, A. (2023). Buğday kök mimarisi ve kuraklık. *ISPEC 11th INTERNATIONAL CONFERENCE on AGRICULTURE, ANIMAL SCIENCES and RURAL DEVELOPMENT*, 03-05March2023-MUS / TÜRKİYE.
- Zhao, C., Liu, B., Piao, S., Wang, X., Lobell, D.B., Huang, Y., Huang, M., Yao, Y., Bassu, S., Ciais, P., Durand, J.-L., Elliott, J., Ewert, F., Janssens, I.A., Li, T., Lin, E., Liu, Q., Martre, P., Müller, C. & Asseng, S. (2017). Temperature increase reduces global yields of major crops in four independent estimates. *Proceed. Nat.*
- Zhao, T., Alem, M. & Sharmin, R. A. (2018). Adaptation to water stress in soybean: morphology to genetics. in *Plant, abiotic stress and responses to climate change* (London: Intech Open), 33–68.

Wang, X., Li, X., Zhao, W., Hou, X. & Dong, S. (2024). Current views of drought research: Experimental methods, adaptation mechanisms and regulatory strategies. *Front. Plant Sci.*, *15*, 1371895. <https://doi.org/10.3389/fpls.2024.1371895>.

**SERA GAZI EMİSYONLARINA HAYVANSAL ÜRETİMİN ETKİSİ VE
ALINABİLECEK TEDBİRLER**

Dr. Öğr. Üyesi Erhan GEZER (ORCID:0000-0002-1142-5050)

Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü,
Tekirdağ

Email:egezer@nku.edu.tr

Özet

Tarımsal üretim faaliyetleri içerisinde, hayvansal üretim yüksek gelir elde etme imkânı sunması, istihdam sağlayarak işsizlik ve göç sorununu azaltma ve çeşitli sanayi kollarına hammadde sağlaması gibi kırsal kalkınma açısından önemli avantajlara sahiptir. Tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de nüfus artışına bağlı olarak artan protein ihtiyacını karşılamak için yüksek kapasiteli entegre hayvan çiftliklerinin sayılarında artışlar meydana gelmiştir. Bu entegre hayvan çiftliklerinden açığa çıkan atıklar doğru atık yönetimi sağlanamadığında çeşitli çevre sorunlarının ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Son dönemde en önemli çevre sorunlarından biri olarak karşımıza çıkan, çeşitli insan faaliyetleri sonucunda oluşan gaz emisyonları sebebiyle meydana gelen sıcaklık yükselmesi “küresel ısınma” ya da “İklim değişikliği” olarak adlandırılmaktadır. İlk etapta sadece meteorolojik bir sorun olarak düşünülse de hidrolojik döngü ile birlikte gıda üretim aşamalarını da doğrudan veya dolaylı olarak etkileme olasılığı olan bir sorundur. Tarım sektörü nedeniyle oluşan ve sıcaklık yükselmesine neden olan gazların (karbondioksit (CO₂), metan (CH₄) ve nitroz oksit (N₂O)) oluşum nedenleri, enterik fermantasyon, tarım toprakları ve gübre yönetimi olarak sıralanabilir. Dünya genelinde tarımsal üretimin sebep olduğu sera gazı salınımı toplam salınımın %14’ü oranında gerçekleşirken ülkemizde 2021 yılı TÜİK verilerine göre toplam salınımın %12,8’ine tekabül etmektedir. Araştırmada, tarımsal üretim sonucu (enterik fermantasyon, tarım toprakları ve gübre yönetimi) meydana gelen sera gazı salınımlarının (CO₂, CH₄, N₂O) etkisi ve oluşan etkilerin azaltılabilmesine yönelik alınacak tedbirler literatür ışığında derlenmiş ve bulguları değerlendirilmiştir.

Anahtar kelimeler: Sera gazı, hayvan yetiştiriciliği, enterik fermantasyon, gübre yönetimi

**THE EFFECT OF ANIMAL PRODUCTION ON GREENHOUSE GAS EMISSIONS
AND MEASURES THAT CAN BE TAKEN**

Abstract

Among agricultural production activities, animal production has important advantages in terms of rural development, such as providing high income, reducing unemployment and migration problems by providing employment, and providing raw materials for various industrial branches. As in the rest of the world, there has been an increase in the number of high-capacity integrated animal farms in our country to meet the increasing protein demand due to population growth. The wastes released from these integrated animal farms cause various environmental problems when proper waste management is not provided. One of the most important environmental problems in recent times is the temperature increase caused by gas emissions resulting from various human activities, which is called "global warming" or "climate change". Although it is initially thought to be only a meteorological problem, it is a problem that has the potential to directly or indirectly affect the food production stages along with the hydrological cycle. The reasons for the formation of gases (carbon dioxide (CO₂), methane (CH₄) and nitrous oxide (N₂O)) that are formed due to the agricultural sector and cause temperature increases can be listed as enteric fermentation, agricultural soils and fertilizer management. While the greenhouse gas emission caused by agricultural production worldwide is 14% of the total emission, it corresponds to 12.8% of the total emission in our country according to 2021 TÜİK data. In the research, the effects of greenhouse gas emissions (CO₂, CH₄, N₂O) occurring as a result of agricultural production (enteric fermentation, agricultural soils and fertilizer management) and the measures to be taken to reduce these effects were compiled in the light of literature and the findings were evaluated.

Keywords: Greenhouse gas, animal husbandry, enteric fermentation, manure management

1. GİRİŞ

Doğal yollarla ya da insani faaliyetler neticesinde meydana gelen, “Küresel ısınma” veya “İklim değişikliği” olayının ana nedeni sera gazlarıdır. Bu gazlar Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (UNFCCC) tarafından “Hem doğal hem de insan kaynaklı olup; atmosferdeki kızıl ötesi radyasyonu emen ve tekrar yayan gaz oluşumları” olarak tanımlanmıştır. Tablo 1’de IPCC 2014 iklim değişikliği raporunda belirtilen sera gazları, CO₂, CH₄, N₂O ve F-gazları (HFCs, PFCs, ve SF₆) ve kaynakları görülmektedir (IPCC, 2014). Birleşmiş Milletler tarafından 2007 yılı içerisinde yayınlanan İklim Raporu’nda, “Küresel ısınma” veya “İklim değişikliği” olayının %90’ının son 50 yıllık zaman diliminde insani faaliyetler nedeniyle oluştuğu belirtilmiştir. Aynı zamanda nüfus artışı ve artan sanayileşmeye bağlı olarak sürecin geri dönmesi çok zor olan bir yola girdiği tespiti yapılmıştır (Demir ve Cevger, 2007).

Oluşan sıcaklık artışlarının, dünya ve ülkemiz koşullarında tarımsal üretim üzerinde oluşturabileceği sorunlar aşağıdaki gibi ifade edilebilir (Kadıoğlu vd., 2017);

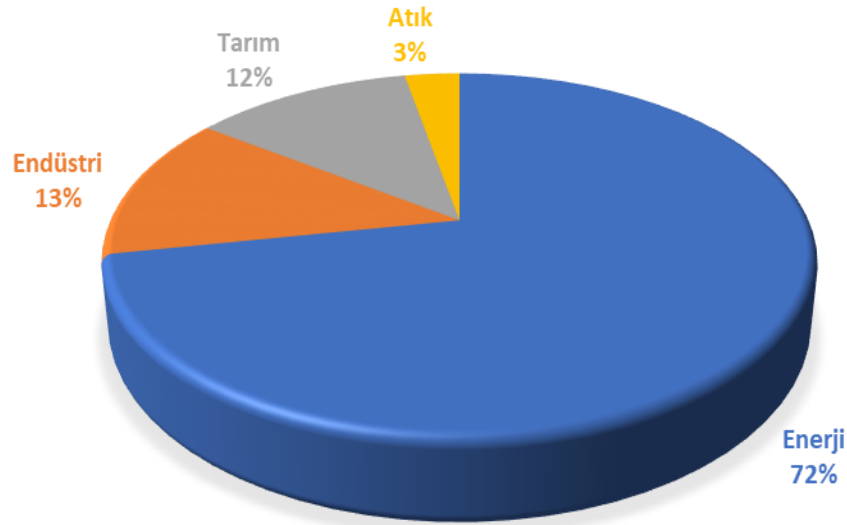
- Ürün verimlerinde azalma
- Su ihtiyacının ve su temin masraflarının yükselmesi
- Ekim ve ürün toplama tarihlerinde değişim olması
- İklim koşullarının tarımsal üretimi olumsuz yönde etkilemesi
- Hastalıkların ve zararlıların yayılımının artması

Gelişmekte olan bir ülkeler sınıfında yer alan ülkemizde nüfus artışı, sanayinin gelişmesi ve yükselen enerji ihtiyaçları sebebiyle oluşan sera gazı miktarlarında da artma söz konusu olmuştur. Dünya genelindeki duruma paralel olarak söz konusu olan emisyonların artışlarının devam edeceği açıktır (Uzel, 2015).

Tablo 1. Hükümetlerarası iklim değişikliği paneli raporuna göre oluşan sera gazları (IPCC, 2014)

Sera Gazları	CO ₂ eşdeğeri	Kaynaklar
CO ₂	1	Fosil yakıt kullanımı, orman yangınları ve çimento sektörü
CH ₄	21	Atık depolama sahaları, petrol ve doğalgaz üretim ve dağıtım hatları, hayvan çiftlikleri
N ₂ O	310	Fosil yakıt kullanımı, gübre kullanımı, naylon üretimi
HFCs	140 – 11.700	Buzdolabı gazları, alüminyum eritme, yarı iletken üretimi
PFCs	6.500 – 9.200	Alüminyum üretimi, yarı iletken üretimi
SF ₆	23.900	Elektrik iletim ve dağıtım sistemleri, magnezyum üretimi

Ülkemizde 2017 yılında İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi doğrultusunda bir ulusal envanter raporu hazırlanmıştır. Bu rapora göre ülkemizde 2015 yılı içerisinde 475 MtCO₂’e eşdeğer toplam sera gazı açığa çıkmıştır. Toplam sera gazı salınımının %72’si (340 MtCO₂) enerji üretiminden, %13’ü (57 MtCO₂) sanayi üretim aşamalarından, %12’si (57 MtCO₂) tarımsal üretimden ve %3’ü de (17 MtCO₂) atıklar nedeniyle oluşmaktadır (Şekil 1).



Şekil 1. Türkiye’de sektörlere göre sera gazı emisyonları dağılımı (%) 2015

Gelişen endüstri ile artan refah seviyesi sonucunda nüfusun hızlı bir şekilde yükselmesi, insanoğlunun gıda maddesi ihtiyacının artırması sonucunu doğurmuş ve ülkeler nezdinde, tarımsal üretim ve hayvan yetiştiriciliği faaliyetleri vazgeçilemeyecek derecede önemli hale gelmiştir (Peypazar ve Kılıç, 2021). Gerçekleşen nüfus artışı ile birlikte hayvan yetiştiriciliği, sektörel ve teknolojik anlamda devamlı olarak gelişen bir sektör durumundadır (Can, 2021). Bu nedenle büyük çaplı hayvan yetiştiriciliği yapılan işletmelerin sayısı ve buralarda oluşan hayvan bazlı atıkların miktarı her geçen gün artmaktadır (Şahin vd., 2001). Günümüzde dağınık kirlilik şeklinde tanımlanan ve hayvan barınaklarında ortaya çıkan atıklardan kaynaklanan kirlilik problemleri, çevre üzerinde pek çok endüstriyel atık eşdeğerince baskı oluşturarak olumsuz sonuçlara neden olabilmektedir (Can, 2021). Hayvan gübresinin değerlendirilmesi hususunda pek çok yöntem bulunsa da ülkemiz içerisinde modern yöntemlerin uygulanmadığı ve küçük çaplı hayvan yetiştiriciliği yapılan işletmelerden ortaya çıkan hayvan gübresi ya bitkisel üretimi desteklemek amacıyla gübre olarak veya ısınma amacıyla yakıt olarak değerlendirilmektedir (Şahin vd., 2001).

Ciddi çevre problemlerine sebep olan bu atıklar (hayvan gübresi ve barınak atıkları) başarılı bir atık yönetimiyle sorunsuz bir şekilde bertaraf edilebilmektedir. Başarılı bir atık yönetimi süreci ise hayvan gübresi ve barınak atıklarının elverişli şartlarda depolanması ve doğru yöntemlerle işlenerek değerli bir ürün olarak geri kazanılmasını kapsamaktadır (Şahin vd.,2001). Bununla birlikte artan hayvan sayısı ve gübre miktarına bağlı olarak küresel ısınmaya neden olan gaz salınımlarında da yükselme meydana gelmekte ve iklim değişikliği parametreleri olumsuz yönde etkilenmektedir (Polat, 2009). Sera gazlarının neden olduğu bu olumsuzlukların etkilerinin minimuma indirilebilmesi başarılı bir atık yönetimi ile sağlanabilecektir.

Hayvan gübresi ve barınak atıklarının yeniden değerlendirilmesi konusu sektör içerisinde tam olarak kabul görmemiş ve beklenen ilgi seviyesine ulaşılamamış (Olgun ve Polat, 2005) bu nedenle oluşan gübreden besin kaynağı olarak ve enerji üretimi açısından yeterli

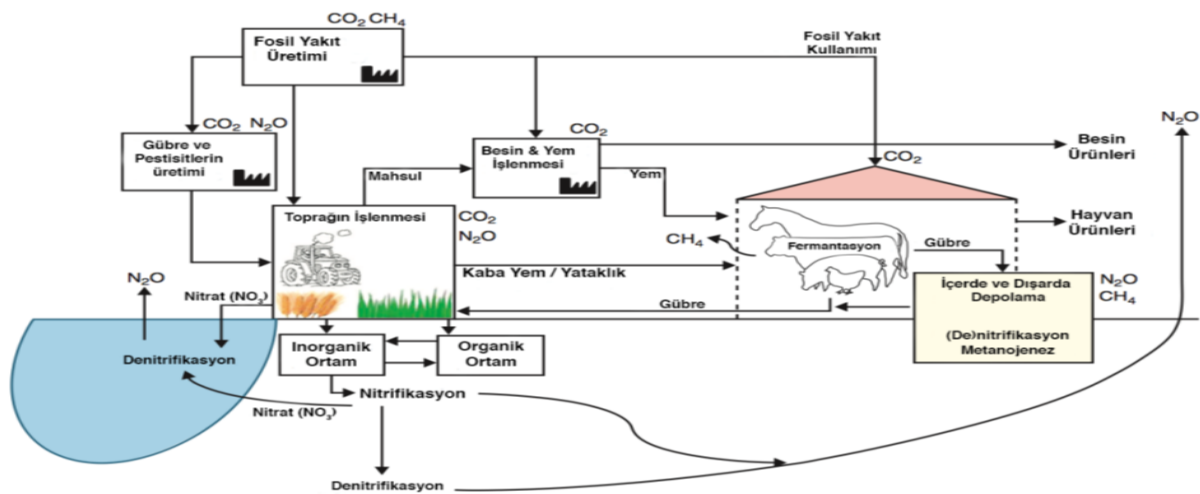
oranda faydalanılmamaktadır. Son yıllarda gıda ihtiyacını karşılayabilmek amacıyla daha büyük kapasiteli ve daha fazla sayıda hayvan barınağı tesis edilmiştir. Bu işletmelerden ortaya çıkan ahır gübresi bitki üretimi için gerekli olan bitki besin maddesi temininde önemli ve ekonomik bir kaynaktır. Bu sebeple ekonomik ve bitkilerin beslenmesinde önemli bir yere sahip olan bu atıklar işletme içerisinde uygun bir depolama alanında biriktirilmesi ve gübrenin olgunlaşması tamamlandığında araziler üzerine uygulanması ile kimyasal gübre kullanımı azalacak, çevre üzerinde oluşan baskıyı azaltacak, etkisiz halde olan önemli ve hesaplı bir değer de geri kazanılmış olacaktır (Anonim, 2009; Yılmaz vd.; 2010; Parlakay vd., 2015; İnan, 2012; Soyer, 2014; Yılmaz vd., 2019).

2. TARIM VE HAYVAN YETİŞTİRİCİLİĞİNDEN KAYNAKLANAN SERA GAZLARININ KAYNAKLARI

Tarımsal üretim ve hayvan yetiştiriciliği sektörleri içerisinde ülkemiz tarafından üretilen gaz emisyonlarının kaynakları; (i) tarımsal üretim ve ürün işleme, (ii) hayvansal üretim, (iii) pirinç tarımı, (iv) bitkisel ve hayvan yetiştiriciliği atıklarının yakılarak bertaraf edilmesi, (v) tarım topraklarıdır (Anonim, 2019).

Hayvansal üretim esnasında ortaya çıkan çeşitli sera gazı oluşma adımları Şekil 2’de görülmektedir. Geviş getiren hayvanlar tarafından oluşturulan ve küresel ısınma üzerinde etkili olan sera gazları CH₄ (metan), N₂O (Nitröz oksit) ve CO₂ (karbondioksit) gazlarıdır. CO₂, biyolojik atıkların yakılması ve çürümeye maruz bırakılmaları veya fosil kökenli yakıtların kullanılması esnasında ortaya çıkarken, CH₄, oksijensiz koşullarda organik kökenli hayvansal atıkların çürümeye maruz bırakılması ve bilhassa geviş getiren hayvanların sindirim sistemlerinden kaynaklanan enterik fermantasyon esnasında oluşmaktadır. Azot oksit (N₂O) gazı topraklardaki ya da hayvan gübresindeki azot elementinin mikroorganizmalar tarafından dönüştürülmesi ve azotlu gübre üretimi sırasında oluşur (Gerber vd., 2010; De Bouer vd., 2011; Kara vd., 2019). Oluşan bu gazlar, hayvan yetiştiriciliğinin yoğun olarak yapıldığı yerlerde atmosfere karışarak sera etkisine neden olmaktadır (Polat, 2009).

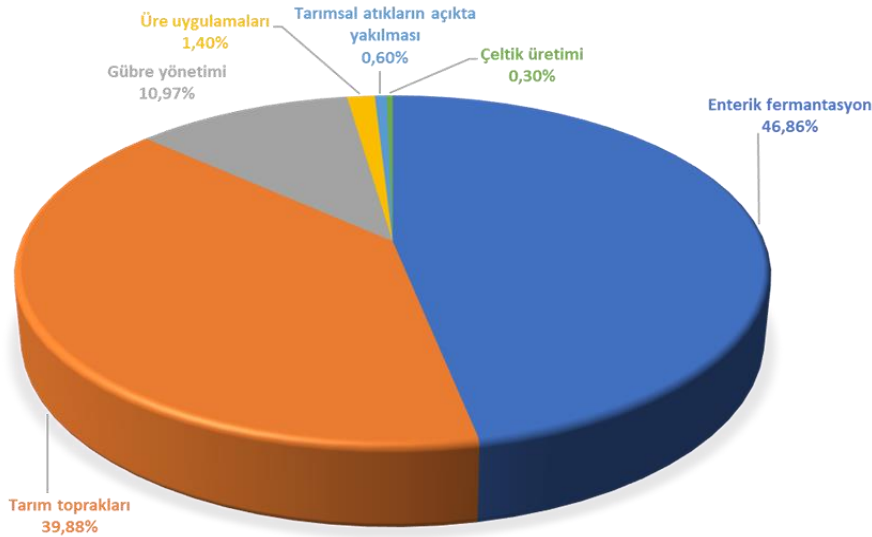
Şekil 2. Hayvansal üretim sonucu oluşan CO₂, N₂O ve CH₄ gazlarının oluşma safhalarının



şeması (De Bouer vd., 2011).

Hayvan yetiştiriciliği sonucu oluşan gübre, tarım toprakları açısından önemli bir besin kaynağı olmasının yanında iyi bir toprak düzenleyicisi olarak kullanılmaktadır. Olgunlaştırma işlemi doğru şekilde yapılan bir hayvan gübresi, kimyasal gübreye oranla daha faydalı, çevre üzerinde en az olumsuz etki oluşturmakta ve daha düşük maliyetli bir kaynak durumundadır. Çiftlik gübrelere potansiyel olarak yüksek organik maddeye sahip olduğundan topraklar üzerinde iyileştirici bir etki oluşturarak bitki besin elementlerinin (N, P, K ve S) alımını kolaylaştırdığı gibi toprak içerisinde boşluklar oluşturarak toprakların su tutma kapasitesinin artmasını sağlamaktadır (Kaçar ve Katkat, 2009).

Tarımda emisyon azaltımı, düşük maliyeti ve kolay uygulama alanı ile ülkemizde ve dünyada gaz oluşumlarını düşürme yöntemleri içerisinde en çok tercih edilen yöntemlerdendir. Bilhassa tarımsal faaliyetlerden kaynaklanan gaz oluşumlarının ilk sıralarında yer alan enterik fermantasyon, tarım toprakları, gübre yönetimi açısından gerekli tedbirlerin alınarak oluşacak gaz oluşumlarının önüne geçilmesi sağlanmış olacaktır (Ağaçayak ve Öztürk, 2017). Tarım sektöründen kaynaklanan sera gazı emisyon dağılımları Şekil 3'te görülmektedir.



Şekil 3. Tarım Sektöründen Kaynaklanan Sera Gazı Emisyon Dağılımları

Ülkemizin, Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesinin (BMİDÇS) 2. maddesinde ifade edilen nihai hedefin başarılabilmesi amacıyla hazırlanmış olduğu ve Ulusal katkının beyan edildiği niyet mektubunda sera gazı emisyonlarının azaltılmasına yönelik alınacak tedbirler; arazi toplulaştırması yapılarak yakıttan tasarruf sağlanması, mera alanlarının ıslah edilmesi, gübreleme işleminin denetim altında gerçekleştirilmesi ve tarımda yeni teknolojilerin kullanılması, toprağın parçalamadan işlenmesine yönelik tekniklere destek verilmesi şeklinde ifade edilmiştir (Anonim, 2015). Ancak bu stratejiler sadece başlık olarak belirtilmiş ve nasıl uygulanacağı hakkında herhangi bir bilgi verilmemiştir. Ayrıca tarımsal kaynaklı gaz salınımları içinde ilk sırada yer alan enterik fermantasyon ile ilgili bir strateji bulunmamaktadır.

3. HAYVANSAL KAYNAKLI SERA GAZI EMİSYONLARININ AZALTILMASI

Dünya üzerinde sera gazlarının emisyon değerlerinin en yüksek olduğu sektörler sırasıyla enerji, sanayi ve tarım sektörüdür. Dünya çapında oluşan CO₂ salınımının yaklaşık %9'luk kısmı, CH₄ salınımının yaklaşık %35-40'lık kısmı ve N₂O salınımının yaklaşık %65'lik kısmı hayvan yetiştiriciliği nedeniyle oluşmaktadır (Koyuncu ve Akgün, 2017).

Metan (CH₄) gazının atmosfer içerisinde ısı yakalama kapasitesi, CO₂'e göre 21 kat daha fazla olması nedeniyle sera gazı etkisi oluşmasında ilk sırada yer almaktadır (Naqvi ve Sejian, 2011). Dünya üzerinde meydana gelen metan salınımlarının %30'u doğal süreçler nedeniyle, %70'i ise insani faaliyetler sonucunda oluşturmaktadır. Bilhassa geviş getiren hayvanlarda görülen enterik fermantasyon sırasında ve hayvan gübresinin biriktirildiği depolarda organik kökenli maddelerin oksijensiz kalarak çürümeleri esnasında oluşmaktadır. Ayrıca hayvanların serbest olarak dolaştığı meralarda da hayvan gübresi nedeniyle sınırlı miktarlarda metan gazı emisyonunun gerçekleştiği kabul edilmektedir (Sherlock vd., 2002). Yapılan çalışmalar neticesinde, özellikle sanayi devriminin gerçekleştiği dönemden itibaren metan gazının atmosfer içerisindeki yoğunluğu neredeyse %100 artmıştır (Atalık, 2005).

Hayvan yetiştiriciliği nedeniyle oluşan gaz emisyonlarının miktarının düşürülmesi veya etkilerinin en aza indirilmesi dünya genelinde yaşanan sıcaklık artışının önüne geçilmesi yönünden oldukça önem arz etmektedir. Sera gazı emisyonlarının miktarının düşürülmesi, sıcaklık artışının neden olduğu olumsuz etkilerin azaltılmasının yanında işletmelerden elde edilecek verim üzerinde de olumlu yönde etkiler sağlamaktadır. Hayvan yetiştiriciliğinden kaynaklanan sera gazı salınımlarının en aza indirilmesi amacıyla yeni bertaraf metotları yapılan bilimsel çalışmalar vasıtasıyla araştırılmaktadır. Tablo 2'de Topp vd., 2013 tarafından ifade edilen gübre yönetim stratejileri ve bu stratejilerin olumlu ve olumsuz yönleri görülebilmektedir. Gaz salınımlarının en aza indirilmesinde kullanılabilecek metotlar aşağıdaki gibi sıralanabilir;

1. Hayvanların beslenme alışkanlıklarının değiştirilmesi
2. Gübre depolama tekniklerinin değiştirilmesi
3. Gübrenin pH değerinin düşürülmesi
4. İnhibitörlerin Kullanılması
5. Gübre yığınlarının üzerinin örtülmesi
6. Anaerobik Çürüme

Tablo 2. Sera gazı salınımlarının düşürülmesi amacıyla uygulanan değişik gübre yönetim stratejilerinin olumlu ve olumsuz yönleri (Topp vd., 2013).

Gübre Yönetim Stratejisi	Avantajları	Dezavantajları
Doğrudan Arazi Uygulamaları	<ul style="list-style-type: none">✓ CH₄ emisyonu oluşmaz✓ Az maliyetli✓ Teknik işlem gerektirmez✓ Toprak verimliliği artar✓ Toprak karbon bakımından zenginleşir	<ul style="list-style-type: none">• N₂O emisyonu oluşur• Nitrat yeraltı suyuna karışır• Fosfat yüzey sularına karışır• Kötü koku problemi• Patojen azaltımı olmaz• Taşıma maliyetleri yüksek
Gübre Stoklama	<ul style="list-style-type: none">✓ Az maliyetli✓ Teknik işlem gerektirmez	<ul style="list-style-type: none">• Yüksek miktarda sera gazı emisyonları oluşur• Minimum seviyede patojen azaltımı olur• Yüksek miktarda sera gazı emisyonları oluşur• Kötü koku problemi• Yüksek su / düşük katı madde içeriği• Minimum seviyede patojen azaltımı olur• Yarı teknik işlem gerektirir• Su kirliliğine neden olur
Şlam-Bulamaç (Slurry)	<ul style="list-style-type: none">✓ Orta düzeyde maliyetli	<ul style="list-style-type: none">• Orta düzeyde sera gazı emisyonları oluşur• Yarı teknik işlem gerektirir• NH₃ emisyonu nedeniyle azot kayıpları meydana gelir• Kompost alanı için arazi ihtiyacı gerektirir
Kompostlama	<ul style="list-style-type: none">✓ Az maliyetli✓ Organik gübre üretimi✓ Toprak karbon bakımından zenginleşir✓ Toprak verimliliği artar✓ Kötü koku azaltımı✓ Patojen azaltımı✓ Zararlı / yabancı otların azaltımı	<ul style="list-style-type: none">• Orta düzeyde sera gazı emisyonları oluşur• Yarı teknik işlem gerektirir• NH₃ emisyonu nedeniyle azot kayıpları meydana gelir• Kompost alanı için arazi ihtiyacı gerektirir
Anaerobik Çürütme	<ul style="list-style-type: none">✓ Sera gazı emisyonu oluşmaz✓ Yenilenebilir enerji üretimi✓ Organik gübre üretimi✓ Kötü koku azaltımı✓ Patojen azaltımı	<ul style="list-style-type: none">• Pahalı altyapı• Teknik işlem gereksinimi• Büyük çaplı maliyet

3. 1. HAYVANLARIN BESLENME ALIŞKANLIKLARININ DEĞİŞTİRİLMESİ

Hayvan sindirimi esnasında meydana gelen fermante olma aşaması enterik formasyon olarak tanımlanmaktadır. Fermante olma aşamasında hayvanların sindirim sistemlerinde metan gazı oluşmaya başlar ve oluşan metan solunum sistemi vasıtasıyla hayvanlar tarafından atmosfere verilir. Tarımsal üretim yoluyla oluşan sera gazlarının miktarının azaltılabilmesinde enterik fermantasyon nedeniyle oluşan metan gazının azaltılması ile mümkün olabilir (Zucali vd., 2020).

Hayvan yetiştiriciliğinde kullanılan yem materyallerinin randımanlı bir şekilde kullanılması enterik fermantasyon yoluyla oluşan metan gazı oluşumunu azaltmaktadır (Clemens ve Ahlgrimm, 2001). Hayvanların günlük yedikleri yemlerde fermante edilmiş yem oranını yükseltmek, yemlere faydalı katkı maddesi ve bitki veya hayvan kökenli (sıvı ya da katı) yağların ilave edilmesi ve hayvanların beslenmesine yönelik uygulamadaki yönetimsel farklılıklar metan gazı oluşumlarının azaltılmasında yardımcı olmaktadır (Küçük ve Özpınar, 2004; Soliva vd., 2006; Yaylalı ve Kılıç, 2020). Kullanılan katkı maddelerinden bazıları metan oluşumu üzerine baskı kurarak metan gazı miktarını sınırlandırabilmektedir. Yeme katılan ve metan gazı oluşumunu düşürme eğilimine sahip probiyotik maddeler de (maya kültürleri) kullanılabilir (McGinn vd., 2004; Newbold ve Rode, 2006).

3. 2. GÜBRE DEPOLAMA TEKNİKLERİNİN DEĞİŞTİRİLMESİ

Hayvan gübresi dışkıyı ve idrarı içeren hayvansal bir atık durumundadır. Gebrelerin depolandığı yerler, barınakların kendisi ve hayvanların beslenme ortamları çok miktarda metan (CH₄), nitroz oksit (N₂O) gibi gaz emisyonlarının oluşumuna sebep olmaktadır (Sejian vd., 2015; Ağaayak ve Öztürk, 2017).

Hayvan gübresinin biriktirilmesi, ilgili yapıya nakli, depolama yapısında bekletilmesi, olgunlaştırılması ve tarım arazilerinde yeniden kullanımını içeren teknolojiler, gübre yönetimi olarak tanımlanmaktadır (Sejian vd., 2015). Kullanılan teknolojik unsurlar, sürü büyüklüğü, tarım arazisi topraklarının tipi, iklim ve öteki faktörler dikkate alınarak belirlenmektedir (Tomasula ve Nutter, 2011).

Hayvan gübresinden kaynaklanan nitroz oksit salınımlarını düşürmek amacıyla, gübre yığınlarının üzeri farklı materyaller kullanılarak kapatılması ve sıkıştırma işlemine tabi tutularak oksijensiz koşullarda bekletilmesi gerekmektedir. Metan salınımlarını düşürmek için ise sıvılaştırılmış gübrenin (şlam) depolandığı alandan alınarak hacim azaltılmasına gidilmesi, yığın halindeki gübreye havalandırma ile soğutulması, çamurun katı kısımdan mekanik olarak ayrılması, kompost haline getirilmesi ya da biyogaz üretimi ile çıkan metan gazının depolanması yöntemleri kullanılmaktadır (Clemens ve Ahlgrimm, 2001; Monteny vd., 2001; Amon vd., 2006; Monteny vd., 2006; Chadwick vd., 2011).

3. 3. GÜBRENİN PH DEĞERİNİN DÜŞÜRÜLMESİ

Topraklarımızın pH değerlerinin yüksek, organik madde içeriğinin az olması sebebiyle, toprakların bünyesinde var olan ancak farklı sebeplerden dolayı bitkilerce kullanılmayan elementlerin kullanılabilirlik durumunu yükseltmek için hayvan gübreleri daha yaygın bir şekilde kullanılmalıdır (Erdal vd., 2010).

Hayvan barınaklarında gübre yönetimi için kullanılan sulu gübre depolama tesisleri, NH₃ (metan), N₂O (azot oksit) ve NH₄ (amonyak) emisyonlarının kaynakları olarak gösterilebilir (Berg vd., 2006). Gübrenin pH seviyesi, bulamaç içerisinde bulunan mikroorganizmaların etkinliği üzerinde etkili bir parametredir ve pH seviyesi 6-7 değerleri arasında olduğunda mikroorganizmaların etkinliği artacağı için yüksek CH₄ üretimi için ideal ortam hazırlanmış olacaktır (Jiunn-Jyi vd., 1997). pH seviyesinin 6'nın altına düşmesi durumunda mikroorganizmaların etkinliği azalacak ve dolayısı ile CH₄ emisyonu değerleri azalacaktır, pH seviyesinin 5'in altına düşmesi durumunda ise CH₄ emisyon oluşumu engellenmiş olacaktır (Berg vd., 2006). pH değerinin düşürülmesi amacıyla sulu gübre içerisine asidik sıvı biyoatıkların eklenmesi oldukça etkili bir yöntem olarak kullanılmaktadır (Sejian vd., 2015).

3. 4. İNHİBİTÖRLERİN KULLANILMASI

Küresel çapta düşünüldüğünde N₂O sonucu ortaya çıkan emisyonun %70'i tarımsal üretimden, bunun da %65'i tarımsal üretim içerisinde yer alan hayvansal üretimden kaynaklanmaktadır (Görgülü vd., 2009). Gübredeki nitrifikasyon ve denitrifikasyon süreçleri önemli N₂O emisyon oluşum kaynaklarıdır (Smith, 2010). Yine büyük kapasiteli çiftliklerdeki gübre depolarında sızıntıların oluşması, önemli miktarlarda N₂O (azot oksit) gazı salınımı

gerçekleşmesi ve merada otlatma sonucu biriken idrar ve gübre veya meraya uygulanan gübreler önemli birer N₂O kaynağıdır (Janzen vd., 1998).

Nitrifikasyon inhibitörleri, toprakta NH'nin NO₃'e oksidasyonunu engelleyen ve böylece NH, bazlı gübrelerden ve idrardan N₂O emisyonlarını azaltan kimyasal bileşiklerdir (Di ve Cameron, 2002). En yaygın olarak kullanılan nitrifikasyon inhibitörleri, nitrapirin ve DCD'dir (De Klein ve Eckard, 2008). Nitrifikasyonu önleyen bileşiklerden yararlanarak amonyumun nitrate dönüşümü engellenerek proses tamamlandıktan sonra oluşan azot oksit salınımları azaltılmış olur (Smith, 2010).

3. 5. GÜBRELİKLERİN ÜZERLERİNİN KAPATILMASI

Hayvansal üretim kaynaklı kokuların ve amonyak (NH₃) gazı oluşumunun yavaşlatılması amacıyla gübrelerin depolandığı alanlardaki akışkan haldeki gübrelerin (şlam) değişik türdeki materyallerle kapatılmaktadır. Böylece metan (CH₄) ve azot oksit (N₂O) gazlarının oluşumları yavaşlatılarak salınım miktarlarının düşürülmesi sağlanmaktadır. Gübrelüklerinin üzerinin kapatılmasında perlit, ısıtma işlemine tabi tutulduğunda içerisinde boşluklar oluşan kil materyali (genleşen kil), laktik asit ya da sakkaroz ile karıştırılarak elde edilen saman karışımı kullanılmaktadır (Berg vd., 2006).

3. 6. ANAEROBİK ÇÜRÜME

Anaerobik çürüme, oksijenin bulunmadığı koşullarda gerçekleşen ve organik kökenli veya inorganik kökenli materyallerin farklı bakteri türlerinin kullanılarak katı ve sıvı haldeki malzemelerin bir karışımı olan gübrenin ayrıştırılması sonucuyla tamamlanan biyolojik süreçlerin tamamına verilen addır (Debruyne ve Hilborn, 2007). İfade edilen süreçler bütünü aşağıda sıralandığı gibi yaygın olarak dört aşamadan meydana gelmektedir (Korres vd., 2013);

- Hidroliz,
- Asitlerin oluşması,
- Asetat oluşması,
- Metan gazı oluşmasıdır.

Bu işlem sırasında çürütücü olarak kullanılan materyaller, metan gazının oluşmasını sağlayan bakteriler kullanılarak biokütlelerin ayrışmasına yardımcı olurlar. İlave aynı çürütücü materyaller gübreden kaynaklanan koku ve hastalık etkenlerinin düşürülmesine ve atık halindeki gübre yığınlarının değerli bir kaynak gelerek yeniden kullanılabilmesine olanak sağlarlar. Buradan yola çıkarak anaerobik çürümenin; amonyak artışına neden olmadan, gübrelerin depolandığı alanlardan ve gübrelerin tarım arazilerine uygulanmasından dolayı oluşan gaz salınımlarının en aza indirilebilmesi amacıyla tercih edilen bir metot olduğu söylenebilir (Novak ve Fiorelli, 2009).

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Hayvan yetiştiriciliği nedeniyle oluşan atıkların sebep olduğu sera gazı salınımlarını minimum seviyeye getirebilmek amacıyla gerçekleştirilen bilimsel araştırmaların sonuçlarına göre, doğru tasarlanmış gübre değerlendirme yöntemlerinin geliştirilerek gübrenin yeniden kullanılabilir duruma getirilmesi ve tarım arazileri üzerine uygulanması oluşacak gaz salınımlarını azaltacaktır (Uzel, 2015).

Hayvansal üretimden kaynaklanan gaz salınımlarını azaltma hedefi, kaynağında ve bulunduğu alanda bertaraf edilmesi olarak iki stratejiye dayanmaktadır. Bu bağlamda üzerinde durulması gereken strateji, gaz emisyonlarının daha ortaya çıkmadan kaynağında önlenmesi veya miktarının azaltılmasıdır. Bu nedenle hayvanların yaşam alanı olan barınakların tasarımlarının yeniden düzenlenmesi, sera gazı emisyonlarını engelleyen sistemlerin barınaklara ilave edilmesi, yem rasyonunda yapılabilecek değişiklikler gibi çok farklı stratejiler bulunmaktadır (Ahmet, 2019).

Hayvan yetiştiriciliği sektöründen kaynaklanan sera gazı emisyonlarının etkilerinin görülebilmesi ve gerekli tedbirlerin alınabilmesi açısından IPCC yaklaşımları önem arz etmektedir. Yapılan çalışmalar ve alınan tedbirler neticesinde gübre yönetimi ve tarım topraklarından kaynaklanan emisyonlarda azalmalar meydana geldiği görülmektedir. Bunun sonucunda hem atıl durumdaki atıklar değerli bir kaynağa dönüştürülmekte hem de tarımsal üretimde verim artışları elde edilmektedir.

5. KAYNAKLAR

- Ağaçayak, T. ve Öztürk, L., 2017. Türkiye’de Tarım Sektöründen Kaynaklanan Sera Gazı Emisyonlarının Azaltılmasına Yönelik Stratejiler. İstanbul Politikalar Merkezi-Sabancı Üniversitesi-Stiftung Mercator Girişimi.
- Ahmet, B., 2019. Bursa Bölgesinde Faaliyet Gösteren Bazı Hayvancılık İşletmelerinin Karbon Ayak İzinin Belirlenmesi. Bursa Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Amon, B., V. Kryvoruchko, T. Amon, and S. Zechmeister-Boltenstern, 2006: Methane, nitrous oxide and ammonia emissions during storage and after application of dairy cattle slurry and influence of slurry treatment. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 112, pp. 153-162.
- Anonim, 2009. Hayvancılık Bilgisi. T.C. Anadolu Üniversitesi Yayınları, Açık öğretim Fakültesi Yayınları. <http://books.google.com/books>. Erişim Tarihi: 25.01.2022.
- Anonim, 2015. INDC, Türkiye Cumhuriyeti Niyet Edilen Ulusal Olarak Belirlenmiş Katkı, 2015.
- Anonim, 2019. Çölleşmeyle Mücadele Ulusal Stratejisi ve Eylem Planı 2019-2030. Tarım ve Orman Bakanlığı Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü. <http://cmusep.cevre.gov.tr/Uploads/Documents/COLLESMEYLE%20M%C3%9CCAD ELE%20EYLEM%20PLANI%202019-2030.pdf>.
- Atalık, A. 2005. Küresel Isınma, Su kaynakları ve tarım Üzerine Etkileri. http://www.zmo.org.tr/odamiz/küresel_isinma.pdf.
- Berg, W., Brunsch, R., and Pazsiczki, I., 2006. “Greenhouse gas emissions from covered slurry compared with uncovered during storage,” *Agriculture, Ecosystems and Environment*, vol. 112, no. 2–3, pp. 129–134.
- Can, M. E., 2021. Adana merkez ve ilçeleri için çiftlik hayvanları kaynaklı atık ve kirlilik yükü potansiyeli. *Mediterranean Agricultural Sciences*, 34(2): 215-222.
- Chadwick, D., Sommer, S., Thorman, R., Fanguero, D., Cardenas, L., Amon, B., and Misselbrook, T., 2011. “Manure management: Implications for greenhouse gas emissions,” *Animal Feed Science and Technology*, vol. 166–167, pp. 514–531.
- Clemens, J. and H.J. Ahlgrimm, 2001: Greenhouse gases from animal husbandry: mitigation options. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 60, pp. 287-300.
- De Boer, I. J. M., Cederberg, C., Eady, S., Gollnow, S., Kristensen, T., Macleod, M., Meul, M., Nemecek, T., Phong, L. T., Thoma, G., et al., 2011. Greenhouse Gas Mitigation in Animal Production: Towards an Integrated Life Cycle Sustainability Assessment. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, vol. 3, no. 5, pp. 423–431.
- De Klein, C. A. M. and Eckard, R. J., 2008 'Targeted technologies for nitrous oxide abatement from animal agriculture', *Australian journal of Experimental Agriculture*, vol48, pp14-20.
- DeBruyn, J. and Hilborn, D., 2007. Anaerobic Digestion Basics. Ontario Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs, Guelph, ON, p 10.
- Demir, P., Cevger, Y. 2007. Küresel Isınma ve Hayvancılık Sektörü. *Veteriner Hekimler Derneği Dergisi*, 78(1): 13-16.
- Di, H. J. and Cameron, K. C., 2002. 'The use of a nitrification inhibitor, dicyandiamide (DCD), to decrease nitrate leaching and nitrous oxide emissions in a simulated grazed and irrigated grassland', *Soil Use and Management*, vol18, pp395-403.
- Erdal, İ., Coşkan, A., Eraslan, F., İnal, A., Güneş, A., 2010. TMMOB Ziraat Mühendisliği VII. Teknik Kongresi Bildirileri Kitabı 1-2 Ankara 2010 sayfa 267 ve 268.

- Gerber, P., Vellinga, T., Opio, C., Henderson, B., Steinfeld, H., 2010. Greenhouse Gas Emissions From The Dairy Sector. A Life Cycle Assessment. Food And Agriculture Organization of the United Nations. FAO 2010.
- Görgülü, M., Darcan, N., Göncü S., 2009. Hayvancılık ve Küresel Isınma, V. Ulusal Hayvan Besleme Kongresi.
- IPCC, 2014: Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. In [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. (Vol. 9781107025). <https://doi.org/10.1017/CBO9781139177245.003>
- İnan, İ., 2012. Hayvansal Atıkların ve Arıtma Çamurlarının Stabilizasyonunda Kullanılan Kompostlama ve Anaerobik Çürütme Proseslerinin Verimliliklerinin Karşılaştırılması. Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Bursa.
- Janzen, H.H., Desjardins, R.L., Asselin, J.M.R., Grace, B. 1998. The Health of Our Air: Toward Sustainable Agriculture in Canada. Agriculture and Agri-Food Canada Ottawa, ON. 98 pp.
- Jiunn-Jyi, L., Yu-You, L., and Noike, T., 1997. Influences of pH and moisture content on the methane production in high-solids sludge digestion. Water Research, vol. 31, no. 6, pp. 1518–1524.
- Kaçar, B., Katkat, V., 2009. *Gübreler ve Gübreleme Tekniği*. 3. Baskı. Nobel Yayın Dağıtım Ltd. Yayın no: 1119, s. 17-54.
- Kadıoğlu, M., Ünal, Y., İlhan, A. ve Yürük, C., 2017. Türkiye'de İklim Değişikliği ve Tarımda Sürdürülebilirlik. Türkiye Gıda ve İçecek Sanayii Dernekleri Federasyonu. <http://www.tgdf.org.tr/wpcontent/uploads/2022/10/iklim-degisikligi-raporelma.compressed.pdf> adresinden erişildi.
- Kara, G., Yalınız, İ., Sayar, M., 2019. Konya İli Hayvansal Gübre Kaynaklı Sera Gazı Emisyonları Durumu. Ulusal Çevre Bilimleri Araştırma Dergisi, 2(2): 57-60.
- Korres, N. E., Kiely, P. O., Jonathan, S. W., and Benzie, J. A. H., 2013. Bioenergy Anaerobic by Digestion and wastes. Using agricultural biomass and organic wastes.
- Koyuncu, M. ve Akgün, H., 2017. Çiftlik Hayvanları ve Küresel İklim Değişikliği Arasındaki Etkileşim. U. Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi, Cilt 32, Sayı 1, 151-164.
- Küçük, O. ve Özpınar, H., 2004. Ruminant Rasyonlarında Yağ Kullanımı. Gıda ve Yem Bilimi-Teknolojisi, 2004.
- McGinn, S.M., K.A. Beauchemin, T. Coates, and D. Colombatto, 2004: Methane emissions from beef cattle: effects of monensin, sunflower oil, enzymes, yeast, and fumaric acid. Journal of Animal Science, 82, pp. 3346-3356.
- Monteny, G.-J., A. Bannink, and D. Chadwick, 2006: Greenhouse gas abatement strategies for animal husbandry. Agriculture, Ecosystems and Environment, 112, pp. 163-170.
- Monteny, G.J., C.M. Groenestein, and M.A. Hilhorst, 2001: Interactions and coupling between emissions of methane and nitrous oxide from animal husbandry. Nutrient Cycling in Agroecosystems, 60, pp. 123-132.
- Naqvi, S.M.K., Sejian V., 2011. Global Climate Change: Role of Livestock, Asian Journal of Agricultural Sciences, 3:19-25.
- Newbold, C.J. and L.M. Rode, 2006: Dietary additives to control methanogenesis in the rumen. In Greenhouse Gases and Animal Agriculture: An Update. C.R. Soliva, J. Takahashi, and M. Kreuzer (eds.), International Congress Series No. 1293, Elsevier, The Netherlands, pp. 138-147.

- Novak, S. M., and Fiorelli, J. L., 2009. "Greenhouse gases and ammonia emissions from organic mixed crop-dairy systems: A critical review of mitigation options," *Sustainable Agriculture*, vol. 2, pp. 529–556.
- Olgun, M. ve Polat, H.E., 2005. Ülkemizdeki Hayvancılık İşletmelerinde Atık Yönetim Sistemlerinin Değerlendirilmesi. TMMOB Çevre Mühendisleri Odası, 6. Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi, İstanbul, s. 206-211.
- Parlakay, O., Çelik, A., Kızıltuğ, T., 2015. Hatay İlinde Tarımsal Üretimden Kaynaklanan Çevre Sorunları ve Çözüm Önerileri. Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 20(2): 17-26.
- Peypazar, Z. B., ve Kılıç, İ. (2021). Süt Sığırı İşletmelerinin Çevre Kirliliği Potansiyellerinin Değerlendirilmesi: Kütahya İli Örneği. Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi, Cilt 26, Sayı 1.
- Polat, H.E., 2009. Hayvan Barınaklarının İklim Değişikliği Üzerine Etkisi ve Alınabilecek Önlemler. I. Ulusal Kuraklık ve Çölleşme Sempozyumu Bildiriler Kitabı, 16-18 Haziran, Konya, s. 249-256.
- Sejian, V., Hyder, I., Ezeji, T., Lakritz, J., Bhatta, R., Ravindra, J. P., Prasad, C. S., and Lal, R., 2015. Climate Change Impact on Livestock. Adaptation and Mitigation.
- Sherlock, R.R., Sommer, S.G., Khan, R.Z., Wood, C.W., Guertal, E.A., Freney, J.R., Dawson, C.O., Cameron, K.C. 2002. Ammonia, Methane and Nitrous Oxide Emission from Pig Slurry Applied to a Pasture in New Zeland, *Journal Environmental Quality*, 31: 1491-1501.
- Smith, K., 2010. Nitrous Oxide and Climate Change. London: Earthscan Ltd.
- Soliva, C.R., J. Takahashi, and M. Kreuzer (eds.), 2006: Greenhouse Gases and Animal Agriculture: An Update. International Congress Series, No.1293, Elsevier, The Netherlands, pp. 377.
- Soyer, G., 2014. Aydın İli Süt Sığırcılığı İşletmelerinde Gübre Yönetim Uygulamaları ve Bitkisel Üretimde Gübre Kullanım Olanaklarının Geliştirilmesi. Adnan Menderes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı, 80 sayfa, Aydın.
- Şahin, K., Gül, A., Koç, B., Dağıstan, E., 2001. Adana İlinde Entansif Süt Sığırcılığı Üretim Ekonomisi. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Bilimleri Dergisi, 11(2); 19-28.
- Tomasula, P. M., and Nutter, D. W., 2011. Mitigation of Greenhouse Gas Emissions in the Production of Fluid Milk, Elsevier Inc., 1st ed., vol. 62.
- Topp, C. F. E., Wang, W., Cloy, J. M., Rees, R. M., and Hughes, G., 2013. Information Properties of Boundary Line Models for N₂O Emissions from Agricultural Soils, vol. 48, no. 1.
- Uzel, G., 2015. Türkiye ve Bursa'da Tarımdan Kaynaklanan Sera Gazı Emisyonları Ekonomisi ve Politika Önerileri. Yüksek Lisans Tezi, UÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Ekonomisi Anabilim Dalı, Bursa.
- Ünalın, A., Ceyhan, A., Şekeroğlu, A., Akyol, E., 2015. Niğde İli Sığır ve Koyun Yetiştiricilerinin Memnuniyet Düzeylerinin Karşılaştırılmalı Olarak İncelenmesi Üzerine Bir Araştırma. 9. Ulusal Zootekni Bilim Kongresi, 3-5 Eylül 2015, Konya.
- Verge XPC, De Kimpe C, Desjardins RL., 2007. Agricultural Production, Greenhouse Gas Emissions and Mitigation Potential. *Agric. Forest Meteorol.* 142:255–261.
- Vural, H., Fidan, H., 2007. Türkiye'de hayvansal üretim ve hayvancılık işletmelerinin özellikleri. *Tarım Ekonomisi Dergisi*, 13(2):49-59.

- Yaylalı, B. ve Kılıç, İ., 2020. Süt Sığırı İşletmelerinin Küresel Isınma Potansiyelinin Tier-1 Yöntemi ile Tahminlenmesi. Uluslararası Biyosistem Mühendisliği Dergisi, 1(2):79-86.
- Yılmaz, H., Demircan, V., Gul, M., 2010. Examining of Chemical Fertilizer Use Levels in Terms of Agriculture Environment Relations and Economic Losses in The Agricultural Farms: The Case of Isparta, Turkey. Bulgarian Journal of Agricultural Science, 16: 143–157.
- Yılmaz, H., Lauwers, L., Buysse, J., Van Huylenbroeck, G., 2019. Economic Aspects of Manure Management and Practices for Sustainable Agriculture in Turkey. Present Environment and Sustainable Development, 13(1): 249–263.
- Yurdakul, O., Ören, N., 1995. Türkiye Hayvancılığına Uygulanan Ekonomi Politikaları. Türkiye Hayvancılığının Yapısal ve Ekonomik Sorunları Sempozyumu, 27-29 Eylül 1995, İzmir, 7-15.
- Zucali, M., Lovarelli, D., Celozzi, S., Bacenetti, J., Sandrucci, A., Bava, L., 2020. Management options to reduce the environmental impact of dairy goat milk production. Livestock Science, 231: 103888.

**MİKROPLASTİKLERİN TOPRAKTA AĞIR METAL BİRİKİMİ VE BİTKİYE
TAŞINIMINDAKİ ROLÜ**

Kübra POLAT (ORCID:0000-0003-2966-8699)

Harran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Şanlıurfa
Email: kubraplt91@gmail.com

Hikmet GÜNAL (ORCID:0000-0002-4648-2645)

Harran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Şanlıurfa
Email: hikmetgunal@gmail.com

Mesut BUDAK (ORCID:0000-0001-5715-1246)

Siirt Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Siirt.
Email: m.budak@siirt.edu.tr

Özet

Mikroplastikler (MP), günümüzde önemli bir kirletici sınıfı olarak öne çıkmakta ve bu kirliliğin neden olduğu sorunlar giderek daha ciddi boyutlara ulaşmaktadır. Her yıl tonlarca MP, çeşitli endüstriyel faaliyetlerin bir sonucu olarak karasal ekosistemlere taşınmakta ve krom, arsenik, kurşun, bakır ve kadmiyum gibi ağır metallerle etkileşime girmektedir. Bu tür etkileşimler mikroplastiklerin toprak yapısı ve mikrobiyal aktivitesi üzerine olumsuz etkilere neden olurken, bitkilerin fotosentez süreçleri ve kök gelişimlerine de olumsuz etki yaparak bitkilerde fizyolojik hasarlara yol açmaktadır. Son yıllarda yapılan araştırmalar, mikroplastiklere ve ağır metallerle maruz kalmanın bitkilerdeki çeşitli fizyolojik ve biyokimyasal süreçleri etkilediğini ve toksisite belirtilerini artırdığını göstermektedir. Bununla birlikte, MP'ler ve ağır metallerin bitkiler üzerindeki birleşik etkileri üzerine yapılan çalışmalar sınırlıdır. Buda bu alanda daha fazla araştırmaya ihtiyaç olduğunu göstermektedir. Yakın zamanda yayınlanan çok sayıda araştırma sonuçlarının derlendiği bu çalışma, aynı ortamda gerçekleşen MP ve ağır metal kirliliğinin karmaşık ve çok yönlü bir çevre sorununa neden olduğunu göstermektedir. Bu çalışma, MP'ler ile ağır metallerin bitkiler üzerindeki etkileşimlerinin daha derinlemesine incelenmesini önermekte ve bu kirleticilerin bitkisel süreçler üzerindeki karmaşık etkilerine dair mevcut anlayışı genişletme potansiyeli sunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Mikroplastikler, Ağır metaller, Çevre Kirliliği, Toksikite, Bitki Fizyolojisi

**ROLE OF MICROPLASTICS IN HEAVY METAL ACCUMULATION IN SOIL AND
TRANSPORTATION TO PLANT**

Abstract

Microplastics (MP) have emerged as a significant class of pollutants in today's world, and the problems caused by this pollution are becoming increasingly severe. Every year, tons of MPs are transported to terrestrial ecosystems due various industrial activities, where they interact with heavy metals such as chromium, arsenic, lead, copper, and cadmium. These interactions negatively affect soil structure and microbial activity, while also impairing photosynthesis processes and root development in plants, leading to physiological damage. Recent studies have shown that exposure to MPs and heavy metals impacts various physiological and biochemical processes in plants, increasing signs of toxicity. However, studies on the combined effects of MPs and heavy metals on plants are limited, indicating the need for further research in this area. This study, which compiles the results of numerous recent research findings, demonstrates that the co-occurrence of MP and heavy metal pollution in the same environment creates a complex and multifaceted environmental issue. It proposes a more in-depth investigation into the interactions between MPs and heavy metals on plants and suggests that such research has the potential to expand the current understanding of the complex effects these pollutants have on plant processes.

Keywords: Microplastics, Heavy metals, Environmental Pollution, Toxicity, Plant Physiology

1. Giriş

Plastik malzemeler hem evsel hem de tarımsal alanlarda yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (Lusher ve ark., 2017). Son yıllarda, farklı sektörlerin artan taleplerini karşılamak amacıyla birçok plastik polimerin üretimi kayda değer bir şekilde artış göstermiştir (Geyer, 2020). Ancak, üretilen plastik atıkların yalnızca %9'u geri dönüştürülmekte, %12'si yakılarak bertaraf edilmekte ve %79'u doğrudan toprağa gömülmektedir (Chen ve ark., 2021). Toprakta biriken plastik kalıntıları, ultraviyole ışınlar, biyolojik bozunma, hidroliz ve aşınma gibi çeşitli çevresel etkenlerin etkisiyle 5 mm'den daha küçük boyutlara sahip olan mikroplastiklere dönüşmektedir (Ouyang ve ark., 2023). Toprak ortamında mikroplastiklerin potansiyel kaynakları arasında plastik atıklar, kanalizasyon çamuru uygulamaları, plastik malçlama, sel ve yüzey akışı ile atmosferik birikim süreçleri yer almaktadır (He ve ark., 2018). Toprak, çoğunlukla insan faaliyetlerinin bir sonucu olarak, mikroplastiklerin geçici veya kalıcı bir birikim alanı olarak işlev görmektedir (Tian ve ark., 2022). Su ortamlarında mikroplastik kirliliği üzerine yapılan kapsamlı araştırmalara karşın, mikroplastiklerin toprak kalitesi üzerine etkilerine dair mevcut bilgi oldukça sınırlıdır (Ya ve ark., 2021).

Toprakta biriken mikroplastiklerin toprak özelliklerini değiştirme potansiyeli, bu alanda daha fazla araştırma yapılmasının gerekliliğini açıkça ortaya koymaktadır (Qiu ve ark., 2022). Mikroplastikler, toprak hacim ağırlığını, agregat stabilitesini ve su tutma kapasitesini azaltabilir (Guo ve ark., 2022; Huang ve ark., 2022; Wang ve ark., 2022), gözenekliliği arttırarak toprağın fiziksel kalitesinde belirgin değişikliklere yol açabilir (Li ve ark., 2022). Ayrıca, mikroplastiklerin toprakta bulunması, karbon, azot ve fosfor döngülerini bozarak bitki besin maddesi alımını ve dolayısıyla tarımsal ürün verimini olumsuz etkileyebilir (Kumar ve ark., 2023). Mikroplastiklerin küçük boyutları, toprak organizmaları tarafından kolayca yutulmalarına neden olarak yaralanmalara yol açabileceği gibi, bu plastiklerin ve taşıdıkları kirleticilerin çevreye salınması, toprak ekosisteminin bütünlüğü üzerinde daha geniş kapsamlı olumsuz etkiler yaratabilir (Chang ve ark., 2022). Ayrıca toprakta bulunan mikroplastikler, geniş yüzey alanları ve yüksek hidrofobik özellikleri nedeniyle organik kirleticiler ve ağır metaller gibi diğer zararlı maddeler ile etkileşime girerek sinerjik bir kirlilik oluşturma potansiyeline sahiptir (Prajapati ve ark., 2022).

Ağır metal kirliliği, geniş toksisite aralığı nedeniyle yerel ve bölgesel düzeyde ciddi ekolojik sonuçlara yol açabilmektedir (Vardhan ve ark., 2019). Toprakta biriken ağır metaller, hem doğal süreçler (örneğin kayaçların ayrışması) hem de insan faaliyetleri (örneğin madencilik, endüstriyel atıkların deşarjı, gübre kullanımı) sonu toprağa dahil olabilmektedir (Li ve ark., 2019). İnsan kaynaklı faaliyetlerle ağır metallerin topraktaki tür ve konsantrasyonlarında sürekli bir artış gözlemlenmekte olup, bu durum uzun vadede çevresel bozulmalara ve biyolojik çeşit kaybına neden olmaktadır (Gao ve ark., 2018). Ağır metallerle kirlenmiş topraklar, düşük biyolojik aktivite, zayıf fiziko-kimyasal özellikler ve bozulan mikrobiyal denge gibi olumsuzluklar sergiler (Olaniran ve ark., 2013). Bu tür topraklarda düşük verimlilik, mikro besin maddelerinin toksisite seviyesinin artması, azot ve fosfor döngüsünün bozulması, yüksek elektriksel iletkenlik, aşırı pH seviyeleri ve azalan toprak organik madde içeriği gibi olumsuz sonuçlar ortaya çıkabilmektedir (Lwin ve ark., 2018).

Ağır metallerin, özellikle arsenik, krom, bakır, kadmiyum ve kurşun gibi türlerinin bitkiler üzerindeki toksik etkileri, bu metallerin türü ve konsantrasyonu, mikrobiyal toplulukların yapısı, toprağın fiziko-kimyasal özellikleri ve bitkilerde ağır metal birikimini etkileyen diğer

toprak faktörlerine bağlı olarak değişkenlik göstermektedir (Dhaliwal ve ark., 2020). Yüksek konsantrasyonlardaki ağır metaller, bitkilerin yaprak büyümesini engelleyerek yaprakların solmasına ve mavimsi-mor renge dönüşmesine neden olabilir (Ahmad, 2023). Bu durum, bitkilerin fotosentez kapasitelerini azaltarak büyüme geriliği ve genel verim düşüşüne yol açar. Ayrıca, ağır metallerin toprakta bulunması durumunda bitki kökleri, bu toksik maddelere yapraklardan önce maruz kalır ve kök uzaması ile çoğalması önemli ölçüde baskılanır. Kök sisteminin bu şekilde zarar görmesi, bitkilerin topraktan su ve besin maddelerini almasını zorlaştırır, dolayısıyla bitki sağlığını olumsuz etkiler (Kumar ve ark., 2022). Toprakta yüksek düzeyde biriken ağır metaller, bitki metabolizmasında bozulmalara yol açarak, biyokimyasal süreçlerin aksamasına ve besin alımında gecikmelere neden olabilir. Bu süreçlerin aksaması, bitki büyüme ve gelişimini sınırlayarak, tarımsal üretkenliğin azalmasıyla sonuçlanabilir (Vasilachi ve ark., 2023). Bu nedenle ağır metal kirliliği, bitki fizyolojisi ve tarımsal üretim açısından ciddi bir tehdit oluşturmaktadır.

Son yıllarda yapılan araştırmalar, mikroplastiklerin toprakta sadece fiziksel özellikleri etkilemekle kalmayıp, aynı zamanda kimyasal kirlenmelerle de etkileşim içinde olabileceğini ortaya koymuştur (An ve ark., 2024; Kajal ve ark., 2024; Liao ve ark., 2023). Mikroplastiklerin yüksek hidrofobisite, geniş spesifik yüzey alanı ve heterojen aktif yüzey yapısına sahip olması, onları çevresel kirlenmeler için etkili bir taşıyıcı haline getirmektedir (Tang ve Li, 2024). Bu özellikleri sayesinde mikroplastikler, elektrostatik adsorpsiyon veya yüzey kompleksleri oluşturarak kirlenmeleri bağlar ve taşıyıcı olarak görev yaparlar (Kinigopoulou ve ark., 2022).

Mikroplastikler tarafından adsorbe edilen kirlenmeler arasında özellikle ağır metaller önemli bir yer tutmaktadır, çünkü bu metaller yaygın ve kalıcı inorganik kirlenmeler olarak bilinmektedir (Kutralam-Muniasamy ve ark., 2021). Mikroplastiklerin yüzey özellikleri, metal iyonların adsorpsiyonu üzerinde belirleyici bir rol oynar ve yüzeydeki fonksiyonel gruplar, ağır metallerle etkileşime girme potansiyeline sahiptir (Shirkhorshidi ve ark., 2023). Bu etkileşimler, topraktaki ağır metallerin biyo-yararlılığını değiştirerek, bitkiler tarafından ağır metal alımını doğrudan etkileyebilir ve böylece ekosistem üzerindeki etkileri daha da karmaşık hale getirebilir (Cao ve ark., 2021).

Topraklardaki mikroplastik ve ağır metal kirliliğinin uzun vadede ağır metallerin biyo-yararlılığını artırarak çevresel ve halk sağlığı risklerini büyütebileceği ifade edilmektedir (An ve ark., 2023). Bu çalışma, mikroplastiklerin toprakta ağır metal birikimi ve bitkilere taşınımındaki rolünü inceleyerek bu alandaki bilgi eksikliklerini gidermeyi amaçlamaktadır.

2. Mikroplastiklerin ve Ağır Metallerin Kaynakları ile Toprak Ortamına Etkileri

Mikroplastiklerin kaynakları, genellikle birincil veya ikincil mikroplastikler olarak sınıflandırılmaktadır. Birincil mikroplastikler, kozmetik ürünler, diş macunları, tekstil ve endüstriyel malzemelerde boncuk, lif ve pelet gibi parçacık formları halinde bulunmaktadır. (An ve ark., 2020). Bu mikroplastiklerin kanalizasyon arıtma teknolojileri ile etkin bir şekilde uzaklaştırılması genellikle zordur ve atık su sistemine karıştıklarında çevrede birikme eğilimi göstermektedirler (Liu ve ark., 2021). İkincil mikroplastikler, ultraviyole radyasyon, ısı ve sıcaklık gibi çeşitli çevresel faktörlerin karmaşık etkileşimleri sonucunda, daha büyük plastik materyallerin zamanla parçalanmasıyla meydana gelmektedir (da Costa ve ark., 2017). Mikroplastik oluşumuna en fazla katkı sağlayan başlıca kaynaklar arasında, kişisel bakım ürünleri, otomotiv lastikleri, plastik örtüler, atık arıtma çamurları ve tekstil ürünleri

bulunmaktadır (Bansal ve Singh, 2022). Tekstil endüstrisi, mikroplastik kirliliğinin başlıca kaynakları arasında yer almakta olup, çevreye yayılan mikroplastiklerin yaklaşık %35'ini oluşturmaktadır. Giysi kumaşlarının çamaşır makinelerinde tek bir yıkama işlemi bile, çevreye 0,7 milyondan fazla mikrofiberin salınmasına yol açabilmektedir (Wang ve ark., 2024).

Mikroplastikler, çöplükler de dahil olmak üzere çeşitli kaynaklardan toprağa geçmektedir; bu kaynaklar arasında atık arıtma çamurunun araziye uygulanması, kompost ve organik gübre kullanımı, tarımsal plastik malçlama kalıntıları, atık su kullanımı, lastik aşınması, yüzey akış suları ve atmosferik birikim yer almaktadır (Uwamungu ve ark., 2022). Toprakta önemli bir mikroplastik kirliliği kaynağı olan atık su arıtma tesislerine ait kanalizasyon çamurunda, mikroplastik konsantrasyonunun kilogram başına 15385 parçacığa kadar ulaşabildiği bildirilmiştir (Lage, 2019). Bu nedenle, çamurun tarım arazilerine uygulanması, tarımsal topraklarda mikroplastiklerin yoğun birikimine neden olarak, toprak mikroplastik kirliliğinin başlıca kaynaklarından biri haline gelmektedir (Hassan ve ark., 2023). Ayrıca, plastik malç kalıntılarının düşük geri kazanım oranı, tarımsal topraklarda mikroplastiklerin sürekli birikiminin önemli etkenlerinden biri olarak öne çıkmaktadır (Lin ve ark., 2022). Tarım uygulamalarında kullanılan plastik filmlerin, çoğunlukla geri dönüşüm süreçlerine dâhil edilmemesi, bu malzemelerin çevrede uzun süre kalmasına ve toprakta birikmesine yol açmaktadır. Bu nedenle, plastik kaplı tarım arazilerindeki mikroplastik içeriğinin kilogram başına 18.760 parçacığa kadar ulaşabileceği ve çoğu mikroplastığın 1 mm'den küçük olduğu belirtilmektedir (Zhang ve ark., 2018). Sonuç olarak bu durum, mikroplastik kirliliğinin artmasına ve toprak kalitesinin bozulmasına yol açmaktadır.

Mikroplastiklerin toprak ortamında birikmesi, toprak hacim ağırlığı, gözeneklilik, agregat oluşumu ve su tutma kapasitesi gibi fiziksel özelliklerde değişikliklere yol açabilir ve karbon, azot ve organik fosfor içeriğini etkileyebilir (Yu ve ark., 2023). Toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerinde meydana gelen bu değişiklikler, mikrobiyal ve enzimatik aktiviteleri önemli ölçüde etkileyebilir (Moreno ve ark., 2022). Mikroplastiklerin toprak özelliklerinde meydana getirdiği değişiklikler, bitkilerin fizyolojik durumunu, kök özelliklerini, büyüme süreçlerini ve besin alımının bulunabilirliğini etkileyerek, dolaylı yoldan bitki büyümesini ve gelişimini olumsuz yönde etkileyebilir (Iqbal ve ark., 2023). Luvisol bir toprağa üç farklı konsantrasyonda (%0.5, %1 ve %2), iki farklı tür (polietilen tereftalat ve polistiren) ve üç farklı boyutta (polietilen tereftalat: 0.6 mm, 1.4 mm ve 2.5 mm; polistiren: 0.6 mm, 1.3 mm ve 2.4 mm) mikroplastik eklenmesi sonucunda, artan parçacık boyutu ve konsantrasyonunun doymuş hidrolik iletkenliği anlamlı derecede azalttığı ($p < 0.05$) belirlenmiştir. Araştırmacılar kontrol grubuyla karşılaştırıldığında, tüm tür ve boyut fraksiyonları için artan mikroplastik konsantrasyonlarının toprak su tutma kapasitesini düşürdüğünü tespit etmişlerdir. Özellikle, en yüksek mikroplastik konsantrasyonu ve boyutuna sahip örneklerde (≥ 1 mm ve < 2 mm), bitkiye erişilebilir su miktarının önemli ölçüde azaldığı gözlemlenmiştir (Shafea ve ark., 2023).

Mikroplastikler, geniş yüzey alanları ve yüksek hidrofobik özellikleri nedeniyle organik kirleticiler ve ağır metaller gibi zararlı maddelerle etkileşime girerek sinerjik bir kirlilik oluşturma potansiyeli taşımaktadır (Prajapati ve ark., 2022). Toprak ortamına girdikten sonra, mikroplastikler mevcut toprak kirleticileriyle etkileşime girer ve bu kirleticiler arasında ağır metaller önemli bir yer tutmaktadır (Xu ve ark., 2020). Toprakta biriken ağır metaller, hem doğal süreçler hem de antropojenik faaliyetler sonucunda toprağa dâhil olabilmektedir (Huang ve ark., 2021). Doğal süreçler arasında, ana materyalin aşınması, volkanik patlamalar, rüzgârlar ve atmosferik birikim gibi etmenler yer almaktadır (Masindi ve ark., 2021). Antropojenik

süreçler arasında ise sulama ve madencilik, ağır metal kirliliğinin başlıca kaynakları olarak öne çıkmaktadır (Vareda ve ark., 2019).

Sulama yapılan tarım arazilerinde arıtılmış atık su kullanımının, toprakta ağır metal kontaminasyonu riski oluşturduğu bildirilmektedir. Arıtılmış atık suda, yeraltı suyuna kıyasla daha yüksek bir ağır metal konsantrasyonu olduğu bildirilmiştir (ur Rehman ve ark., 2019). Benzer şekilde, çöplüklerden kaynaklanan sızıntı suları ve atık su çamuru da ağır metal kirliliğinin önemli kaynakları arasında yer almaktadır (Essien ve ark., 2022). Toprakta ağır metal kirliliği, düşük biyolojik aktivite, bozulan mikrobiyal denge, azot ve fosfor döngülerinin bozulması (Aponte ve ark., 2020), yüksek elektriksel iletkenlik, aşırı pH seviyeleri ve azalan toprak organik madde içeriği gibi çeşitli olumsuz etkiler ortaya çıkarmaktadır (Lwin ve ark., 2018). Bu durum bitki fonksiyonlarını ve metabolizmasını olumsuz etkileyerek biyokimyasal yolların değişmesine ve besin alımının gecikmesine yol açarak bitkinin büyüme ve gelişimini yavaşlatabilir (Rashid ve ark., 2023).

3. Toprakta Mikroplastikler ve Ağır Metaller Arasındaki Etkileşimler

Ağır metaller ve mikroplastikler, insan faaliyetlerin bir sonucu olarak ortaya çıktıkları için, genellikle aynı çevresel ortamlarda birlikte bulunma eğilimindedirler (Cao ve ark., 2021). Mikroplastikler, hidrofobik özellikleri ve geniş özgül yüzey alanları sayesinde, ağır metaller gibi kirleticilerin etkili taşıyıcıları olarak değerlendirilmektedir (Godoy ve ark., 2019). Mikroplastikler, fiziksel adsorpsiyon, kimyasal eş çöktürme ve sulu oksitlerle kompleks oluşumu yoluyla ağır metalleri doğrudan adsorbe edebilmekte ve topraklardaki ağır metallerin dağılımını önemli ölçüde değiştirebilmektedir (Sekar ve ark., 2024). Son zamanlarda yapılan çalışmalarda, topraklarda bulunan mikroplastiklerde Pb, Cd, Cr, Cu, Ag, Fe, Sb, Hg ve Mn birikiminin olduğu ortaya koyulmuştur (Khalid ve ark., 2021). Abbasi ve ark. (2020), polietilen mikroplastiklerin bitki rizosfer bölgesinde Pb, Cd ve Zn'nin başlıca biriktirici ve taşıyıcıları olduğunu tespit etmiştir.

Topraklardaki mikroplastikler ve ağır metaller arasındaki etkileşim oldukça karmaşık olup, genellikle mikroplastiklerin özellikleri, toprak fizikokimyasal özellikleri ve mikrobiyal topluluklar gibi çeşitli faktörlerden etkilenmektedir (Li ve ark., 2024). Mikroplastiklerin türü, konsantrasyonu türü, ve şekli, toprak pH'sı ve maruz kalma süresi, birleşik kirlilik ortamlarında ağır metallerin biyo-yararlılığını önemli ölçüde etkileyebilir (Wen ve ark., 2022). Örneğin yüksek konsantrasyondaki polietilen mikroplastikler ağır metallerin biyo-yararlılığını artırırken, polistiren mikroplastiklerin Cd biyo-yararlılığını azalttığı bildirilmiştir (An ve ark., 2023). Zou ve ark. (2020), dört farklı mikroplastik türü (polietilen, polivinil klorür, düşük kristaliniteli polietilen ve yüksek kristaliniteli polietilen) ve Pb, Cd ve Cu için adsorpsiyon performansını incelemiştir. Sonuçlar, mikroplastiklerin yüksek konsantrasyonlarının Pb, Cu ve Cd adsorpsiyon afinitesinin, önemli ölçüde etkileyebileceğini göstermiştir. Mikroplastiklerin üç farklı ağır metal üzerindeki adsorpsiyon afinitesinin, mikroplastiklerin kristallik özelliklerinden daha fazla negatif yüzey yükü ve kimyasal bileşimine bağlı olarak polietilen > polivinil klorür > yüksek kristaliniteli polietilen > düşük kristaliniteli polietilen sırasını izlediği tespit edilmiştir. Üç ağır metal arasında, Pb, güçlü elektrostatik etkileşimler nedeniyle Cu ve Cd'ya kıyasla belirgin bir şekilde daha yüksek bir sorpsiyon sergilemiştir. Ayrıca, pH değerinin, ağır metallerin mikroplastikler üzerindeki sorpsiyonunu önemli ölçüde etkileyebileceği bulunmuştur.

4. Bitkilerde Mikroplastiklerin Alınımı ve Taşınması

Bitkiler, karasal ekosistemlerde insan gıda üretimi, madde döngüleri ve enerji akışında kritik bir rol oynamaktadır (Schimel ve ark., 2015). Bitkilerin, güçlü hücre bölünmesi ve hızlı besin alımı gibi özellikleri, bitkilerin hem besin maddelerini hem de kirleticileri yüksek oranda alma potansiyelini artırmaktadır (Rashid ve ark., 2023). Bu özelliklerin bir sonucu olarak, bitkiler çevresel kirleticilere, özellikle mikroplastiklere karşı savunmasız hale gelmektedir. Mikroplastiklerin yüksek adsorpsiyon kapasiteleri, bu parçacıkların tohum kabuğuna kolaylıkla tutunmasına ve daha sonra bitki kökleri tarafından emilerek bitki dokularında birikmesine neden olmaktadır (Yu ve ark., 2024). Bu birikim, mikroplastiklerin terleme yoluyla gövdelere, yapraklara ve diğer toprak üstü organlara taşınmasını kolaylaştırabilir (Jadhav ve ark., 2024). Mikroplastiklerin pirinç bitkisi üzerindeki alınımını inceleyen Liu ve ark. (2022), hem 80 nm hem de 1 µm boyutundaki polistiren mikroplastiklerin, özellikle kök steli, gövde damar demetleri ve yaprak damarları gibi bitki dokularının damar sistemlerinde biriktiğini, çoğunlukla hücre duvarları ve hücreler arası bölgelerde toplandığını ortaya koymuştur.

Mikroplastiklerin kök yüzeylerinde, özellikle kök tüylerinde bulunması, kök epidermal hücrelerinin morfolojisini değiştirme potansiyeline sahiptir (Sun ve ark., 2020). Bu değişim, hücre bağlantıları veya hücre duvarı gözenekleri üzerindeki tıkanma etkisi nedeniyle kök tüylerinden su ve besin maddelerinin alınımını engelleyebilir (Wang ve ark., 2022). Dolayısıyla, bu durum bitki büyümesini olumsuz etkileyebilir. Kumlu bir toprağa iki farklı tür (düşük yoğunluklu polietilen, polilaktik asit ve poli-bütlen-adipat-ko-tereftt karışımı) ile beş farklı konsantrasyonda (0.5%, 1.0%, 1.5%, 2.0% ve 2.5%) mikroplastik eklenerek fasulye bitkisinin büyümesi üzerine etkileri incelenmiştir. Kontrol grubuyla karşılaştırıldığında, ≥ 1.0 oranındaki polietilen mikroplastiklerin belirgin şekilde daha yüksek özgül kök nodülleri ($n \cdot g^{-1}$ kuru kök biyokütlesi) oluşturduğu, yalnızca %2.5 oranındaki polietilen mikroplastiklerin ise önemli ölçüde daha uzun özgül kök uzunluğu ($cm \cdot g^{-1}$ kuru kök biyokütlesi) sergilediği gözlemlenmiştir. Ancak, polietilen mikroplastiklerin sürgün, kök ve meyve biyokütlesi üzerinde anlamlı bir etkisi olmadığı bildirilmiştir. Ayrıca, %1.0 oranındaki polietilen mikroplastiklerin yaprak alanında belirgin bir artışa, %0.5 oranındaki polietilen mikroplastiklerin ise yaprakların nispi klorofil içeriğinde önemli bir düşüşe neden olduğu tespit edilmiştir. Biyo mikroplastik uygulamalarının ise kontrol grubuna kıyasla ≥ 1.5 oranındaki biyo mikroplastiklerin önemli ölçüde daha düşük sürgün ve kök biyokütlesi gösterdiği, ≥ 2.0 oranındaki biyo mikroplastik grubunun ise anlamlı şekilde daha az yaprak alanı ve meyve biyokütlesi ürettiği bildirilmiştir. Bununla birlikte, tüm biyo mikroplastik uygulamalarının kontrol grubuna kıyasla belirgin şekilde daha yüksek özgül kök uzunluğu ve özgül kök nodülleri ürettiği tespit edilmiştir.

Toprak ortamında biriken mikroplastikler, bitkiler tarafından emilip birikim yapabilir ve bu durum, bitkilerin fizyolojik ve biyojeokimyasal döngüleri ile ekolojik işlevleri olumsuz yönde etkileyebilir. Bu etkiler, bitkilerde fotosentezin baskılanması, aşırı reaktif oksijen türlerinin üretimi ve enzimatik aktivitelerdeki değişikliklere yol açarak bitki büyümesini olumsuz yönde etkileyebilir (Zhang ve ark., 2022). Bitkiler, mikroplastiklerin neden olduğu toksik etkileri ve reaktif oksijen türlerinin neden olduğu oksidatif stresi azaltmak için antioksidan enzim sistemleri ve bitki hücre duvarı bariyerleri de dahil olmak üzere birçok savunma mekanizması geliştirir (Song ve ark., 2023). Mısır bitkisi üzerinde yapılan bir çalışmada, karboksil modifiye polistiren (PS-COOH⁻) ve amino modifiye polistiren (PS-NH₂⁺) nanoplastikleri bitkiye yapraktan maruz bırakıldığında, her iki nanoplastiğin de bitki yapraklarında etkili bir şekilde

biriktiği tespit edilmiştir. Pozitif yüklü PS-NH₂⁺ nanopartiküllerinin, negatif yüklü hücre duvarlarına sahip yaprak yüzeylerine elektrostatik çekim yoluyla daha fazla bağlandığı, bu nedenle PS-COOH⁻ nanopartiküllerine kıyasla daha yüksek bir birikim gösterdiği gözlemlenmiştir. Araştırmacılar, nanoplastiklerin yapraklara esas olarak stomalar aracılığıyla girdiğini ve bu partiküllerin damar sistemi boyunca etkin bir şekilde köklere taşınabildiğini rapor etmişlerdir. Ancak, nanoplastiklerin kümelenmesi, özellikle PS-NH₂⁺'nin PS-COOH⁻'ya kıyasla daha büyük küme boyutlarına sahip olması nedeniyle, köklere olan translokasyonunu sınırlamıştır. Ayrıca, pozitif yüklü PS-NH₂⁺ nanoplastiğinin fotosentezi daha güçlü bir şekilde inhibe ettiği ve negatif yüklü PS-COOH⁻ ile karşılaştırıldığında bitkinin antioksidan sistemlerinin aktivitesini daha yoğun bir şekilde uyardığı bildirilmiştir (Sun ve ark., 2021).

Mikroplastiklerin bitkiler tarafından alınımı ve taşınması, mikroplastiklerin boyutu, konsantrasyonu ve türüne bağlı olarak farklılık göstermektedir (Tang ve ark., 2020). Li ve ark. (2020), buğday ve marul bitkilerinde 0.2 µm, 2.0 µm, 5.0 µm, 7.0 µm ve 10.0 µm polistiren mikroplastiklerin etkilerini incelenmiştir. Bulgular, 02 µm boyutundaki mikroplastiklerin genellikle kök kapağındaki mukusun dışındaki hücrelerde biriktiğini göstermiştir. Ayrıca, bu mikroplastiklerin buğday ve marul bitkilerinin köklerinin apikal meristeminde yer aldığı tespit edilmiştir. Kök kapağındaki mukus, hücre duvarının algılanmasını uyararak bu mikroplastiklerin apikal meristem dokusu boyunca difüzyonunu kolaylaştırmıştır (Azeem ve ark., 2021). Buğday bitkisinde, mikroplastiklerin apikal meristeme sadece apikal kök kesitlerinin epidermal katmanlarından girebildiği belirlenmiştir. Ayrıca, kaspari bandının tam olarak olgunlaşmaması nedeniyle mikroplastiklerin lüminesans sinyalleri, konfokal görüntüleme ile kök damar sisteminde tespit edilmiştir. Deneme sırasında, bu lüminesans sinyalleri 2 saat sonra epidermis ve ksilem damarlarında, 12 saat sonra ise korteks dokusunda gözlenmiştir. Marul bitkisinde ise mikroplastiklerin vasküler dokularla sınırlı kaldığı, kaspari bandında sıkıştıkları ve endoepidermise giremedikleri tespit edilmiştir. Bununla birlikte, mikroplastiklerin epidermal hücrelerdeki boşluklardan kortekse nüfuz ettiği rapor edilmiştir. Araştırmada, 2.0 µm boyutundaki polistiren mikroplastiklerin hem buğday hem de marul köklerinde floresans sinyallerinin gözlemlendiği belirtilmiştir. Ancak, 5.0 µm mikroplastiklerin bu bitkilerin köklerinin vasküler sistemi veya epidermisinde çok zayıf lüminesans sinyalleri verdiği, 7.0 µm ve 10.0 µm boyutundaki mikroplastiklerin ise neredeyse hiç gözlemlenmediği bildirilmiştir.

5. Bitkilerde Ağır Metallerin Alınımı ve Taşınması

Ağır metaller, toprak ve su ortamlarında birikme potansiyeline sahip olan ve dolayısıyla bitki büyümesi ile verimliliği üzerinde olumsuz etkilere yol açabilen yaygın bir çevresel kirlenici olarak tanımlanmaktadır (Mishra ve ark., 2019). Ağır metaller, yüksek yoğunlukları ve doğada büyük oranda toksik özellikleri nedeniyle insan sağlığı ve ekosistemler için potansiyel bir tehdittir (Zaynab ve ark., 2022). Bitki büyümesi ve gelişimi üzerinde önemli bir etkiye sahip olan ağır metaller, bitkiler tarafından hem esansiyel hem de esansiyel olmayan elementler olarak alınabilir. Bitki için gerekli olan ağır metaller arasında çinko (Zn), manganez (Mn), demir (Fe), krom (Cr) ve bakır (Cu) gibi elementler yer alırken, Cd, arsenik (As), kurşun (Pb) ve cıva (Hg) gibi mutlak gerekli olmayan ağır metaller toksik etkilere sahiptir (Jia ve ark., 2023). Ağır metal toksisitesi, bitkilerde kök gelişiminin inhibe edilmesi, kloroz oluşumu, oksidatif stresin artması ve fotosentez verimliliğinin azalması gibi çeşitli olumsuz etkilere yol açabilmektedir (Goyal ve ark., 2020). Ayrıca, ağır metal toksisitesi, topraktaki mikrobiyal

topluluklar üzerinde olumsuz etkiler oluşturarak toprak kalitesi ve besin döngüsünde önemli değişikliklere neden olabilmektedir (Naz ve ark., 2022).

Bitkilerde ağır metal toksisitesinin biyolojik süreçlerinde birçok mekanizma yer almaktadır. Bu mekanizmalar, metabolizmanın işlevselliğini etkileyerek önemli bitki fonksiyonlarını tetiklemektedir (Kosakivska ve ark., 2021). Ağır metal toksisitesinin etkileri, bitkinin neredeyse tüm dokularında ve yaşam döngüsünün her aşamasında, tohum çimlenmesinden yaşlanma dönemine kadar gözlemlenebilir (Riyazuddin ve ark., 2021). Ancak bu etkiler özellikle tohum çimlenmesi ve kök büyümesi süreçlerinde daha belirgin bir şekilde ortaya çıkabilmektedir (Seneviratne ve ark., 2019). Çin'in Harbin şehrinde yapılan bir çalışmada, Pb'un mısır bitkisi üzerindeki etkileri incelenmiştir. Sonuçlar, Pb'un mısır bitkisinin çimlenmesini önemli düzeyde ($p < 0.05$) azalttığını göstermiştir. Ayrıca, denemenin onuncu gününde Pb'un fidelerin kuru ağırlığını yaklaşık %40 oranında azalttığı tespit edilmiştir (Zhang ve ark., 2018). Bununla birlikte ağır metal toksisitesi, bitki-su etkileşimlerini bozarak yaprakların sayısı, alanı ve kalınlığı üzerinde belirgin değişimlere yol açmaktadır. Bu değişimler, bitkinin su tutma kapasitesini, besin taşınmasını ve gaz değişimini olumsuz etkileyerek, bitkide terleme ve fotosentez gibi temel fizyolojik süreçlerin verimliliğinde önemli düşüslere neden olmaktadır (Hirve ve ark., 2020). Gao ve ark. (2020), tarafından yapılan bir çalışmada, Cd toksitesine maruz kalan marul bitkisinde, maksimum fotokimyasal verimlilik (Fv/Fm), fotosentetik elektron taşıma hızı (ETR) ve fotosistem II'nin etkin kuantum verimliliği (ϕ PSII) değerlerinde belirgin bir azalma olduğu tespit edilmiştir. Araştırmacılar, bu azalmaların fotosentez mekanizmasında ciddi bozulmalara neden olduğunu ve fotosentezin genel etkinliğinde kayda değer bir inhibisyonun meydana geldiğini bildirmişlerdir.

Bitkilerde ağır metallerin alınması ve taşınması, köklerden başlayarak çeşitli fizyolojik ve biyokimyasal süreçler aracılığıyla gerçekleşir ve bu süreçler, bitkilerin hayatta kalması ve çevre kirliliği açısından kritik öneme sahiptir (Thakur ve ark., 2022). Ağır metallerin bitkiler tarafından alımı genellikle apoplastik ve simplastik olarak iki temel yol aracılığıyla gerçekleşir (Shi ve ark., 2019). Apoplastik yol, metallerin hücre duvarları ve hücreler arası boşluklar boyunca difüzyon yoluyla taşınmasını sağlayarak bitkiye girişini mümkün kılar. Simplastik yol, metal iyonlarının hücre zarları aracılığıyla sitoplazma içerisinde taşınmasını mümkün kılar, bu da bitkinin besin ve su dengesini etkilemektedir (Pasricha ve ark., 2021). Bitkiler, bu metalleri aktif ve pasif taşıma süreçleri aracılığıyla alır ve taşıma proteinleri sayesinde köklerden ksileme iletilir. Ksileme taşıyan metal iyonları, bitkilerin yaprak, gövde ve meyve gibi organlarına taşınmaktadır (Abou Seeda ve ark., 2022). Beyaz acı bakla bitkisinde, Mn, Ni, Co, Zn ve Cd'un köklerden sürgünlere transferi ile sürgün ve kök sistemi içerisindeki yeniden dağılım süreçleri açısından benzer davranışlar sergilediği bildirilmiştir. Araştırmacılar, özellikle Zn ve Ni'in ksileme vasıtasıyla terleyen yapraklara taşındığını, daha sonra ise bu yaprakların yeniden oluşum sürecinde genç yapraklara aktarım sağlandığı gözlemlenmiştir. Bu bulgular, Zn ve Ni'in floem aracılığıyla yaşlı yapraklardan genç ve genişleyen yapraklara taşındığını ortaya koymaktadır. Bu transfer süreçleri, bitkilerde besin maddelerinin ve ağır metallerin dağılımını etkileyen önemli mekanizmaları temsil etmektedir (Page ve ark., 2006). Başka bir çalışmada, domates bitkisinde Cd toksitesinin, bitkide oksidatif stres oluşturduğu ve bunun sonucunda fotosentez süreçlerini olumsuz etkileyerek domates bitkisinin büyüme ve verimliliğinde azalmaya yol açtığı belirtilmiştir. (Sardar ve ark., 2022). Bu bulgular, ağır metallerin bitkiler üzerindeki toksik etkilerinin anlaşılmasının, çevre ve insan sağlığı açısından olumsuz sonuçları azaltmak için büyük bir önem taşıdığını göstermektedir.

6. Mikroplastikler ve Ağır Metallerin Bitkiler Üzerindeki Birleşik Etkileri

Mikroplastikler ve ağır metaller, karasal ekosistemlerde yaygın bir şekilde dağılarak tarımsal üretim ve insan sağlığı üzerinde ciddi potansiyel tehditler oluşturmaktadır (Yu ve ark., 2022). Mikroplastikler, küçük boyutları ve yüksek özgül yüzey alanları nedeniyle birçok çevresel değişikliğe maruz kaldıktan sonra yüzeylerinde metal elementleri adsorbe edebilmektedir. Bu durum, mikroplastikler ve ağır metallerin birleşik etkilerinin toprak verimliliğinde azalma, toprak mikrobiyal topluluklarının bozulmasına ve besin döngüsü işlevlerinde aksaklıklara yol açmasına neden olmaktadır (Pang ve ark., 2023). Sonuç olarak, bitkinin büyüme ve gelişimi üzerinde önemli olumsuz etkiler meydana gelmekte ve bu durum bitki ölümüne yol açabilmektedir (Cao ve ark., 2024). Bunun yanı sıra, mikroplastik ve ağır metal kompleks kirliliği, tarım arazilerinde toprağın fizikokimyasal özelliklerini etkilemekte ve bu durumun hem mikroplastiklerin hem de ağır metallerin bitki büyümesini inhibe ettiği bildirilmiştir (Kajal ve Thakur, 2024). Polietilen mikroplastik ve Cd birleşik etkisinin, toprak pH'sında ve katyon değişim kapasitesinde düşüşe neden olduğu rapor edilmiştir. Ayrıca, polietilen mikroplastik ile kirlenmiş topraklarda Cd'un biyo-yararlılığındaki artışın, marul bitkisinin kök biyokütlesini %16.8-%29.3 oranında önemli ölçüde azalttığı ve Cd'un marul üzerindeki toksik etkilerini artırarak bitki biyokütlesi üzerinde olumsuz etkiler oluşturduğu tespit edilmiştir (Wang ve ark., 2021).

Mikroplastikler ve ağır metal kontaminasyonunun etkisi, toprak mikrobiyal topluluğunun aktivitesi ve kompozisyonu üzerinde olumsuz etkiler yaratarak bitki büyümesi ve ürün verimliliğini olumsuz şekilde etkileyebilmektedir (Li ve ark., 2024). Pinto-Poblete ve ark. (2022), mikroplastiklerin ve Cd'un birleşik etkisinin toprağın mikrobiyolojik aktivitesindeki değişiklikler ile çilek bitkilerinin büyüme ve verim parametreleri üzerindeki etkilerini incelemiştir. Deneme, toprağa dört uygulama (kontrol, mikroplastik, Cd ve mikroplastik + Cd) şeklinde yürütülmüştür. Elde edilen bulgular göre, mikroplastiklerin ve/veya Cd'un dehidrogenaz aktivitesi, asit fosfataz aktivitesi ve mikrobiyal biyokütle üzerinde anlamlı etkiler yarattığı ve bitki büyümesi, bitki biyokütlesi, meyve sayısı ve kök özelliklerini olumsuz yönde etkilediği tespit edilmiştir. Ayrıca, mikroplastiklerin Cd ile birlikte uygulandığı topraklarda, köklerde ve toprakta Cd birikiminin arttığı rapor edilmiştir.

Mikroplastikler, küçük boyutları nedeniyle bitki köklerindeki stomaları tıkayarak besin maddelerinin taşınımını engelleyebilir ve bu durum, bitkilerin enerji metabolizmasını olumsuz yönde etkileyebilir (Bouaicha ve ark., 2022). Bu engellenmiş taşınım, bitki büyümesi ve gelişimi üzerinde ciddi sonuçlar doğurabilir. Buna karşılık, bitkiler mikroplastiklere karşı bir savunma mekanizması olarak, şeker, protein ve organik asit içeren mukus salgılayabilir. Bu mukus salgısı, mikroplastik parçacıklarının adsorpsiyonunu sağlayarak toksik etkilerini azaltmada etkili olabilir (Wu ve ark., 2024). Ancak, üretilen organik asitler, topraktaki ağır metallerin mobilizasyonunu artırabilir. Artan metan mobilitesi, bu metallerin bitkiler tarafından daha kolay alınmasını sağlayarak bitki metabolizmasını olumsuz etkileyebilir ve ağır metal birikimleriyle ilişkili toksik etkilerin artmasına neden olabilir (Wang ve ark., 2024). Wang ve ark. (2020), iki farklı tür (polietilen ve polistiren) ve dört farklı konsantrasyondaki (%0, %0,1, %1 ve %10) mikroplastik uygulamalarının, mısır bitkisinde Cd alınımı ve bu metallerin bitkiye etkilerini incelemiştir. Araştırma sonuçlarına göre, 5 mg Cd/kg eklenmesi, bitki büyümesini olumsuz etkileyerek bitki dokularında yüksek Cd birikimine yol açtığı belirtilmiştir. Polietilen mikroplastiklerin, tek başına önemli bir fitotoksik etki göstermediği, ancak %10 oranındaki yüksek dozunun Cd'un fitotoksitesini artırdığı tespit edilmiştir. Buna ek olarak, polistiren

mikroplastiklerin mısır bitkisini olumsuz yönde etkilediği ve Cd varlığında fitotoksisitenin daha da arttığı bildirilmiştir.

Toprakta ortamına giren mikroplastikler, ağır metallerin bitkiler tarafından emilimini ve dolayısıyla bu metallerin fitotoksisitesini çeşitli şekillerde etkileyebilmektedir. İlk olarak, mikroplastiklerin ağır metallerin biyo-yararlılığını değiştirebileceği, bu elementlerin bitkiler tarafından daha fazla veya daha az alınmasına yol açabileceği bildirilmiştir (Kajal ve Thakur, 2024). İkinci olarak, mikroplastikler toprağın ağır metaller için sahip olduğu adsorpsiyon kapasitesini düşürebilir ve bu durum, ağır metallerin toprak içerisindeki hareketliliğini artırarak bitkiler tarafından daha yüksek oranlarda emilmesine neden olabilir (Zhang ve ark., 2022). Abbasi (2024), polietilen tereftalat (PET) mikroplastiklerle kirlenmiş toprakta yetiştirilen buğday bitkisinde, simüle edilmiş köklere adsorbe olan Ni ve Cu konsantrasyonunun, Fe ve As konsantrasyonlarına göre daha yüksek seviyelerde olduğunu belirlemiştir. Başka bir çalışmada ise, toprağa Zn ve Cd ile birlikte farklı konsantrasyonlarda (%2.5 ve %5 w/w) polietilen mikroplastik eklenerek marul bitkisi üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Çalışma sonuçlarına göre, polietilen mikroplastiklerin toprak pH'sında azalmaya, organik madde içeriğinde belirgin bir artışa ve katyon değişim kapasitesinde yükselmeye yol açtığı belirlenmiştir. Toprakta oluşan bu değişiklikler nedeniyle, toprakta hem Zn hem de Cd metallerin, bitkiler tarafından biyoyararlanabilirliğin arttığı bildirilmiştir. Ayrıca marul bitkisinin köklerinde, yenilebilir yapraklarına göre daha yüksek metal birikimi gözlemlenmiş olup, polietilen mikroplastiklerin (%2.5 w/w) topraktaki kullanılabilir çinko seviyesini Cd'a kıyasla daha fazla artırdığı tespit edilmiştir (Bethanis ve Golia, 2023).

7. Sonuç

Mikroplastiklerin toprakta ağır metal birikimi ve bitkilere taşınımındaki rolü, çevresel kirlenme ve ekosistem dinamikleri açısından önemli bir araştırma konusu olarak öne çıkmaktadır. Mikroplastiklerin toprak yapısında birikerek ağır metallerle etkileşime geçtiği ve bu metallerin toprakta daha uzun süre kalmasına yol açtığı bilinmektedir. Mikroplastiklerin yüzeylerine adsorpsiyon yoluyla ağır metal iyonlarının biyoyararlanabilirliği artırdığı, bunun da ağır metallerin bitki köklerinde birikimini ve bitki dokularına taşınmasını hızlandırdığı tespit edilmiştir. Ağır metallerin tohum çimlenmesini engellediği, bitki büyümesini baskıladığı ve bitki dokularında biyolojik olarak biriktiği belirtilmiştir. Bu süreç, ağır metallerin besin zinciri boyunca taşınma riskini artırarak gıda güvenliği açısından ciddi bir tehdit oluşturmaktadır.

Mikroplastiklerin ve ağır metallerin bitkilerin fotosentez, besin alımı ve su dengesi gibi temel fizyolojik süreçlerini bozarak bitki verimliliğini olumsuz etkilediği bilinmektedir. Bu kirleticilerin birlikte yarattığı sinerjik etki, bitki toplulukları ve ekosistem işlevleri üzerinde daha derin ve kalıcı bozulmalara neden olabilir. Bu kirleticilerin bitkilerde birikimi, özellikle insan sağlığı üzerinde toksik etkilere yol açabilecek birikim süreçlerini tetikleyerek, gıda zinciri aracılığıyla ciddi sağlık riskleri oluşturabilmektedir.

Sonuç olarak, mikroplastiklerin ağır metallerle etkileşimi üzerine yapılan çalışmalar, toprak kirliliği ve bitki besin maddesi taşınımı üzerindeki etkilerini anlamamıza önemli katkılar sağlamaktadır. Bu bulgular, tarımsal ekosistemlerde mikroplastik kirliliğinin olumsuz etkilerini hafifletmek ve toprak yönetim stratejilerine bu kirleticilerin dahil edilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır. Daha kapsamlı araştırmalar, tarımsal sürdürülebilirlik ve ekosistem sağlığı için hayati öneme sahiptir.

KAYNAKLAR

- Abbasi, S., Moore, F., Keshavarzi, B., Hopke, P. K., Naidu, R., Rahman, M. M., ... & Karimi, J. (2020). PET-microplastics as a vector for heavy metals in a simulated plant rhizosphere zone. *Science of the Total Environment*, 744, 140984.
- Abbasi, S. (2024). Uncovering the intricate relationship between plant nutrients and microplastics in agroecosystems. *Chemosphere*, 346, 140604.
- Abou Seeda, M., Abou El-Nour, E. Z., Abdallah, M., & El-Bassiouny, H. (2022). Impacts of metal, metalloid and their effects in plant physiology: a review. *Middle East J Agric Res*, 11(3), 838-931.
- Ahmad, A. (2023). Impact of Reduced Graphene Oxide on Mitigating Lead Stress in Wheat Plants: Morphological And Physiological Responses (Doctoral Dissertation, Quaid I Azam University Islamabad).
- An, L., Liu, Q., Deng, Y., Wu, W., Gao, Y., & Ling, W. (2020). Sources of microplastic in the environment. *Microplastics in terrestrial environments: Emerging contaminants and major challenges*, 143-159.
- An, Q., Zhou, T., Wen, C., & Yan, C. (2023). The effects of microplastics on heavy metals bioavailability in soils: a meta-analysis. *Journal of Hazardous Materials*, 460, 132369.
- An, Q., Wen, C., & Yan, C. (2024). Meta-analysis reveals the combined effects of microplastics and heavy metal on plants. *Journal of Hazardous Materials*, 476, 135028.
- Aponte, H., Meli, P., Butler, B., Paolini, J., Matus, F., Merino, C., ... & Kuzyakov, Y. (2020). Meta-analysis of heavy metal effects on soil enzyme activities. *Science of the Total Environment*, 737, 139744.
- Azeem, I., Adeel, M., Ahmad, M. A., Shakoor, N., Jiangcuo, G. D., Azeem, K., ... & Rui, Y. (2021). Uptake and accumulation of nano/microplastics in plants: a critical review. *Nanomaterials*, 11(11), 2935.
- Bansal, O. P., & Singh, A. (2022). A review on microplastic in the soils and their impact on soil microbes, crops and humans. *International Journal of Research*, 10, 245-273.
- Bethanis, J., & Golia, E. E. (2023). Revealing the combined effects of microplastics, Zn, and Cd on soil properties and metal accumulation by leafy vegetables: a preliminary investigation by a laboratory experiment. *Soil Systems*, 7(3), 65.
- Bouaicha, O., Mimmo, T., Tiziani, R., Praeg, N., Polidori, C., Lucini, L., ... & Borruso, L. (2022). Microplastics make their way into the soil and rhizosphere: A review of the ecological consequences. *Rhizosphere*, 22, 100542.
- Cao, K., Sun, Y., Su, H., Wang, F., Ji, N., Mi, Y., ... & Liu, X. (2024). The Combined Toxicity of Polystyrene Microplastic and Arsenate: From the View of Biochemical Process in Wheat Seedlings (*Triticum aestivum* L.). *Plant Physiology and Biochemistry*, 109155.
- Cao, Y., Zhao, M., Ma, X., Song, Y., Zuo, S., Li, H., & Deng, W. (2021). A critical review on the interactions of microplastics with heavy metals: Mechanism and their combined effect on organisms and humans. *Science of the Total Environment*, 788, 147620.
- Chang, X., Fang, Y., Wang, Y., Wang, F., Shang, L., & Zhong, R. (2022). Microplastic pollution in soils, plants, and animals: a review of distributions, effects and potential mechanisms. *Science of the Total Environment*, 850, 157857.
- Chen, H. L., Nath, T. K., Chong, S., Foo, V., Gibbins, C., & Lechner, A. M. (2021). The plastic waste problem in Malaysia: management, recycling and disposal of local and global plastic waste. *SN Applied Sciences*, 3, 1-15.

- da Costa, J. P., Duarte, A. C., & Rocha-Santos, T. A. (2017). Microplastics—occurrence, fate and behaviour in the environment. In *Comprehensive analytical chemistry* (Vol. 75, pp. 1-24). Elsevier.
- Dhaliwal, S. S., Singh, J., Taneja, P. K., & Mandal, A. (2020). Remediation techniques for removal of heavy metals from the soil contaminated through different sources: a review. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(2), 1319-1333.
- Essien, J. P., Ikpe, D. I., Inam, E. D., Okon, A. O., Ebong, G. A., & Benson, N. U. (2022). Occurrence and spatial distribution of heavy metals in landfill leachates and impacted freshwater ecosystem: An environmental and human health threat. *Plos one*, 17(2), e0263279.
- Gao, C., Yu, J., Min, X., Cheng, A., Hong, R., & Zhang, L. (2018). Heavy metal concentrations in sediments from Xingyun lake, southwestern China: implications for environmental changes and human activities. *Environmental Earth Sciences*, 77, 1-13.
- Gao, M., Chang, X., Yang, Y., & Song, Z. (2020). Foliar graphene oxide treatment increases photosynthetic capacity and reduces oxidative stress in cadmium-stressed lettuce. *Plant Physiology and Biochemistry*, 154, 287-294.
- Geyer, R. (2020). Production, use, and fate of synthetic polymers. In *Plastic waste and recycling* (pp. 13-32). Academic Press.
- Godoy, V., Blázquez, G., Calero, M., Quesada, L., & Martín-Lara, M. A. (2019). The potential of microplastics as carriers of metals. *Environmental Pollution*, 255, 113363.
- Goyal, D., Yadav, A., Prasad, M., Singh, T. B., Shrivastav, P., Ali, A., ... & Mishra, S. (2020). Effect of heavy metals on plant growth: an overview. *Contaminants in agriculture: sources, impacts and management*, 79-101.
- Guo, Z., Li, P., Yang, X., Wang, Z., Lu, B., Chen, W., ... & Xue, S. (2022). Soil texture is an important factor determining how microplastics affect soil hydraulic characteristics. *Environment International*, 165, 107293.
- Hassan, F., Prasetya, K. D., Hanun, J. N., Bui, H. M., Rajendran, S., Kataria, N., ... & Jiang, J. J. (2023). Microplastic contamination in sewage sludge: Abundance, characteristics, and impacts on the environment and human health. *Environmental Technology & Innovation*, 31, 103176.
- He, D., Luo, Y., Lu, S., Liu, M., Song, Y., & Lei, L. (2018). Microplastics in soils: Analytical methods, pollution characteristics and ecological risks. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 109, 163-172.
- Hirve, M., Jain, M., Rastogi, A., & Kataria, S. (2020). Heavy metals, water deficit, and their interaction in plants: an overview. *Plant life under changing environment*, 175-206.
- Huang, D., Wang, X., Yin, L., Chen, S., Tao, J., Zhou, W., ... & Xiao, R. (2022). Research progress of microplastics in soil-plant system: Ecological effects and potential risks. *Science of the Total Environment*, 812, 151487.
- Huang, S., Xiao, L., Zhang, Y., Wang, L., & Tang, L. (2021). Interactive effects of natural and anthropogenic factors on heterogenous accumulations of heavy metals in surface soils through geodetector analysis. *Science of the Total Environment*, 789, 147937.
- Iqbal, B., Javed, Q., Khan, I., Tariq, M., Ahmad, N., Elansary, H. O., ... & Du, D. (2023). Influence of soil microplastic contamination and cadmium toxicity on the growth, physiology, and root growth traits of *Triticum aestivum* L. *South African Journal of Botany*, 160, 369-375.
- Jadhav, B., & Medyńska-Juraszek, A. (2024). Microplastic and Nanoplastic in Crops: Possible Adverse Effects to Crop Production and Contaminant Transfer in the Food Chain. *Plants*, 13(17), 2526.

- Jia, Y., Klumpp, E., Bol, R., & Amelung, W. (2023). Uptake of metallic nanoparticles containing essential (Cu, Zn and Fe) and non-essential (Ag, Ce and Ti) elements by crops: A meta-analysis. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 53(16), 1512-1533.
- Kajal, S., & Thakur, S. (2024). Coexistence of microplastics and heavy metals in soil: occurrence, transport, key interactions and effect on plants. *Environmental Research*, 119960.
- Khalid, N., Aqeel, M., Noman, A., Khan, S. M., & Akhter, N. (2021). Interactions and effects of microplastics with heavy metals in aquatic and terrestrial environments. *Environmental Pollution*, 290, 118104.
- Kinigopoulou, V., Pashalidis, I., Kalderis, D., & Anastopoulos, I. (2022). Microplastics as carriers of inorganic and organic contaminants in the environment: A review of recent progress. *Journal of Molecular Liquids*, 350, 118580.
- Kosakivska, I. V., Babenko, L. M., Romanenko, K. O., Korotka, I. Y., & Potters, G. (2021). Molecular mechanisms of plant adaptive responses to heavy metals stress. *Cell Biology International*, 45(2), 258-272.
- Kumar, A., Mishra, S., Pandey, R., Yu, Z. G., Kumar, M., Khoo, K. S., ... & Show, P. L. (2023). Microplastics in terrestrial ecosystems: Un-ignorable impacts on soil characterises, nutrient storage and its cycling. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 158, 116869.
- Kumar, R., Ivy, N., Bhattacharya, S., Dey, A., & Sharma, P. (2022). Coupled effects of microplastics and heavy metals on plants: Uptake, bioaccumulation, and environmental health perspectives. *Science of the Total Environment*, 836, 155619.
- Kutralam-Muniasamy, G., Pérez-Guevara, F., Martínez, I. E., & Shruti, V. C. (2021). Overview of microplastics pollution with heavy metals: analytical methods, occurrence, transfer risks and call for standardization. *Journal of hazardous materials*, 415, 125755.
- Lage, I. A. (2019). Microplastics in wastewater treatment plants in South-Eastern Norway: detection and critical assessment of methodology (Master's thesis, University of South-Eastern Norway).
- Li, L., Luo, Y., Li, R., Zhou, Q., Peijnenburg, W. J., Yin, N., ... & Zhang, Y. (2020). Effective uptake of submicrometre plastics by crop plants via a crack-entry mode. *Nature sustainability*, 3(11), 929-937.
- Li, Y., Shi, X., Qin, P., Zeng, M., Fu, M., Chen, Y., ... & Yu, F. (2024). Effects of polyethylene microplastics and heavy metals on soil-plant microbial dynamics. *Environmental Pollution*, 341, 123000.
- Liao, Y. L., Tang, Q. X., & Yang, J. Y. (2023). Microplastic characteristics and microplastic-heavy metal synergistic contamination in agricultural soil under different cultivation modes in Chengdu, China. *Journal of Hazardous Materials*, 459, 132270.
- Lin, Z., Jin, T., Zou, T., Xu, L., Xi, B., Xu, D., ... & Fei, J. (2022). Current progress on plastic/microplastic degradation: Fact influences and mechanism. *Environmental Pollution*, 304, 119159.
- Liu, W., Zhang, J., Liu, H., Guo, X., Zhang, X., Yao, X., ... & Zhang, T. (2021). A review of the removal of microplastics in global wastewater treatment plants: Characteristics and mechanisms. *Environment International*, 146, 106277.
- Liu, Y., Guo, R., Zhang, S., Sun, Y., & Wang, F. (2022). Uptake and translocation of nano/microplastics by rice seedlings: Evidence from a hydroponic experiment. *Journal of Hazardous Materials*, 421, 126700.

- Lwin, C. S., Seo, B. H., Kim, H. U., Owens, G., & Kim, K. R. (2018). Application of soil amendments to contaminated soils for heavy metal immobilization and improved soil quality—A critical review. *Soil science and plant nutrition*, 64(2), 156-167.
- Lusher, A., Hollman, P., & Mendoza-Hill, J. (2017). Microplastics in fisheries and aquaculture: status of knowledge on their occurrence and implications for aquatic organisms and food safety. FAO.
- Masindi, V., Mkhonza, P., & Tekere, M. (2021). Sources of heavy metals pollution. *Remediation of Heavy Metals*, 419-454.
- Mishra, S., Bharagava, R. N., More, N., Yadav, A., Zainith, S., Mani, S., & Chowdhary, P. (2019). Heavy metal contamination: an alarming threat to environment and human health. *Environmental biotechnology: For sustainable future*, 103-125.
- Moreno, J. L., Bastida, F., Díaz-López, M., Li, Y., Zhou, Y., López-Mondéjar, R., ... & Plaza, C. (2022). Response of soil chemical properties, enzyme activities and microbial communities to biochar application and climate change in a Mediterranean agroecosystem. *Geoderma*, 407, 115536.
- Naz, M., Dai, Z., Hussain, S., Tariq, M., Danish, S., Khan, I. U., ... & Du, D. (2022). The soil pH and heavy metals revealed their impact on soil microbial community. *Journal of Environmental Management*, 321, 115770.
- Page, V., Weisskopf, L., & Feller, U. (2006). Heavy metals in white lupin: uptake, root-to-shoot transfer and redistribution within the plant. *New Phytologist*, 171(2), 329-341.
- Pang, X., Chen, C., Sun, J., Zhan, H., Xiao, Y., Cai, J., ... & Yang, G. (2023). Effects of complex pollution by microplastics and heavy metals on soil physicochemical properties and microbial communities under alternate wetting and drying conditions. *Journal of Hazardous Materials*, 458, 131989.
- Pasricha, S., Mathur, V., Garg, A., Lenka, S., Verma, K., & Agarwal, S. (2021). Molecular mechanisms underlying heavy metal uptake, translocation and tolerance in hyperaccumulators-an analysis: Heavy metal tolerance in hyperaccumulators. *Environmental Challenges*, 4, 100197.
- Pinto-Poblete, A., Retamal-Salgado, J., López, M. D., Zapata, N., Sierra-Almeida, A., & Schoebitz, M. (2022). Combined effect of microplastics and Cd alters the enzymatic activity of soil and the productivity of strawberry plants. *Plants*, 11(4), 536.
- Prajapati, A., Narayan Vaidya, A., & Kumar, A. R. (2022). Microplastic properties and their interaction with hydrophobic organic contaminants: a review. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(33), 49490-49512.
- Rashid, A., Schutte, B. J., Ulery, A., Deyholos, M. K., Sanogo, S., Lehnhoff, E. A., & Beck, L. (2023). Heavy metal contamination in agricultural soil: environmental pollutants affecting crop health. *Agronomy*, 13(6), 1521.
- Riyazuddin, R., Nisha, N., Ejaz, B., Khan, M. I. R., Kumar, M., Ramteke, P. W., & Gupta, R. (2021). A comprehensive review on the heavy metal toxicity and sequestration in plants. *Biomolecules*, 12(1), 43.
- Sardar, R., Ahmed, S., Shah, A. A., & Yasin, N. A. (2022). Selenium nanoparticles reduced cadmium uptake, regulated nutritional homeostasis and antioxidative system in *Coriandrum sativum* grown in cadmium toxic conditions. *Chemosphere*, 287, 132332.
- Schimel, D., Pavlick, R., Fisher, J. B., Asner, G. P., Saatchi, S., Townsend, P., ... & Cox, P. (2015). Observing terrestrial ecosystems and the carbon cycle from space. *Global Change Biology*, 21(5), 1762-1776.

- Sekar, V., Shaji, S., & Sundaram, B. (2024). Understanding the Adsorption Behavior of Heavy Metals onto the MPs and Their Impact. In *Bioremediation of Emerging Contaminants in Water*. Volume 1 (pp. 49-70). American Chemical Society.
- Seneviratne, M., Rajakaruna, N., Rizwan, M., Madawala, H. M. S. P., Ok, Y. S., & Vithanage, M. (2019). Heavy metal-induced oxidative stress on seed germination and seedling development: a critical review. *Environmental geochemistry and health*, 41, 1813-1831.
- Shafea, L., Felde, V. J., Woche, S. K., Bachmann, J., & Peth, S. (2023). Microplastics effects on wettability, pore sizes and saturated hydraulic conductivity of a loess topsoil. *Geoderma*, 437, 116566.
- Shi, W., Zhang, Y., Chen, S., Polle, A., Rennenberg, H., & Luo, Z. B. (2019). Physiological and molecular mechanisms of heavy metal accumulation in nonmycorrhizal versus mycorrhizal plants. *Plant, Cell & Environment*, 42(4), 1087-1103.
- Shirkhorshidi, B., Ghanatghestani, M. D., Moeinpour, F., & Parvaresh, H. (2023). The impacts of microplastics on sorption and desorption specifications of iron in soil. *Water, Air, & Soil Pollution*, 234(6), 379.
- Song, Z., Zhao, X., Dong, Y., Bai, L., Wang, S., & Gao, M. (2023). Effects of polystyrene nanoplastics with different functional groups on the accumulation and toxicity of Pb on dandelion. *Chemosphere*, 310, 136874.
- Sun, H., Lei, C., Xu, J., & Li, R. (2021). Foliar uptake and leaf-to-root translocation of nanoplastics with different coating charge in maize plants. *Journal of Hazardous Materials*, 416, 125854.
- Wang, C., Song, J., Nunes, L. M., Zhao, H., Wang, P., Liang, Z., ... & Xing, B. (2024). Global microplastic fiber pollution from domestic laundry. *Journal of Hazardous Materials*, 477, 135290.
- Wang, F., Zhang, X., Zhang, S., Zhang, S., Adams, C. A., & Sun, Y. (2020). Effects of co-contamination of microplastics and Cd on plant growth and Cd accumulation. *Toxics*, 8(2), 36.
- Wang, F., Wang, X., & Song, N. (2021). Polyethylene microplastics increase cadmium uptake in lettuce (*Lactuca sativa* L.) by altering the soil microenvironment. *Science of the Total Environment*, 784, 147133.
- Wang, F., Feng, X., Liu, Y., Adams, C. A., Sun, Y., & Zhang, S. (2022). Micro (nano) plastics and terrestrial plants: Up-to-date knowledge on uptake, translocation, and phytotoxicity. *Resources, Conservation and Recycling*, 185, 106503.
- Wang, F., Wang, Q., Adams, C. A., Sun, Y., & Zhang, S. (2022). Effects of microplastics on soil properties: current knowledge and future perspectives. *Journal of Hazardous Materials*, 424, 127531.
- Wang, J., Liu, W., Wang, X., Zeb, A., Wang, Q., Mo, F., ... & Lian, Y. (2024). Assessing stress responses in potherb mustard (*Brassica juncea* var. *multiceps*) exposed to a synergy of microplastics and cadmium: Insights from physiology, oxidative damage, and metabolomics. *Science of The Total Environment*, 907, 167920.
- Wen, X., Yin, L., Zhou, Z., Kang, Z., Sun, Q., Zhang, Y., ... & Jiang, C. (2022). Microplastics can affect soil properties and chemical speciation of metals in yellow-brown soil. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 243, 113958.
- Wu, X., Lin, L., Lin, Z., Deng, X., Li, W., He, T., ... & Xu, Z. (2024). Influencing mechanisms of microplastics existence on soil heavy metals accumulated by plants. *Science of The Total Environment*, 171878.

- Qiu, Y., Zhou, S., Zhang, C., Zhou, Y., & Qin, W. (2022). Soil microplastic characteristics and the effects on soil properties and biota: A systematic review and meta-analysis. *Environmental Pollution*, 313, 120183.
- Olaniran, A. O., Balgobind, A., & Pillay, B. (2013). Bioavailability of heavy metals in soil: impact on microbial biodegradation of organic compounds and possible improvement strategies. *International journal of molecular sciences*, 14(5), 10197-10228.
- Ouyang, D., Peng, Y., Li, B., Shao, F., Li, K., Cai, Y., ... & Zhang, H. (2023). Microplastic formation and simultaneous release of phthalic acid esters from residual mulch film in soil through mechanical abrasion. *Science of The Total Environment*, 893, 164821.
- Tang, K. H. D. (2020). Effects of microplastics on agriculture: a mini-review. *Asian Journal of Environment & Ecology*, 13(1), 1-9.
- Tang, K. H. D., & Li, R. (2024). The effects of plastisphere on the physicochemical properties of microplastics. *Bioprocess and Biosystems Engineering*, 1-15.
- Tian, L., Jinjin, C., Ji, R., Ma, Y., & Yu, X. (2022). Microplastics in agricultural soils: sources, effects, and their fate. *Current Opinion in Environmental Science & Health*, 25, 100311.
- Thakur, M., Praveen, S., Divte, P. R., Mitra, R., Kumar, M., Gupta, C. K., ... & Singh, B. (2022). Metal tolerance in plants: Molecular and physicochemical interface determines the “not so heavy effect” of heavy metals. *Chemosphere*, 287, 131957.
- ur Rehman, K., Bukhari, S. M., Andleeb, S., Mahmood, A., Erinle, K. O., Naeem, M. M., & Imran, Q. (2019). Ecological risk assessment of heavy metals in vegetables irrigated with groundwater and wastewater: the particular case of Sahiwal district in Pakistan. *Agricultural water management*, 226, 105816.
- Uwamungu, J. Y., Wang, Y., Shi, G., Pan, S., Wang, Z., Wang, L., & Yang, S. (2022). Microplastic contamination in soil agro-ecosystems: A review. *Environmental Advances*, 9, 100273.
- Vardhan, K. H., Kumar, P. S., & Panda, R. C. (2019). A review on heavy metal pollution, toxicity and remedial measures: Current trends and future perspectives. *Journal of Molecular Liquids*, 290, 111197.
- Vareda, J. P., Valente, A. J., & Durães, L. (2019). Assessment of heavy metal pollution from anthropogenic activities and remediation strategies: A review. *Journal of environmental management*, 246, 101-118.
- Vasilachi, I. C., Stoleru, V., & Gavrilescu, M. (2023). Analysis of heavy metal impacts on cereal crop growth and development in contaminated soils. *Agriculture*, 13(10), 1983.
- Ya, H., Jiang, B., Xing, Y., Zhang, T., Lv, M., & Wang, X. (2021). Recent advances on ecological effects of microplastics on soil environment. *Science of the total environment*, 798, 149338.
- Yu, H., Zhang, Y., Tan, W., & Zhang, Z. (2022). Microplastics as an emerging environmental pollutant in agricultural soils: effects on ecosystems and human health. *Frontiers in Environmental Science*, 10, 855292.
- Yu, Y., Battu, A. K., Varga, T., Denny, A. C., Zahid, T. M., Chowdhury, I., & Flury, M. (2023). Minimal impacts of microplastics on soil physical properties under environmentally relevant concentrations. *Environmental Science & Technology*, 57(13), 5296-5304.
- Yu, Z., Xu, X., Guo, L., Jin, R., & Lu, Y. (2024). Uptake and transport of micro/nanoplastics in terrestrial plants: Detection, mechanisms, and influencing factors. *Science of the Total Environment*, 907, 168155.
- Xu, B., Liu, F., Cryder, Z., Huang, D., Lu, Z., He, Y., ... & Xu, J. (2020). Microplastics in the soil environment: occurrence, risks, interactions and fate—a review. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 50(21), 2175-2222.

- Zaynab, M., Al-Yahyai, R., Ameen, A., Sharif, Y., Ali, L., Fatima, M., ... & Li, S. (2022). Health and environmental effects of heavy metals. *Journal of King Saud University-Science*, 34(1), 101653.
- Zhang, G. S., & Liu, Y. F. (2018). The distribution of microplastics in soil aggregate fractions in southwestern China. *Science of the Total Environment*, 642, 12-20.
- Zhang, Y., Deng, B., & Li, Z. (2018). Inhibition of NADPH oxidase increases defense enzyme activities and improves maize seed germination under Pb stress. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 158, 187-192.
- Zhang, Z., Cui, Q., Chen, L., Zhu, X., Zhao, S., Duan, C., ... & Fang, L. (2022). A critical review of microplastics in the soil-plant system: Distribution, uptake, phytotoxicity and prevention. *Journal of Hazardous Materials*, 424, 127750.
- Zhang, Z., Li, Y., Qiu, T., Duan, C., Chen, L., Zhao, S., ... & Fang, L. (2022). Mikroplastik ilavesi, kadmiyumun *Brassica chinensis* L.'ye olan toksisitesini ve emilimini azalttı. *Toplam Çevre Bilimi*, 852, 158353.
- Zou, J., Liu, X., Zhang, D., & Yuan, X. (2020). Adsorption of three bivalent metals by four chemical distinct microplastics. *Chemosphere*, 248, 126064.

**TOPRAKTAKİ MİKROPLASTİK KİRLİLİĞİ TARIMSAL ÜRETİMİN
SÜRDÜRÜLEBİLİRLİĞİ İÇİN GERÇEK BİR TEHDİT MİDİR?**

Kübra POLAT (ORCID:0000-0003-2966-8699)

Harran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Şanlıurfa
Email: kubraplt91@gmail.com

Hikmet GÜNAL (ORCID:0000-0002-4648-2645)

Harran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Şanlıurfa
Email: hikmetgunal@gmail.com

Mesut BUDAK (ORCID:0000-0001-5715-1246)

Siirt Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Siirt.
Email: m.budak@siirt.edu.tr

Özet

Plastiklerin üretimi ve bertarafı, günümüzde çevresel sürdürülebilirlik ve ekosistem sağlığı açısından giderek artan bir endişe kaynağı haline gelmiştir. Plastik kullanımının yaygınlaşmasıyla birlikte, bu materyallerin mikro boyuttaki parçacıkları doğal çevrede, özellikle de tarım topraklarında birikmektedir. Bu durum ise tarımsal üretimin sürdürülebilirliği açısından ciddi riskler oluşturmaktadır. Mikroplastikler, 5 mm'den küçük plastik parçacıkları olarak tanımlanmakta ve tarım ekosistemlerinde doğrudan ya da dolaylı yollarla girerek birikmektedir. Mikroplastikler, toprak yapısını, hacim ağırlığını, su tutma kapasitesini ve mikrobiyal aktiviteleri olumsuz yönde etkileyebilmektedir. Bu durum, bitki gelişimini engelleyebilir, su ve besin maddelerinin bitkiler tarafından alınımı kısıtlayarak tarımsal verimliliği azaltabilmektedir. Ayrıca, mikroplastiklerin yüksek spesifik yüzey alanına sahip olmaları, organik kirleticiler ve ağır metaller gibi kirleticileri adsorbe etmelerine olanak tanımakta, böylece bu kirleticilerin toprakta kalıcılığını ve biyoyararlanımını artırmaktadır.

Anahtar Kelimeler: mikroplastikler, kirlilik, karasal ekosistemler, tarımsal üretim sürdürülebilirliği, gıda güvenliği,

**IS MICROPLASTIC POLLUTION IN SOIL A REAL THREAT TO THE
SUSTAINABILITY OF AGRICULTURAL PRODUCTION?**

Abstract

The production and disposal of plastics have become an increasing concern for environmental sustainability and ecosystem health. With the widespread use of plastics, micro-sized plastic particles accumulate in the natural environment, particularly in agricultural soils, creating serious risks for the sustainability of agricultural production. Microplastics, defined as plastic particles smaller than 5 mm, accumulate directly or indirectly in agricultural ecosystems. Microplastics can negatively affect soil structure, bulk density, water retention capacity, and microbial activities. This can hinder plant growth and limit the uptake of water and nutrients by plants, thereby reducing agricultural productivity. Additionally, the high specific surface area of microplastics allows them to adsorb pollutants such as organic contaminants and heavy metals, which increases the persistence and bioavailability of these pollutants in the soil, posing further risks to the environment and food safety.

Keywords: microplastics, pollution, terrestrial ecosystems, sustainability of agricultural production, food security

1.Giriş

Plastikler, günümüzde hem üretim süreçlerinde hem de günlük yaşamda vazgeçilmez bir rol oynamaktadır (Bergstøl, 2022). Plastik üretim teknolojilerindeki gelişmeler, düşük maliyet, hafiflik, paslanmazlık ve kolay şekil alabilme gibi özellikler bu malzemelerin kullanımını büyük ölçüde artırmıştır (Rosato ve Rosato, 2013). Son elli yılda, dünya çapında plastik üretimi yaklaşık 9,1 milyar tona ulaşmış ve bu üretim yıllık bazda ortalama %8,7 oranında artış göstermiştir (Mitova ve ark., 2019). Ancak, plastiklerin zayıf biyolojik parçalanabilirliği ve düşük geri dönüşüm oranı, hem karasal hem de sucul ekosistemlerde birikime yol açarak küresel ölçekte çevresel sorunlara neden olmuş ve bu durum konunun toplumun çeşitli kesimlerinden insanların dikkatini çekmesine yol açmıştır (Alabi ve ark., 2019). Çeşitli çevresel ortamlarda biriken plastikler, farklı fiziko-kimyasal ve biyolojik süreçlerin etkisiyle <5 mm boyutlarındaki mikroplastik parçacıklara dönüşmektedir (Duan ve ark., 2021).

Mikroplastikler, 5 mm'den küçük boyutlara sahip sentetik katı plastik parçacıkları veya polimerik matrisler olarak tanımlanmakta olup, potansiyel riskleri nedeniyle küresel çevre açısından endişe verici kirleticiler arasında kabul edilmektedir (Ruggero ve ark., 2020). Mikroplastikler, kaynaklarına göre birincil ve ikincil mikroplastikler olarak ikiye ayrılmaktadır. Birincil mikroplastikler, doğrudan küçük plastik parçacıkları olarak üretilmekte olup kozmetik ürünler, diş macunları ve deterjanlarda bulunmaktadır. İkincil mikroplastikler ise plastik atıkların çevrede ışık, ısı ve mikroorganizmaların etkisiyle daha küçük parçalara ayrılması sonucunda oluşmaktadır (Singh ve ark., 2024). (Şekil1). Mikroplastikler üzerine yapılan araştırmaların büyük bir kısmı sucul ekosistemlere odaklanmakla birlikte, mikroplastiklerin karasal ekosistemlerde daha fazla bulunduğu dair güçlü kanıtlar bulunmaktadır. Küresel plastik atıkların yaklaşık %80'inin çöplüklerde birikmesi, toprağı önemli bir mikroplastik rezervuarı hâline getirmekte ve karasal ekosistemler üzerindeki etkilerini artırmaktadır (Baho ve ark., 2021; Kumar ve ark., 2023; Sarker ve ark., 2020).

Toprak, sunduğı çok sayıda ekosistem hizmeti nedeniyle dünya üzerindeki en değerli kaynaklardan biri olarak kabul edilmektedir (Teague ve Kreuter, 2020). Mikroplastiklerin birincil havuzu olarak işlev gören toprak; plastik malçlama, atık çamurun toprak düzenleyici olarak kullanımı, gübre kaplamaları, lastik aşınmaları, yüzey akışı ve atmosferik birikim gibi çeşitli çevresel süreçler yoluyla yoğun bir plastik kirliliğine maruz kalmaktadır (Huang ve ark., 2021; Katsumi ve ark., 2021). Bu birikim, toprak ekosisteminde önemli etkilere yol açmaktadır (Yang ve ark., 2022). Mikroplastikler toprak ortamına girdikten sonra hacim ağırlığı, agregat stabilitesi, su tutma kapasitesi, gözeneklilik, toprak pH'sı, elektriksel iletkenlik ve organik madde içeriğı gibi temel toprak özelliklerinde değişikliklere neden olarak, toprağın biyofiziksel ve jeokimyasal yapısında önemli değişimlere yol açmaktadır. Bunun yanında, mikroplastikler toprakta mikrobiyal aktiviteleri baskılayabilir veya artırabilir ve böylelikle mikrobiyal döngü süreçleri ve toprak sağlığını etkilemektedir (Shafea ve ark., 2023; Zhang ve ark., 2022).

Mikroplastiklerin toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri üzerine etkileri, bitkilerin büyüme performansı ve verimliliğini de olumsuz etkilemektedir (Yadav ve ark., 2022). Örneğın, mikroplastiklerin toprak su tutma kapasitesini azaltması, bitkilerin su alımını kısıtlayarak özellikle stres koşullarında dayanıklılıklarını düşürebilmektedir (Mbachu ve ark., 2021). Ayrıca, mikroplastiklerin rizosferdeki mikrobiyal toplulukları değiştirmesi, bitkilerin fizyolojik performansını doğrudan etkileyebilmekte ve bitki sağlığı üzerinde olumsuz sonuçlara neden olabilmektedir (Lian ve ark., 2024). Mikroplastiklerin yüksek spesifik yüzey alanları,

organik kirleticiler ve ağır metaller gibi zararlı maddeleri adsorbe edebilme kapasitesini artırmakta ve bu durum, kirleticilerin toprak ekosistemi üzerindeki olumsuz etkilerini daha da güçlendirmektedir (Cao ve ark., 2021). Toprakta uzun süre kalıcı olmaları, mikroplastiklerin ekosistem üzerinde yaratabileceği uzun vadeli etkileri daha karmaşık ve öngörülemez hale getirmektedir (da Costa ve ark., 2018). Bu durum, tarımsal alanların sürdürülebilirliği açısından ciddi bir tehdit oluşturmaktadır ve gelecekte gıda güvenliği üzerinde olumsuz etkiler yaratma potansiyeline sahip bulunmaktadır. Mikroplastiklerin, toprak yapısındaki bozulmalar ve kirleticilerin daha fazla biyoyararlanabilir hale gelmesi gibi sonuçlar doğurarak bitki büyümesi ve ürün kalitesinde azalmalar yaratabileceği düşünülmektedir (Huang ve ark., 2021). Bu bağlamda, mikroplastiklerin tarımsal ekosistemlerdeki uzun vadeli etkilerinin daha iyi anlaşılması ve bu etkileri azaltmaya yönelik stratejilerin geliştirilmesi, çevresel sürdürülebilirlik ve gıda güvenliği hedefleri doğrultusunda oldukça önemlidir.

Mikroplastiklerin toprak ekosistemi üzerindeki etkileri, günümüzde önemli bir araştırma alanı haline gelmiştir. Son çalışmalar, mikroplastiklerin toprak fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri üzerindeki etkilerini ve mikrobiyal topluluklara yönelik toksikolojik etkilerini ortaya koymaktadır (Barili ve ark., 2023; Liu ve ark., 2023; Omidoyin ve Jho, 2023; Wang ve ark., 2022). Ancak, tarımsal topraklardaki mikroplastik kirliliği üzerine yürütülen araştırmalar henüz başlangıç aşamasındadır. Tarımsal üretimin sürdürülebilirliği açısından topraktaki mikroplastik kirliliğinin gerçek bir tehdit olup olmadığını belirlemek için daha fazla araştırmaya ihtiyaç duyulmaktadır. Bu derleme, toprakta mikroplastik kirliliğinin tarımsal ekosistemler üzerindeki potansiyel etkilerini kapsamlı bir şekilde ele alarak, bu konudaki mevcut bilgi boşluklarını ortaya koymayı ve gelecekteki araştırma gereksinimlerine ışık tutmayı amaçlamaktadır.

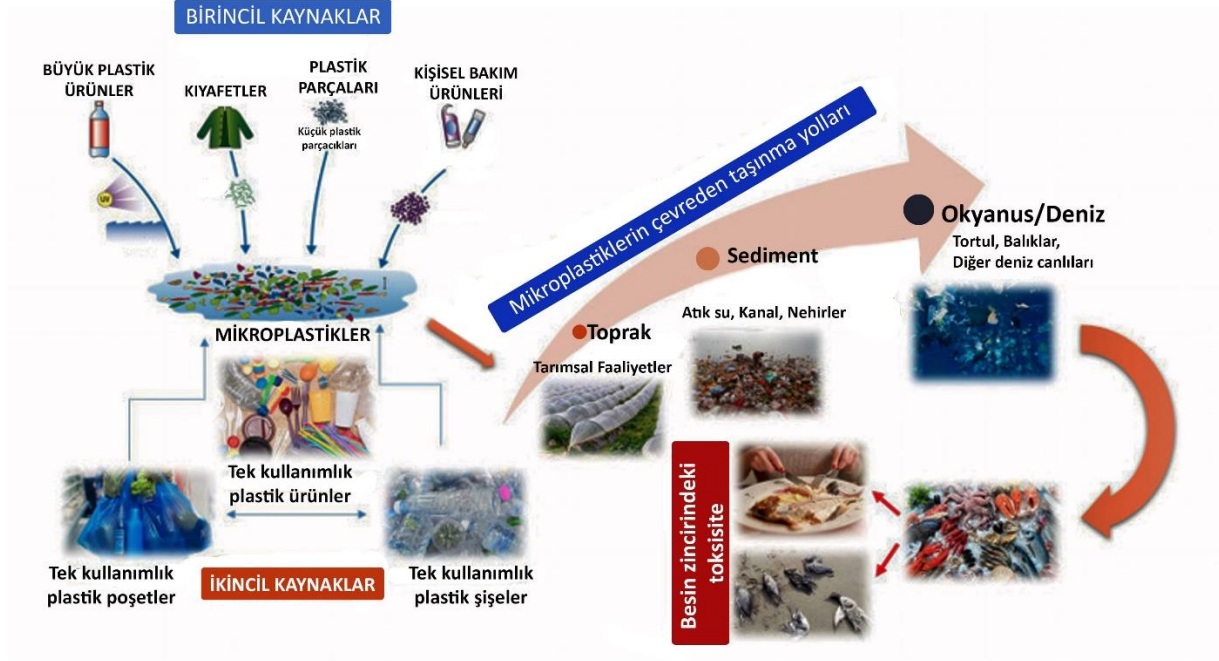
2. Toprakta Mikroplastik Kirliliğinin Kaynakları

Karasal ekosistemler, büyük ölçüde insan faaliyetlerinden kaynaklanan çeşitli uygulamalar nedeniyle mikroplastik kirliliğine maruz kalmaktadır (de Souza Machado et al., 2018). Mikroplastikler, doğrudan ya da dolaylı yollarla toprak sistemlerine taşınmakta ve bu sistemlerde birikim göstermektedir. Toprak ekosistemindeki kalıcılığı nedeniyle mikroplastikler, tehlikeli bir kirletici olarak kabul edilmekte ve ekosistem sağlığı açısından ciddi bir risk teşkil etmektedir. (Khalid et al., 2020).

Mikroplastiklerin toprakta birikimine en büyük katkıyı sağlayan etkenlerden biri tarımsal faaliyetlerdir (Huang ve ark., 2020). Özellikle örtü altı tarımda yaygın olarak kullanılan plastik malç filmleri, soğuk ve kurak bölgelerde toprak sıcaklığını korumak ve tarımsal verimliliği artırmak amacıyla tercih edilmektedir (Prem et ark., 2020). Bu plastik malzemeler, ultraviyole radyasyona maruz kaldıklarında ve toprak işleme gibi mekanik etkenlerle birleştiğinde mikroplastiklere dönüşerek tarımsal topraklarda birikim göstermektedir (Qi ve ark., 2020). Plastik malç filmlerinin yanı sıra, kompost uygulamaları da toprak verimliliğini artırmak amacıyla yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (Tian ve ark., 2022). Kompost içerisinde tespit edilen yüksek plastik konsantrasyonu (1.36 ± 0.6 g/kg), mikroplastiklerin tarımsal topraklara girişinin önemli bir yolu olduğunu göstermektedir (Braun ve ark., 2021). Kompostlama süreçlerinde meydana gelen yüksek sıcaklık ve mikrobiyal aktiviteler, büyük plastik parçalarının mikroplastiklere dönüşümünü hızlandırarak tarımsal topraklarda biriken mikroplastik konsantrasyonunu artırmaktadır. Yang ve ark. (2022) da bu durumu destekleyen bulgular sunmuşlardır.

Atık yönetimi, özellikle arıtma çamurları ve atık su kullanımı, tarımsal topraklara mikroplastiklerin girişine katkıda bulunan önemli bir kaynaktır (Milojevic ve Cydzik-Kwiatkowska, 2021). Kentsel alanlarda, atık su arıtma tesislerinden elde edilen arıtma çamurları, organik madde bakımından zengin oldukları için tarımsal alanlarda yaygın bir toprak düzenleyici olarak kullanılmaktadır (Zhang ve ark., 2020). Ancak bu uygulama, kalıcı sentetik liflerin topraklarda mikroplastik kirliliğine yol açmasına neden olmaktadır (Yang ve ark., 2021). Arıtma çamurunun gübre olarak toprak ortamına uygulanması, mikroplastiklerin toprak sistemlerine taşınmasına ve bu süreçte sızıntı sularıyla tarım arazilerinde birikmesine yol açmaktadır (Weber ve ark., 2022). Corradini ve ark. (2019), uzun süreli ve tekrarlanan arıtma çamuru uygulamalarının tarım arazilerinde mikroplastik birikimini zamanla önemli ölçüde artırdığını bildirmişlerdir. Çalışmanın bulgularına göre, arıtma çamurunda bulunan mikroplastiklerin %90'ının lif formunda olduğu ve tarım topraklarında mikroplastik birikim hızının arttığı gözlemlenmiştir. Bu durum, tarımsal üretim açısından ciddi bir risk teşkil etmekte ve toprak ekosistemlerinin sağlığını tehdit etmektedir. Uzun vadede, mikroplastiklerin toprakta yarattığı kirlilik, bitki büyümesi ve besin alımı üzerinde olumsuz etkilere yol açarak tarımsal verimliliği azaltma potansiyeline sahiptir.

Arıtma çamurlarının yanı sıra, yönetim eksiklikleri nedeniyle çevreye bırakılan plastik atıklar da mikroplastik kirliliğine önemli ölçüde katkı sağlamaktadır (Rajmohan ve ark., 2019). Atık toplama ve bertaraf sistemlerinin yetersiz olduğu bölgelerde, plastik atıkların çevreye kontrolsüz bir şekilde yayılması, toprak kirliliğinin hızla artmasına neden olmaktadır (Kibria ve ark., 2023). Geri dönüşüm süreçlerine dahil edilmeyen plastik atıklar, zamanla çevresel koşullar altında parçalanarak mikroplastiklere dönüşmekte ve bu parçacıklar doğal süreçler aracılığıyla toprak sistemlerine taşınmaktadır (Chen ve ark., 2022). Yağmur suyu akışı ve rüzgar gibi meteorolojik olaylar, mikroplastiklerin geniş coğrafi alanlara yayılmasını kolaylaştırarak bu partiküllerin toprakta birikmesine yol açmaktadır (Yuan ve ark., 2023). Bu süreç, mikroplastiklerin atmosferik taşınım yoluyla uzak mesafelere taşınmasını sağlayarak, yerel kaynakların ötesinde, geniş bir coğrafi yelpazede toprak sistemlerinde birikmesine zemin hazırlamaktadır (Abbasi ve ark., 2023). Ayrıca, uzun mesafeler boyunca taşınan mikroplastikler, uzak bölgelerde dahil olmak üzere toprak kirliliğine neden olabilmektedir. (Padha ve ark., 2022).



Şekil.1. Mikroplastik kirleticilerinin toprak ve çevredeki ortamlarda uzaklaştırılması ve taşınma süreçleri (Sarker ve ark., 2020).

3. Mikroplastiklerin Tarımsal Ekosisteme Etkisi

Tarımsal topraklarda yaygın olarak bulunan mikroplastikler, toprakların fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerini olumsuz etkileyerek verimliliğin azalmasına neden olabilir (Wang ve ark., 2022). Üst toprakta bulunan mikroplastikler, uygun sıcaklık ve oksijen koşullarında ultraviyole radyasyona maruz kalarak fototransformasyona uğramakta; bu süreç, zincir kırılması, fonksiyonel grupların oluşumu ve karbon mineralizasyonu gibi çeşitli kimyasal değişiklikleri içermekte ve daha küçük mikroplastik parçacıkların oluşumuna yol açmaktadır (Ding ve ark., 2022; Shi ve ark., 2022). Ayrıca, tarımsal faaliyetler, toprak mikroorganizmalarının aktiviteleri ve mekanik aşınma, mikroplastiklerin parçalanma hızını artırmaktadır (Ren ve Ni, 2022). Mikroplastikler daha küçük boyutlara ayrıldıkça, rizosferdeki kök eksüdatları ve toprak organizmalarının beslenme faaliyetleri tarafından tetiklenen elektrostatik etkileşimler de etkili olmaktadır.

Tarım topraklarında, mikroplastiklerin bozunma süreci kadar, taşınma ve dağılımı da toprakların fizikokimyasal özelliklerini etkileyerek çeşitli değişimlere neden olmaktadır (Liu ve ark., 2021). Toprakta bulunan mikroplastikler, toprak hacim ağırlığı, hidrolik iletkenlik, su tutma kapasitesi ve agregat stabilitesi gibi fiziksel özelliklerde değişikliklere yol açmaktadır (Yu ve ark., 2023). Özellikle toprak hacim ağırlığı, plastiklerin yoğunluğunun genellikle toprak parçacıklarının yoğunluğundan daha düşük olması nedeniyle, mikroplastikler tarafından değiştirilebilir (de Souza Machado ve ark., 2018). Botyanszká ve ark. (2022) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada, siltli tınlı bir toprakta polietilen, polivinil klorür ve polistiren mikroplastiklerinin etkileri incelenmiştir. Araştırmada, toprak hacim ağırlığının bitki büyüme

periyodunun tüm aşamalarında, her üç mikroplastik türü için kontrol grubuna kıyasla daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, hidrolik iletkenlik de bitki büyüme periyodunun başlangıcında her üç mikroplastik türü için kontrol grubuna göre anlamlı şekilde azalmıştır. Buna karşın, Zhang ve ark. (2019), polyester mikroplastiklerinin hem arazi hem de saksı denemelerinde toprak hacim yoğunluğu ve hidrolik iletkenlik üzerinde anlamlı bir etkisi olmadığını bulmuşlardır. Ancak, arazi denemesi ile karşılaştırıldığında, saksı denemelerinde polyester mikroplastiklerinin suya dayanıklı büyük makroagregaların (>2 mm) içeriğini anlamlı derecede artırdığı tespit edilmiştir.

Mikroplastiklerin doğal çevreye uzun süreli maruziyeti, plastiklerin yavaşça toprağa salınmasına ve bu durumun toprak faunası ile işlevleri üzerinde olumsuz etkilere yol açmasına neden olmaktadır (Büks ve ark., 2020). Toprak faunası, biyolojik çeşitliliğin önemli bir göstergesi olup toprak ekosistemlerinde hayati bir rol oynamaktadır (Ertiban, 2019). Mikroplastikler, çok küçük boyutları nedeniyle toprak faunası tarafından yutulabilir; bu durum, toprak besin zincirinde birikmelerine yol açarak toprağın tüm trofik seviyelerinde etkiler oluşturabilir (Helmlberger ve ark., 2020). Çeşitli çalışmalar, mikroplastiklerin yutulmasının solucanların hayatta kalma ve büyüme oranlarını olumsuz yönde etkileyebileceğini, oksidatif stres ve bağırsak hasarına neden olabileceğini (Cui ve ark., 2022), nematodların hayatta kalma oranını ve vücut uzunluğunu azaltabileceğini (Schöpfer ve ark., 2020) ve ayrıca kolembolanların büyüme hızında azalmaya yol açabileceğini göstermektedir (González-Acedo ve ark., 2021). Bu etkiler, toprak faunasının bağırsaklarında biriken mikroplastiklerin sindirim sistemini tıkamasına neden olabilir. Wang ve ark. (2019), toprağa beş farklı konsantrasyonda (%0, 1, 5, 10 ve 20 kuru ağırlık) ve iki farklı türde (polietilen $\leq 300 \mu\text{m}$ ve polistiren $\leq 250 \mu\text{m}$) mikroplastik ekleyerek *Eisenia fetida* solucanında mikroplastiklerin etkilerini incelemişlerdir. Çalışma sonuçlarına göre, *Eisenia fetida* solucanının polietilen ve polistiren mikroplastiklerini yuttuğu gözlemlenmiştir. Polietilen ve polistiren mikroplastiklerine en yüksek oranda (%20) 14 gün boyunca maruz kalma, *Eisenia fetida* solucanında katalaz ve peroksidaz aktivitelerini ile lipid peroksidasyon seviyelerini anlamlı derecede ($p < 0,05$) artırmış; buna karşılık, süperoksit dismutaz ve glutatyon S-transferaz aktivitelerinde inhibisyon meydana geldiği tespit edilmiştir.

Mikroplastiklere doğrudan veya dolaylı maruz kalma, bitkilerde tohum kapsülündeki gözeneklerin kısa süreli ve geçici mekanik tıkanıklığı yoluyla su alımını engelleyerek çimlenme hızı ile sürgün ve kök büyümesi üzerinde kısa vadeli etkiler oluşturabilir (De Silva ve ark., 2022). Bir saksı çalışmasında, kumlu toprağa %1 konsantrasyonda iki farklı tür mikroplastik (biyobozunur ve polietilen) eklenerek buğday bitkisi üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir. Sonuçlar, her iki mikroplastik türünün de buğdayın hem vejetatif hem de üreme büyüme dönemlerinde bitkinin toprak üstü ve toprak altı kısımları üzerinde etkiler gösterdiğini ortaya koymuştur. Kullanılan mikroplastik türünün buğday büyümesi üzerinde belirgin bir etkisi olduğu ve biyobozunur mikroplastik türünün polietilene kıyasla daha güçlü olumsuz etkiler gösterdiği tespit edilmiştir (Qi ve ark., 2018). Ayrıca, mikroplastikler organik kirleticiler, pestisitler ve ağır metaller gibi çeşitli kirleticileri adsorbe edebilen etkili taşıyıcılardır; bu durum, kirleticilerin çevresel taşınımını kolaylaştırmaktadır (Yu ve ark., 2022). Oksijen içeren fonksiyonel grupların etkisiyle mikroplastikler, elektronegatiflik kazanarak metal iyonlarının, özellikle Cu^{2+} ve Pb^{2+} gibi ağır metallerin emilimini artırabilir (Xu ve ark., 2018). Bunun yanı sıra, mikroplastikler organik kirleticileri adsorbe ederek çevresel göçlerini ve birikimlerini destekleyebilir; bu da toprak ekosistemlerine uzun vadeli zararlar verebilir (Yu ve ark., 2021). Bu nedenle, mikroplastiklerin ve diğer kirleticilerin sinerjik veya antagonistik etkileşim

mekanizmalarının detaylı bir şekilde anlaşılması, tarımsal ekosistemlerin korunması açısından büyük bir öneme sahiptir (Chang ve ark., 2022).

4. Mikroplastiklerin Çevre Sağlığına Etkisi

Çevresel sağlık, ekosistemlerin dayanıklılığı ve çevresel süreçlerin sürdürülebilirliği, insan ve hayvan sağlığı üzerinde doğrudan ve dolaylı etkilere yol açabilmektedir (Allen ve ark., 2018). Mikroplastikler, çeşitli mekanizmalar aracılığıyla doğal sistemler üzerinde olumsuz etkiler oluşturarak çevre sağlığı için ciddi bir tehdit teşkil etmektedir. Bu tehditlerin başında, mikroplastiklerin organizma aktiviteleri üzerinde yarattığı doğrudan veya dolaylı etkiler gelmektedir. Mikroplastiklerin ekosistem üzerindeki etkileri, makrofauna topluluk yapısında taksonomik çeşitlilik ve zenginlikte artışa neden olabilir (Xu ve ark., 2017). Ancak, bu durumun aksine, mikroalg popülasyonlarındaki azalma, birincil tüketici popülasyonlarını da olumsuz yönde etkileyebilir. Mikroplastiklerin besin maddelerinin emilimini engelleme potansiyeli, bu organizmalar üzerinde zararlı etkiler doğurabilmektedir (Prata ve ark., 2019a). Ayrıca, mikroplastiklerin organizmaların dağılımında taşıyıcı rol üstlenmesi, istilacı türlerin yayılmasını teşvik ederek ekosistemdeki ekolojik dengenin bozulmasına neden olabilir.

Mikroplastiklerin çevresel etkileri, yalnızca popülasyon dinamikleriyle sınırlı kalmayıp, aynı zamanda toprakta birikerek biyofiziksel ve jeokimyasal özelliklerinde de önemli değişikliklere yol açmaktadır (de Souza Machado ve ark., 2018). Bu birikim, toprak hacim ağırlığı, gözeneklilik, su tutma kapasitesi, elektriksel iletkenlik, toprak agregat stabilitesi ve pH gibi temel özellikleri olumsuz yönde etkileyerek ekosistem sağlığını tehdit edebilir (Chia ve ark., 2022; Qiu ve ark., 2022; Yang ve ark., 2023). Sonuç olarak bu süreç, toprak işlevlerinin bozulmasına ve dolayısıyla hem bitki gelişimi hem de mikrobiyal faaliyetler üzerinde zararlı etkiler doğurabilmektedir.

Tarımsal topraklardaki mikroplastik birikimi, atık su arıtma tesislerinden elde edilen arıtma çamurunun toprak iyileştiricisi olarak kullanılmasıyla doğrudan ilişkilidir (Hooge ve ark., 2023). Arıtma işlemleri sırasında atık sudaki mikroplastiklerin önemli bir kısmı tutulmakta ve bu süreç, mikroplastiklerin tarımsal alanlara taşınmasına yol açabilmektedir (Petroody ve ark., 2021). Toprağa giren bu mikroplastikler, toprakta yaşayan organizmalar tarafından daha derin katmanlara taşınabilir ve sindirim süreçleriyle toprak yapısına entegre edilebilir (Arab ve ark., 2024). Mikroplastiklerin varlığı, toprağın biyofiziksel ve kimyasal özelliklerini bozarak bitki büyümesinde azalma, fotosentetik süreçlerin bozulması, kök aktivitelerinin inhibe olması ve oksidatif stresin artması gibi sonuçlara yol açabilir (Jia ve ark., 2023; Zhang ve ark., 2022). Bu durum, tarımsal verimlilik üzerinde olumsuz etkiler yaratırken, ekosistem işlevselliği açısından da önemli tehditler oluşturmaktadır (Lozano ve ark., 2021). Ayrıca, mikroplastiklerin geniş yüzey alanları ve hidrofobik özellikleri, organik kirleticiler ve ağır metaller gibi çevresel kirleticilerin adsorbe edilmesine olanak tanımaktadır (Prajapati ve ark., 2022). Mikroplastikler ile ağır metallerin birleşik etkisi, fitotoksisiteyi artırarak bitkilerin besin maddelerini almakta zorluk çekmesine ve toprak sağlığının bozulmasına yol açabilir (An ve ark., 2024).

Sonuç olarak, mikroplastiklerin toprak sağlığını tehdit etmesi ve gıda güvenliği üzerindeki olumsuz etkileri, çevresel sürdürülebilirlik açısından önemli bir tehdit oluşturmaktadır (Ziani ve ark., 2023). Bu nedenle, mikroplastiklerin çevre üzerindeki etkilerinin anlaşılması ve bu sorunun çözümüne yönelik etkin stratejilerin geliştirilmesi, hem ekosistem sağlığını koruma hem de çevresel sürdürülebilirliği sağlama açısından kritik bir öneme sahiptir. Bu kapsamda,

uluslararası işbirlikleri ve multidisipliner araştırmalar aracılığıyla mikroplastik kirliliği konusunda daha kapsamlı veriler elde edilmesi ve uzun vadeli çevresel etkilerinin izlenmesi, gelecekteki çevre politikaları ve yönetim stratejileri için temel oluşturabilir.

5. Mikroplastiklerin İnsan Sağlığına Etkisi

Tarım alanlarında yaygın olarak kullanılan plastik örtüler, sulama sistemleri ve gübre kaplamaları gibi plastik malzemeler, zamanla bozunarak mikroplastiklere dönüşmekte ve bu mikroplastikler toprak sistemine karışarak çevresel kirliliğe neden olmaktadır (Briassoulis, 2023). Çeşitli araştırmalar, sebze üretim alanları, meyve bahçeleri ve bitki örtüsüyle kaplı sulak alan toprakları da dahil olmak üzere, çeşitli tarımsal topraklarda mikroplastiklerin varlığını ortaya koymuştur (Aguilar ve ark., 2024; Helcoski ve ark., 2020). Toprak ortamına giren bu mikroplastikler, toprak katmanlarına yayılarak bitki köklerinden başlayarak gövde, meyve ve diğer yenilebilir kısımlara taşınabilmektedir (Liu ve ark., 2023). Li ve ark. (2020) tarafından yapılan bir çalışmada, arıtma atık suyu ile sulanan kumlu toprakta yetiştirilen buğday ve marul bitkilerinde 0,2 ve 2 µm boyutlarındaki polistiren ve polimetilmetakrilat mikroplastiklerinin bitki köklerine nüfuz ettiği ve köklerden yapraklara kadar taşındığı belirlenmiştir.

Mikroplastiklerin günlük tüketilen meyve, sebze, et, tahıllar, baklagiller ve içme suyu gibi temel gıda ve içeceklerde tespit edilmesi (Al Mamun ve ark., 2023; Garai ve ark., 2024; Shi ve ark., 2024), bu kirliliğin insan sağlığına olan potansiyel etkilerini gündeme getirmektedir. Gıda tüketimi yoluyla tarım ürünlerinin tohumlarına veya meyvelerine geçen mikroplastikler, dolayısıyla insan vücuduna taşınarak sağlık üzerindeki olumsuz etkileri artırabilmektedir (Okeke ve ark., 2022). Özellikle ≤ 20 µm boyutundaki parçacıklar, belirli organlara nüfuz etme kapasitesine sahipken en küçük nano boyutlu plastik parçacıklar tüm organlara ulaşabilmekte ve hücre zarlarından geçiş yapabilmektedir (Barboza ve ark., 2018; Yee ve ark., 2021). Mikroplastikler insan vücuduna girdikten sonra gastrointestinal sistemden geçerek bağırsaklara ulaşmaktadır (Turroni ve ark., 2021). Küçük boyutları ya da biyoyumlu kaplamalarının yüzey koronası oluşturma yetenekleri nedeniyle, yalnızca bağırsak mukusunu aşabilen bu parçacıklar, bağırsak hücrelerine ulaşarak lokal inflamasyon ve endokrin fonksiyon bozukluklarına neden olabilmektedir (Fackelmann ve Sommer, 2019; Wang ve ark., 2020). Ayrıca, mikroplastiklerin bağırsak mikrobiyal çeşitliliğini bozduğu ve bu durumun bağırsak mikrobiyal topluluğunda ciddi değişikliklere yol açtığı bilinmektedir (Huang ve ark., 2021). Mikroplastiklerde bulunan ftalatlar gibi kimyasalların ise diyabet ve kanser gibi sağlık sorunlarıyla bağlantılı olduğu rapor edilmektedir (Márquez, 2024). Bu bağlamda, mikroplastiklerin gıda yoluyla insan sağlığı üzerindeki potansiyel etkileri, önemli bir araştırma alanı olarak öne çıkmaktadır.

Mikroplastiklere maruz kalmanın bir diğer önemli yolu, atmosferde bulunan mikroplastiklerin solunmasıdır (López ve ark., 2023). Bu mikroplastikler, plastiklerin parçalanması, endüstriyel faaliyetler, tarımsal uygulamalar gibi çeşitli kaynaklardan atmosfere salınmaktadır (Borriello ve ark., 2023; Hu ve ark., 2024). Mikroplastiklerin yoğunluğu ve boyutu, solunum sisteminde ne ölçüde birikim gerçekleştireceklerini belirleyen önemli faktörlerdir (Amato-Lourenço ve ark., 2020). Havadaki parçacık konsantrasyonu yüksek olması durumunda, vasküler geçirgenliği artıran ve makrofaj göçünü engelleyen yoğun kemotaktik faktörlerin salınımıyla toz aşırı yüklenmesi tepkimesi tetiklenebilir (Facciolave ark., 2021). Bu durum, akciğer dokusunda inflamatuvar süreçleri başlatarak solunum yolu tahrişi, astım ve diğer kronik solunum yolu hastalıkları gibi çeşitli sağlık sorunlarına yol açabilmektedir (Vattanasi ve ark., 2023). Ayrıca, çevrede mikroplastiklerin yaygın bulunması, kozmetik ve kişisel bakım ürünleri

aracılığıyla insan vücuduna nüfuz etmeleri için önemli bir kaynak oluşturmaktadır (Bikiaris ve ark., 2024). Özellikle doğrudan cilde uygulanan vücut ve yüz peelingleri ile vücut şampuanlarında bulunan mikroplastiklerin, cilt tahrişi ve iltihaplanma gibi dermatolojik sorunlarla ilişkilendirildiği belirtilmektedir (Ghosh ve ark., 2023; Tariq ve ark., 2024). Revel ve ark., (2018) tarafından, 100 nm'den küçük plastiklerin ciltte epitel bariyerini geçme potansiyeline sahip olabileceği öne sürülmüştür.

6. Tarımsal Sürdürülebilirlikte Mikroplastiklerin Risk Değerlendirmesi ve Öneriler

Mikroplastiklerin tarımsal ekosistemler üzerindeki etkileri, son yıllarda giderek artan bir endişe kaynağı haline gelmiştir. Mikroplastikler, abiyotik ve biyotik etkileşimler aracılığıyla toprakta su tutma kapasitesi, gözeneklilik, hacim ağırlığı ve agregat stabilitesinin bozulmasına neden olarak, toprağın fizikokimyasal özelliklerini olumsuz etkilemektedir (Wang ve ark., 2022). Bu plastik parçacıkları, karbon, azot ve fosfor döngülerinde rol oynayan baskın mikrobiyal toplulukları, ilgili enzimleri değiştirerek toprak besin döngüsünde bozulmalara yol açmaktadırlar (Yin ev ark., 2023). Bununla birlikte mikroplastikler, bitkilerde, fotosentetik verimliliği azaltma potansiyeline sahiptir ve antioksidan enzimlerdeki değişiklikler yoluyla bitkilerin stres tepkilerini etkileyebilir (Sun ve ark., 2023). Toprakta fiziksel ve kimyasal bozulmalara neden olarak bitki büyümesini ve verimliliği olumsuz yönde etkileyen mikroplastikler, tarımsal sürdürülebilirlik açısından önemli riskler oluşturmaktadır (Khalid ve ark., 2020). Bu nedenle, mikroplastik kirliliğini azaltmaya ve bu kirliliğin oluşturduğu riskleri en aza indirmeye yönelik etkili kontrol ve iyileştirme tedbirlerinin acilen hayata geçirilmesi gerekmektedir.

Çok sayıda çalışma, mikroplastiklerin çevreye yayılımı ve birikiminin devam ettiğini göstermekte olup, bu kirliliği azaltmak amacıyla yönetim ve iyileştirme çözümlerinin en kısa sürede hayata geçirilmesi gerektiğini vurgulamaktadır (Anik ve ark., 2021; Lamichhane ve ark., 2023; Thacharodi ve ark., 2024; Zeb ve ark., 2024). Örneğin, atık su arıtma tesislerinde geliştirilen daha etkili uzaklaştırma süreçleri, kanalizasyon sulama yoluyla toprak ekosistemine aktarılan mikroplastik miktarını azaltmada önemli bir rol oynayacaktır (Sol ve ark., 2020). Ayrıca, mikroplastik içeriği yüksek arıtma çamurunun tarımsal amaçlarla kullanımı kademeli olarak azaltılmalıdır (Yang ve ark., 2021). Plastik malçlar, tarımsal topraklardaki mikroplastiklerin önemli bir kaynağıdır (Huang ve ark., 2020). Bu bağlamda, son yıllarda çevre dostu bir seçenek olarak biyobozunur plastiklerin kullanımı, mikroplastiklerin azaltılması, enerji tasarrufu sağlanması ve çevrenin korunması konularındaki potansiyeli nedeniyle geniş bir ilgi görmektedir (Moshood ve ark., 2022; Serrano-Ruiz ve ark., 2021).

Biyobozunur plastikler, mikroorganizmalar tarafından parçalanabilmektedir (Havstad, 2020). Bu tür plastikler, mikroorganizmalar için enerji kaynağı sağlayan ve karbon kaynağı işlevi gören polimerlerin biyolojik parçalanmasında kullanılabilir (Chai ve ark., 2020). Ancak, biyobozunur mikroplastiklerin etkili bir şekilde parçalanabilmesi için mikroorganizmaların, uygun çevresel koşullara ihtiyaç duyduğu göz önünde bulundurulmalıdır; aksi takdirde, bu tür plastiklerin kullanımı yüksek çevresel riskler doğurabilir (Liao ve Chen, 2021). Biyobozunur mikroplastiklerin biyoremediasyon sürecinde, bozunmaya dirençli kirleticilerin ve toksik plastik yan ürünlerinin yeniden salınması, toprak-bitki ekosistemleri için potansiyel tehlikeler oluşturabilir (Zhou ve ark., 2020). Bu durum, tarımsal sürdürülebilirlik açısından önemli riskler yaratma potansiyeline sahiptir. Bu nedenle, çevresel kirlenmeyi önlemek amacıyla çeşitli mikroorganizmaların sistematik olarak kullanılması önerilmektedir (Yang ve ark., 2020).

Ayrıca, yüksek verimlilik ve düşük maliyet gibi avantajlara sahip gen düzenleme teknolojilerine dayalı plastik hidrolaz araştırmalarında önemli ilerlemeler kaydedilmiştir (Samak ve ark., 2020; Zhu ve ark., 2022). Ancak, mikroplastik kirliliğini gidermek için fiziksel ve kimyasal yöntemler ile biyoremediasyon gibi çeşitli çözümlerin bir araya getirilmesi gerekmektedir (González-González ve ark., 2022). Bu bağlamda, mikrobiyal ve fitoremediasyon tekniklerinin etkinliğinin artırılması ve yaygınlaştırılması amacıyla daha fazla teorik araştırmaya ihtiyaç duyulmaktadır (Karnwal ve ark., 2024).

7. Sonuç

Mikroplastik kirliliği, tarımsal üretim ve çevresel sürdürülebilirlik açısından giderek daha ciddi bir tehdit oluşturmaktadır. Sonuçlar, mikroplastiklerin toprak sağlığı üzerinde olumsuz etkiler yaratarak ekosistem fonksiyonlarını ve tarımsal verimliliği tehlikeye attığını göstermektedir. Toprağın su tutma kapasitesi, hacim ağırlığı, mikrobiyal topluluk yapısı ve besin döngüsü gibi temel özellikleri mikroplastikler tarafından olumsuz etkilenmektedir. Bu kirleticilerin, özellikle kök sistemi boyunca bitkiye taşınabilme yeteneği, hem bitki sağlığı üzerinde zararlı sonuçlar doğurmakta hem de besin zinciri yoluyla insan sağlığını tehdit etmektedir.

Ayrıca, mikroplastikler, çevredeki diğer kirleticilerle birleşerek sinerjik bir etkileşim yaratır ve bu durum toprak-besin ilişkilerinde bozulmalara yol açabilir. Bu nedenle, mikroplastik kirliliğinin etkilerini anlamak ve tarımsal sürdürülebilirliği sağlamak adına, bu kirliliğin azaltılması için etkili yönetim stratejilerinin geliştirilmesi gerekmektedir. Uzun vadeli çözümler oluşturmak adına uluslararası işbirliği ve multidisipliner araştırmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

Bu çalışmada ortaya konan bulgular, mikroplastik kirliliğinin tarımsal üretim ve ekosistem sağlığı açısından ciddi bir tehdit olduğunu vurgulamakta ve gelecekte bu sorunun çözümüne yönelik kapsamlı stratejilerin geliştirilmesi gerekliliğini ortaya koymaktadır.

KAYNAKLAR

- Abbasi, S., Rezaei, M., Mina, M., Sameni, A., Oleszczuk, P., Turner, A., & Ritsema, C. (2023). Entrainment and horizontal atmospheric transport of microplastics from soil. *Chemosphere*, 322, 138150.
- Aguilar, F. I. T., Moreno, H. R. G., Herazo, L. C. S., Montes, C. P., Pentòn, Y. B., & Méndez, M. C. L. (2024). Impact of the Use of Treated Wastewater with Constructed Wetlands in the Irrigation of *Phaseolus vulgaris*: Safety Evaluation and Detection of Microplastics using FT-IR.
- Alabi, O. A., Ologbonjaye, K. I., Awosolu, O., & Alalade, O. E. (2019). Public and environmental health effects of plastic wastes disposal: a review. *J Toxicol Risk Assess*, 5(021), 1-13.
- Allen, S. A. A., Ana Godson, R. E. E., Ayodeji, S. A. M., & Deborah, S. A. E. (2018). Resilience and Sustainability of the Ecosystem: An Environmental Health Perspective.
- Al Mamun, A., Prasetya, T. A. E., Dewi, I. R., & Ahmad, M. (2023). Microplastics in human food chains: Food becoming a threat to health safety. *Science of The Total Environment*, 858, 159834.
- Amato-Lourenço, L. F., dos Santos Galvão, L., de Weger, L. A., Hiemstra, P. S., Vijver, M. G., & Mauad, T. (2020). An emerging class of air pollutants: potential effects of microplastics to respiratory human health?. *Science of the total environment*, 749, 141676.
- An, Q., Wen, C., & Yan, C. (2024). Meta-analysis reveals the combined effects of microplastics and heavy metal on plants. *Journal of Hazardous Materials*, 476, 135028.
- Anik, A. H., Hossain, S., Alam, M., Sultan, M. B., Hasnine, M. T., & Rahman, M. M. (2021). Microplastics pollution: A comprehensive review on the sources, fates, effects, and potential remediation. *Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management*, 16, 100530.
- Arab, M., Yu, J., & Nayebi, B. (2024). Microplastics in Sludges and Soils: A Comprehensive Review on Distribution, Characteristics, and Effects. *ChemEngineering*, 8(5), 86.
- Baho, D. L., Bundschuh, M., & Futter, M. N. (2021). Microplastics in terrestrial ecosystems: Moving beyond the state of the art to minimize the risk of ecological surprise. *Global Change Biology*, 27(17), 3969-3986.
- Barboza, L. G. A., Vethaak, A. D., Lavorante, B. R., Lundebye, A. K., & Guilhermino, L. (2018). Marine microplastic debris: An emerging issue for food security, food safety and human health. *Marine pollution bulletin*, 133, 336-348.
- Barili, S., Bernetti, A., Sannino, C., Montegiove, N., Calzoni, E., Cesaretti, A., ... & Gigliotti, G. (2023). Impact of PVC microplastics on soil chemical and microbiological parameters. *Environmental Research*, 229, 115891.
- Bergstøl, I. K. G. (2022). Health and Well-Being in a Plastic Polluted Environment: Exploring the Meanings, Experiences, and Management of Plastic within the Integral Perspective (Master's thesis, The University of Bergen).
- Bikiaris, N., Nikolaidis, N. F., & Bampalexis, P. (2024). Microplastics (MPs) in Cosmetics: A Review on Their Presence in Personal-Care, Cosmetic, and Cleaning Products (PCCPs) and Sustainable Alternatives from Biobased and Biodegradable Polymers. *Cosmetics*, 11(5), 145.
- Borriello, L., Scivicco, M., Cacciola, N. A., Esposito, F., Severino, L., & Cirillo, T. (2023). Microplastics, a global issue: Human exposure through environmental and dietary sources. *Foods*, 12(18), 3396.

- Botyanszká, L., Šurda, P., Vitková, J., Lichner, L., & Igaz, D. (2022). Effect of microplastics on silty loam soil properties and radish growth. *Journal of Hydrology and Hydromechanics*, 70(3), 321-329.
- Braun, M., Mail, M., Heyse, R., & Amelung, W. (2021). Plastic in compost: Prevalence and potential input into agricultural and horticultural soils. *Science of the Total Environment*, 760, 143335.
- Briassoulis, D. (2023). Agricultural plastics as a potential threat to food security, health, and environment through soil pollution by microplastics: Problem definition. *Science of The Total Environment*, 892, 164533.
- Büks, F., Loes van Schaik, N., & Kaupenjohann, M. (2020). What do we know about how the terrestrial multicellular soil fauna reacts to microplastic?. *Soil*, 6(2), 245-267.
- Cao, Y., Zhao, M., Ma, X., Song, Y., Zuo, S., Li, H., & Deng, W. (2021). A critical review on the interactions of microplastics with heavy metals: Mechanism and their combined effect on organisms and humans. *Science of the Total Environment*, 788, 147620.
- Chai, B., Li, X., Liu, H., Lu, G., Dang, Z., & Yin, H. (2020). Bacterial communities on soil microplastic at Guiyu, an E-Waste dismantling zone of China. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 195, 110521.
- Chang, J., Fang, W., Liang, J., Zhang, P., Zhang, G., Zhang, H., ... & Wang, Q. (2022). A critical review on interaction of microplastics with organic contaminants in soil and their ecological risks on soil organisms. *Chemosphere*, 306, 135573.
- Chen, J., Wu, J., Sherrell, P. C., Chen, J., Wang, H., Zhang, W. X., & Yang, J. (2022). How to build a microplastics-free environment: strategies for microplastics degradation and plastics recycling. *Advanced Science*, 9(6), 2103764.
- Chia, R. W., Lee, J. Y., Jang, J., Kim, H., & Kwon, K. D. (2022). Soil health and microplastics: a review of the impacts of microplastic contamination on soil properties. *Journal of Soils and Sediments*, 22(10), 2690-2705.
- Corradini, F., Meza, P., Eguiluz, R., Casado, F., Huerta-Lwanga, E., & Geissen, V. (2019). Evidence of microplastic accumulation in agricultural soils from sewage sludge disposal. *Science of the total environment*, 671, 411-420.
- da Costa, J. P., Paço, A., Santos, P. S., Duarte, A. C., & Rocha-Santos, T. (2018). Microplastics in soils: assessment, analytics and risks. *Environmental Chemistry*, 16(1), 18-30.
- De Silva, Y. S. K., Rajagopalan, U. M., Kadono, H., & Li, D. (2022). Effects of microplastics on lentil (*Lens culinaris*) seed germination and seedling growth. *Chemosphere*, 303, 135162.
- de Souza Machado, A. A., Kloas, W., Zarfl, C., Hempel, S., & Rillig, M. C. (2018). Microplastics as an emerging threat to terrestrial ecosystems. *Global change biology*, 24(4), 1405-1416.
- de Souza Machado, A. A., Lau, C. W., Till, J., Kloas, W., Lehmann, A., Becker, R., & Rillig, M. C. (2018). Impacts of microplastics on the soil biophysical environment. *Environmental science & technology*, 52(17), 9656-9665.
- Ding, L., Ouyang, Z., Liu, P., Wang, T., Jia, H., & Guo, X. (2022). Photodegradation of microplastics mediated by different types of soil: the effect of soil components. *Science of the Total Environment*, 802, 149840.
- Dissanayake, P. D., Kim, S., Sarkar, B., Oleszczuk, P., Sang, M. K., Haque, M. N., ... & Ok, Y. S. (2022). Effects of microplastics on the terrestrial environment: a critical review. *Environmental Research*, 209, 112734.

- Duan, J., Bolan, N., Li, Y., Ding, S., Atugoda, T., Vithanage, M., ... & Kirkham, M. B. (2021). Weathering of microplastics and interaction with other coexisting constituents in terrestrial and aquatic environments. *Water Research*, 196, 117011.
- Ertiban, S. M. (2019). Soil fauna as webmasters, engineers and bioindicators in ecosystems: implications for conservation ecology and sustainable agriculture. *American Journal of Life Sciences*, 7(1), 17-26.
- Fackelmann, G., & Sommer, S. (2019). Microplastics and the gut microbiome: how chronically exposed species may suffer from gut dysbiosis. *Marine pollution bulletin*, 143, 193-203.
- Garai, S., Bhattacharjee, C., Sarkar, S., Moulick, D., Dey, S., Jana, S., ... & Hossain, A. (2024). Microplastics in the soil–water–food nexus: Inclusive insight into global research findings. *Science of The Total Environment*, 173891.
- Gaylarde, C. C., de Almeida, M. P., Neves, C. V., Neto, J. A. B., & da Fonseca, E. M. (2023, March). The importance of biofilms on microplastic particles in their sinking behavior and the transfer of invasive organisms between ecosystems. In *Micro* (Vol. 3, No. 1, pp. 320-337). MDPI.
- Ghosh, S., Sinha, J. K., Ghosh, S., Vashisth, K., Han, S., & Bhaskar, R. (2023). Microplastics as an emerging threat to the global environment and human health. *Sustainability*, 15(14), 10821.
- González-Acedo, A., García-Recio, E., Illescas-Montes, R., Ramos-Torrecillas, J., Melguizo-Rodríguez, L., & Costela-Ruiz, V. J. (2021). Evidence from in vitro and in vivo studies on the potential health repercussions of micro-and nanoplastics. *Chemosphere*, 280, 130826.
- González-González, R. B., Flores-Contreras, E. A., Parra-Saldívar, R., & Iqbal, H. M. (2022). Bio-removal of emerging pollutants by advanced bioremediation techniques. *Environmental Research*, 214, 113936.
- Facciola, A., Visalli, G., Pruiti Ciarello, M., & Di Pietro, A. (2021). Newly emerging airborne pollutants: current knowledge of health impact of micro and nanoplastics. *International journal of environmental research and public health*, 18(6), 2997.
- Havstad, M. R. (2020). Biodegradable plastics. In *Plastic waste and recycling* (pp. 97-129). Academic Press.
- Helcoski, R., Yonkos, L. T., Sanchez, A., & Baldwin, A. H. (2020). Wetland soil microplastics are negatively related to vegetation cover and stem density. *Environmental Pollution*, 256, 113391.
- Helmberger, M. S., Tiemann, L. K., & Grieshop, M. J. (2020). Towards an ecology of soil microplastics. *Functional Ecology*, 34(3), 550-560.
- Hooge, A., Hauggaard-Nielsen, H., Heinze, W. M., Lyngsie, G., Ramos, T. M., Sandgaard, M. H., ... & Syberg, K. (2023). Fate of microplastics in sewage sludge and in agricultural soils. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 117184.
- Hou, L., Kumar, D., Yoo, C. G., Gitsov, I., & Majumder, E. L. W. (2021). Conversion and removal strategies for microplastics in wastewater treatment plants and landfills. *Chemical Engineering Journal*, 406, 126715.
- Hu, J., Zhang, L., Zhang, W., Muhammad, I., Yin, C., Zhu, Y., ... & Zheng, L. (2024). Significant influence of land use types and anthropogenic activities on the distribution of microplastics in soil: A case from a typical mining-agricultural city. *Journal of Hazardous Materials*, 477, 135253.
- Huang, J., Chen, H., Zheng, Y., Yang, Y., Zhang, Y., & Gao, B. (2021). Microplastic pollution in soils and groundwater: Characteristics, analytical methods and impacts. *Chemical Engineering Journal*, 425, 131870.

- Huang, W., Yin, H., Yang, Y., Jin, L., Lu, G., & Dang, Z. (2021). Influence of the co-exposure of microplastics and tetrabromobisphenol A on human gut: Simulation in vitro with human cell Caco-2 and gut microbiota. *Science of the Total Environment*, 778, 146264.
- Huang, Y., Liu, Q., Jia, W., Yan, C., & Wang, J. (2020). Agricultural plastic mulching as a source of microplastics in the terrestrial environment. *Environmental Pollution*, 260, 114096.
- Jia, L., Liu, L., Zhang, Y., Fu, W., Liu, X., Wang, Q., ... & Huang, L. (2023). Microplastic stress in plants: effects on plant growth and their remediations. *Frontiers in Plant Science*, 14, 1226484.
- Katsumi, N., Kusube, T., Nagao, S., & Okochi, H. (2021). Accumulation of microcapsules derived from coated fertilizer in paddy fields. *Chemosphere*, 267, 129185.
- Karnwal, A., Martolia, S., Dohroo, A., Al-Tawaha, A. R. M. S., & Malik, T. (2024). Exploring bioremediation strategies for heavy metals and POPs pollution: the role of microbes, plants, and nanotechnology. *Frontiers in Environmental Science*, 12, 1397850.
- Khalid, N., Aqeel, M., & Noman, A. (2020). Microplastics could be a threat to plants in terrestrial systems directly or indirectly. *Environmental Pollution*, 267, 115653.
- Kibria, M. G., Masuk, N. I., Safayet, R., Nguyen, H. Q., & Mourshed, M. (2023). Plastic waste: challenges and opportunities to mitigate pollution and effective management. *International Journal of Environmental Research*, 17(1), 20.
- Kumar, A., Mishra, S., Pandey, R., Yu, Z. G., Kumar, M., Khoo, K. S., ... & Show, P. L. (2023). Microplastics in terrestrial ecosystems: Un-ignorable impacts on soil characterises, nutrient storage and its cycling. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 158, 116869.
- Lamichhane, G., Acharya, A., Marahatha, R., Modi, B., Paudel, R., Adhikari, A., ... & Parajuli, N. (2023). Microplastics in environment: global concern, challenges, and controlling measures. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 20(4), 4673-4694.
- Li, L., Luo, Y., Li, R., Zhou, Q., Peijnenburg, W. J., Yin, N., ... & Zhang, Y. (2020). Effective uptake of submicrometre plastics by crop plants via a crack-entry mode. *Nature sustainability*, 3(11), 929-937.
- Lian, Y., Shi, R., Liu, J., Zeb, A., Wang, Q., Wang, J., ... & Liu, W. (2024). Effects of polystyrene, polyethylene, and polypropylene microplastics on the soil-rhizosphere-plant system: Phytotoxicity, enzyme activity, and microbial community. *Journal of Hazardous Materials*, 465, 133417.
- Liao, J., & Chen, Q. (2021). Biodegradable plastics in the air and soil environment: Low degradation rate and high microplastics formation. *Journal of hazardous materials*, 418, 126329.
- Liu, R., Liang, J., Yang, Y., Jiang, H., & Tian, X. (2023). Effect of polylactic acid microplastics on soil properties, soil microbes and plant growth. *Chemosphere*, 329, 138504.
- Liu, Y., Ben, Y., Che, R., Peng, C., Li, J., & Wang, F. (2023). Uptake, transport and accumulation of micro- and nano-plastics in terrestrial plants and health risk associated with their transfer to food chain-A mini review. *Science of The Total Environment*, 166045.
- Liu, Y., Shao, H., Liu, J., Cao, R., Shang, E., Liu, S., & Li, Y. (2021). Transport and transformation of microplastics and nanoplastics in the soil environment: A critical review. *Soil use and management*, 37(2), 224-242.
- Lozano, Y. M., Aguilar-Trigueros, C. A., Onandia, G., Maaß, S., Zhao, T., & Rillig, M. C. (2021). Effects of microplastics and drought on soil ecosystem functions and multifunctionality. *Journal of Applied Ecology*, 58(5), 988-996.

- López, APA, Trilleras, J., Arana, VA, Garcia-Alzate, LS ve Grande-Tovar, CD (2023). Atmosferik mikroplastikler: maruz kalma, toksisite ve zararlı sağlık etkileri. RSC ilerlemeleri , 13 (11), 7468-7489.
- Márquez, P. S. (2024). Endocrine disruptors: Effect on the intestinal microbiota as a cause of type 2 diabetes mellitus. *Medical Research Archives*, 12(8).
- Mbachu, O., Jenkins, G., Kaparaju, P., & Pratt, C. (2021). The rise of artificial soil carbon inputs: Reviewing microplastic pollution effects in the soil environment. *Science of the Total Environment*, 780, 146569.
- Milojevic, N., & Cydzik-Kwiatkowska, A. (2021). Agricultural use of sewage sludge as a threat of microplastic (Mp) spread in the environment and the role of governance. *Energies*, 14(19), 6293.
- Mitova, I., Dimitrov, E., & Dinev, N. (2019). Plastics-how they changed the world and posed challenges for sustainable and environmentally friendly farming. A review.
- Moshood, T. D., Nawanir, G., Mahmud, F., Mohamad, F., Ahmad, M. H., & AbdulGhani, A. (2022). Biodegradable plastic applications towards sustainability: A recent innovations in the green product. *Cleaner Engineering and Technology*, 6, 100404.
- Okeke, E. S., Okoye, C. O., Atakpa, E. O., Ita, R. E., Nyaruaba, R., Mgbechidinma, C. L., & Akan, O. D. (2022). Microplastics in agroecosystems-impacts on ecosystem functions and food chain. *Resources, Conservation and Recycling*, 177, 105961.
- Omidoyin, K. C., & Jho, E. H. (2023). Effect of microplastics on soil microbial community and microbial degradation of microplastics in soil: a review. *Environmental Engineering Research*, 28(6).
- Padha, S., Kumar, R., Dhar, A., & Sharma, P. (2022). Microplastic pollution in mountain terrains and foothills: A review on source, extraction, and distribution of microplastics in remote areas. *Environmental Research*, 207, 112232.
- Petroody, S. S. A., Hashemi, S. H., & van Gestel, C. A. (2021). Transport and accumulation of microplastics through wastewater treatment sludge processes. *Chemosphere*, 278, 130471.
- Prajapati, A., Narayan Vaidya, A., & Kumar, A. R. (2022). Microplastic properties and their interaction with hydrophobic organic contaminants: a review. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(33), 49490-49512.
- Prata, J. C., da Costa, J. P., Lopes, I., Duarte, A. C., & Rocha-Santos, T. (2019). Effects of microplastics on microalgae populations: a critical review. *Science of The Total Environment*, 665, 400-405.
- Prem, M., Ranjan, P., Seth, N., & Patle, G. T. (2020). Mulching techniques to conserve the soil water and advance the crop production—A Review. *Curr. World Environ*, 15, 10-30.
- Rajmohan, K. V. S., Ramya, C., Viswanathan, M. R., & Varjani, S. (2019). Plastic pollutants: effective waste management for pollution control and abatement. *Current Opinion in Environmental Science & Health*, 12, 72-84.
- Ren, S. Y., & Ni, H. G. (2022). A method for measuring the emissions of in situ agricultural plastic film microplastics by ultraviolet and mechanical abrasion. *Science of the Total Environment*, 819, 152041.
- Revel, M., Châtel, A., & Mouneyrac, C. (2018). Micro (nano) plastics: a threat to human health?. *Current Opinion in Environmental Science & Health*, 1, 17-23.
- Rosato, M. G., & Rosato, D. V. (Eds.). (2013). *Plastics design handbook*. Springer Science & Business Media.

- Ruggero, F., Gori, R., & Lubello, C. (2020). Methodologies for microplastics recovery and identification in heterogeneous solid matrices: a review. *Journal of Polymers and the Environment*, 28, 739-748.
- Qi, R., Jones, D. L., Li, Z., Liu, Q., & Yan, C. (2020). Behavior of microplastics and plastic film residues in the soil environment: A critical review. *Science of the Total Environment*, 703, 134722.
- Qi, Y., Yang, X., Pelaez, A. M., Lwanga, E. H., Beriot, N., Gertsen, H., ... & Geissen, V. (2018). Macro-and micro-plastics in soil-plant system: effects of plastic mulch film residues on wheat (*Triticum aestivum*) growth. *Science of the Total Environment*, 645, 1048-1056.
- Qiu, Y., Zhou, S., Zhang, C., Zhou, Y., & Qin, W. (2022). Soil microplastic characteristics and the effects on soil properties and biota: A systematic review and meta-analysis. *Environmental Pollution*, 313, 120183.
- Samak, N. A., Jia, Y., Sharshar, M. M., Mu, T., Yang, M., Peh, S., & Xing, J. (2020). Recent advances in biocatalysts engineering for polyethylene terephthalate plastic waste green recycling. *Environment International*, 145, 106144.
- Sarker, A., Deepo, D. M., Nandi, R., Rana, J., Islam, S., Rahman, S., ... & Kim, J. E. (2020). A review of microplastics pollution in the soil and terrestrial ecosystems: A global and Bangladesh perspective. *Science of the Total Environment*, 733, 139296.
- Saud, S., Yang, A., Jiang, Z., Ning, D., & Fahad, S. (2023). New insights in to the environmental behavior and ecological toxicity of microplastics. *Journal of Hazardous Materials Advances*, 10, 100298.
- Schöpfer, L., Menzel, R., Schnepf, U., Ruess, L., Marhan, S., Brümmer, F., ... & Kandeler, E. (2020). Microplastics effects on reproduction and body length of the soil-dwelling nematode *Caenorhabditis elegans*. *Frontiers in Environmental Science*, 8, 41.
- Serrano-Ruiz, H., Martin-Closas, L., & Pelacho, A. M. (2021). Biodegradable plastic mulches: Impact on the agricultural biotic environment. *Science of The Total Environment*, 750, 141228.
- Shafea, L., Yap, J., Beriot, N., Felde, V. J., Okoffo, E. D., Enyoh, C. E., & Peth, S. (2023). Microplastics in agroecosystems: A review of effects on soil biota and key soil functions. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 186(1), 5-22.
- Shi, Y., Miao, H., Zhou, S., Leng, X., Wu, Y., & Huang, Y. (2024). Visualized analysis of microplastics in residents' diets and regional investigation of China. *Science of The Total Environment*, 174166.
- Shi, X., Chen, Z., Liu, X., Wei, W., & Ni, B. J. (2022). The photochemical behaviors of microplastics through the lens of reactive oxygen species: Photolysis mechanisms and enhancing photo-transformation of pollutants. *Science of The Total Environment*, 846, 157498.
- Singh, P., Varshney, G., & Kaur, R. (2024). Primary Microplastics in the Ecosystem: Ecological Effects, Risks, and Comprehensive Perspectives on Toxicology and Detection Methods. *Journal of Environmental Science and Health, Part C*, 1-52.
- Singh, S., & Bhagwat, A. (2022). Microplastics: A potential threat to groundwater resources. *Groundwater for Sustainable Development*, 19, 100852.
- Sol, D., Laca, A., Laca, A., & Díaz, M. (2020). Approaching the environmental problem of microplastics: Importance of WWTP treatments. *Science of the Total Environment*, 740, 140016.
- Sun, H., Shi, Y., Zhao, P., Long, G., Li, C., Wang, J., ... & He, S. (2023). Effects of polyethylene and biodegradable microplastics on photosynthesis, antioxidant defense systems, and

- arsenic accumulation in maize (*Zea mays* L.) seedlings grown in arsenic-contaminated soils. *Science of The Total Environment*, 868, 161557.
- Surendran, U., Jayakumar, M., Raja, P., Gopinath, G., & Chellam, P. V. (2023). Microplastics in terrestrial ecosystem: Sources and migration in soil environment. *Chemosphere*, 318, 137946.
- Tariq, M., Iqbal, B., Khan, I., Khan, A. R., Jho, E. H., Salam, A., ... & Du, D. (2024). Microplastic contamination in the agricultural soil—mitigation strategies, heavy metals contamination, and impact on human health: a review. *Plant Cell Reports*, 43(3), 65.
- Teague, R., & Kreuter, U. (2020). Managing grazing to restore soil health, ecosystem function, and ecosystem services. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 4, 534187.
- Thacharodi, A., Hassan, S., Meenatchi, R., Bhat, M. A., Hussain, N., Arockiaraj, J., ... & Pugazhendhi, A. (2024). Mitigating microplastic pollution: A critical review on the effects, remediation, and utilization strategies of microplastics. *Journal of Environmental Management*, 351, 119988.
- Tian, L., Jinjin, C., Ji, R., Ma, Y., & Yu, X. (2022). Microplastics in agricultural soils: sources, effects, and their fate. *Current Opinion in Environmental Science & Health*, 25, 100311.
- Turroni, S., Wright, S., Rampelli, S., Brigidi, P., Zinzani, P. L., & Candela, M. (2021). Microplastics shape the ecology of the human gastrointestinal intestinal tract. *Current Opinion in Toxicology*, 28, 32-37.
- Vattanasit, U., Kongpran, J., & Ikeda, A. (2023). Airborne microplastics: a narrative review of potential effects on the human respiratory system. *Science of The Total Environment*, 166745.
- Wang, F., Wang, Q., Adams, C. A., Sun, Y., & Zhang, S. (2022). Effects of microplastics on soil properties: current knowledge and future perspectives. *Journal of Hazardous Materials*, 424, 127531.
- Wang, W., Yan, X., Li, Q., Chen, Z., Wang, Z., & Hu, H. (2020). Adapted nano-carriers for gastrointestinal defense components: surface strategies and challenges. *Nanomedicine: Nanotechnology, Biology and Medicine*, 29, 102277.
- Weber, C. J., Santowski, A., & Chiffard, P. (2022). Investigating the dispersal of macro-and microplastics on agricultural fields 30 years after sewage sludge application. *Scientific reports*, 12(1), 6401.
- Wong, J. K. H., Lee, K. K., Tang, K. H. D., & Yap, P. S. (2020). Microplastics in the freshwater and terrestrial environments: Prevalence, fates, impacts and sustainable solutions. *Science of the total environment*, 719, 137512.
- Yadav, S., Gupta, E., Patel, A., Srivastava, S., Mishra, V. K., Singh, P. C., ... & Barik, S. K. (2022). Unravelling the emerging threats of microplastics to agroecosystems. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*, 21(3), 771-798.
- Yang, H., Yumeng, Y., Yu, Y., Yinglin, H., Fu, B., & Wang, J. (2022). Distribution, sources, migration, influence and analytical methods of microplastics in soil ecosystems. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 243, 114009.
- Yang, J., Li, L., Li, R., Xu, L., Shen, Y., Li, S., ... & Luo, Y. (2021). Microplastics in an agricultural soil following repeated application of three types of sewage sludge: A field study. *Environmental Pollution*, 289, 117943.
- Yang, J., Li, R., Zhou, Q., Li, L., Li, Y., Tu, C., ... & Luo, Y. (2021). Abundance and morphology of microplastics in an agricultural soil following long-term repeated application of pig manure. *Environmental pollution*, 272, 116028.

- Yang, Y., Li, P., Jiao, J., Yang, Z., Lv, M., Li, Y., ... & Song, S. (2020). Renewable sourced biodegradable mulches and their environment impact. *Scientia Horticulturae*, 268, 109375.
- Yang, X., Zhang, Z., & Guo, X. (2023). Impact of soil structure and texture on occurrence of microplastics in agricultural soils of karst areas. *Science of the Total Environment*, 902, 166189.
- Yee, M. S. L., Hii, L. W., Looi, C. K., Lim, W. M., Wong, S. F., Kok, Y. Y., ... & Leong, C. O. (2021). Impact of microplastics and nanoplastics on human health. *Nanomaterials*, 11(2), 496.
- Yin, M., Yan, B., Wang, H., Wu, Y., Wang, X., Wang, J., ... & Fu, C. (2023). Effects of microplastics on nitrogen and phosphorus cycles and microbial communities in sediments. *Environmental Pollution*, 318, 120852.
- Yu, H., Zhang, Y., Tan, W., & Zhang, Z. (2022). Microplastics as an emerging environmental pollutant in agricultural soils: effects on ecosystems and human health. *Frontiers in Environmental Science*, 10, 855292.
- Yu, Y., Battu, A. K., Varga, T., Denny, A. C., Zahid, T. M., Chowdhury, I., & Flury, M. (2023). Minimal impacts of microplastics on soil physical properties under environmentally relevant concentrations. *Environmental Science & Technology*, 57(13), 5296-5304.
- Yu, Y., Mo, W. Y., & Luukkonen, T. (2021). Adsorption behaviour and interaction of organic micropollutants with nano and microplastics—a review. *Science of the Total Environment*, 797, 149140.
- Yuan, Z., Pei, C., Li, H., Lin, L., Liu, S., Hou, R., ... & Xu, X. (2023). Atmospheric microplastics at a southern China metropolis: occurrence, deposition flux, exposure risk and washout effect of rainfall. *Science of the Total Environment*, 869, 161839.
- Xu, B., Liu, F., Brookes, P. C., & Xu, J. (2018). Microplastics play a minor role in tetracycline sorption in the presence of dissolved organic matter. *Environmental Pollution*, 240, 87-94.
- Xu, C., Zhang, B., Gu, C., Shen, C., Yin, S., Aamir, M., & Li, F. (2020). Are we underestimating the sources of microplastic pollution in terrestrial environment?. *Journal of hazardous materials*, 400, 123228.
- Xu, X. Y., Lee, W. T., Chan, A. K. Y., Lo, H. S., Shin, P. K. S., & Cheung, S. G. (2017). Microplastic ingestion reduces energy intake in the clam *Atactodea striata*. *Marine Pollution Bulletin*, 124(2), 798-802.
- Zeb, A., Liu, W., Ali, N., Shi, R., Wang, Q., Wang, J., ... & Liu, J. (2024). Microplastic pollution in terrestrial ecosystems: Global implications and sustainable solutions. *Journal of hazardous materials*, 461, 132636.
- Zhang, B., Yang, X., Chen, L., Chao, J., Teng, J., & Wang, Q. (2020). Microplastics in soils: a review of possible sources, analytical methods and ecological impacts. *Journal of Chemical Technology & Biotechnology*, 95(8), 2052-2068.
- Zhang, G. S., Zhang, F. X., & Li, X. T. (2019). Effects of polyester microfibers on soil physical properties: Perception from a field and a pot experiment. *Science of the Total Environment*, 670, 1-7.
- Zhang, H., Huang, Y., An, S., & Zhu, Z. (2022). A review of microplastics in soil: distribution within pedosphere compartments, environmental fate, and effects. *Water, Air, & Soil Pollution*, 233(9), 380.
- Zhang, Z., Cui, Q., Chen, L., Zhu, X., Zhao, S., Duan, C., ... & Fang, L. (2022). A critical review of microplastics in the soil-plant system: Distribution, uptake, phytotoxicity and prevention. *Journal of Hazardous Materials*, 424, 127750.

- Zhou, J., Wen, Y., Marshall, M. R., Zhao, J., Gui, H., Yang, Y., ... & Zang, H. (2021). Microplastics as an emerging threat to plant and soil health in agroecosystems. *Science of the Total Environment*, 787, 147444.
- Zhou, Y., Wang, J., Zou, M., Jia, Z., Zhou, S., & Li, Y. (2020). Microplastics in soils: A review of methods, occurrence, fate, transport, ecological and environmental risks. *Science of the Total Environment*, 748, 141368.
- Zhu, B., Wang, D., & Wei, N. (2022). Enzyme discovery and engineering for sustainable plastic recycling. *Trends in biotechnology*, 40(1), 22-37.
- Ziani, K., Ioniță-Mîndrican, C. B., Mititelu, M., Neacșu, S. M., Negrei, C., Moroșan, E., ... & Preda, O. T. (2023). Microplastics: a real global threat for environment and food safety: a state of the art review. *Nutrients*, 15(3), 617.

**RESILIENCE IN MOTION: THE ROLE OF HUMAN MOBILITY IN
STRENGTHENING RURAL COMMUNITIES**

Ananda MAJUMDAR (ORCID:0000-0003-3045-0056)

University of Alberta – Academia.edu

Email:anandamajumdar2@gmail.com

Abstract

Many rural communities confront a variety of stressors that necessitate ongoing recovery, adaptation, and engagement in transformative processes across multiple systemic levels to sustain their resilience. As economic, social, and environmental conditions evolve, one significant factor influencing this resilience is mobility into and out of rural areas. This scoping review seeks to delineate the existing literature regarding the relationship between human mobility and rural resilience, focusing on the various systems that shape mobility patterns and the effective coping mechanisms employed by rural populations under stress. The findings indicate that climate exposure is the primary stressor affecting rural communities, with migration from these areas emerging as a prevalent adaptive strategy. This research provides valuable insights into the challenges faced by rural populations and the coping strategies they implement. Several co-occurring protective factors influencing individual, household, and community resilience have also been identified. The interconnectedness of these protective factors and their varying significance over time is essential for policymakers to develop effective strategies to enhance the strength of newcomers and long-established rural populations. The paper aspires to promote sustainable rural development in developing countries and serve as a model for future villages. The methodology employed in this study involved a thorough documentary analysis. The underlying question is how villages can thrive in an evolving global landscape.

Keywords: Rural Communities, Resilience, Human Mobility, Adaptive Strategies, Climate Exposure, Migration, Protective Factors, Sustainable Development, Systemic Levels, Coping Mechanisms, Policy Development, Community Engagement, Transformative Processes, Documentary Analysis, Rural Development Model, Evolving Global Landscape.

Introduction

Rural populations represent a significant demographic segment, composing more than half of the world's population and accounting for nearly two-thirds of individuals living in poverty in developing nations. (Adi Saputri et al., 2023). These communities contend with a unique set of challenges primarily attributed to their geographic isolation, the impacts of globalization, and their heightened vulnerability to climate change. The issues faced by rural populations are often exacerbated by their physical distance from vital infrastructure and essential services, which results in social and economic isolation, creating a cycle of dependency that further entrenches inequality. High poverty rates (Adisaputri et al., 2023) in these areas are often accompanied by increased crime, limited educational opportunities, and pronounced social disparities. People frequently migrate from rural settings to urban centers to seek improved conditions—regarding access to resources, quality education, or enhanced employment prospects (Adisaputri et al., 2023). This migration leads to a noticeable decline in rural populations and contributes to the deterioration of local infrastructure and essential services, further discouraging those who remain. Rural resilience refers to the ability of rural populations to adapt, recover, and thrive amid various challenges. Multiple factors influence it, including socioeconomic conditions, cultural determinants, environmental influences, and policy frameworks. To fully understand the lived experiences of individuals and communities in rural regions, it is crucial to take into account spatial (geographic), contextual (socioeconomic and cultural), and temporal (historical and situational) factors that shape their realities (Adisaputri et al., 2023). The patterns of mobility—both into and out of rural areas—play a vital role in shaping the resilience of these communities. Mobility serves a dual function; it can foster resilience by providing new opportunities and resources, yet it can also detract from it by depleting the community of its human capital (Adisaputri et al., 2023).

Rural-urban mobility is quite joint, often driven by social networks and family ties, whereas rural-urban migration typically emerges as a predominant strategy for coping with economic hardship (Adisaputri et al., 2023). The patterns of mobility are evolving and becoming increasingly complex. Trends can reflect shifts at various geo-administrative levels—ranging from international to intra-national movement—and can vary in the duration of stay, whether permanent or temporary. The motivations behind these migration patterns can also differ significantly, with individuals moving for various reasons, from voluntary choices for better opportunities to decisions made under duress or forced circumstances. The legal status of migrants adds another layer of complexity, affecting their rights and access to services in both their origin and destination areas. Each of these dimensions of mobility has profound implications for the social, economic, and ecological environments in which rural populations exist. This scoping review aims to delve into the extensive literature surrounding the influences of human mobility on the experiences of individuals and communities within rural contexts. It utilizes a multisystemic model of resilience as the theoretical framework, conceptualizing resilience as a product of intricate interactions among various systems—biological, psychological, environmental, and social—that are interdependent at multiple levels (Adisaputri et al., 2023).

Literature Review: The relationship between human mobility and rural resilience is an emerging area of research, highlighting how migration influences the adaptive capacities of rural communities. Much literature suggests that mobility plays dual roles; it can be an essential coping mechanism that enhances resilience while presenting challenges that may undermine

community cohesion. For example, de Haas's (2010) studies indicate that migration to urban centers often provides individuals from rural backgrounds with crucial access to better economic opportunities, education, and healthcare, strengthening their resilience against local adversities. However, the ongoing outmigration trend can lead to declining rural populations, resulting in substantial economic and social consequences, such as weakened local infrastructure and reduced social networks (Zefferman, 2018). This duality emphasizes the need for a nuanced understanding of mobility's impact on community resilience. Economic factors are a primary driver of these mobility patterns. Rural poverty, marked by limited access to stable employment and resources, significantly pushes individuals to seek opportunities in urban areas (Bhandari & Sikka, 2020). The connection between economic conditions and migration decisions underscores the importance of local development policies to improve economic viability, retain residents, and build community resilience (Mastrorillo et al., 2016). Such policies can help alleviate the adverse effects of outmigration by creating a more favourable environment for economic growth in rural contexts. Another important aspect is the impact of climate change on rural mobility. According to Black et al. (2011), adverse environmental conditions, such as extreme weather events and resource scarcity, often compel individuals to migrate as a form of adaptation. This type of migration can disrupt established community support systems, leading to social fragmentation and increased vulnerability for those who remain (Rigaud et al., 2018). This situation highlights the complex relationship between climate exposure and human mobility, necessitating a more in-depth exploration of how environmental pressures can drive migration and affect community resilience. Social networks significantly influence mobility patterns, with rural-to-rural movements often shaped by familial ties and community relationships. Research shows that these networks can bolster resilience by building social capital and enabling mutual support among community members (Boccagni, 2017).

Conversely, when individuals migrate to urban areas, they may become disconnected from these supportive networks, leading to increased isolation for those who stay behind, which can worsen vulnerabilities and create cycles of dependency (Cassarino, 2004). Understanding these social dynamics is crucial for developing strategies that enhance resilience in response to challenges brought on by mobility. From a policy perspective, scholars emphasize the need for an integrative approach that addresses the complex factors influencing migration and rural resilience. Policymakers should consider migration's push and pull factors, fostering environments supporting adaptive strategies for rural populations and newcomers (Schwerdtle et al., 2018). This involves recognizing the interconnectedness of migration, climate adaptation, and economic development and tailoring interventions that enhance community resources and strengthen social cohesion. Emerging trends in mobility, such as seasonal labour migration and temporary displacement, further complicate the narrative and highlight the evolving nature of rural resilience in response to economic changes (IOM, 2020). Future research should focus on dissecting these patterns, paying attention to the experiences of different demographic groups and the implications of mobility for community sustainability. The existing literature shows that comprehending the multifaceted relationship between human mobility and rural resilience is essential for developing effective strategies that empower rural communities as they navigate an increasingly complex global landscape. Continued exploration is vital for informing policies that promote adaptive capacity and foster sustainable development in rural areas facing contemporary challenges.

Methodology: The methodology utilized in this scoping review was designed to methodically explore the intricate relationship between human mobility and rural resilience. A systematic

search was conducted across multiple academic databases, including JSTOR, Google Scholar, and Scopus, to gather relevant literature. Keywords such as "rural communities," "resilience," "human mobility," "adaptive strategies," "climate exposure," and "migration" were meticulously selected to encompass a broad spectrum of topics related to the research focus. A thorough screening process based on well-defined inclusion and exclusion criteria ensured that only studies pertinent to rural resilience and migration dynamics were retained. Data extraction involved compiling critical information from each selected study, capturing insights on the types of stressors faced by rural communities, the patterns and motivations behind their mobility, and the coping strategies employed. This data was then subjected to thematic analysis, where recurring themes and trends were identified. The study aimed to illuminate the multifaceted nature of human mobility in rural settings, showcasing how it can simultaneously act as a resource for resilience or contribute to its erosion through the outflow of human capital. The synthesis of findings drew attention to critical protective factors that bolster the ability of individuals, households, and communities to adapt to changing conditions. These protective factors were contextualized within the broader socioeconomic and environmental frameworks that shape rural realities. Acknowledging the limitations of the review, such as the diversity in methodological rigour among the studies reviewed and the geographical variability of rural contexts, provided a nuanced understanding of the findings. Ultimately, this detailed methodological approach facilitated a comprehensive exploration of how mobility influences rural resilience, shedding light on vital considerations for policymakers and stakeholders aiming to support and enhance the sustainability of rural communities in an ever-evolving global landscape. In this essay, in-text citations are utilized throughout to indicate sources rather than footnotes, ensuring clarity for the audience. The analysis delves into the complexities of rural development, examining various socioeconomic and political circumstances that have been categorized into three distinct areas: spatial (geographic), contextual (socioeconomic and cultural), and temporal (historical and situational). The essay also explores the reasons behind these complexities for a more comprehensive understanding.

Discussion: Rural development is an integral component of a nation's comprehensive development strategy, profoundly influencing the socioeconomic fabric of both developed and developing countries. The sustainable resilience of these nations relies heavily on the practical implementation of rural development initiatives, which are essential for achieving a balanced demographic structure. In rural areas, various interrelated factors such as migration patterns, community adaptability, resilience to socioeconomic shocks, sustainability practices, and the impacts of climate change play critical roles in fostering the growth and vitality of villages. For development to be meaningful and sustainable, it requires a multifaceted approach that involves collaborative efforts between the public and private sectors. Additionally, increasing awareness among citizens about their role in rural development is crucial. Without a concerted effort to enhance rural infrastructure and promote sustainable practices, the looming crisis of migration—particularly from rural to urban areas—will only intensify. This is especially evident in developing countries, where many villages still struggle with inadequate infrastructure and lack the necessary resources to ensure economic viability and social sustainability. Climate change issues significantly disrupt rural development by improving agricultural practices such as irrigation techniques and animal husbandry, affecting villagers' economic and social well-being. These advancements create better living conditions, empowering residents to remain in their communities rather than seeking opportunities in urban centers. High levels of unchecked migration can lead to imbalanced growth between rural and urban areas, resulting in urban overcrowding and a depletion of rural livelihoods. Creating

model villages exemplifies the need for stability across various dimensions: economic viability, social equity, educational access, and environmental sustainability. Countries like Ethiopia and others in sub-Saharan Africa illustrate successful rural development models that have effectively addressed these aspects. However, the challenges rural communities face are not unique to the globe. In regions such as Africa and Asia, socioeconomic issues—including deeply rooted gender inequities—pose significant barriers to progress. Addressing these challenges requires a committed approach focused on socio-cultural advancements, economic development, and environmental stewardship.

On the other hand, developed countries face different challenges in rural development. For instance, many rural villages and houses in Japan are becoming increasingly abandoned due to shifting demographic trends. The government is experiencing an aging population coupled with a declining youth demographic, leading to the depopulation of once-thriving rural areas. Overall, rural development is multifaceted and requires attention to the unique challenges and opportunities in different national contexts. To ensure balanced growth and development, it is imperative to formulate targeted strategies that resonate with rural populations' needs while promoting their long-term sustainability.

Various authors have interpreted the concept of natural resilience in multiple ways, each offering unique insights into its nature and implications (Adisaputri et al., 2023). Scholars such as Heijman and his colleagues highlight that rural resilience primarily pertains to the ability of the (Adisaputri et al., 2023) region to adapt effectively to external stressors, such as economic shifts, environmental changes, and social challenges. This adaptability is crucial for the sustainability and growth of rural areas. In a complementary perspective, researchers Cox and Hamlen define rural resiliency as the capacity of villagers to face and navigate challenges (Adisa Putri et al., 2023). They operationalize rural resilience through diverse domains, including the strength of social networks, availability of community resources, and effectiveness of disaster management practices. This multifaceted approach recognizes that resilience is not solely an individual trait but an asset that develops through collaboration and resource-sharing. As a critical feature of rural development, rural resilience relies on a web of interconnected protective factors (Adisa Putri et al., 2023), which can be assessed at various levels of analysis. These factors significantly influence the resilience of individuals, households, and broader communities, especially those affected by migration and mobility in rural settings (Adisa Putri et al., 2023).

Essential elements contributing to rural resilience include a strong sense of rural identity, robust community networks, accessible educational facilities, and comprehensive agency support. The availability of information and access to physical and natural capital play pivotal roles in bolstering resilience (Adisa Putri et al., 2023). The interdependence of these factors suggests that improvements in one area, such as educational resources, must be aligned with advances in physical infrastructure, the creation of employment opportunities, and overall support from both governmental and non-governmental organizations. This alignment underscores the importance of a holistic approach to enhancing resilience in rural development. Resilience is inherently multifaceted, exhibiting varying (Adisa Putri et al., 2023) levels of richness and complexity. For instance, when quality education is available in rural areas, it can significantly improve individual resilience, equipping individuals with the skills and knowledge necessary to adapt to challenges. However, (Adisa Putri et al., 2023), it is crucial to recognize that resilience only sometimes seamlessly transcends different levels of society. For example, while

remittances sent back home by migrating family members can enhance a household's financial stability and resilience, they may not effectively strengthen the strength of women or the community at large. Thus, addressing resilience in rural contexts requires a nuanced understanding of how various factors interact and impact each other at different levels.

Conclusion: This scoping review illustrates the intricate relationship between human mobility and rural resilience, highlighting rural communities' multifaceted challenges in an ever-evolving global landscape. The findings reveal that while climate exposure is a significant stressor, migration is a crucial adaptive strategy for many individuals seeking to enhance their quality of life. However, the implications of mobility are complex; although it can offer new opportunities and resources, it may also deplete communities of their human capital. As rural populations navigate these challenges, various protective factors—including socioeconomic support and community engagement—play a vital role in bolstering resilience at individual, household, and community levels. Understanding the interconnectedness of these factors and their changing significance over time is essential for policymakers striving to promote sustainable rural development. The insights gained from this review emphasize the necessity for targeted policy interventions that address the immediate needs of rural populations while fostering long-term strategies for building resilience. By considering the diverse motivations behind migration and the legal intricacies affecting migrants, stakeholders can formulate comprehensive approaches to support newcomers and long-standing residents. Promoting sustainable rural development in developing countries requires a holistic understanding of the dynamics at play within these rural settings. By harnessing the adaptive capacities of rural communities and ensuring their voices are integral to the policymaking process, there is a significant opportunity to transform these areas into thriving environments that can withstand future stressors. Continuous dialogue surrounding rural resilience, mobility, and community engagement will be essential as these communities adapt and evolve in response to the challenges ahead.

The fundamental question is how villages can flourish in an evolving global landscape. Villages can thrive by embracing sustainable practices, leveraging technology, and fostering strong community networks. They can attract eco-conscious tourists and businesses by adopting renewable energy sources, implementing sustainable agriculture, and promoting effective waste management. Using digital tools enables local artisans and entrepreneurs to access broader markets while highlighting unique cultural heritage through festivals and crafts, which can further enhance tourism. Investing in education and skills training equips residents with essential tools for entrepreneurship in a global economy. Improving infrastructure—such as transportation and healthcare—can make villages more appealing and resilient to economic fluctuations and climate change. Through these concerted efforts, villages can cultivate vibrant communities that prosper despite external challenges with various narratives like migration, globalization, climatization, etc. Resiliency can flourish once they are all solved for the re-establishment of all villages and villagers. The country must focus on rural development, and stakeholders must pay more attention to the villages.

References

- Zefferman, S. (2018). The Impact of Out Migration on Rural Communities: Economic and Social Consequences. *Journal of Rural Studies*, 63, 117-129.
- Bhandari, H., & Sikka, R. (2020). Exploring the impact of rural poverty on migration patterns. *Journal of Economic Development Studies*, 45(3), 200-215.
- Black, R., Bennett, S. R. G., Thomas, S. M., & Evers, J. (2011). Climate change, migration, and security: Evidence from the literature. *Global Environmental Change*, 21(1), 48–55. Retrieved from [Climate change: Migration as adaptation | Request PDF](#)
- Rigaud, K. K., de Sherbinin, A., Jones, B., & et al. (2018). Evidence on Human Migration in the Context of Climate Change in the Pacific Islands. World Bank. Retrieve from (PDF) [Groundswell: Preparing for Internal Climate Migration](#)
- Boccagni, P. (2017). Social networks, resilience, and mutual support in communities. *Journal of Community Psychology*, 45(4), 347–362.
- Cassarino, J.-P. (2004). Theoretical perspectives on circular migration: A comparative analysis. International Migration Institute. [Theorising Return Migration: The Conceptual Approach to Return Migrants Revisited](#)
- Adi Saputri, G., Khan, A., Cameranesi, M., & Ungar, M. (2023). Rural resilience and mobility: As coping review. *The Journal of Rural and Community Development*, 18(3), 21–42. Retrieve from [Rural Resilience and Mobility: A Scoping Review | Journal of Rural and Community Development](#)
- Haas, Hein de. "Migration and Development: A Theoretical Perspective." *International Migration Review*, vol. 44, no. 1, Mar. 2010, pp. 227–264. Retrieve from [imre_804227..264](#)

**POTENTIAL OF AFRICAN PALM WEEVIL LARVAE: IMPLICATIONS FOR
FEED PRODUCTION AND ENVIRONMENTAL CONSERVATION IN NIGERIA**

INIBEHE GEORGE UKPONG*(ORCID:0000-0003-3213-7645)

Department of Agricultural Extension & Management, School of Agricultural Technology,
Federal Polytechnic Ekowe, Bayelsa State, Nigeria

Email: inibeheukpong@gmail.com

ANYANWU UGOCHUKWU H.

Department of Agricultural Technology, School of Agricultural Technology, Federal
Polytechnic Ekowe, Bayelsa State, Nigeria

Abstract

One of the most challenging issues in recent years is the rapidly growing global population, which has led to an unprecedented surge in food demand and increased human reliance on the natural environment for wild food and means of livelihoods. Additionally, shifting dietary patterns and rising competition between food and feed production emphasize the critical need to explore new sustainable food production systems. This is especially vital in developing countries, where predominantly rural populations rely heavily on natural resources for food. This dependency often leads to over-exploitation and unsustainable use of environmental resources, exacerbated by weak environmental protection laws and inadequate enforcement. This article reiterates the potential of cultivating African palm weevil larvae (APWL) as a high-protein feed source. It highlights the pressure on environmental resources due to the increasing demand for food and animal protein. Specifically, the rising demand for edible larvae by humans and as supplements in animal feeds poses a threat to palm trees. With their high protein content, APWL offer a promising alternative protein source for both farm animals and humans. Thus, this study aims to provide further insights into the potential of wild African palm weevil larvae while advocating for the cultivation of the larvae as a strategy to help reduce indiscriminate tree felling and harvesting of wild APWL in Nigeria and other developing countries. Additionally, it calls for increased investments in APWL production to promote commercialization and improve their availability and accessibility.

Keywords: African weevil, raffia palm, weevil larvae, feed production, environmental conservation.

INTRODUCTION

Environmental conservation involves the practice aimed at ensuring efficient use of natural resources, in a way to protect and preserve the environment (Awewomom *et al.*, 2024). This includes policies and practices aimed at discouraging and preventing the degradation, depletion, or inefficient use of natural resources (Tian & Wang, 2024). Environmental conservation can be practised by individuals, businesses, community organizations, governments, and international coalitions using various conservation strategies (Islam *et al.*, 2024).

The rise in global population has clearly led to unprecedented increase in food demand (Azizi, 2024), which in turn has intensified human dependence on the natural environment for wild food sources (Ritchie & Roser, 2024). This is mostly prominent in developing countries where there are loose environmental protection laws, and poor enforcement of such laws (Luković *et al.*, 2024; Knorr & Augustin, 2024).

Furthermore, the growing human population, shifting dietary trends, and increasing competition between food and feed production underscore the urgent need to explore new sustainable food production systems. The most pressing issue in recent years is the rapidly increasing global population. According to the Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), the world's population is projected to reach 9 billion by 2050 due to exponential growth (FAO, 2018). This will result in a greater need for food, especially for animal protein sources such as cattle, poultry and fish. In addition, the FAO has foreseen that global meat production and consumption will double by 2050 compared to 2000 (Migietta *et al.*, 2024).

Utilizing alternative feed ingredients which can be locally produced and at the confinement of the farmstead is therefore essential for supporting the sustainability of poultry production (Abd El-Hack *et al.*, 2020). A similar trial has confirmed the enormous protein content of African palm weevil and its potential in reducing overhead cost associated with fish-meal importation in Nigeria and other developing countries (Agbanimu & Adeparusi, 2020).

Insect meals have been described as a cheap animal protein which could serve as an alternative to soya beans or fish meal (Okubanjo *et al.*, 2014; Ijaiya and Eko, 2009). The biological digestion of animal wastes by the larval stage of flies (especially house and soldier flies), and the harvest and use of larvae and pupae of insects is a cheap way of supplying high protein materials. Interestingly, study of the use of insect meals as a substitute for fish meal have increased in recent times (Okubanjo *et al.*, 2014; Chisowa *et al.*, 2015). Maggot meal has been reported to be a possible alternative (Okah and Onwujiariri, 2012). It has good nutritional value, cheaper and less tedious to produce than other animal protein sources. It is also produced from wastes, which otherwise would constitute environmental nuisance. Other insect meals such as watermelon bug meal, termite meal, silkworm caterpillar meal, locust meal, grasshopper meal have been proven to be significantly better in performance (weight gain, feed conversion ratio, protein efficiency ratio, linear body measurements, carcass and organ weight measurements and haematological indices) and insect meals are not nutritionally inferior to fish meal (Jumaa *et al.*, 2014; Chisowa *et al.*, 2015).

Nutrient and chemical analysis of these grubs revealed the presence of protein, carbohydrates, saturated and unsaturated oil and fatty acids at about 31-61% wet weight (Ukoroije, 2019). Minerals found include sodium, zinc, iron, copper, manganese, potassium, calcium, phosphorus

and magnesium in low, moderate and high content levels (Okaraonye and Ikewuchi, 2008). The larvae are proven to contain the richest source of animal fat and high energy value of 234.9kj/100g of larvae (Mba *et al.*, 2017). Chaney (2006), reported the larvae of *R. Phoenicis* has higher protein compared to termites, milk obtained from cattle, eggs and beef. Hence, larval meal can significantly improve protein requirements for human daily

More so, the high cost of soybean and fish meal is preventing the livestock sector from reaching its full potential and meeting the increasing demand for animal protein products. This situation poses a significant threat to the economic sustainability of poultry farming, especially in developing countries like Nigeria. The steep rise in foreign exchange required to import fish-meal further contributes to these high costs. Additionally, frequent disruptions to farming activities in Northern Nigeria caused by banditry and insurgency have led to severe shortages of key feed ingredients typically grown in the region. Combined, these factors present a complex challenge in Nigeria, unlike anything faced before, and demand innovative solutions to ensure sustainable food production. In light of these circumstances, exploring alternative feed resources has become crucial. Amid the growing global discourse on sustainability, this research will draw upon key concepts, models, and theories of sustainability and economic development to address both livelihood and environmental challenges. The proposed research aims to contribute to the existing body of knowledge while identifying gaps and opportunities from similar research. It will also generate baseline data to serve as a reference point for achieving several goals, including reducing the cost of fish and broiler chicken production, which poses a significant challenge to existing fish and poultry farms in Nigeria. Additionally, the study aims to optimize the growth of fish and chickens, enhance meat quality, promote eco-friendly recycling of organic waste, and support the conservation of environmental resources. The larvae are generated from eggs deposited on damaged trees by the African raffia weevil and are typically harvested from the wild, specifically from damaged or fallen trees. The eggs are laid on the damaged surfaces within palm trees (Akande *et al.*, 2020). However, this study aims to facilitate the cultivation and breeding of the larvae without harming any trees, allowing for collection from a controlled breeding system. In view of the forgoing, a research is proposed to enable cultivation and commercialization of African palm weevil larvae (or raffia palm larvae) as alternative protein source in feed production. The larvae will help serve as replacement for highly competitive fish-meal and soybean meal thereby reducing the cost of feed production. The study aimed to achieve the following specific objectives:

- i. To produce a significant quantity of African palm weevil larvae (APWL) meal necessary to replace fish and soybean meals.
- ii. To assess the impact of raffia palm larvae meal on the growth performance and carcass characteristics of chickens and fish.
- iii. To determine the effect of raffia palm larvae meal on the hematological indices of fish and chickens.
- iv. To determine the cost effectiveness of replacing fish-meal and soybean meals with APWL meal in fish and chicken production.
- v. Evaluate the potential of cultivating raffia palm larvae towards conserving the affected natural resources such as the wild African palm weevil and raffia palms.

LITERATURE REVIEW

The larvae of the African Palm Weevil (*Rhynchophorus phoenicis*), commonly known as the "Edible Worm," are considered a delicacy in many regions of Nigeria and other African

countries. The weevil deposits its eggs on damaged areas within raffia palm trees (*Raphia spp.*) (Akande *et al.*, 2020), and the larvae are subsequently harvested from the naturally infested palm stems. The larva is known by different names across various countries. In Nigeria, certain ethnic groups hold strong beliefs about its high nutritional value and significant pharmaceutical potential. The preparation methods vary by region: in some areas (like Ilesha), the larvae are boiled, while in others (such as the Ibibio in Akwa Ibom State and the Igbos in Anambra State), they are smoked, fried, or even eaten raw. In the Urhobo community of Delta State, the larvae are sometimes consumed with tapioca or bread. The Urhobo and Isoko communities in Delta State also recommend them to pregnant women, likely as a source of essential nutrients (Ekpo, 2003). The use of African palm weevil larvae is believed to extend beyond nutrition, with many traditional claims of medicinal properties. For instance, the Itsekiri people in Delta State believe that the live larva can cure a specific infant ailment characterized by twitching hands and feet, restlessness, and similar symptoms. In general, African palm weevils are collected from the wild, but research indicates that insect farming offers advantages over wild harvesting (Ooninx and de Boer, 2012; Reverberi, 2020). Although the practice of insect farming for food and feed is relatively new in East Africa, over 75% of feed millers and farmers have expressed interest in adopting these techniques (Chia *et al.*, 2020). This shift introduces cost-effective methods for rearing and processing insects, adding value and increasing profitability. Unlike in Europe, where only seven insect species are approved for animal feed, all edible insect species are accepted for feed and food in Kenya and Uganda (Madau *et al.*, 2020; Tanga *et al.*, 2021). The African palm weevil presents considerable potential as a commodity in East Africa, yet the rapidly growing industry receives little attention. Although it is still in its early stages, insect farming is quickly becoming a profitable venture for farmers, thanks to low-cost production methods and the availability of organic waste. In Uganda, Tanzania, and Kenya, many companies have begun cultivating edible insects, including African palm weevils. More than 95% of these farms function as micro-enterprises, with the opportunity for increased automation as demand for edible insects rises in the region (Tanga *et al.*, 2021). Samples of the African palm weevil larvae are displayed in Plates 1 and 2, while Plate 3 features African raffia palms.



Plates 1&2. African palm weevil larvae.

Sources: (1). NigeriaInfo (2024). <https://web.facebook.com/NigeriaInfoFM/photos>;

(2). <https://www.humansforabundance.com/post/how-an-edible-larva-is-putting-palm-trees-in-danger>



Plate 3. Example of African raffia palm.

Source: <https://www.premiumtimesng.com/investigationspecial-reports/731592-special-report-decline-in-palm-wine-production-leads-to-scarcity-adulteration.html>

CONCLUSION

This review reaffirms the potential of cultivating African palm weevil larvae as a high-protein feed source for livestock, including poultry and fish. It also emphasizes the increasing pressure on environmental resources due to the rising demand for food and protein-rich sources. With their high protein content, the larvae offer a promising alternative protein source for both farm animals and humans. Beyond production, the study promotes the commercialization of these larvae to improve their availability and accessibility. Further more, this study also advocates for environmental conservation and the protection of natural resources, as cultivating the larvae will decrease the need for wild harvesting, which frequently results in the damage or destruction of raffia palms.

REFERENCES

- Abd El-Hack, M. E., M. E. Shafi., W. Y. Alghamdi., S. A. Abdelnour., A. M. Shehata., A. E. Noreldin., & M. Ragni, (2020). african palm weevil (*Hermetia illucens*) meal as a promising feed ingredient for poultry: A Comprehensive Review. *Agriculture*, 10(8): 339.
- Agbanimu, A. B., & Adeparusi, E. O. (2020). Growth performance and nutrient utilization of African catfish (*Clarias gariepinus*) juveniles fed varying inclusions of defatted African palm weevils (*Rhynchophorus phoenicis*) meal. *Aquaculture Studies*, 20(2), 073-079.
- Akande, O.A., Falade, O.O., Badejo, A.A. and Adekoya, I., 2020. Assessment of mulberry silkworm pupae and African palm weevil larvae as alternative protein sources in snack fillings. *Heliyon* 6: 03754. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e03754>.
- Awewomom, J., Dzeble, F., Takyi, Y. D., Ashie, W. B., Ettey, E. N. Y. O., Afua, P. E., ... & Akoto, O. (2024). Addressing global environmental pollution using environmental control techniques: a focus on environmental policy and preventive environmental management. *Discover Environment*, 2(1), 8.
- Azizi, J. (2024). A Review of Food Supply Chain and Food Security's Indicators. Available at SSRN 4737374.
- Chisowa, D.M., Mupeyo, B and Kasamba, R.T. (2015). Evaluation of winged termites on sole sources of protein in growing Japanese quails. *European Academic Research*. 2,15214 - 15227
- Ekpo, K.E. (2003). *Biochemical investigation of the nutritional value and toxicological safety of entomophagy in Sourthern Nigeria*. Ph.D Dissertation, Ambrose Alli University, Ekpoma, Edo State.
- Ekpo, K.E. (2003). *Biochemical investigation of the nutritional value and toxicological safety of entomophagy in Sourthern Nigeria*. Ph.D Dissertation, Ambrose Alli University, Ekpoma, Edo State.
- Ijaiya, A.T and Eko, E.O. (2009). Effect of replacing fish meal with silkworm caterpillar meal on performance, carcass characteristics and haematological parameters of finishing broiler chicken. *Pakistan Journal of Nutrition*. 8(6), 850 -855
- Islam, M. W., Ahmed, S., & Mahin, R. T. (2024). Motivation in Community-Based Tourism: Linking Locals to Internationals in Promoting Community Development and Conservation of Natural Resources. In *Strategic Tourism Planning for Communities: Restructuring and Rebranding* (pp. 221-245). Emerald Publishing Limited.
- Jumaa, B.J., Dafalla, M.M., Bushara, I and Amin, M.H.H. (2014). Effects of inclusion of different levels of watermelon bug meal in broiler diets on feed intake, body weight changes and feed conversion ratio. *Global Journal of Animal Scientific Research*. 2(1), 76- 85.
- Knorr, D., & Augustin, M. A. (2024). The future of foods. *Sustainable Food Technology*, 2(2), 253-265.
- Luković, M., Kostić, M., & Dajić Stevanović, Z. (2024). Food tourism challenges in the pandemic period: getting back to traditional and natural-based products. *Current Issues in Tourism*, 27(3), 428-444.
- Mba, C.E. and Elekima, G.O.V. (2007). Nutrient composition of some terrestrial insects in Ahmadu Bello University, Samaru, Zaria Nigeria. *Science World Journal*. 2(2), 17 – 20
- Migietta, P. P. and F. De Leo., M. Ruberti, & S. Massari, (2024). Mealworms for Food: A Water Footprint Perspective. *Water*. 7. 6190-6203.

- Okah, U and Onwujiariri, E.B (2012). Performance of finisher chickens fed maggot meal as a replacement for fish meal. *Journal of Agricultural Technology*. 8(2), 471 – 477
- Okubanjo, A.O., Apata, E.S. and Babalola, O.O. (2014). Carcass and Organoleptic Qualities of Chicken Broilers fed maggot meal in Replacement for dietary fish-meal. *American Journal of Research Communication*. 2(4), 147 – 156.
- Ritchie, H., & Roser, M. (2024). Wild mammals have declined by 85% since the rise of humans, but there is a possible future where they flourish. *Our World in Data*.
- Tanga, C., Egonyu, J. P., Beesigamukama, D., Niassy, S., Emily, K., Magara, H. J., Omuse, E. R., Subramanian, S. and Ekesi, S., (2021). Edible insect farming as an emerging and profitable enterprise in east Africa. *Current Opinion in Insect Science*. 48: 64-71.
- Tian, L., & Wang, Q. (2024). Improving mineral mining enterprises environmental performance through corporate social responsibility practices in China: Implications for minerals policymaking. *Resources Policy*, 88, 104442.
- Abro, Z., Kassie, M., Tanga, C., Beesigamukama, D. and Diiro, G., (2020). Socio-economic and environmental implications of replacing conventional poultry feed with insect-based feed in Kenya. *Journal of Cleaner Production* 265: 121871.
- FAO (2018). *The Future of Food and Agriculture - Alternative pathways to 2050*, Rome 224
- Chia, S.Y., Macharia, J., Diiro, G.M., Kassie, M., Ekesi, S., van Loon, J.J.A., Dicke, M. and Tanga, C.M., 2020. Small-holder farmers' knowledge and willingness to pay for insect-based feeds in Kenya. *PLOS ONE* 15: 1-25.
- Reverberi, M., (2020). Edible insects: cricket farming and processing as an emerging market. *Journal of Insects as Food and Feed* 6: 211-220.
- Oonincx, D.G.A.B. and de Boer, I.J.M., (2012). Environmental impact of the production of mealworms as a protein source for humans – a life cycle assessment. *PLOS ONE* 7:1-5
- Madau, F. A., Arru, B., Furesi, R. and Pulina, P., (2020). Insect farming for feed and food production from a circular business model perspective. *Sustainability* 12: 1-11.

ÜLKEMİZDE KEÇİ YETİŞTİRİCİLİĞİDEKİ ISLAH ÇALIŞMALARI

Doç. Dr. Sibel ALAPALA (ORCID:0000-0001-7677-5919)

Uşak Üniversitesi, Ziraat Fakültesi
Email:sibel.alapala@usak.edu.tr

Özet

Keçi, insanların ve diğer hayvanların kullanamadığı düşük kaliteli mera, çalılık ve fundalık alanları değerlendirip bunları et, süt ve diğer ürünlere dönüştürebilen bir hayvandır. Bu niteliği sayesinde, dünya genelinde birçok yerde yetiştirilmekle birlikte en çok Akdeniz ülkeleri ile Hindistan'a kadar uzanan ılıman iklim kuşağındaki Orta Doğu ülkelerinde beslenmektedir. 1991 yılı verileri incelendiğinde de keçi sayımızın 10 764 198 baş olduğu görülmektedir. 2023 yılı verilerine göre sayısı Haziran ayı sonu itibarıyla bir önceki yılın Aralık ayına göre %2,6 artarak 10 milyon 571 bin baş keçi olduğu belirlenmiştir. Yıllar itibarıyla keçi sayımız keçi orman yasası gibi nedenlerle azalmış ancak eski sayısına ulaşabilmiştir. Ülkemizde yetiştirilen keçi ırkları da geliştirilmiştir. Keçi ırkları verim alanlarına göre sınıflandırıldığında; süt verimi için yetiştirilenler (Saanen, Toggenburg, Malta, Halep, Beyaz Alman, Nubian, Kilis), et verimi için yetiştirilenler (Boer, Jamnapari, Black Bengal), elyaf üretenler (Ankara, Kaşmir) ve hem et hem süt verimi sağlayan kombine ırklar (Kıl, Sudan keçisi) ile kürk ve deri elde edilen ırklar (Maradi, Nubende) olarak ayrılmaktadır. Ülkemizdeki keçi ıslah çalışmaları, yerli ırkların genetik kapasitelerini yükseltmek amacıyla genellikle melezleme yöntemiyle yapılmış ve bu çalışmalar sonucunda yeni keçi ırkları oluşturulmuştur. Melez keçi ırkları ise; Akkeçi (Saanen x Kilis), Bornova keçisi (Alman Beyaz Asil x Malta x Anglo-Nubya), Balcalı keçisi (Saanen, Kıl, Kilis ve Akkeçi), Toros Alaca Keçisi (Alman Alaca Asil Keçi x Kıl) ve Damascus ile melezlenen Songül keçisi gibi örneklerle çeşitlenmektedir. Türkiye'nin ekonomik ve coğrafi koşulları, keçilerden daha fazla ve etkin yararlanma potansiyeline sahiptir. Bu çalışmada, Türkiye'de keçi yetiştiriciliğinin mevcut durumu değerlendirilmiş ve ıslah çalışmaları sonucu elde edilen keçi ırkları ve verimleri üzerinde durulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Melezleme çalışmaları, verim, saf yetiştirme, seleksiyon, keçi ırkları.

BREEDING STUDIES IN GOAT FARMING IN OUR COUNTRY

Abstract

The goat is an animal that can utilize low-quality pasture, shrubs, and brush areas, which are not suitable for humans and other animals, converting them into meat, milk, and other products. Due to this characteristic, goats are raised worldwide, particularly in Mediterranean countries and in the temperate climate zones extending to the Middle Eastern countries as far as India. According to 1991 data, the number of goats in Turkey was recorded at 10,764,198. As of June 2023, this number has increased by 2.6% compared to December of the previous year, reaching 10.571 million goats. Over the years, factors such as the Goat Forest Law have led to a decrease in the goat population; however, the number has gradually returned to its previous levels. The goat breeds raised in our country have also been developed. When classified according to areas of productivity, goat breeds are categorized as follows: dairy breeds (Saanen, Toggenburg, Malta, Halep, White German, Nubian, Kilis), meat breeds (Boer, Jamnapari, Black Bengal), fiber-producing breeds (Angora, Cashmere), dual-purpose breeds providing both meat and milk (Hair goat, Sudan goat), and breeds raised for fur and leather (Maradi, Nubende). Goat breeding efforts in our country have generally been carried out through crossbreeding methods to enhance the genetic capacity of native breeds, leading to the creation of new goat breeds. Examples of hybrid goat breeds include Akkeçi (Saanen x Kilis), Bornova goat (White German Noble x Malta x Anglo-Nubian), Balcalı goat (Saanen, Hair goat, Kilis, and Akkeçi), Toros Alaca goat (White German Noble goat x Hair goat), and the Songül goat developed by crossbreeding with Damascus. Turkey's economic and geographical conditions offer the potential for more effective utilization of goats. This study evaluates the current state of goat breeding in Turkey, focusing on the productivity and characteristics of breeds developed through breeding programs.

Keywords: Crossbreeding efforts, productivity, pure breeding, selection, goat breeds.

GİRİŞ

Keçiler, düşük kaliteli mera, çalılık ve fundalık gibi alanları değerlendirerek et, süt ve diğer ürünlere dönüştürebilen, kanaatkâr yapılarıyla dikkat çeken hayvanlardır. Bu özellikleri sayesinde dünya genelinde yaygın olarak yetiştirilmekte, özellikle Akdeniz ülkeleri ile Hindistan'a kadar uzanan ılıman iklim kuşağında yoğunlaşmaktadır. Keçilerin bu bölgelerde sıklıkla bulunması, yetiştirme ve beslenme biyolojilerinin arazi yapısı, iklim ve bitki örtüsüyle uyumlu olmasından kaynaklanmaktadır (Küçükaydın, 2005).

Türkiye'de de keçi yetiştiriciliği, hayvansal protein ihtiyacını karşılamada aileler için önemli bir kaynak oluşturması nedeniyle yaygın bir faaliyettir. Ancak keçilerin, yetiştirildikleri alanların özellikleri ve fizyolojik davranışları gereği ormanlık ve fundalık alanlarda tahribata yol açabilmesi, varlıklarının sürekli tartışma konusu olmasına neden olmaktadır (Küçükaydın, 2005).

1991 yılında 10.764.198 baş olan keçi sayısı, 2023 yılı itibarıyla 10 milyon 571 bin olarak kaydedilmiştir (Anonim, 2024a). Yıllar içerisinde keçi sayısı, keçi orman yasası gibi düzenlemeler nedeniyle düşüş göstermişse de zamanla eski seviyesine yaklaşmıştır.

Keçi yetiştiriciliği, üretim ilişkileri ve genotip çeşitliliği açısından özellikle bazı bölgelerde önemli değişimlere sahne olmuştur. Keçi sayısındaki oransal azalmaya rağmen, genotiplerdeki farklılaşmalar dikkat çekmektedir. Ülkemizde keçi genetik ıslahı hâlâ güncelliğini koruyan bir sorun olmakla birlikte, son 20 yıl içinde bu alanda önemli ilerlemeler kaydedilmiştir.

1. Islah ve Verimlilik

Türkiye'de keçi yetiştiriciliğinin daha karlı ve verimli bir yapıya kavuşturulması için öncelikle etkili bir ıslah ve yetiştirme programının uygulanması gerekmektedir. Ancak, bugüne kadar gerçekleştirilen ıslah çalışmalarında istenen hedeflere tam anlamıyla ulaşılamamıştır. Hem kıl keçisi hem de tiftik keçisi için, yetiştirici birliklerinin yanı sıra ilgili kamu kurumlarının (TİGEM, Veteriner Fakülteleri, Ziraat Fakülteleri) ve üreticilerin iş birliği içinde yer aldığı kapsamlı bir ıslah programının hayata geçirilmesi büyük önem taşımaktadır (Günlü ve Alaşahan, 2010).

Bu alanda öncelikle saha koşullarına uygun, uygulanabilir bir model geliştirilerek yetiştiricilerin kullanımına sunulmalıdır. Daha önce yapılan çalışmalar ve önerilen modellerden yararlanarak programın etkinliği artırılabilir (Kaymakçı ve ark., 2009; Ünal ve Peker, 1997). Islah ve verimlilik artışının sürdürülebilirliği için devletin keçi yetiştiricilerine daha fazla destek sağlaması ve bu teşviklerin sürekliliğini güvence altına alması başarının temel şartıdır.

Geliştirilecek model, en azından orta vadede üretimden pazarlamaya, finansmandan sağlığa ve eğitime kadar tüm aşamaları kapsayacak şekilde planlanmalıdır. Aksi takdirde, bu tür girişimler lokal düzeyde kalıp yaygın bir uygulamaya dönüşemez. Islah çalışmalarında elde edilen başarıların genişletilebilmesi için nitelikli damızlık yetiştiren işletmelere yönelik teşvik sistemleri devreye alınmalı ve bu işletmelerden sağlanan hayvanların üreticilere ulaştırılması kolaylaştırılmalıdır.

Ayrıca, keçi yetiştiriciliğinde küçük ölçekli işletmelerin büyümesine ve bu işletmelerin sahiplerinin yaşam standartlarının yükselmesine katkıda bulunacak mikro kredi gibi destek programlarının uygulanması, sürece önemli ölçüde ivme kazandırabilir.

2. Keçi Melezleme Çalışmaları

Türkiye’de melezleme çalışmalarında kullanılan yerli keçi ırklarının özellikleri aşağıdaki gibidir (Kaymakçı ve Engindeniz, 2010);

Kıl Keçisi: Anadolu’nun zorlu iklim şartlarına uyum sağlayabilen ve zayıf meraları değerlendirme yeteneğiyle bilinen kanaatkâr bir ırktır. Daha çok orman içi ve orman kenarındaki dağ köylerinde yetiştirilir. Kombine verim özelliği taşıyan bu ırk, Türkiye’deki keçi popülasyonu içinde en fazla sayıya sahip olan türdür.

Ankara (Tiftik) Keçisi: Orta ve Güneydoğu Anadolu bölgelerinde yoğun olarak yetiştirilen Ankara keçisi, Siirt, Mardin, Bitlis, Sivas, Burdur ve Isparta gibi illerde de yaygındır. En önemli ürünü tiftik olan bu ırk, ülkemizdeki keçi varlığı içinde üçüncü sırada yer almaktadır.

Kilis Keçisi: Şam keçisi ile Kıl keçisinin melezi olan Kilis keçisi, Türkiye keçi popülasyonunda ikinci sırada yer almakta ve önemli bir sütçü ırk olarak öne çıkmaktadır. Daha çok Güneydoğu Anadolu bölgesinde (Hatay, Gaziantep ve Şanlıurfa çevresinde) yetiştirilmektedir.

Türkiye’de yurt dışından getirilen Saanen, Alman Alaca Asil Keçi, Alman Beyaz Asil Keçi, Toggenburg ve Damascus keçileri kültür ırkları olarak bulunmakta ve çeşitli melez ırkların elde edilmesinde kullanılmaktadır. Melez ırklardan bazıları şunlardır:

- Akkeçi (Saanen x Kilis)
- Bornova Keçisi (Alman Beyaz Asil x Malta x Anglo-Nubya)
- Balcalı Keçisi (Saanen x Kıl x Kilis x Akkeçi)
- Toros Alaca Keçisi (Alman Alaca Asil Keçi x Kıl)
- Toros Süt Keçisi (Saanen x Akkeçi)
- Çukurova Süt Keçisi (Saanen x Kilis)
- Songül Keçisi (Alman Alaca Asil Keçi x Kıl melezlerine Damascus katılmasıyla elde edilmiştir).

Türk Saanen Keçisi: Türk Saanen keçisi, Saanen tekeler ile yerli Kıl keçilerinin melezlenmesi sonucu oluşturulmuş bir ırktır. Genetik yapısının %75 ve üzeri Saanen özelliklerine sahip olduğu belirlenmiştir. Saf Kıl keçisine kıyasla daha yüksek verim sağlamaktadır. Verim özellikleri şunlardır: Döl verimi: 1.2-1.3, Süt verimi: 180-200 litre, Ergin keçi canlı ağırlığı: 50-60 kg, Ergin teke canlı ağırlığı: 60-80 kg, Laktasyon süresi: 150-180 gün, Laktasyon süt verimi: 180-200 kg (Anonim, 2024b).

Akkeçi: Akkeçi, Saanen ile Kilis keçilerinin melezlenmesi sonucu elde edilmiştir. Genetik yapısında %75 Saanen, %25 Kilis keçisi özellikleri bulunmaktadır. Kilis keçilerinin süt verimini artırmak amacıyla geliştirilmiştir. Verim özellikleri şunlardır:

Döl verimi: 1.5-1.6, Süt verimi: 600-800 litre, Ergin canlı ağırlığı: 50-60 kg, Laktasyon süresi: 250-260 gün, Laktasyon süt verimi: 450-566 kg dır. Morfolojik olarak iri ve uzun vücut

yapısına sahiptir. Beyaz renkli, boynuzlu veya boynuzsuz olabilir; iri ve düzgün meme yapısıyla dikkat çeker (Kaymakçı ve Engindeniz, 2010).

Toros Alaca Keçisi: Toros Alaca keçisi, Alman Alaca Asil Keçi (AAAK) tekesinin Kıl keçileriyle melezlenmesiyle elde edilmiştir. Genetik yapısında %75 AAAK, %25 Kıl keçisi özellikleri taşımaktadır. Verim özellikleri şunlardır: Doğumda oğlak verimi: 1.3-1.6, Laktasyon süt verimi: 300-600 kg, Laktasyon süresi: 230-240 gün, Canlı ağırlık: Dişilerde 50-60 kg, tekelerde 60-90 kg (Kaymakçı ve Engindeniz, 2010).

Toros Süt Keçisi: Saanen ve Akkeçi tekelerinin Kıl ve Kilis keçileriyle melezlenmesi sonucu geliştirilmiştir. Geliştirme sürecinde, %65.62 Saanen, %25 Kıl ve %9.38 Kilis keçisi genotiplerine sahip bir ırk elde edilmiştir. Verim özellikleri şunlardır: Doğumda oğlak verimi: 1.3-1.5, Laktasyon süt verimi: 300-500 kg, Laktasyon süresi: 230-240 gün, Canlı ağırlık: Dişilerde 50-60 kg, tekelerde 60-90 kg dır (Kaymakçı ve Engindeniz, 2010).

Balcalı Süt Keçisi: Balcalı süt keçisi, Akkeçi ve Saanen tekelerinin Kıl ve Kilis keçileriyle farklı aşamalarda melezlenmesi sonucu oluşturulmuştur. Gelişim sürecinde Damascus keçisi de kullanılmıştır. Morfolojik olarak iri ve sağlam vücut yapısına, koyu krem rengine sahiptir. Erkekler boynuzlu, dişiler boynuzsuz, küpeli ve koç başlı bir görünüm sergiler. Verim özellikleri şunlardır: Döl verimi: 1.4-1.5, Laktasyon süt verimi: 500-600 kg, Laktasyon süresi: 260-270 gün, Ergin canlı ağırlık: 50-60 kg dır (Kaymakçı ve Engindeniz, 2010).

Çukurova Süt Keçisi: Bu ırk, genetik yapısında %65.625 Saanen ve %34.375 Kilis keçisi özelliklerini barındırmaktadır. Fiziksel olarak iri ve uzun bir vücut yapısına sahip olup beyaz renklidir. Erkek bireyler boynuzlu, dişiler ise boynuzsuzdur. Koltuk tipi iri meme yapısıyla öne çıkmaktadır. Verim özellikleri şu şekilde sıralanabilir: Döl verimi: 1.4-1.7, Süt verimi: 400-600 kg, Laktasyon süresi: 220-240 gün, Ergin canlı ağırlık: 50-60 kg (Kaymakçı ve Engindeniz, 2010).

Tozlu, (2006) tarafından Saanen ve Kıl keçi tekeleri kullanılarak sürünün döl verim özellikleri ve elde edilen Saanen x Kıl (F1) melezleri ile Kıl keçi oğlaklarının değişik dönemlerde canlı ağırlık, günlük canlı ağırlık artışı, vücut ölçüleri ve yaşama gücü özellikleri belirlenmiş ve eş zamanlı olarak karşılaştırılması yapılmıştır. Saanen ve Kıl keçi tekeleri kullanılan Kıl keçi sürüsünün ortalama döl verim değerleri; tekealtı keçi başına kısır kalan keçi oranı %9.09, gebe kalan keçi oranı %90.91, doğuran keçi oranı %90.91, tek doğuran keçi oranı %86.92, ikiz doğuran keçi oranı %13.08, yavru atan keçi oranı %0.00, ölü doğum yapan keçi oranı %2.31, tekealtı keçi başına doğan oğlak sayısı 1.03 ve süttten kesilen oğlak sayısı 0.88, doğuran keçi başına doğan oğlak sayısı 1.13 ve süttten kesilen oğlak sayısı 0.96, tekealtı keçilere göre oğlak verimi %103 ve doğuran keçilere göre oğlak verimi ise %113 olarak bulunmuştur. (F1) ve Kıl keçi oğlakların sırasıyla doğum ağırlıkları 3.59 ± 0.05 ve 3.72 ± 0.10 kg, 30. gün ağırlıkları 8.86 ± 0.11 ve 8.50 ± 0.25 kg, 75. gün ağırlıkları 16.8 ± 0.22 ve 16.00 ± 0.53 kg olarak tespit edilmiştir. 30. gün vücut ölçülerinden, vücut uzunluğu, kürekler arkası göğüs genişliği, but çevresi, ön incik çevresi üzerine genotipin etkisi istatistiksel olarak önemli, cidago yüksekliği, göğüs derinliği, göğüs çevresi üzerine etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Doğum tipinin yalnızca vücut uzunluğu üzerine etkisi önemsiz bulunurken cinsiyet faktörünün göğüs derinliği ölçüsü haricinde diğer vücut ölçüleri üzerine etkisi önemli, ana yaşının ise 30. gün vücut ölçüleri üzerine etkisinin önemsiz olduğu bulunmuştur. Cidago yüksekliği, kürekler arkası göğüs genişliği, göğüs derinliği ve göğüs çevresi üzerine genotipin etkisinin önemli

olduğu bulunurken doğum tipinin 75. gün vücut ölçüleri üzerine etkisinin önemli olduğu belirlenmiştir. Cinsiyetin ise kürekler arkası göğüs genişliği üzerine etkisi önemsiz, diğer ölçüler üzerine etkisi önemli, incelenen diğer faktör olan ana yaşının ise sadece ön incik çevresi üzerine etkisinin önemli olduğu bulunmuştur.

Atay vd., (2013) tarafından Aydın İli Çine İlçesi Kavşit Köyü'nde bulunan keçi yetiştirici işletmelerinde Saanen x Kıl keçisi ve Alpin x Kıl keçisi melezleri ile Kıl keçisi oğlakların büyüme-gelişme özelliklerinin saptadığı çalışmasında Saanen x Kıl keçisi (F) (SK), Alpin x Kıl keçisi (F) (AK) ve Kıl keçisi (K) oğlaklarında doğum ağırlığı değerleri sırasıyla 2.86±0.078, 2.84±0.082 ve 2.75±0.110 kg olarak bulunduğu, SK, AK ve K oğlaklarında 3. ve 5. ay canlı ağırlıkları ise sırasıyla 13.18±0.469, 14.22±0.509 ve 13.98±0.657 kg ve 20.60±0.647, 21.57±0.749 ve 22.94±0.999 kg olarak saptandığı, SK, AK ve K oğlaklarında 5. aya kadar günlük ortalama canlı ağırlık artışları sırasıyla 113.79±4.355, 120.30±5.042 ve 128.61±6.722 g olarak gerçekleştiği belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar neticesinde melezlerin ebeveynlere göre de oğlakların büyüme-gelişme özelliklerinin ve elde edilen ürünlerin yetiştirici gelirleri bakımından yeterli olduğu belirlenmiştir. Görüldüğü üzere keçilerde ıslah çalışmaları devam etmektedir.

SONUÇ

Ülkemizde keçi yetiştiriciliği, genellikle orman köylerinde ekstansif koşullarda yapılan kıl keçisi yetiştiriciliği ile sınırlı kalmaktadır. Ancak, kıl keçisi yetiştiriciliğinde de süt keçilerine uygulanan entansif yöntemlerin hayata geçirilmesi gereklidir. Bu doğrultuda, sistematik ıslah çalışmaları ve modern üretim modellerinin geliştirilmesi teşvik edilmelidir.

Keçiden elde edilen et, süt, kıl, elyaf ve deri gibi ürünlerin işlenmesi ve pazarlanması süreçlerinin geliştirilmesi için, bu ürünlerin tanıtımını hedefleyen faaliyetler düzenlenmelidir. Ayrıca, büyükbaş hayvan yetiştiriciliğinde sağlanan teşvik ve desteklerin, keçi yetiştiricileri için de sunulması büyük önem taşımaktadır. Günümüzde izlenen politikaların kıl keçisi popülasyonunu azaltıcı etkiler yarattığı gözlemlenmektedir.

Keçi yetiştiriciliğinin sürdürülebilir ve kârlı hale gelmesi, yetiştirici birliklerinin daha etkin çalışması ile doğrudan ilişkilidir. Bu nedenle, birliklerin işlevselliğini artırmaya yönelik düzenlemeler yapılmalı ve destek mekanizmaları sağlanmalıdır. Yetiştirici birliklerinin, modern organizasyonel yapılarla donatılarak daha etkin bir yapıya kavuşturulması büyük önem taşımaktadır. Keçi ıslahı çalışmalarında, Tarım ve Orman Bakanlığı'nın ilgili birimleri, bilimsel kuruluşlar ve yetiştirici birlikleri arasında etkili bir işbirliği ağı oluşturulmalı ve bu ağın sürekliliği sağlanmalıdır.

Hiçbir ıslah programı, bilgi işlem süreçleri ve bilimsel araştırma ile entegre olmadan sürdürülebilir olamaz. Bu bağlamda, TAGEM öncülüğünde bilimsel araştırma kurumlarının bu süreçlere aktif katılımı sağlanmalıdır. Keçi ıslah programlarının yerel ve bölgesel farklılıklar nedeniyle kamu desteğine ihtiyaç duyduğu açıktır. Bu doğrultuda, tamamen ya da kısmen entegre yapılara sahip özel deneme ve test istasyonları kurulmalı; üniversiteler ve diğer araştırma kurumlarıyla kurumsal işbirliği güçlendirilmelidir.

KAYNAKLAR

- Anonim 2014. Koyun Keçi Genetik Islah Çalıştayı. 11-13 Haziran 2014. Uşak.
- Anonim 2024a. <https://www.tarimorman.gov.tr/sgb/Belgeler/SagMenuVeriler> (Erişim Tarihi: 04.09.2024).
- Anonim 2024b. <https://www.esk.gov.tr/tr/11130/Turk-Saanen-Kecisi> (Erişim Tarihi: 20.09.2024).
- Atay, O., Gökdal, Ö., Özüğür, A. K., & Eren, V. (2013). Yetiştirici koşullarında Alpin x Kıl keçi melezi (F1), Saanen x Kıl keçi melezi (F1) ve saf Kıl Keçilerin Kimi Özelliklerinin Karşılaştırılması. Ulusal Zootekni Bilim Kongresi. Çanakkale, Türkiye, 366-372.
- Günlü, A. & Alaşahan, S. (2010). Türkiye’de Keçi Yetiştiriciliği ve Geleceği Üzerine Bazı Değerlendirmeler. Vet Hekim Der Derg 81(2): 15-20, 2010
- Kaymakçı M, Tuncel E, Güney O, & Taşkın T (2009) Süt keçiciliğinin geliştirilmesi için teknik ve ekonomik öneriler. Erişim: <http://www.ziraat.ege.edu.tr/kaymakci/hayvancilik/15.pdf>. Erişim Tarihi: 01.09.2009.
- Kaymakçı, M., & Engindeniz, S. (2010). Türkiye’de keçi yetiştiriciliği: sorunlar ve çözümler. Ulusal Keçicilik Kongresi 24–26 Haziran 2010, 1-25.
- Küçükaydın A (2005): Ormancılık çalışması ve kıl keçisi. Orman Mühendisliği Dergisi, Nisan-Mayıs-Haziran sayısı, Ankara.
- Tozlu, H. (2006). Amasya ili Kıl keçisi ıslah projesi kapsamında elde edilen Saanen x Kıl keçisi (F1) melezleri ile saf Kıl keçilerinin büyüme ve diğer yetiştiricilik özellikleri bakımından mukayesesi (Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi).
- Ünalın A. & Pekel E (1997): Türkiye’de Damızlık Keçi Yetiştiricileri Birliklerinin Kurulması Yönünde Bir Model Çalışması. Hayvancılıkta Örgütlenme Sorunları Sempozyumu. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootekni Bölümü, 27-28 Kasım 1997, İzmir.

ÜLKEMİZDE KOYUN YETİŞTİRİCİLİĞİDEKİ ISLAH ÇALIŞMALARI

Doç. Dr. Sibel ALAPALA (ORCID:0000-0001-7677-5919)

Uşak Üniversitesi, Ziraat Fakültesi
Email:sibel.alapala@usak.edu.tr

Özet

Türkiye’de son yıllarda koyun sayılarımız artmaktadır. 2001 yılında 26.972.000 baş olan koyun varlığımız 2018 yılında 35.194.972 başa yükselmiştir ve 2023 yılı verilerine göre de 43 milyon 394 bin baş olduğu belirlenmiştir. Koyun sayıları yönünden ülkemiz, dünya koyun popülasyonu sıralamasında ilk 10 ülke arasında yer almakta olup, koyun varlığımızın yaklaşık %92’si yerli ırklardan oluşmaktadır. Küçükbaş hayvanlara yönelik ilk ıslah çalışmaları; Cumhuriyet’in ilk yıllarında devlet üretme çiftlikleri ile üniversite araştırma çiftliklerinde başlatılmıştır. Ülkemizdeki küçükbaş ıslah çalışmaları, yerli ırkların genetik kapasitelerini yükseltmek amacıyla genellikle melezleme yöntemiyle yapılmış ve bu çalışmalar sonucunda yapağı, et-yapağı ve süt-döl verim özelliklerine sahip yeni koyun ırkları oluşturulmuştur. Acıpayam, Sönmez, Bafra, Karacabey Merinosu, Anadolu Merinosu, Malya, Tahirova ve Hasak bu melez genotiplerden bazılarıdır. Bu ırklar arasında, koyun popülasyonunda en yaygın olarak yer bulanlar ise Karacabey Merinosu ve Anadolu Merinosu olmuştur. “Halk Elinde Küçükbaş Hayvan Islahı Ülkesel Projesi” sayesinde, yerli ırkların yetiştiriciler tarafından seleksiyon yöntemiyle ıslah edilme çalışmaları, koyunculuk açısından hala büyük bir öneme sahiptir. Bu çalışmada da bugüne kadar yapılan ıslah çalışmaları sonucunda geliştirilen koyun ırkları ile onların özellikleri ve katkıları derlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Melezleme çalışmaları, verim, saf yetiştirme, seleksiyon, koyun ırkları.

BREEDING STUDIES IN SHEEP FARMING IN OUR COUNTRY

Abstract

In recent years, the number of sheep in Turkey has been increasing. The sheep population, which was 26,972,000 heads in 2001, rose to 35,194,972 heads in 2018, and according to 2023 data, it has been determined to be 43,394,000 heads. In terms of sheep numbers, our country ranks among the top 10 countries in the world sheep population, and approximately 92% of our sheep population consists of local breeds. The first breeding efforts for small ruminants began in the early years of the Republic at state breeding farms and university research farms. The small ruminant breeding efforts in our country have generally been carried out through crossbreeding methods to enhance the genetic capacities of local breeds, resulting in the creation of new sheep breeds with wool, meat-wool, and milk-reproduction yield characteristics. Acıpayam, Sönmez, Bafra, Karacabey Merinosu, Anadolu Merinosu, Malya, Tahirova, and Hasak are some of these crossbred genotypes. Among these breeds, the most widely found in the sheep population are Karacabey Merinosu and Anadolu Merinosu. With the help of the 'National Project for Small Ruminant Breeding in the Hands of the People' the breeding of local breeds through selection methods by breeders is very important for sheep farming. This study compiles the sheep types and breeds developed as a result of breeding efforts conducted so far, along with their characteristics and contributions.

Keywords: Crossbreeding, Yield,, Pure breeding, Selection, Sheep breeds.

GİRİŞ

Koyunculuk, Türkiye’de geleneksel olarak meraya dayalı ve ekstansif aile işletmeciliği şeklinde yapılmaktadır (Atasoy ve ark., 2003). Ülkemizde tarih boyunca, koyunculuk üreticilerin ilk ve en önemli hayvancılık faaliyetlerinden biri olmuştur. Mera ve çayırlara dayalı besleme yöntemi, düşük maliyetle ürün elde edilmesini sağlamış ve koyuncululuğu önemli bir konuma taşımıştır. Koyun yetiştiriciliği, et, süt, yün ve deri üretimi açısından ülke ekonomisine önemli katkılar sunmaktadır.

Türkiye’nin doğal koşulları nedeniyle koyun sayısında dönemsel dalgalanmalar yaşanmış olsa da nüfus artışıyla paralel bir artış trendi gözlenmiştir. Coğrafi yapısı ve iklim özellikleri, Türkiye’yi koyun yetiştiriciliği için ideal bir ülke yapmaktadır. Türk halkının hayvansal gıda tüketim alışkanlıkları, koyun eti, koyun peyniri ve koyun yoğurdunun tercih edilmesine yol açmakta ve bu durum koyuncululuğun önemini daha da artırmaktadır (Akçapınar, 2000; Kaymakçı, 2006). Küçükbaş hayvan yetiştiriciliği, marjinal alanların ve bitkisel üretim artıklarının değerlendirilmesiyle ülke ekonomisine katkı sağlayan bir üretim modelidir. Türkiye'nin çayır ve meralarının daha çok koyun ve keçi türlerine uygun olması, kırsal kesim halkının tüketim alışkanlıklarıyla birleşerek koyunculuk için uygun bir ortam yaratmıştır (Ertuğrul ve ark., 2010).

Türkiye’de koyunculuk ağırlıklı olarak otlatmaya dayalı olup sınırlı girdi ile üretimin hedeflendiği ekstansif bir yapıya sahiptir. Bu faaliyetler genellikle küçük aile işletmeleri, yerleşik köy sürüleri, yayla hayvancılığı ve göçer hayvancılık şeklinde sürdürülmektedir (Kaymakçı, 2006). 2022 yılında Türkiye’de 44.687.888 baş koyun bulunurken, 2023 yılında bu sayı 42.565.444 olarak tespit edilmiştir (Anonim, 2024). Verimliliği artırmak amacıyla çeşitli ıslah çalışmaları yapılmakta ve daha yüksek verim sağlayan koyun ırkları geliştirilmeye çalışılmaktadır.

1. Koyun Yetiştiriciliğinin Türkiye’deki Önemi

Koyun yetiştiriciliği, iklim ve çevre koşulları uygun olduğu sürece dünyanın pek çok yerinde yapılabilir. Türkiye, koyun yetiştiriciliği için coğrafi ve iklimsel açıdan ideal bir konuma sahiptir (Kaymakçı, 1990).

Hayvancılık sektörünün alt kolu olan küçükbaş hayvan yetiştiriciliği, genellikle zayıf çayır ve meralar, nadas alanları, anız ve tarıma uygun olmayan bölgelerin değerlendirilmesi ile yapılmaktadır. Bu şekilde üretilen et, süt, yün, kıl, tiftik ve deri gibi ürünler, gıda sanayisinden tekstil sektörüne kadar geniş bir kullanım alanına sahiptir (Paksoy ve Özçelik, 2008; Anonim, 2012). Türkiye’nin doğal ve ekonomik yapısı, tarımsal gelenekleri ve kültürel alışkanlıkları, koyun yetiştiriciliğinin yaygınlaşmasını desteklemektedir (Kaymakçı ve Engindeniz, 2010). Hayvanların verimleri genetik, çevre, bakım ve besleme koşulları gibi faktörlerden etkilenmektedir. Türkiye’de koyunculuk ağırlıklı olarak meraya dayalı olarak yapılmakla birlikte, meraların bilinçsiz kullanımı hayvanların gereksinimlerini karşılamada yetersiz kalmaktadır. Sadece meraya dayalı beslenme, hayvanın ihtiyaçlarını tam anlamıyla karşılayamayabilir ve bu durum istenilen verimin elde edilmesini engelleyebilir. Her koyun ırkının iklim ve çevreye uyumu farklı olduğundan, genetik yatkınlık kadar, hayvanın bölgeye ve çevreye uyumunun da dikkate alınarak ırk seçimi yapılması büyük önem taşımaktadır (Düzgüneş, 1976; Kaymakçı ve Sönmez, 1992; Şekerden, 2001).

Türkiye'deki koyun varlığının büyük bir kısmını, seyrek otlu fakir meralara ve sert iklim koşullarına uyum sağlamış yağlı kuyruklu koyun ırkları oluşturmaktadır. Anadolu Platosu'nda en yaygın koyun ırkı, Eskişehir'den Sivas'a kadar İç Anadolu Bölgesi'nde geniş bir alana yayılan Akkaraman koyunlarıdır. Daha doğu illerinde ise Morkaraman koyunları öne çıkmaktadır. Diğer yağlı kuyruklu yerli koyun ırkları arasında Göller Bölgesi'nde Dağlıç, Güneydoğu Anadolu'da İvesi ve Kars yöresinde Tuj koyunları yer almaktadır. Kıyı bölgelerde ise ince kuyruklu ve yağsız koyun ırkları görülmektedir. Örneğin, Kıvırcık koyunları Trakya ve Marmara'da, Karakaya ise Karadeniz kıyılarında yaygındır (Aşkın, 1995).

Ülkemizde koyun varlığının yaklaşık %92'si yerli ırklardan oluşmaktadır. Küçükbaş hayvancılıkla ilgili ilk ıslah çalışmaları Osmanlı İmparatorluğu'nun son dönemlerinde ve Cumhuriyet'in ilk yıllarında devlet üretme çiftlikleri ile üniversite araştırma çiftliklerinde başlamıştır. 2000'li yıllardan itibaren "Halk Elinde Küçükbaş Hayvan Islahı Ülkesel Projesi" ile yerli koyun ırklarının seleksiyon yoluyla ıslah edilmesine ağırlık verilmiştir. Türkiye'de yaklaşık 40 farklı koyun ırkı veya genotipi bulunmaktadır. Bu gruba Karacabey Merinosu, Anadolu Merinosu, Malya, Tahirova, Hasak ve Hasmer gibi melez genotipler dahildir. Karacabey Merinosu ve Anadolu Merinosu, ülke genelinde en yaygın ırklar arasında yer almıştır.

Küçükbaş hayvancılık, düşük kaliteli meralar, nadas alanları ve bitkisel üretime uygun olmayan bölgeleri değerlendirerek et, süt, yapağı, kıl ve deri gibi ürünlerin elde edilmesine olanak tanıyan bir üretim biçimidir. Türkiye'nin doğal kaynakları, özellikle çayır ve meraları koyun ve keçi türlerine uygun yapısıyla kırsal kesim halkının tüketim alışkanlıklarıyla örtüşmekte ve küçükbaş hayvan yetiştiriciliği için ideal bir ortam sunmaktadır (Kaymakçı vd., 2006).

1.2. Koyun Islahı

Göçebe yaşam tarzında hayvancılık, süt ve et gibi temel gıda ürünlerinin yanı sıra yapağı ve derinin temini açısından da önemli olmuştur. Günümüzde ise et ve süt üretimi öncelikli hedefler arasında yer almaktadır. Islah çalışmalarında genellikle et ve süt üretimini artırmaya yönelik stratejiler benimsenmiştir. Hayvancılıkta temel hedef, en az maliyetle en kısa sürede en yüksek üretimi sağlayarak kârlılığını artırmaktır. Bu bağlamda, ıslah çalışmalarında et ve süt veriminin birlikte ele alınması gerekmektedir. Et ve süt verimi arasında bir denge kurularak, kombine verim özellikleri ön plana çıkarılabilir (Esen, 1997; Ünal ve Akçapınar, 1996).

Geçmişte süt amaçlı koyun yetiştiriciliği yapan işletmeler, ıslah çalışmaları için genellikle yurt dışından getirilen Doğu Friz (Ost-Friz) ırkını kullanmıştır. Türkgeldi, Sönmez, Tahirova ve Acıpayam ırkları, Doğu Friz koyununun yerli koyunlarla melezlenmesi sonucu geliştirilmiştir. Melez hayvanların yüksek yaşam gücü, artırılmış süt ve döl verimleri ile yerli ırklara kıyasla daha hızlı canlı ağırlık kazanımları, bu genotiplerin yaygınlaşmasında etkili olmuştur (Bingöl, 2006).

Türkiye'de koyun yetiştiriciliği alanında en yaygın kullanılan ıslah yöntemleri, saf yetiştirmeli seleksiyon ve melezlemedir.

1.2.1. Saf Yetiştirmeli Seleksiyon Çalışmaları

**ISPEC 16th INTERNATIONAL CONFERENCE ON AGRICULTURE, ANIMAL
SCIENCE & RURAL DEVELOPMENT
November 15-17, 2024 / Konya, Türkiye**

Bu yöntemde, çevredeki koyun yetiştiricilerinden toplanan yerli koyun ırkları üzerinde yapılan ayıklama sonrası saf yetiştirme ve seleksiyon çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Özellikle yağlı kuyruklu koyun ırkları (Akkaraman, Morkaraman, Dağlıç, İvesi gibi) üzerinde yapılan çalışmalar, ikizlik oranlarının %1-10 arasında olduğunu, ince kuyruklu yerli koyunların ise daha yüksek ikizlik oranlarına sahip olduğunu göstermiştir. Ada kökenli ırkların ise en yüksek kuzu verimine ulaştığı belirtilmiştir (Sönmez vd., 2009). Ayrıca, İvesi ve Sakız koyunlarının yüksek süt verimi ile dikkat çektiği ve diğer yerli ırklarla melezlenmelerinde ıslah edici genotip olarak kullanılabilecekleri ortaya konmuştur (Kaymakçı ve Taşkın, 2008).

Tablo 1. Bazı yerli koyun ırklarının özellikleri (Sönmez vd., 2009).

Genotip	İkizlik; DKDK	Çiftleşme Süresi (Gün)	Kızgınlık Süresi (Saat)
Akkaraman	%4-5; 1.00-1.29	Hormonal:283 Davranış: 229	35.16
Morkaraman	%4-8		
Dağlıç	%1-2	146.3	29.5
İvesi	%5-12; 1.10-1.52	104.7	32.0
Kıvırcık	%10-20; 0.91-1.25	103.4-248.4	27.8-28.6
Karayaka	%4-10; 0.92-0.97		
Sakız	1.7-2.3	116.3	34.8
Tuj	1.03-1.25		
İmroz	%15-20; 1.20-1.38		

Tablo 2. Yerli koyun ırklarında büyüme-gelişme özellikleri, süt ve yapağı verimleri (Sönmez vd., 2009).

Genotip	Doğum ağırlığı (kg)	Sütten Kesim ağırlığı (kg)	Canlı ağırlık kazancı (g/gün)	Canlı ağırlık (kg)	Laktasyon Süresi (gün)	Laktasyon süt verimi (kg)	Kirli yapağı verimi (kg)	Lüle uzunluğu	İncelik (mikron)
Akkaraman	4-4.9	25.02-26.38	100-245	Koyun:35-40 Koç: 50-60	125	38.27-6	1.5-2.0	8-12	29-35
Morkaraman	2.6-4.69	15.50-25.2	118-323	Koyun:45-50 Koç: 60-70	143.63	81.83	1.2-2.0	10-12	30-34
Dağlıç	3-3.5	22.7-26.6		Koyun:35-40 Koç: 50-60	130-140	35-40	1.8-2.0	11-18	27-31
İvesi	3.8-4.4	18.8-25.7	123-182.1	Koyun:35-40 Koç: 60-70	180-210	100-300	1.5-2.0	11-16	32-35
Kıvırcık	2.91 - 4.42	13.6-19.5	180-230	Koyun:30-40 Koç: 45-50	150-160	60-90	1.3-1.7	8-12	29-33
Karayaka	3.0-4.32	14.00-19.38	195-214	Koyun:35-40 Koç: 40-50	130-140	40-45	1.8-2.4	21-28	39-43
Sakız	3-3.9	15-18	210-267	Koyun:35-40 Koç: 40-50	160-180	120-180	1.6-2.0	11-15	28-34
İmroz	2.91 - 3.76	18.71-24.80	148-251	Koyun:35-40 Koç: 50-60	117-223	51.1-102.4	1.6-2.0	10-28	28-35
Tuj					128-145	31-35			

Tablo 2'ye göre, İvesi koyunu haricindeki yağlı kuyruklu yerli koyun ırklarının laktasyon süreleri genellikle 3-5 ay arasında değişmekte, laktasyon süt verimleri ise 40-65 kg arasında farklılık göstermektedir. İvesi koyunları ise 6-7 ay sağılmakta; kırsal koşullarda 100-150 kg, ıslah edilmiş sürülerde ise 250-300 kg arasında süt verebilmektedir. İnce kuyruklu koyun ırkları, 160 güne kadar sağılıp yaklaşık 90 kg süt verirken, Sakız koyunu 160-180 gün sağılmakta ve 120-180 kg süt üretimi gerçekleştirebilmektedir. İmroz koyunları da süt verimlerinde görece yüksek değerlere sahiptir. Yerli koyun ırklarının yapağıları genellikle kaba-karışık özellikte olup halı ve kilim yapımına uygundur. Kirli yapağı verimi 1.5-2.0 kg arasında değişmekte, yapağı örtüsü ise Morkaraman hariç beyaz renklidir.

1.2.2. Koyunlarda Melezleme Çalışmaları

Yerli koyun ırklarında saf yetiştirme ve seleksiyon yöntemleriyle genetik ilerlemenin sınırlı kalabileceği düşüncesi, melezleme çalışmalarının önemini artırmıştır. Türkiye'de koyun ıslahında melezleme yöntemleri ağırlıklı olarak çevirme ve birleştirme (kombinasyon) melezlemesi şeklinde uygulanmıştır. Bu çalışmalar sonucunda yapağı, et-yapağı ve süt verim özelliklerine yönelik yeni koyun tipleri geliştirilmiş ya da geliştirilme aşamasındadır (Kaymakçı ve Taşkın, 2008).

Melezleme çalışmaları kapsamında, Türkiye dokuma sanayisinin kaliteli yapağı ihtiyacını karşılamak amacıyla merinoslaştırma projeleri gerçekleştirilmiştir. Bu projelerden elde edilen başlıca koyun tipleri arasında Karacabey Merinosu (Türk Merinosu), Malya koyunu, Anadolu Merinosu ve Konya Merinosu (Orta Anadolu Merinosu) bulunmaktadır (Kaymakçı ve Taşkın, 2008).

Karacabey Merinosu: Alman Et Merinosları ile Kıvırcık koyunlarının çevirme melezlemesiyle geliştirilmiştir. %90-95 Merinos genotipi taşıyan bu koyunların ikizlik oranı %10-20 civarındadır. Kuzuları, Kıvırcık ırkına göre daha hızlı gelişim göstermektedir. Ortalama canlı ağırlıkları 50-55 kg, kirli yapağı verimleri ise 3-3.5 kg civarındadır. Sortiman 64 S olup, yapağı lüle uzunluğu 6.5-7.0 cm arasındadır (Kaymakçı ve Taşkın, 2008).

Malya Merinosu: Alman Et Merinosları ile Akkaraman koyunlarının birleştirme melezlemesiyle geliştirilmiştir. Bu çalışmalarda, öncelikle Merinos x Akkaraman birinci geriye melez dölleri (G1) elde edilmiş, daha sonra G1 dişileri iri yapılı, yüksek yapağı ve döl verimine sahip Akkaraman koçlarıyla eşleştirilerek %35-40 Merinos genotipi taşıyan yarı yağlı kuyruklu Malya tipi geliştirilmiştir. Doğumda kuzu sayısı 1.10 olup, ortalama canlı ağırlıkları 45-50 kg'dır. Malya koyunları, Akkaraman ırkına kıyasla daha hızlı gelişim göstermektedir. Kirli yapağı verimleri ise 2.4-2.8 kg arasında değişmektedir (Kaymakçı ve Taşkın, 2008).

Konya Merinosu: Konya Merinosu, G2 ve G3 seviyesindeki Alman Et Merinosu x Akkaraman melezlerinin kendi aralarında çiftleştirilmesiyle geliştirilmiştir. Bu koyunların genotiplerinde Merinos genetik katkısı %85 ve üzerindedir. Doğumda kuzu sayısı ortalama 1.45 olup, kuzuların doğum ağırlığı 4.5-5.0 kg arasında değişmektedir. Yetişkin koyunların ortalama canlı ağırlığı 55-60 kg'dır. Laktasyon süresi 140-150 gün olup, bu dönemde ortalama 40-50 kg süt verirler. Kirli yapağı verimi 3.7 kg, lüle uzunluğu ise 7-9 cm'dir. Yapağılarının sortimanı 60-64'S arasında değişmektedir (Kaymakçı ve Taşkın, 2008).

Et ve Yapağı Verim Yönlü Koyun Tipleri; Türkiye'de et ve yapağı verim yönlü koyun tipleri, bölgelere uygun şekilde geliştirilmiştir. Bu tipler arasında İç Batı Anadolu için Ramlıç (Çifteler), Batı Anadolu için Menemen ve Orta Anadolu için Hasmer ve Hasak öne çıkmaktadır.

Ramliç (Çifteler): Ramliç koyunu, Dağlıç'ın dayanıklılığı ile Rambouillet ırkının et ve yapağı verim özelliklerinin birleştirilmesiyle oluşturulmuştur. Genotip olarak %65-70 Rambouillet ve %30-35 Dağlıç özellikleri taşır. İkizlik oranı %10'dur. Kuzuların doğum ağırlığı 4.0-4.5 kg, dördüncü ay ağırlığı ise ortalama 30 kg'dır. Yetişkin koyunların canlı ağırlığı ortalama 50 kg, laktasyon süt verimi ise 70 kg civarındadır. Kirli yapağı verimi 3.0 kg, lüle uzunluğu 7.0 cm, yapağı sortimanı 60-64'S'dir (Kaymakçı ve Taşkın, 2008).

Menemen: Menemen koyunu, Ile de France koçları ile Tahirova koyunlarının melezlenmesiyle oluşturulmuştur. Bu tipte hızlı büyüme özellikleri Ile de France'tan, süt ve döl verimi ile et kalitesi ise Tahirova'dan alınmıştır. Genotipi yaklaşık %75 Ile de France ve %25 Tahirova'dır. Doğum başına kuzu sayısı 1.25-1.27 arasında değişir. Sütten kesim ağırlığı 23.4 kg, dördüncü ay ağırlığı ise 29.6-35.0 kg arasında olup, günlük canlı ağırlık artışı 122-183 g arasında değişmektedir (Kaymakçı ve Taşkın, 2008).

Hasmer: Hasmer koyunu, Alman Siyah Başlı, Hampshire ve Merinos ırklarının üçlü melezlenmesiyle geliştirilmiştir. İkizlik oranı %18-25, kuzuların yaşama gücü ise %93-98 arasındadır. Kuzuların doğum ağırlığı 4.56 kg, 75. günde sütten kesim ağırlığı ise 24.2 kg'dır. Yetişkin koyunların canlı ağırlığı 60-65 kg, koçların ise 70-85 kg arasında değişir. Kirli yapağı verimi 3.5 kg'dır (Kaymakçı ve Taşkın, 2008).

Süt ve Döl Verim Yönlü Koyun Tipleri; Süt ve döl verimine yönelik koyun tipleri genellikle Batı Anadolu koşulları için geliştirilmiştir. Bu koyunlar arasında Tahirova, Sönmez, Acıpayam, Türkgeldi ve Bafra önemli yer tutmaktadır.

Tahirova: Doğu Friz x Kıvırcık birleştirme melezlemesiyle oluşturulan Tahirova koyunu, genotip olarak %75 Doğu Friz ve %25 Kıvırcık özellikleri taşır. Doğumda kuzu sayısı 1.60-1.80 arasında olup, kuzuların doğum ağırlığı 4.0-4.5 kg'dır. Üçüncü ay ağırlığı 28-30 kg, yetişkin koyunların ağırlığı 55-60 kg, koçların ise 80-90 kg'dır. Laktasyon süresi 200-240 gün, süt verimi ise 250-300 kg'dır. Yapağıları birörnek ve ölü kıl içermez (Kaymakçı ve Taşkın, 2008).

Sönmez: Sönmez koyunu, Sakız koçları ile Tahirova koyunlarının melezlenmesi ve bu döllerin ikinci aşamada Tahirova koçlarıyla çiftleştirilmesiyle oluşturulmuştur. Bu koyunun genotipinde %25 Sakız ve %75 Tahirova bulunmaktadır. Doğumda kuzu sayısı ortalama 1.77'dir. Kuzuların dördüncü ay ağırlığı 30 kg, laktasyon süresi yaklaşık 185 gün ve süt verimi 360 kg'dır (Kaymakçı ve Taşkın, 2008).

Acıpayam: Acıpayam koyunu, Doğu Friz, İvesi ve Dağlıç ırklarının aşamalı melezlenmesiyle geliştirilmiştir. Genotip olarak %25 Doğu Friz, %50 İvesi ve %25 Dağlıç özellikleri taşır. Elit sürüde doğumda kuzu sayısı 1.2, kuzuların dördüncü ay ağırlığı 32 kg'dır. Laktasyon süresi 112 gün olup, süt verimi 150 kg'dır (Kaymakçı ve Taşkın, 2008).

Türkgeldi: Tahirova koçlarının Türkgeldi Kıvırcığı koyunlarıyla melezlenmesiyle F1 dölleri oluşturulmuş, ardından bu dölleri yeniden Tahirova koçlarıyla çiftleştirilerek Türkgeldi

koyunları geliştirilmiştir. Genotip olarak %75 Tahirova ve %25 Kıvırcık özellikleri taşır. Doğumda kuzu sayısı 1.40-1.50 arasındadır. Çiftleşme mevsimi 200-220 gün sürmekte, dördüncü ay ağırlığı 30-35 kg olmaktadır. Laktasyon süresi 180-200 gün, süt verimi ise 150-180 kg'dır. Yapağı verimi 2.5-3.0 kg'dır (Kaymakçı ve Taşkın, 2008).

Bafra: Bafra koyunu, Sakız koçları ile Karayaka koyunlarının geriye melezlenmesiyle elde edilmiştir. Genotip olarak %75 Sakız ve %25 Karayaka özellikleri taşır. Doğumda kuzu sayısı her 100 koyun için 178 olarak belirtilmiştir. Kuzuların 90. gün canlı ağırlığı 23 kg, 180. gün ağırlığı ise 33 kg'dır. Yetişkin koyunların ortalama ağırlığı 62 kg olup, yapağı verimi 2.2 kg, yapağı inceliği ise 35 mikrondur (Kaymakçı ve Taşkın, 2008).

Demir ve Aygün'ün (2021) yaptığı çalışmada Hırık koyunlarının temel verim özellikleri olan döl, süt ve yapağı verimi incelenmiştir. Araştırma, Bitlis'in Tatvan ilçesine bağlı Yoncabaşı köyünde yetiştirilen 150 baş Hırık koyunu ve bunlardan elde edilen kuzular üzerinde gerçekleştirilmiştir. Çalışmada belirlenen döl verim özellikleri şu şekilde tespit edilmiştir: Gebelik oranı: %96.67, kısırılık oranı: %3.33, yavru atma oranı: %2, kuzulama oranı: %94.67, ikizlik oranı: %11.97 olarak belirlenmiştir. Koç altı koyun başına doğan kuzu sayısı (KAKBDKS) 1.06, doğuran koyun başına kuzu sayısı (DKBDKS) ise 1.12 olarak saptanmıştır. 150. gündeki kuzu yaşama gücü %100 olarak tespit edilmiştir. Kuzuların ortalama doğum ağırlığı 3.05 ± 0.03 kg, koyunların doğumdaki ortalama canlı ağırlığı ise 56.93 ± 0.62 kg olarak hesaplanmıştır. Gebelik etkenliğine ilişkin ortalama ise 6.34 ± 0.02 kg olarak bulunmuştur. Süt verimi açısından, Hırık koyunlarında ortalama laktasyon süt verimi 174.50 ± 0.58 l, laktasyon süresi ise 221.77 ± 1.57 gün olarak tespit edilmiştir. Yapağı özellikleri bakımından, kirli yapağı verimi 2.51 ± 0.04 kg, kırkım sonu canlı ağırlık ise 64.97 ± 0.27 kg olarak belirlenmiştir. Yapağı randımanı genel ortalama olarak 71.44 ± 1.08 düzeyindedir. Elde edilen bulgular, Hırık koyunlarında yapılacak ıslah çalışmalarının döl verimi, süt verimi, laktasyon süresi, kirli yapağı verimi ve yapağı randımanını daha ileri seviyelere taşıyabileceğini göstermektedir.

SONUÇ

Türkiye'de koyunculuk alanında yürütülen ıslah çalışmaları, harcanan kaynak ve çabalara rağmen istenen başarı düzeyine ulaşamamıştır. Bu durum, iç ve dış çeşitli faktörlere dayandırılmaktadır. Genel olarak, koyunculuk ıslahını da kapsayan ulusal bir bilim ve teknoloji politikasına olan gereksinim açıkça görülmektedir. Elde edilen yerli ırkların yaygınlaştırılması da büyük önem taşımaktadır.

Islah çalışmaları, Katılımcı Kırsal Değerlendirme Yaklaşımı doğrultusunda planlanmalı ve yürütülmelidir. Bu kapsamda, araştırma ve planlama sürecini koordine etmeye ulusal ve bölgesel düzeyde Koyunculuk Araştırma Konseyleri kurulması önerilmektedir. Bu konseylerde, başta yetiştirici birlikleri olmak üzere üniversiteler, kamu araştırma kurumları, hayvancılık kooperatifleri, yayımcı kuruluşlar, meslek odaları (ör. Ziraat Mühendisleri, Veteriner Hekimler, Ziraat Odaları) ve et-süt sektörü temsilcileri bir araya gelmelidir.

Türkiye'nin hayvancılık politikaları yeniden ele alınmalı, Dünya Bankası ve Uluslararası Para Fonu gibi kuruluşların yönlendirmelerinden bağımsız, ulusal tarım politikaları benimsenmelidir. Ayrıca, yetiştiricilerin teknik ve ekonomik örgütlenmelerini hızla geliştirmesi, sektörel ilerlemede kritik bir öneme sahiptir.

KAYNAKLAR

- Anonim 2024. <https://www.tarimorman.gov.tr/sgb/Belgeler/SagMenuVeriler> (Erişim Tarihi: 04.10.2024).
- Anonim, 2012. Küçükbaş Hayvancılık Çalıştay Raporu. Doğu Anadolu Kalkınma Ajansı. 8-9 Haziran 2012. Hakkari. 167 s.
- Akçapınar, H. (2000). Koyun yetiştiriciliği. 2. Baskı, İsmat Matbaacılık Ltd. Şti. Ankara. ISBN: 975-96978-1-5.
- Aşkın, Y. 1995. Cumhuriyet döneminde koyunculuk, Cumhuriyet Dönemi Türkiye Ansiklopedisi, Cilt: 9, İletişim Yayınları, İstanbul, s. 2437-2440.
- Atasoy, F., Ünal, N., Akçapınar, H., Mundan, D. (2003). Karayaka ve Bafra (Sakız X KarayakaG1) Koyunlarında Bazı Verim Özellikleri, Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences, 27, 259-264.
- Bingöl, E. (2006). Hakkari’de yetiştirilen Karakaş Koyunlarında Döl Verimi ile Kuzularda Büyüme ve Gelişme Özellikleri. Yüksek Lisans Tezi, Van: Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Düzgüneş, O. (1976). Hayvan ıslahı, Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Adana, 98.
- Ertuğrul, M., T. Savaş, G. Dellal, T. Taşkın, M. Koyuncu, F. Cengiz, B. Dağ, S. Koncagül ve E. Pehlivan, 2010. Türkiye Küçükbaş Hayvancılığının İyileştirilmesi. Ziraat Mühendisliği VII. Teknik Kongresi, s. 667-685, Ankara.
- Esen, F. (1997) Akkaraman, Sakız x Akkaraman Melez (Fi) Kuzularda Verim Özellikleri. Doktora Tezi, Elazığ: Fırat üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü.
- Gürsoy, O., 2009, Türkiye ve Avrupa Birliğinde Küçükbaş Hayvan Yetiştiriciliğinde Örgütlenme, Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi dergisi, 2009, Cilt 23, Sayı 2, 79-95.
- Kaymakçı, M. (1990). Türkiye Koyun Islah Stratejisi Üzerine Bir Deneme. Hayvansal Üretim Dergisi 33(33-45), İzmir.
- Kaymakçı, M., Sönmez, R. (1992). Koyun Yetiştiriciliği. Hasad Yayıncılık, Hayvancılık Serisi: 3, İstanbul: 405 s.
- Kaymakçı, M. (2006). İleri koyun yetiştiriciliği, İzmir ili damızlık koyun keçi yetiştiricileri birliği, Yayın No:1 Bornova, İzmir.
- Kaymakçı, M., & Taşkın, T. (2008). Türkiye koyunculüğünde melezleme çalışmaları. Hayvansal üretim, 49(2).
- Paksoy M, Özçelik A, 2008. Kahramanmaraş İlinde Süt Üretimine Yönelik Keçi Yetiştiriciliğine Yer Veren Tarım İşletmelerinin Ekonomik Analizi. Ankara. Tarım Bilimleri Dergisi 14 (4): 420-427.
- Sönmez, R., Kaymakçı, M., Eliçin, A., Tuncel, E., Wassmuth, R., & Taşkın, T. (2009). Türkiye Koyun Islahı Çalışmaları. Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 23(2), 43-65.
- Şekerden, Ö. (2001). Hayvan ıslahının genetik esasları, Ofset Matbaacılık, Antalya.
- Ünal, N., Akçapınar, H. (1996). Dünyada ve Türkiye’de koyun ıslah çalışmaları. Türk Veteriner Hekimler Dergisi. 8 : 2 (18-26).

**Capsicum TÜRLERİNDE MEYVEDE RENK VARYASYONLARI VE RENK
OLUŞUM MEKANİZMALARI ÜZERİNE BİR İNCELEME**

Öğr. Gör. Dr. Ayşe Nur ŞAVKAN (ORCID:0000-0002-0826-1243)

Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi Rektörlük, Pilot Tarım ve Jeotermal Koordinatörlüğü,
Kırşehir, Türkiye.

Email: ayse.cetin@ahievran.edu.tr

Prof Dr. Önder TÜRKMEN (ORCID:0000-0003-3218-6551)

Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Konya, Türkiye.

Email: turkmen@selcuk.edu.tr

Özet

Capsicum türleri, farklı ortamlara uyum sağlama yetenekleri, verimlilikleri ve renk çeşitliliği açısından zengin bir bitki grubudur. Bu renk pigmentleri bitkileri sadece görsel olarak çekici kılmakla kalmaz, aynı zamanda besin değerlerine ve sağlık yararlarına da katkıda bulunmaktadır. Bu derleme, *Capsicum* türlerinde bulunan geniş meyve renk yelpazesini ve bu renklerin oluşum mekanizmaları açıklamayı amaçlamaktadır. Yani biberlerin meyve renklerinden sorumlu pigmentler olan klorofillerin (yeşil), karotenoidlerin (kırmızı, turuncu, sarı) ve antosiyaninlerin (mor, kırmızı) biyosentezi ve bunların genetik kontrol mekanizmalarını ayrıntılı bir şekilde incelemektedir. Biber meyvelerinde renk oluşum süreci, meyvenin olgunlaşma sürecinde klorofilin parçalanmasıyla başlar ve diğer kimyasal süreçleri de içermektedir. Bu pigmentlerin biyosentez yolları ve metabolizmaları, genetik düzenlemeyle sıkı bir şekilde kontrol edilmektedir. Yani renk genleri ve nicel özellik lokusları (QTL'ler), biber meyvelerinin renk çeşitliliğini nasıl ortaya çıktığını açıklamaktadır. Bu sürecin açıklanması, biberlerdeki renk varyasyonlarının anlaşılması, pazar değerlerinin artırılması, kalitelerinin ve tarımsal verimliliklerinin geliştirilmesi için kritik bir öneme sahiptir. Sonuç olarak, bu derleme, üretici ve tüketici talepleri doğrultusunda bir unsur olan *Capsicum* türlerinde renk oluşum mekanizmalarının anlaşılması için faydalar sunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Antosiyaninler, Biber, Karotenoidler, Klorofil, Renk oluşumu

**A REVIEW ON FRUIT COLOR VARIATIONS AND MECHANISMS OF COLOR
FORMATION IN *Capsicum* SPECIES**

Abstract

Capsicum species are a group of plants known for their ability to adapt to various environments, high productivity, and diverse fruit colors. These color pigments not only enhance the visual appeal of the plants but also contribute to their nutritional value and health benefits. This review aims to explore the wide range of fruit colors found in *Capsicum* species and the mechanisms behind their formation. Specifically, we will examine the biosynthesis of chlorophylls (green), carotenoids (red, orange, yellow), and anthocyanins (purple, red), which are the pigments responsible for the colors of pepper fruits. The process of color formation begins with the breakdown of chlorophyll during the ripening of the fruit and involves several other chemical processes. The biosynthetic pathways and metabolism of these pigments are precisely controlled by genetic regulation. Understanding the color genes and quantitative trait loci (QTLs) is essential for explaining the variations in the colors of pepper fruits. This knowledge is critical for appreciating the reasons behind color diversity, which in turn can increase market value and improve both quality and agricultural productivity. Therefore, this review provides valuable insights into the mechanisms of color formation in *Capsicum* species, *aligning with the demands of both producers and consumers.*

Keywords: Anthocyanins, Carotenoids, Chlorophyll, Colour formation, Pepper.

1. GİRİŞ

Solanaceae familyasının bir üyesi olan biber (*Capsicum annum* L.), tropikal ve subtropikal iklim bölgelerde bolca yetiştirilen, Latin Amerika kökenli ve dünya çapında yaygın olarak yetiştirilen popüler bir sebze ve baharat bitkisidir. (Gomez-Garcia ve ark., 2013; Parisi ve ark., 2020). Doğada yaklaşık 35 kırmızıbiber türü bulunmaktadır; sadece beş tanesi insan tüketimi için kullanılmaktadır. Bunlar; *Capsicum annum*, *Capsicum baccatum*, *Capsicum chinense*, *Capsicum frutescens* ve *Capsicum pubescens* dir (Carrizo-Garcia ve ark., 2016). Bu türler arasında *C. annum*, keskin kokusu ve tadı nedeniyle ekonomik açıdan en önemli üründür.

Dünyada, 2020 yılında toplam biber üretimi 39 milyon tonu aşmıştır. Biber bitkisinin yoğun olarak yetiştirildiği ülkeler; Pakistan, Hindistan, Çin, Etiyopya, Myanmar, Meksika, Vietnam, Türkiye, Peru, Gana, Bangladeş, Japonya, Afrika ve Amerika'dır. Üretimde ilk sırayı Çin alırken, Türkiye ise toplam üretimde üçüncü sıradadır (FAO, 2020). Biber; insanların mikro besin eksikliklerinin giderilmesinde hayati bir role sahiptir [Litoriya ve ark., 2014; Olatunji & Afolayan, 2018]. Biber taze tüketimin yanında önemli bir endüstriyel ham maddedir. Biberden elde edilen kapsantin ve kapsorubin gıda, kimya endüstrisi ve tarımda önemli kullanım alanlarına sahiptir (Luo ve ark., 2011). Bu arada, renkli süs biberleri peyzaj bitkileri seçiminde giderek daha fazla yer almaktadır (Paran & Van Der Knaap, 2007; Costa ve ark., 2019).

Capsicum türleri, morfolojik ve genetik çeşitlilik açısından zengin olup, meyvelerinin boyutu, şekli, rengi ve acılık düzeylerinde muazzam bir çeşitlilik gösterir. Biberde meyve kalitesi, görsel sunum, lezzet, kimyasal bileşim ve besin değeri birden fazla özellik tarafından belirlenir. Bu kalite özellikleri arasında meyve rengi birincil öneme sahiptir. Çünkü renk veren pigmentler beslenme, sağlık ve lezzetle ilişkilidir. Örneğin *C. annum* türü, tatlı dolmalık biberden acı kırmızı bibere kadar geniş bir yelpazede çeşitlilik gösterir (Sharoni ve ark., 2012; Gomez-Garcia ve ark., 2013).

Acı biber iyi bir diyet lifi, riboflavin, tiamin, folat, niasin, demir, protein, fosfor ve bakır kaynağıdır. Bunun yanı sıra, yüksek miktarda A vitamini, C vitamini, K vitamini, E vitamini, B6 vitamini, potasyum ve manganez içermektedir (Krithika ve ark., 2014). Biber meyveleri ayrıca karotenoidler (lutein, β -karoten, β -kriptoksantin, zeaksantin, violaksantin ve kapsantin), kapsaisinoidler (kapsaisin, dihidrokapsaisin) gibi birçok fitokimyasallar (nordihydrocapsaicin, homocapsaicin, homodihydrocapsaicin ve nonivamide) ve flavonoidler (quercetin, luteolin, kaempferol, catechin, epicatechin, rutin, apigenin, myricetin ve cyanidin) yönünden zengindir (Howard ve ark., 2000; Vera-Guzman ve ark., 2011). Karotenoidler, insanlar için provitamin A'nın diyet kaynakları olarak kullanılabilir (Sharoni ve ark., 2012). Karotenoid dioksijenazın oksidatif bölünmesi ile üretilen deoksijenlenmiş karotenoidler, benzersiz tatlar ve aromalar üretebilen bir dizi önemli biyolojik aktiviteye sahiptir (Walter ve ark., 2010). Temel olarak, *Capsicum* meyvesinin renk çeşitliliği klorofil (yeşil), antosiyaninler (mor/menekşe), α -karoten, β -karoten, zeaksantin, lutein ve β -kriptoksantin (sarı/turuncu) gibi pigmentlerin varlığıyla bağlantılıdır (Gomez-Garcia ve ark., 2013). Biber meyvesinin rengi, satın alma ve yetiştirme sürecinde tüketici ve yetiştirici tercihlerini etkileyen en önemli kalite özelliklerinden biridir. Yetiştiriciler, çeşitli tüketici ihtiyaçlarını karşılarken ürün çeşitliliğini artırmak için farklı kabuk renklerine sahip biberleri verimli genler ve mutasyonlar yoluyla yetiştirmişlerdir. Bugüne kadar beyaz, mor, sarı, siyah ve turuncu gibi farklı meyve renklerine sahip yeni biber çeşitleri geliştirilmiştir (Jeong ve ark., 2020; Wang ve ark., 2023).

Meyve olgunlaşmasına genellikle üç mekanizmayı içeren belirgin bir renk değişimi eşlik etmektedir. İlk olarak bazı tilakoid membranların ve fotosentetik proteinlerin ayrışması ve geri dönüşümü ile birlikte kloroplastlardan klorofil kaybının olmasıdır. İkincisi, kloroplastlar tarafından dönüştürülen veya diğer plastid türlerinden gelişen kloroplastlarda lipid kürelerinde veya diğer karakteristik membrana bağlı yapılarda renkli karotenoidlerin birikmesi. Son olarak ise; sitozolik keseciklerde flavonoid veya antosiyanin benzeri pigmentlerin birikmesi olarak bilinmektedir (Egea ve ark., 2010; Suzuki ve ark., 2015). Burada farklı mekanizmalar birbirini karşılıklı olarak engellemez ve birkaç mekanizma aynı meyve üzerinde etkili olabilmektedir. Örneğin domateste genellikle klorofil kaybolur ve karotenoid biriktirir, ancak “yeşil flaş” mutant meyveler karotenoid biriktirirken bazı tilakoidleri ve klorofillerini korur, bu nedenle koyu kahverengi meyvelere sahiptir (Ramirez&Tomes, 1964; Butelli ve ark., 2008). Biber meyvesine özgü bir karotenoid olan kapsaisin, kırmızı ve pembe olgun meyvelerde tespit edilirken, pigment sarı meyvelerde veya genç yeşil meyvelerde tespit edilememiştir (Borovsky ve ark., 2004). Yapılan başka bir çalışmada; *C. annum*, *C. frutescens* ve *C. chinense*, antioksidan bileşenleri (karotenoidler, flavonoidler, fenolik asitler ve askorbik asit), meyve olgunlaştıkça *in vitro* olarak ölçülen antioksidan aktivite ile konsantrasyonda arttığı bildirilmiştir (Howard ve ark., 2000).

Son yıllarda, biber genomunun genetiği ile ilgili veriler ilerlemiştir, özellikle 2014 yılında biber genomunun dizileme ve birleştirme işlemlerinin tamamlanmasıyla büyük bir adım atılmıştır. Yapılan bir araştırmada Zunla 1 (*C. annum*) ve Chiltepin (yabani tür) çeşitlerine ait tüm genomun sekanslamasını tamamladıklarını ve iki genomun boyutlarının 3.35 Gb ve 3.48 Gb olduğu bildirilmiştir (Qin ve ark., 2014). Yine yabani bir tür olan CM334 için 18.86× derinlikte sekanslamının yapıldığı çalışmada, sırasıyla diğer iki kültür türü ve bir yabani tür için de novo sekanslamayı tamamladığı bildirilmiştir (Kim ve ark., 2014). Daha sonraki yıllarda biber üzerinde verim, direnç ve diğer özelliklerin geliştirilmesine yönelik yapılan araştırmalarda hızlı bir artış olmuştur (Ma ve ark., 2022; Shu ve ark., 2023). Biber genom dizisinin sürekli iyileştirilmesi ve genetik haritaların geliştirilmesi ile biber meyve rengi üzerine yapılan araştırmalar önemli bir ilerleme kaydedecektir. Bu, biberde meyve rengi oluşum mekanizmasını analiz etmek için yeni fırsatlar sağlayacaktır.

Sonuç olarak *Capsicum* türü, renkli meyveleri sayesinde meyve rengi kalıtımını incelemek için model bir bitki haline gelmiştir. Bu bağlamda biber meyvelerindeki renkleri oluşturan bu pigmentlerinin biyokimyasal yolları ve bu yolların genetik kontrol mekanizmalarının tespit edilmesi, bitki biyolojisi ve genetik mühendisliği alanına önemli katkılar sağlayacağı düşünülmektedir. Özellikle çeşitli meyve renklerine sahip yeni biber çeşitlerinin geliştirilmesi, üretim ve ticareti açısından büyük önem taşımaktadır. Çünkü renk, tüketici tercihlerini doğrudan yönlendiren bir faktördür. Bu nedenle renk oluşumunun analizi ve kontrol edilmesi, günümüzde hem üretici hem de ıslahçılar için kritik bir hedef haline gelmiştir. Bu makalede, biber meyvesindeki renk varyasyonları ve renk oluşum mekanizmaları üzerine yapılan son çalışmalar özetlenmiştir. Ayrıca, *Capsicum* türlerinin renk oluşumu ayrıntılı bir şekilde incelenerek bu bölüm hakkında genetik ve biyokimyasal sentez yolları açısından değerli bilgiler sağlamayı amaçlamaktadır.

2. *Capsicum* TÜRLERİNDE MEYVE RENK PİGMENTLERİNİN VARYASYONU

Biber meyvesinde renkler; kahve-kırmızımsı, sarı, açık yeşiller, koyu yeşiller, beyazımsı ve güney-güneydoğu Meksika biberlerinin Pico Paloma ve Tusta tiplerinde olduğu gibi mor renkli

antosiyaninik lekeler içeren çok açık yeşil renkler arasında değişmektedir (Vera-Guzmán ve ark., 2017). Meyvelerdeki klorofiller, antosiyaninler ve karotenoidler gibi çeşitli pigmentlerin birikimi ve oranı biber meyvelerinin rengini belirler. Bu pigmentler biber meyvesinin rengini etkilerken aynı zamanda serbest radikalleri temizleme ve insan vücudundaki bağıışıklığı ve antioksidanları geliştirme etkilerine sahiptir. Çok çeşitli ve zengin renklere sahip olan biber meyvelerinde, olgunlaşmamış meyve renkleri arasında; yeşil, kırmızı, beyaz, mor ve siyah bulunmaktadır. Yüksek sıvı kromatografisi kullanılarak yapılan analiz, yeşilin tonunun klorofil ile ilişkili olduğunu ve ayrıca lutein, beta-karoten ve violaksantin gibi az miktarda karotenoidlerden etkilendiğini göstermiştir (Gómez-García&Ochoa-Alejo, 2013). Beyaz meyveler klorofil ve karotenoidler bakımından eksiktir (Shifriss&Pilovsky, 1992). Mor ve siyah meyvelerdeki birincil pigment bileşenleri antosiyanin ve klorofildir ve siyah meyvelerdeki pigment içeriği mor meyvelerdekenden önemli ölçüde daha yüksektir (Lightbourn ve ark.,2008). Kırmızı ve sarı biberler karotenoidler bakımından son derece yüksektir (Tian ve ark., 2014). Yine baharat olarak düşünüldüğünde toz biberin rengi önemlidir çünkü meyve kalitesinin göstergesidir. Tüketiciler rengi lezzet, olgunluk ve besin değeri ile ilişkilendirir. Bu ilk izlenim, tüketicinin meyveyi kabul veya reddetme noktasında etkiler. Bu nedenle, toz biberin arzu edilen koyu kırmızı rengi, malzemenin ne kadara satılabileceğinden doğrudan sorumludur. Kırmızı biberin rengi ağırlıklı olarak olgun meyvede karotenoidlerin birikmesinden kaynaklanır. Bununla birlikte, rengi etkileyebilen diğer bileşikler klorofiller, tokoferoller (E vitamini) ve antosiyaninlerdir. Acı biber meyvesindeki karotenoid konsantrasyon seviyeleri bitki organlarındaki en yüksek seviyeler arasındadır (Berry, 2015).

Pigmentlerin çeşitlerine ve içeriklerine ek olarak, biber meyvelerinin renkleri, bireysel kabuk pigmentlerinin sürekli metabolizması nedeniyle gelişim sırasında değişiklik göstermektedir (Lancaster ve ark., 1997). Biber meyveleri, olgunlaşmamışdan olgunlaşmaya kadar değişen sürede zengin bir meyve rengi çeşitliliğine sahiptir. En yaygın türlerden biri olgunluk öncesi yeşilden olgun kırmızıya doğru değişimidir. Bazı yeşil meyveler sarı, zeytin yeşili veya kahverengiye dönüşür. Fildişi rengi beyaza, mor kırmızıya, turuncu kırmızıya ve siyah renk kırmızı veya turuncuya kaymıştır (Omori & Sasanuma, 2022). Bu durum, olgun meyve renklerinin pigment kaybetme eğiliminden kaynaklanmaktadır. Ayrıca, meyveler fizyolojik olgunluktan aşırı olgunluğa geçmekte ve olgun yeşilden standart olgun meyve rengine geçerken renk kazanmaktadır (Banerjee ve ark., 2022).

Olgun biber meyveleri kırmızı, sarı, turuncu, zeytin yeşili ve kahverengi gibi çeşitli meyve renkleri sergiler (Matsufuji ve ark., 2007). Biber meyvelerindeki kloroplastlar farklılaşp kromoplastlara dönüşürken, meyvelerdeki klorofilin kademeli olarak bozulması ve kromoplastlardaki karotenoidlerin sentezi ve birikimi aynı zamana denk geldiğinden, karotenoidler biberin kırmızı olgunlaşan meyve renginde önemli bir rol oynar (Tian ve ark., 2015). Kısacası, olgun biber meyvesi renginin fenotipi, kromoplastlarda biriken karotenoidlerin türleri ve göreceli içerikleri tarafından belirlenir. Farklı biber meyvelerinden elde edilen renk kaynaklarının araştırılmasıyla, olgunlaşma sürecinde kahverengi ve yeşil meyveli biberlerde klorofilin bozulmadığı tespit edilmiştir (Smith, 1950). Kahverengi meyveli olgun biberlerde ise klorofil ve kırmızı karotenoidlerin bir kombinasyonundan etkilendiği bildirilmiştir (Roca, ve ark., 2006).

3. *Capsicum* TÜRLERİNDE MEYVE RENK PİGMENTLERİNİN BİYOSENTEZİ

Biberlerdeki klorofillerin, antosiyaninlerin ve karotenoidlerin biyosentez süreçleri karmaşık ve sentez yolu çeşitli enzimleri içermektedir. Bu arada, varyasyonla ilgili genler genellikle farklı biber kaynaklarının meyvelerinde biriken çeşitli pigmentlerin bileşenlerinde ve içeriklerinde farklılıklara yol açmaktadır. Aynı zamanda, çeşitli pigmentlerin sentezi ve metabolizması da değişen derecelerde endojen hormonları ve dış çevre koşulları tarafından etkilenecek ya aktive edilmekte ya da inhibe edilmektedir.

3.1 Klorofilin Biyosentezi

Klorofil(Chl), magnezyum içeren porfirin halkası ve fitolden oluşur, esas olarak klorofil a ve klorofil b içerir. Biberdeki klorofil, monovinil klorofile (MV-Chl) ait olan tetrapirrol makrosiklusunda C-3 pozisyonunda bir vinil grubu ve C-8 pozisyonunda bir etil grubu içerir (Wu ve ark., 2023). Biberlerdeki klorofil sentezi üç ana aşamaya ayrılabilir.

İlk aşama, glutamik asit (Glu) ve glutamil-tRNA sentetazının (GluRS) katalitik reaksiyonu ile başlayan L-glutamilden-aminolevulinik aside (ALA) sentezidir. L-glutamil-tRNA bu katalitik reaksiyonun ana ürünüdür. Yukarıdaki reaksiyon genellikle Chl biyosentezinin başlangıç noktası olarak kabul edilir (Eckhardt ve ar., 2004). L-glutamil-tRNA daha sonra glutamil-tRNA redüktaz (GluTR) tarafından L-glutamik asit 1-semialdehide indirgenir ve aynı anda tam tRNA serbest bırakılır; glutamat-1-semialdehit, *Gsa* geni tarafından kodlanan ALA'yı oluşturmak için Lglutamat-1-semialdehit2,1-aminomutaz (GSA-AM) tarafından katalize edilir (Eckhardt ve ar., 2004; Bollivar, 2006). Bu aşamada reaksiyona katılan enzimler bireysel olarak reaksiyona girmezler. Bu reaksiyon aşamasında yer alan bireysel enzimlerde bağımsız olarak reaksiyona girmezler, ancak diğer maddelerin sentez mekanizmalarından glutamat-tRNA için rekabeti engellemek amacıyla birbirleriyle bir kompleks oluştururlar (Zhang ve ark., 2019).

İkinci aşama, ALA'dan protoporfirin IX (Proto IX) sentezidir. ALA, porfobilinojen (PBG) oluşturmak için porfobilinojen sentaz (PBGS) tarafından katalize edilmesi ve yoğunlaştırılmasıdır. PBG daha sonra hidrosimetilbilan (Hmb) üretmek için porfobilinojen deaminaz (PBGD) tarafından katalize edilir. Koproporfirinojen III (Koprojen III), üroporfirinojen III sentaz (UROS) ve üroporfirinojen III dekarboksilaz (UROD) etkisiyle Hmb'den elde edilir. Son olarak, koprojen III, Proto IX oluşturmak için koproporfirinojen III oksidaz (CPOX) ve protoporfirinojen oksidaz (PPOX) tarafından iki aşamalı bir oksidasyon reaksiyonuna girer (Wang ve ark., 2016; Luo ve ark., 2019). Chl biyosentezinin ilk iki aşaması, bitkilerdeki ışığa duyarlı pigmentler gibi tetrapirrol maddeleriyle aynı sentetik yolu paylaşır. Proto IX oluşumundan sonra, diğer maddelerle birlikte klorofil sentezinin yolağı olmaktadır, bu da klorofil sentezinin üçüncü aşamaya girdiği anlamına gelmektedir (Beale, 2005).

Üçüncü aşama Chl sentezidir ve bu aşamadaki magnezyum şelataz reaksiyonu Proto IX'un klorofil sentez yolağına girdiğinin bir işaretidir. Buna göre, magnezyum şelataz (MgCh) tüm klorofil biyosentezinde kritik enzimlerden biri haline gelmiştir (Walker&Willows, 1997). Proto IX, Mg Ch, Mg-protoporfirin IX metiltransferaz (Mg PMT), Mg-protoporfirinojen IX monometilester siklaz (Mg PEC), 3,8-Divinil protoklorofilidan 8-vinil redüktaz (DVR), protoklorofilid oksidoredüktaz (POR), klorofil sentaz (Childe), klorofil sentaz (CHLG) ve diğer enzimlerin etkisiyle klorofil a sentezlenir. Son olarak, klorofil a'nın C7 yan zincirinin metili,

klorofilid oksijenaz (CAO) tarafından bir formil oluşturmak üzere oksitlenir ve bu da klorofil b sentezini tamamlada görev almaktadır (Tanaka ve ark., 1998; Hu ve ark., 2021).

Klorofil biyosentez sürecinin adımları zahmetli ve karmaşıktır; bunlar arasında ALA sentezi ve Mg iyonlarının eklenmesi klorofil biyosentezini kontrol eden iki ana süreçtir. Bu arada, klorofil biyosentezinin tüm süreci sadece içsel genler tarafından değil, aynı zamanda dış çevre koşulları tarafından da düzenlenmektedir (Nagata ve ark., 2005; Kobayashi, ve ark., 2016). Bununla birlikte, bu faktörlerin düzenleyici mekanizması hala belirsizliğini korumakta ve bu alanda daha fazla araştırmalara ihtiyaç duymaktadır.

3.2. Antosiyaninlerin Biyosentezi

Antosiyanin, esas olarak çiçeklerin, meyvelerin, yaprakların ve biber saplarının doku keseciklerinde bulunan çok önemli bir pigmenttir. Ayrıca, bu antosiyaninler, biber meyvelerinde mor veya neredeyse siyah renklerin oluşmasında rol almaktadır. (Hichri ve ark., 2011). Antosiyanin, flavonoidlerin tipik iskelet yapısına sahip, bitki polifenolik flavonoidlerinin ikincil metabolizmasının bir ürünüdür. Antosiyaninlerin ayrıca antikanser, antialerjik, anti-enflamatuar, antiviral ve antioksidan özelliklere sahip olduğu, bu da antosiyaninlerin bitki rengini belirleyen temel pigmentler olmanın yanı sıra sağlık yararları olduğunu ima etmektedir (Seren ve ark., 2008). Antosiyanin biyosentez yolu ve ana bileşenleri farklı biber materyallerinde aynı olmasada, antosiyanin senteziyle ilgili genlerin ifadesi biber meyvelerinin gelişimi sırasında değişmektedir (Wang ve ark., 2018). Antosiyanin biyosentezinin flavonoid metabolik yolağının önemli bir dalı olduğu önceki çalışmalardan tespit edilebilmektedir. Bitkilerdeki antosiyanin biyosentez yolu üç aşama şeklinde incelenebilir (Jaakola ve ark., 2013; Al Sane ve ark., 2015; Zhang ve ark., 2016; LaFountain ve ark., 2021).

İlk aşama, çoğu bitki tarafından paylaşılan gerekli bir ikincil metabolik yol olan fenilpropanoid metabolik reaksiyonudur. Antosiyaninlerin ve diğer flavonoidlerin biyosentezi için bir öncü olarak fenilalanin, ilk metabolik reaksiyon yoluyla 4-kumaroil CoA üretmek için fenilalanin amonyak liyaz (PAL), sinamat 4-hidroksilaz (C4H) ve 4-kumarat Co A ligaz (4CL) kullanılmaktadır.

İkinci aşama, flavonoidlerin metabolizmasında önemli bir adımdır. Burada asetil-CoA karboksilaz (ACC) ve asetil CoA ligaz (ACL), malonil CoA vermek için asetik asidi katalize ederek ilk aşamada oluşan 4-kumaril CoA ile birleştirilir. Ürünler kalkon oluşturmak için kalkon sentaz (CHS) tarafından katalize edilerek, kalkon izomeraz (CHI) ve flavanon 3-hidroksilaz (F3H) tarafından dihidroflavonol elde etmek için katalize edilir ve dönüştürülür. Daha sonra hidroksilat, dihidromirisetin (DHM) ile dihidrokuersetin (DHQ) oluşturmak için farklı bölgelerde flavonol 30 hidroksilaz (F30H) ve flavonol 30,50 hidroksilaz (F3050H) tarafından bu işlem devam ettirilmektedir.

Üçüncü aşama, çeşitli bitki antosiyaninlerinin reaksiyon aşamasıdır. Renksiz dihidroflavonol, DHM ve DHQ, renksiz antosiyaninler oluşturmak için dihidroflavonol 4-redüktaz (DFR) tarafından katalize edilmekte ve farklı renkli antosiyaninler sentezlemek için antosiyanidin sentaz (ANS) ve lökoantosiyanidin dioksijenaz (LDOX) tarafından katalize edilmektedir. Antosiyaninler stabil olmadıklarından ve genellikle serbest halde bulunmadıklarından, glikozitler şeklinde glikozil gruplarına bağlanırlar. Bu nedenle, yukarıdaki adımlarla

sentezlenen antosiyanin, flavonoid 3-O-glukoziltransferaz (UFGT) tarafından katalize edilerek glikozit ile birleşir ve renkli antosiyanin oluşturur. Son olarak antosiyaninler glutatyon S-transferaz (GST) tarafından taşıyarak vakuollerde depolanmaktadır.

Antosiyaninlerin biyosentetik yollarının anlaşılmasında önemli ilerlemeler kaydedilmiş olmasına rağmen, daha kapsamlı bir düzenleyici ağ keşfedilmeyi beklemektedir. Antosiyaninlerin birikimi biyosentez ve yıkım arasındaki dengeye bağlıdır; ancak antosiyanin yıkımının altında yatan mekanizma belirsizliğini korumaktadır. Ayrıca, ışık, sıcaklık ve glikoz metabolizması gibi çevresel faktörlerin antosiyanin metabolizması üzerinde etkisi vardır ve bunların düzenleyici mekanizmalarının daha fazla araştırılması gerekmektedir.

3.3. Karotenoidlerin Biyosentezi

Britton ve ark., (2017), karotenoidlerin incelenmesinin 200 yıllık bir geçmişi aştığını bildirmişlerdir. Aschoff, bugün bixin olarak bildiğimiz apokarotenoid olan “krosin”i safrandan izole ettiğini bildirmiştir. 1823 yılında Goebel'in yengeçler (Brachyura) üzerinde yaptığı araştırma, hayvanlarda bu izoprenoidlerin varlığını ilk kez ortaya koydu. Daha sonra, karotenoid teriminin türediği havuç (*Daucus carota* L.) ile yapılan araştırmalardan sonra, Wackenroder 1831'de ilk kez C40 yapısına sahip β -karoteni izole etti ve tanımladı. Yapılan son çalışmalara göre, 700 kaynak organizma ile yaklaşık 1178 doğal olarak oluşan karotenoid rapor edilmiştir (Yabuzaki, 2018).

Karotenoid, domates, biber, kadife çiçeği ve portakal gibi birçok bahçe bitkisinde yaprakların ve meyvelerin renklenmesiyle ilişkili bir tür etilen pentadien bileşiğidir (He ve ark., 2021). Çok çeşitli karotenoidler vardır ve olgun biber meyvelerinde bulunan karotenoid türleri çeşitlidir. Olgun biber meyvelerindeki karotenoidler kapsaisin, kapsantin ve diğer flavonoid lutein; zeaksantin, violaksantin ve diğer luteindir (Deli ve ark., 1996). Sarı ve turuncu olgun biber meyvelerinde kapsaisin veya kapsorubin bulunmaz, bunun yerine violaksantin, luteolin ve mor flavin gibi luteolin maddeleri bulunur (Wahyuni ve ark., 2011). Sarı olgun biber meyvelerindeki karotenoidler çoğunlukla sarı karotenoidler iken, kahverengi olgun biber meyvelerindeki karotenoidler lutein ve kapsaisin gibi kırmızı karotenoidlerdir (Borovsky ve ark., 2008; Sandmann ve ark., 2021).

Karotenoidler, yapılarını oluşturan karbon sayısına göre C30, C40, C45 ve C50 karotenoidleri olarak sınıflandırılırlar, ancak sadece C40 karotenoidleri doğada daha bol bulunan ve sonuç olarak literatürde daha çok ele alınan karotenoidlerdir. Ayrıca, C40 karotenoidleri ökaryotlar, arkeler ve bakteriler tarafından biyosentezlenir ve kimyasal yapıları çok çeşitli sayıda terminal gruptan oluşmaktadır (Yabuzaki, 2017). Bitki karotenoidleri yalnızca plastidlerde, en önemlisi kloroplast ve kromoplastta sentezlenir ve biriktirilir (Lopez & Pyke, 2005).

İki tür bitki karotenoidi vardır: halkalı ve halkasız hidrokarbonlar olan karoten ve karotenlerin oksijenli türevleri olan ksantofiller. Karotenoid sentezi, iki geranilgeranil difosfat (GGDP) molekülünün fitoen sentaz tarafından doğrudan yoğunlaştırılmasıyla C40 bileşiği fitoenin oluşumu ve ardından 11 konjuge çift bağa sahip likopen üretmek için iki ayrı enzim tarafından 4 ardışık desaturasyon reaksiyonu serisiyle başlatılır (Britton, 1998). Likopen daha sonra α -karoten veya β -karotene dönüştürülmekte, bu da lutein, β -kriptoksantin, zeaksantin, anteraksantin, violaksantin ve neoksantin gibi renkli ksantofilleri üretmek için daha fazla hidroksillenmektedir (Rodríguez-Villalón ve ark., 2009).

Biyosentetik düzeyde, bilinen tüm karotenoidlerin %95'inden fazlası, izopentenil pirofosfat (IPP) ve bunun alilik izomeri dimetilalil pirofosfatın (DMAPP) üretildiği aynı C5 yapı taşı olan izopren (C₅H₈) birimini kullanarak oluşturulur. Böylece, izoprenoidlerin sentezi yolunda, üç IPP molekülü, geranilgeranil-pirofosfat (GGPP, C₂₀) elde etmek için prenil transferaz enzimleri tarafından DMAPP'ye sırayla eklenir. Bu aşamadan itibaren, spesifik karotenoid biyosentetik yolu, ilk renksiz karotenoid 15-cis-phytoene (C₄₀) üretmek için fitoen sentaz (PSY) tarafından iki GGPP molekülünün yoğunlaşmasıyla başlar. Bu öncüller fotosentetik canlılarda iki bağımsız yol tarafından üretilir: mevalonat (MVA) yolu ve metilentritol 4-fosfat (MEP) yoludur (Rodriguez-Concepcion ve ark., 2018). Buna karşılık, diğer karotenoidlerin (C₃₀) biyosentezinin yaklaşık %5'i, geranilgeranil-pirofosfatın (GGPP) bir ara öncüsü olan farnesil pirofosfattan (FPP) veya C₄₀ karotenoidlerinin oksidatif bölünme sürecinden meydana gelmektedir (Heider ve ark., 2014; Henke ve ark., 2017).

Ayrıca, farklı organizmalar tarafından biyosentezlenen karotenoidler, yukarıda örneklendiği gibi, denatürasyon, halkalaşma, hidroksilasyon, glikozilasyon, oksitlenme, dehidrojenasyon, çift bağların göçü, yeniden düzenleme ve epoksidasyon reaksiyonları gibi fitoenden bir dizi kimyasal ve enzimatik modifikasyon yoluyla elde edilir (Park ve ark., 2002). Bu modifikasyonlar, geranilgeranil pirofosfat sentaz, fitoen sentaz, karoten desatüraz ve likopen siklaz gibi katalize ettikleri dönüşüm türüne göre birkaç sınıfa ayrılan bir dizi enzim tarafından katalize edilmektedir. Karotenlerin modifikasyonu ayrıca β-karoten ketolaz ve β-karoten hidrolaz tarafından katalize edilerek çeşitli C₄₀ karotenoidleri oluşturulur. Böylece, tüm bu modifikasyonlar doğada yaygın olarak dağılmış 1178'den fazla bileşikten oluşan bir ailenin ortaya çıkmasına katkıda bulunmaktadır (Yabuzaki, 2018; Kirti ve ark., 2014). Doğal olarak oluşan karotenoidlerin toplam sayısından sadece sekizi endüstriyel düzeyde sentetik olarak üretilmektedir. Bunların arasında C₄₀ karotenoidleri: likopen, β, β-karoten, (3R,3'R)-zeaksantin, kantaksantin ve astaksantin; ve üç apokarotenoid: β-apo-8'-karotenal, etil β-apo-8'-karotenoat ve sitranaksantindir (Ernst, 2002).

4. *Capsicum* TÜRLERİNDE MEYVE RENK OLUŞUMUNDAKİ GENETİK MEKANİZMALAR

Capsicum türlerinde meyve rengi çeşitleri, genetik, morfolojik ve büyüme artışının sonucu ortaya çıkan karmaşık bir fenotipik özelliktir. *Capsicum* türü, dünya çapında yaygın olarak kullanılan tatlı ve acı biberleri içermekte olup, bu türlerin meyve renkleri, genetik çeşitlilik ve çeşitliliklerine bağlı olarak büyük farklılıklar göstermektedir (Resmi, 2022). Meyve renginin belirlenmesinde en önemli faktörlerden biri, karotenoid pigmentlerinin varlığıdır. *Capsicum* türlerinde, capsanthin ve capsorubin gibi karotenoidler, meyve renginin kırmızı ve turuncu tonlarını oluştururken, diğer pigmentler sarı ve yeşil renkleri sağlar (Kim, 2017; Lang ve ark., 2004).

Meyve rengi, *Capsicum* türlerinde önemli bir fenotipik özellik olup, genetik mekanizmalarla sıkı bir şekilde bağlıdır. *Capsicum* türlerinde meyve renginin oluşumu, genetik çeşitlilik ve meyvelerdeki değişken genlerin çeşitliliği ile şekillenir. Özellikle meyve renginin belirlenmesinde rol oynayan genler arasında C1, C2 ve Y lokusları önemli bir yere sahiptir. C1 lokusu, *C. frutescens* türü PRR2 genine karşılık gelmekte ve meyve renginin genetik kontrol sağlar (Jeong ve ark., 2020). C2 lokusu, fitoen sentaz genini kodlarken, Y lokusu kapsantin-kapsorubin sentaz genini içermektedir (Jeong ve ark., 2020). Bu genlerin devamlılığı, meyve renginin belirlenmesinde kritik bir rol oynamaktadır. Kırmızı biber meyvelerinin rengi, genellikle karotenoid pigmentlerinin varlığına bağlıdır. Özellikle kapsantin ve kapsorubin gibi

karotenoidler, meyvelerin kırmızı rengini oluştururken, diğer pigmentler sarı ve turuncu renkleri sağlar (Almeida ve ark., 2023). Lee ve arkadaşları, *C. annuum*'da zeaksantin epoksidaz genindeki bir kusurun, meyve renginin turuncu tonlarına katkı sağladığı görülmüştür (Lee ve ark., 2021). Bu genetik değişiklikler, meyve renginin belirlenmesinde önemli bir mekanizma olarak öne çıkmaktadır.

Son yıllarda, moleküler biyoloji alanındaki gelişmelerin devreye girmesiyle belirli renk özelliklerine sahip biber kaynaklarının seçilmesini, biber meyve renginin oluşumunda önemli rol oynayan genlerin tanımlanmasını ve işlevsel analizi mümkün olabilmektedir. Biber meyvelerinde, *LOLI*, *GLK2*, *APRR2* ve *SGR* genleri klorofil sentezi ve yıkımı ile ilgilidir; *PSY* ve *CCS* karotenoid sentezinde yer alır; *CaMYB* antosiyanin sentezi ile ilgilidir. Bununla birlikte, biber meyve rengiyle ilgili tespit edilen gen sayısı sınırlıdır. Ve ilgili genlerin spesifik düzenleyici mekanizmaları hakkında nispeten az sayıda rapor vardır. Biber meyve pigmentinin sentezi ve metabolizmasında yer alan daha fazla yapısal gen ve düzenleyici genin de keşfedilmesi gerekmektedir (Wang ve ark., 2023).

Genetik çeşitlilik, *Capsicum* türlerinde meyve renginin çeşitliliğini artıran bir diğer önemli faktördür. Rêgo ve arkadaşları, *Capsicum* türlerinin meyve morfolojisi ve kimyasal özellikleri üzerine yaptığı çalışmada genetik farklılıkların, meyve renklerinde farklılıkların oluşmasına katkı sağladığını bildirmişlerdir (Rêgo ve ark., 2011). Ayrıca genetik varyasyonlar, meyvenin renginin yanı sıra bitkinin diğer morfolojik özelliklerini de değiştirmektedir (Bello-Bello vd., 2014). Bu durumda, *Capsicum*'un evrimsel gelişmeleri ve adaptasyonları hakkında önemli bilgiler sunmaktadır.

Capsicum türlerindeki renklerin genetik oranları, aynı zamanda sıcaklık faktörlerinden etkilenmektedir. Venezuela tatlı biberlerin meyve rengi ile ilgili genetik çeşitlilikler incelenmiş ve bu çeşitliliklerin dış koşullara bağlı olarak değişebileceği vurgulanmıştır (Jiménez & Laurentin, 2024). Bu durum, meyve renginin oluşumunda genetik büyümenin yanı sıra diğer etmenlerin de etkili olduğunu göstermektedir. Ayrıca *Capsicum* türlerinde meyve renginin belirlenmesinde riboflavin gibi diğer enzimlerinde rol oynadığına dair bulgular da mevcuttur. Magner, riboflavinin *C. baccatum* ve *C. pubescens* türlerinde sarı nektar oluşumunda çok işlevli bir rol oynadığını belirtmiştir (Magner, 2024). Bu durum, meyve renginin oluşumunda sadece karotenoidlerin değil, aynı zamanda diğer metabolitlerin de önemli olduğunu göstermektedir. Başka bir çalışmada, turuncu *Capsicum* türlerinde karotenoid biyosentezinin değişkenliğini incelemiş ve bu değişkenliğin meyve renklerini genetik olarak değiştirdiğini göstermiştir (Guzmán ve ark., 2010). Bu tür çalışmalar, meyve renginin genetik kontrolünün daha iyi anlaşılmasına yardımcı olmaktadır.

Sonuç olarak, *Capsicum* türlerinde meyve renginin oluşumu, karmaşık bir genetik mekanizma ile şekillenmektedir. Bu mekanizma, belirli genlerin devamlılığı, genetik değişimler ve yoğunlukların arttırılması ile belirlenmektedir. *Capsicum*'un rengi üzerine yapılan araştırmalar, hem temel meyve bilimleri hem de anlaşma uygulamaları açısından önemli bilgiler sunmaktadır. Gelecekte, bu tür vakaların, meyvenin genetik kontrolünün daha da ayrıntılandırılmasını anlamamıza ve bu bilgilerin yönetimi uygulamalarının birleştirilmesi ve birleştirilmesi sağlanır.

5. Capsicum TÜRLERİNDE MEYVE RENK OLUŞUMUNDA ÇEVRESEL FAKTÖRLERİN ETKİLERİ

Kırmızı biber ıslahı, ıslah hedefi, pazar talebi ve son kullanımın kullanılabilirliği gibi parametrelerden etkilenir. Bu süreçte ekonomik ve besinsel kalitenin artırılması ıslahı da önemlidir. Taze pazar yetiştiricileri, genellikle yeşil (açık, orta veya koyu) olan olgunlaşmamış aşamadaki meyve rengini, meyve uzunluğu ve genişliğini ve perikarp kalınlığı gibi özellikleri göz önünde bulundurlar. Ayrıca keskinlik miktarı da kırmızı biber yetiştiriciliğinde önemli bir özelliktir. Keskinlik, kapsaisinoidler adı verilen kimyasal bir alkaloid kompleksinin varlığına bağlıdır (Perucka& Materska, 2001). Kırmızı biberin rengi, kapsorubin ve kapsantin varlığına bağlıyken, sarı renk β -karoten ve violaksantin varlığından kaynaklanmaktadır (Englewood, 1985). Genel olarak, ASTA renk derecesi ne kadar yüksekse, genotipin olgunlaşan kırmızı rengi o kadar derin olur. Kapsantin içeriği 70 ila 100 ASTA birimi (düşük), 71-100 ASTA birimi (orta) ve 101-150 ASTA birimi (yüksek) arasındadır. ASTA rengi bir ürünün parlaklığını etkilerken, yüzey rengi tonu etkiler (Dhall, 2008).

Ekolojik-çevresel koşullar, biber meyvelerindeki renk oluşumuna katkı sağlayan fitokimyasal bileşiklerin birikimini etkileyen faktörlerdir; başlıca iklim unsurları arasında sıcaklık ve yağış veya ürün yönetimi ile etkileşime giren sulama yer almaktadır. Yapılan bir çalışmada; *C. annum*, *C. frutescens* ve *C. chinense*, antioksidan bileşenleri (karotenoidler, flavonoidler, fenolik asitler ve askorbik asit), meyve olgunlaştıkça in vitro olarak ölçülen antioksidan aktivite ile birlikte konsantrasyonda arttığı bildirilmiştir (Howard ve ark., 2000). Lakin biber meyvesinde hem renk hem lezzet açısından önemli olan fitokimyasal bileşiklerin içerikleri üzerinde çevrenin etkisiyle ilgili olarak, yalnızca sınırlı bilgi mevcuttur. Çalışmaların çoğu kapsaisinoidler ve karotenoidlerin içeriği üzerindeki etkiye odaklanmaktadır (Harvell&Bosland, 1997; Keyhaninejadve ark., 2012). Örneğin kapsaisinoidlerin biyosentezi Pun1 lokusu ve beş kantitatif özellik lokusu (QTL) tarafından kontrol edilir ve çevreden (örneğin, sıcaklık veya kuraklık stresi) oldukça etkilenir [Stewart ve ark., 2005; Ben-Chaim ve ark., 2006].

Genotip ve çevre arasındaki etkileşimler üzerine yapılan bir çalışmada farklı çeşitlerin çevredeki değişikliklere farklı tepki verdiğini bildirilmiştir (Gurung ve ark., 2012). Karotenoid ve flavonoid (kuersetin ve luteolin) içeriği ve deseni üzerindeki çevresel etki Lee ve arkadaşları tarafından tanımlanmıştır (Lee ve ark., 2005). Yine güneş radyasyonunun yoğunluğunun (MJ/m²) karotenoidlerin biyosentezi üzerinde güçlü bir etkisi olduğunu gözlemlemişlerdir. Başka bir çalışmada, Keyhaninejad ve ark., (2012), artan ışık yoğunluğu ile perikarpteki karotenoid içeriğinin daha düşük olduğunu bildirmiştir.

Flavonoidlerin biyosentezi fenilpropanoid yolunu izler ve buna göre çevrenin üretim üzerinde güçlü bir etkisi beklenebilir. Patojenlerin, besin eksikliğinin veya UV radyasyonunun neden olduğu artan stres seviyeleri, flavonoid üretimini artıran faktörlerdir (Dixon&Paiva ,1995). Bu hipotez Butcher ve ark. (2012) tarafından çeşitli Habanero biber türleri üzerinde yapılan çalışmayla doğrulanmıştır. Lee ve ark. (2005)'de farklı ortamlar nedeniyle flavonoid içeriğinde belirgin bir farklılık gözlemlemiştir. Munné-Bosch (2005), tokoferoller için stres yoğunluğunun konsantrasyon seviyelerini etkileyen faktörlerden sadece biri olduğunu belirterek, diğer faktörlerin ise bitkinin fizyolojik durumu ve türe özgü hassasiyet olduğunu açıklamıştır (Munné-Bosch, 2005). Sonuç olarak biber meyvelerinin renk oluşumu, genetik faktörlerin yanı sıra çevresel koşullardan da önemli ölçüde etkilenmektedir.

Çevresel faktörler, pigmentlerin sentezi, birikimi ve stabilitesini doğrudan etkileyerek meyvenin nihai rengini belirler. Örneğin, González-Zamora ve ark., (2013,) 40-48°C sıcaklıkların Jalapeño ve De Árbol biberlerinde kapsaisinoid konsantrasyonlarını sırasıyla %32,5 ila %61,5 oranında azalttığını gözlemlemiştir. Buna karşılık, Guajillos ve Serranos'ta aynı sıcaklık üç kata kadar artışa neden olmuştur; Puya ve Ancho'da da benzer bir etki tespit edilmiştir ancak sırasıyla sadece %21 ve %8,6 daha fazladır (González-Zamora ve ark.,2013). Yine Peru'nun üç bölgesinde yapılan bir denemede, sıcaklığın 19,4 ila 26,8°C arasında değişmesi kapsaisinoid içeriğinde bir azalma olduğu bildirilmiş ve tüm aksesyonlar için, lokasyon ve aksesyon arasında önemli bir etkileşim gözlenmiştir. Bu da yetiştirme koşullarındaki değişikliklere çevreden etkilenen bireysel tepkiyi göstermektedir. Çalışma sonucunda Özellikle 12 numaralı aksesyondan elde edilen meyveler, tüm fitokimyasallar ve kalite özellikleri için çevreden çok az etkilenmiştir. Bu nedenle bu aksesyon, kapsaisinoidler, flavonoidler, toplam polifenoller, antioksidan kapasite, tokoferoller, ekstrakte edilebilir ve yüzey renginin tutarlı konsantrasyon seviyelerine sahip meyvelerin üretimi için bir aday olduğunu bildirmişlerdir (Meckelmann ve ark., 2015).

Hasat ve hasat sonrası muhafaza koşullarda biberde renk, tat ve kısa raf ömrü parametreler üzerinde etkilidir (Chamichael, 1991). Biberin olgunlaşma süreci; olgunlaşmamış yeşil, olgun yeşil ve olgun kırmızı olarak üç farklı aşamadan oluşur. Olgunlaşmamış yeşil biberden olgun yeşil biber aşamasına geçerken, meyvenin sertliği ve keskinliği artar, hücre duvarları kalınlaşır ve renk değişimi gerçekleşmez (Lynn, 1990). Olgun yeşil biberler, bahçe bitkisi olarak yetiştirilir ve taze ya da işlenmiş olarak tüketilebilir. Ancak, olgunlaşmamış yeşil biberlerin hasadı, kötü renk, tat ve kısa raf ömrü ile sonuçlanabilir. Olgunluk ise, meyve ve sebzelerin bileşimsel kalitesini belirleyen önemli bir unsurdur. Meyve olgunluğu, çeşide ve olgunlaşma öncesi ile sırasındaki çevresel koşullara bağlıdır (Chamichael, 1991). Ayrıca hasat yöntemi, olgunluk ve fiziksel yaralanmalar biber meyvelerinin besin bileşimini etkileyebilir. Mekanik hasarlar (örneğin çürükler, yüzey sıyrıkları ve kesikler) C vitamini kaybının hızlanmasına neden olabilir. Bu tür hasarların görülme sıklığı ve şiddeti hasat yöntemi ve taşıma işlemlerinden etkilenir. Hasat ister elle ister makineyle yapılsın, ürünlere verilen fiziksel zararı en aza indirmek için uygun yönetim uygulanmalıdır (Mondy&Leja, 1986). Wills ayrıca genel olarak solunum oranı ile saklama ömrü arasında ters bir ilişki olduğunu, dolayısıyla düşük solunum oranına sahip ürünlerin genellikle daha uzun süre saklandığını bulmuştur. Bu durum, depolama atmosferindeki oksijenin sınırlandırılması veya karbondioksit konsantrasyonunun yükseltilmesi yoluyla solunumun yavaşlatılabileceğini göstermektedir. O₂ konsantrasyonundaki azalma, depolama sıcaklığına bağlı bir sonuç elde etmek için gereklidir. Sıcaklık düştükçe, gerekli O₂ konsantrasyonu da azalır. İyi kalite için, renkli biberlerin %50 renklenmeye sahip olması gerekir (Brecht ve ark., 1992).

Sonuç olarak bu çevresel faktörlerin kombinasyonu, biber meyvelerinin renk varyasyonunu ve kalitesini belirler. Bitki yetiştiricileri ve bilim insanları, bu faktörlerin etkilerini anlayarak ve kontrol ederek, istenen renk özelliklerine sahip biber çeşitleri geliştirebilir ve üretim süreçlerini optimize edebilir.

SONUÇ

Biber, dünya çapında geniş bir ekim alanına sahip bir sebze ürünü olarak, önemli bir çeşni ve gıda olmasının yanı sıra, kimya, ilaç ve diğer endüstriler için de önemli bir kullanıma sahiptir. Biber meyveleri, önemli sağlık ve ekonomik değere sahip olan klorofil, karotenoidler,

antosiyeninler ve kapsantin gibi çeşitli pigmentler açısından zengindir. Biber meyvelerinin gelişimi sırasında çeşitli pigmentler sürekli olarak metabolize edildiğinden, biberler hem olgun hem de olgunlaşmamış dönemlerde bol miktarda meyve renginde bir fenotip sergiler. Biber meyvelerinde renk pigmentlerinin çeşitleri, özellikle karotenoidler, antosiyeninler ve klorofiller, sadece meyvenin besinsel değerine katkısıyla değil, aynı zamanda ticari bir değer olan meyve rengi üzerinde de önemli bir etkene sahiptir. Bu derlemede, *Capsicum* türlerinde meyve rengi oluşumundaki genetik ve biyokimyasal sentezinin nasıl şekillendiği kapsamlı bir şekilde ele alınmıştır. Biber meyvelerine karotenoidler sarı, turuncu ve kırmızı rengi, antosiyeninler mor ve mavi, klorofiller ise başta yeşil renk olmak üzere meyvenin olgunlaşma süresinde parçalanarak renk değişimini sağlar. Bu pigmentlerin biyosentez yolları ve metabolizmaları, genetik düzenlemeyle sıkı bir şekilde kontrol edilmektedir. Yani renk genleri ve nicel özellik lokusları (QTL'ler), biber meyvelerinin renk çeşitliliğini nasıl oluşturduğunu ortaya koymaktadır. Çevresel etmenler, biber meyvelerindeki renk oluşumu üzerinde önemlidir. Çünkü ışık, sıcaklık, su ve nem gibi faktörler, renk pigmentinin sentezini ve miktarını doğrudan etkileyerek meyvenin nihai rengini belirlemekte etkilidirler. Bu derleme, biber yetiştiricileri ve bitki ıslahçıları için meyve rengi oluşumunun anlaşılması, bitki biyolojisi ve genetik bilimi alanlarına önemli katkılar sağlayarak biberde istenen renk özelliklerine sahip yeni çeşitlerin geliştirilmesine olanak sağlayacaktır. Sonuç olarak, *Capsicum* türlerinde meyve renk oluşumunun genetik, biyokimyasal sentezinin anlaşılması, hem bilimsel hem de pratik açıdan büyük önem taşımakta olup, ileride yapılacak çalışmalara yön verecek yüksek kaliteli renkli biber çeşitlerinin ıslahı için teorik temel sağlayacaktır.

KAYNAKÇA

- Al Sane, K. O., & Hesham, A. E. L. (2015). Biochemical and genetic evidences of anthocyanin biosynthesis and accumulation in a selected tomato mutant. *Rendiconti Lincei*, 26, 293-306.
- Almeida, B. M. D., Feitoza, L. D. L., Lopes, Â. C. D. A., Gomes, R. L. F., Almeida, R. D. C., Martins, L. D. V., & Silva, V. B. D. (2022). Morphological diversity among Brazilian *Capsicum* peppers. *Ciência Rural*, 53(1), e20210559. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20210559>.
- Banerjee, S., Bhattacharjee, T., Maurya, P. K., Mukherjee, D., Islam, S. M., Chattopadhyay, A., ... & Hazra, P. (2022). Genetic control of qualitative and quantitative traits in bell pepper crosses involving varied fruit colors and shapes. *International Journal of Vegetable Science*, 28(5), 477-492.
- Beale, S. I. (2005). Green genes gleaned. *Trends Plant Sci.* 10, 309–312.
- Bello-Bello, J., Iglesias-Andreu, L., Avilés-Viñas, S., Gómez-Uc, E., Canto-Flick, A., & Santana-Buzzy, N. (2014). Somaclonal variation in habanero pepper (*Capsicum chinense* jacq.) as assessed issr molecular markers. *Hortscience*, 49(4), 481-485. <https://doi.org/10.21273/hortsci.49.4.481>
- Ben-Chaim, A., Borovsky, Y., Falise, M., Mazourek, M., Kang, B., Paran, I., & Jahn, M. (2006). QTL analysis for capsaicinoid content in *Capsicum*. *Theor Appl Genet.*, 113(8):1481–1490
- Berry, H. (2015). Elucidation of the molecular and biochemical mechanisms associated with colour intensity and colour retention in fresh and dry chilli peppers (Doctoral dissertation, Royal Holloway, University of London).
- Bollivar, D. W. (2006). Recent advances in chlorophyll biosynthesis. *Photosyn. Res.*, 90, 173-194.
- Borovsky, Y., Oren-Shamir, M., Ovadia, R., De Jong, W., & Paran, I. (2004). The A locus that controls anthocyanin accumulation in pepper encodes a *MYB* transcription factor homologous to Anthocyanin2 of Petunia. *Theor. Appl. Genet.*, 109, 23–29.
- Borovsky, Y., & Paran, I. (2008). Chlorophyll breakdown during pepper fruit ripening in the chlorophyll retainer mutation is impaired at the homolog of the senescence-inducible stay-green gene. *Theor. Appl. Genet.*, 117, 235–240.
- Brecht, J., Bergsma, K., Sanchez, C., & Snyder, G. (1992). Harvest maturity and storage temperature effects on quality of Chinese, water chestnut. *Acta Horticulture*, 318, 313-319.
- Britton, G., Liaaen-Jensen, S., & Pfander, H. (2017). Carotenoids: A colourful history. 1st ed. CaroteNature; 236p
- Britton, G. (1988). Biosynthesis of carotenoid. In: Goodwin T, editor. Plant Pigments. San Diego: Academic Press Limited; pp. 133-279
- Butcher, J. D., Crosby, K.M., Yoo, K.S., Patil, B.S., Ibrahim, A. M. H., Leskovar, D. I., & Jifon, J.L. (2012). Environmental and genotypic variation of capsaicinoid and flavonoid concentrations in Habanero (*Capsicum chinense*) peppers. *HortScience*, 47(5), 574–579
- Butelli, E., Titta, L., Giorgio, M., Mock, H. P., Matros, A., Peterek, S., Schijlen, E. G. W. M., Hall, R. D., Bovy, A. G., & Luo, J., et al. (2008). Enrichment of tomato fruit with health-promoting anthocyanins by expression of select transcription factors. *Nat. Biotechnol.*, 26, 1301–1308.
- Carrizo García, C., Barfuss, M. H., Sehr, E. M., Barboza, G. E., Samuel, R., Moscone, E. A., & Ehrendorfer, F. (2016). Phylogenetic relationships, diversification and expansion of

- chili peppers (*Capsicum*, *Solanaceae*). *Annals of Botany*, 118(1), 35-51. DOI: 10.1093/aob/mcw079.
- Carmichael, J. K. (1991). Treatment of herpes zoster and postherpetic neuralgia. *American Family Physician*, 44(1), 203-210.
- Costa, G., Nascimento, D., Silva, B., Lopes, Â. C. D. A., Carvalho, L. C. B., & Gomes, R. L. F. (2019). Selection of pepper accessions with ornamental potential. *Revista Caatinga*, 32, 566-574.
- Deli, J., Matus, Z., & Tóth, G. (1996). Carotenoid composition in the fruits of *Capsicum annuum* cv. Szentesi Kosszarvú during ripening. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 44(3), 711-716.
- Dhall, R. K. (2008). Breeding for quality traits in chilli: a review. *Journal of Research: Punjab Agricultural University*, 45(3&4), 156-160.
- Dixon, R. A., & Paiva, N. L. (1995). Stress-induced phenylpropanoid metabolism. *The Plant Cell*, 7(7), 1085-97.
- Eckhardt, U., Grimm, B., & Hörtensteiner, S. (2004). Recent advances in chlorophyll biosynthesis and breakdown in higher plants. *Plant Molecular Biology*, 56, 1-14.
- Egea, I., Barsan, C., Bian, W., Purgatto, E., Latché, A., Chervin, C., ... & Pech, J. C. (2010). Chromoplast differentiation: current status and perspectives. *Plant and Cell Physiology*, 51(10), 1601-1611.
- Englewood, C. N. J. (1985). Pungency of capsicums and their oleoresins (HPLC method). American Spice Trade Association, Official analytical methods of the American Spice Trade Association, pp. 111-114.
- Ernst, H. (2002). Recent advances in industrial carotenoid synthesis. *Pure and Applied Chemistry (IPUAC)*, 74(11), 2213-2226. DOI: 10.1351/pac200274081369.
- Food and Agriculture Organization (FAO). (2020). Food and Agriculture Organization of the United States. 2020. Available from: <http://www.fao.org/faostat/en> (Erişim Tarihi : 05.11.2024).
- Gómez-García, M., & Ochoa-Alejo, N. (2013). Biochemistry and molecular biology of carotenoid biosynthesis in chili peppers (*Capsicum* spp.). *International Journal of Molecular Sciences*, 14(9), 19025-19053. DOI: 10.3390/ijms140919025.
- González-Zamora, A., Sierra-Campos, E., Luna-Ortega, J. G., Pérez-Morales, R., Ortiz, J. C. R., & García-Hernández, J. L. (2013). Characterization of different *Capsicum* varieties by evaluation of their capsaicinoids content by high performance liquid chromatography, determination of pungency and effect of high temperature. *Molecules*, 18(11), 13471-13486. DOI:10.3390/molecules181113471.
- Gurung, T., Techawongstien, S., Suriharn, B., & Techawongstien, S. (2012). Stability analysis of yield and capsaicinoids content in chili (*Capsicum* spp.) grown across six environments. *Euphytica*, 187, 11-18.
- Guzman, I., Hamby, S., Romero, J., Bosland, P. W., & O'Connell, M. A. (2010). Variability of carotenoid biosynthesis in orange colored *Capsicum* spp. *Plant Science*, 179(1-2), 49-59. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2010.04.014>.
- Harvell, K. P., & Bosland, P. W. (1997). The environment produces a significant effect on pungency of chiles. *HortScience*, 32(7), 1292.
- He, Y., Zhang, X., Li, L., Sun, Z., Li, J., Chen, X., & Hong, G. (2021). SPX4 interacts with both PHR1 and PAPI to regulate critical steps in phosphorus-status-dependent anthocyanin biosynthesis. *New Phytologist*, 230(1), 205-217.
- Heider, S. A., Peters-Wendisch, P., Wendisch, V. F., Beekwilder, J., & Brautaset, T. (2014). Metabolic engineering for the microbial production of carotenoids and related products

- with a focus on the rare C50 carotenoids. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 98, 4355-4368. DOI: 10.1007/s00253-014-5693-8.
- Henke, N. A., Heider, S. A., Hannibal, S., Wendisch, V. F., & Peters-Wendisch, P. (2017). Isoprenoid pyrophosphate-dependent transcriptional regulation of carotenogenesis in *Corynebacterium glutamicum*. *Frontiers in Microbiology*, 8, 633. DOI:10.3389/fmicb.2017.00633.
- Hichri, I., Barrieu, F., Bogs, J., Kappel, C., Delrot, S., & Lauvergeat, V. (2011). Recent advances in the transcriptional regulation of the flavonoid biosynthetic pathway. *Journal of Experimental Botany*, 62(8), 2465-2483.
- Howard, L. R., Talcott, S. T., Brenes, C. H., & Villalon, B. (2000). Changes in phytochemical and antioxidant activity of selected pepper cultivars (*Capsicum* species) as influenced by maturity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48(5), 1713-1720. DOI: 10.1021/jf990916t.
- Hu, X., Gu, T., Khan, I., Zada, A., & Jia, T. (2021). Research progress in the interconversion, turnover and degradation of chlorophyll. *Cells*, 10(11), 3134.
- Jaakola, L. (2013). New insights into the regulation of anthocyanin biosynthesis in fruits. *Trends in Plant Science*, 18(9), 477-483.
- Jeong, H. B., Jang, S. J., Kang, M. Y., Kim, S., Kwon, J. K., & Kang, B. C. (2020). Candidate gene analysis reveals that the fruit color locus *C1* corresponds to *PRR2* in pepper (*Capsicum frutescens*). *Frontiers in Plant Science*, 11, 399. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00399>.
- Jiménez, R., & Laurentin, L. (2024). Characterization of a type of venezuelan sweet pepper (*Capsicum chinense*). <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-4656853/v1>.
- Keyhaninejad, N., Richins, R. D., & O'Connell, M. A. (2012). Carotenoid content in field-grown versus greenhouse-grown peppers: Different responses in leaf and fruit. *HortScience*, 47(7), 852-855.
- Kim, J. (2017). A new nonsense mutation in capsanthin/capsorubin synthase controlling orange pepper fruit. *Horticultural Science and Technology*, 35(5), 599-607. <https://doi.org/10.12972/kjhst.20170064>.
- Kim, S., Park, M., Yeom, S. I., Kim, Y. M., Lee, J. M., Lee, H. A., ... & Choi, D. (2014). Genome sequence of the hot pepper provides insights into the evolution of pungency in *Capsicum* species. *Nature Genetics*, 46(3), 270-278.
- Kirti, K., Amita, S., Priti, S., Mukesh Kumar, A., & Jyoti, S. (2014). Colorful world of microbes: carotenoids and their applications. *Advances in Biology*, 2014(1), 837891. DOI: 10.1155/2014/837891.
- Kobayashi, K., & Masuda, T. (2016). Transcriptional regulation of tetrapyrrole biosynthesis in *Arabidopsis thaliana*. *Frontiers in Plant Science*, 7, 1811.
- Krithika, V., Radhai, S., & Sri, S. (2014). Physicochemical and nutritional characteristics of chilli cultivars. *International Journal of Research in Science*, 1(2), 117-123.
- LaFountain, A. M., & Yuan, Y. W. (2021). Repressors of anthocyanin biosynthesis. *New Phytologist*, 231(3), 933-949.
- Lancaster, J. E., Lister, C. E., Reay, P. F., & Triggs, C. M. (1997). Influence of pigment composition on skin color in a wide range of fruit and vegetables. *J. Am. Soc. Hort. Sci.*, 122, 594-598.
- Lang, Y. Q., Yanagawa, S., Sasanuma, T., & Sasakuma, T. (2004). Orange fruit color in *Capsicum* due to deletion of capsanthin-capsorubin synthesis gene. *Breeding Science*, 54(1), 33-39. <https://doi.org/10.1270/jsbbs.54.33>.

- Lee, J. J., Crosby, K. M., Pike, L. M., Yoo, K. S., & Leskovar, D. I. (2005). Impact of genetic and environmental variation on development of flavonoids and carotenoids in pepper (*Capsicum* spp.). *Scientia Horticulturae*, 106(3), 341-352.
- Lee, S. Y., Jang, S. J., Jeong, H. B., Lee, S. Y., Venkatesh, J., Lee, J. H., ... & Kang, B. C. (2021). A mutation in Zeaxanthin epoxidase contributes to orange coloration and alters carotenoid contents in pepper fruit (*Capsicum annuum*). *The Plant Journal*, 106(6), 1692-1707. <https://doi.org/10.1111/tpj.15264>.
- Lightbourn, G. J., Griesbach, R. J., Novotny, J. A., Clevidence, B. A., Rao, D. D., & Stommel, J. R. (2008). Effects of anthocyanin and carotenoid combinations on foliage and immature fruit color of *Capsicum annuum* L. *Journal of Heredity*, 99(2), 105-111.
- Litoriya, N. S., Gandhi, K., & Talati, J. G. (2014). Nutritional composition of different chilli (*Capsicum annuum* L.) varieties. *Indian Journal of Agricultural Biochemistry*, 27(1), 91-92.
- Lopez-Juez, E., & Pyke, K. A. (2005). Plastids unleashed: their development and their integration in plant development. *International Journal of Developmental Biology*, 49(5/6), 557-577.
- Luo, F., Cheng, S. C., Cai, J. H., Wei, B. D., Zhou, X., Zhou, Q., ... & Ji, S. J. (2019). Chlorophyll degradation and carotenoid biosynthetic pathways: Gene expression and pigment content in broccoli during yellowing. *Food Chemistry*, 297, 124964.
- Luo, X. J., Peng, J., & Li, Y. J. (2011). Recent advances in the study on capsaicinoids and capsinoids. *European journal of Pharmacology*, 650(1), 1-7.
- Lynn, B. (1990). Capsaicin: actions on nociceptive C-fibres and therapeutic potential. *Pain*, 41(1), 61-69.
- Ma, X., Qiao, Y. M., Li, Y., Yu, Y. N., & Gong, Z. H. (2022). Identification of fruit traits related QTLs and a candidate gene, *CaBRX*, controlling locule number in pepper (*Capsicum annuum* L.). *Horticulturae*, 8(2), 146.
- Magner, E. T., Zambre, A., Bruns, K., Carroll, P., Snell-Rood, E. C., Hegeman, A. D., & Carter, C. J. (2024). A multifunctional role for riboflavin in the yellow nectar of *Capsicum baccatum* and *Capsicum pubescens*. *The New Phytologist*, 243(5), 1991-2007. <https://doi.org/10.1111/nph.19886>.
- Matsufuji, H., Ishikawa, K., Nunomura, O., Chino, M., & Takeda, M. (2007). Anti-oxidant content of different coloured sweet peppers, white, green, yellow, orange and red (*Capsicum annuum* L.). *International Journal of Food Science & Technology*, 42(12), 1482-1488.
- Meckelmann, S. W., Riegel, D. W., Van Zonneveld, M., Ríos, L., Peña, K., Mueller-Seitz, E., & Petz, M. (2015). Capsaicinoids, flavonoids, tocopherols, antioxidant capacity and color attributes in 23 native Peruvian chili peppers (*Capsicum* spp.) grown in three different locations. *European Food Research and Technology*, 240, 273-283. DOI: 10.1007/s00217-014-2325-6.
- Mondy, N. I., & Leja, M. (1986). Effect of mechanical injury on the ascorbic acid content of potatoes. *Journal of Food Science*, 51(2), 355-357.
- Munné-Bosch, S. (2005). The role of α -tocopherol in plant stress tolerance. *Journal of Plant Physiology*, 162(7), 743-748.
- Nagata, N., Tanaka, R., Satoh, S., & Tanaka, A. (2005). Identification of a vinyl reductase gene for chlorophyll synthesis in *Arabidopsis thaliana* and implications for the evolution of Prochlorococcus species. *The Plant Cell*, 17(1), 233-240.

- Olatunji, T. L., & Afolayan, A. J. (2018). The suitability of chili pepper (*Capsicum annuum* L.) for alleviating human micronutrient dietary deficiencies: A review. *Food science & Nutrition*, 6(8), 2239-2251. DOI: 10.1002/fsn3.790.
- Omori, S., & Sasanuma, T. (2022). Identification of large deletion of *Ccs* responsible for non-red fruit color in pepper (*Capsicum annuum*) and development of DNA marker to distinguish the deletion. *American Journal of Plant Sciences*, 13(9), 1233-1246.
- Paran, I., & Van Der Knaap, E. (2007). Genetic and molecular regulation of fruit and plant domestication traits in tomato and pepper. *Journal of Experimental Botany*, 58(14), 3841-3852. DOI: 10.1093/jxb/erm257.
- Parisi, M., Alioto, D., & Tripodi, P. (2020). Overview of biotic stresses in pepper (*Capsicum* spp.): Sources of genetic resistance, molecular breeding and genomics. *International Journal of Molecular Sciences*, 21(7), 2587.
- Park, H., Kreunen, S. S., Cuttriss, A. J., DellaPenna, D., & Pogson, B. J. (2002). Identification of the carotenoid isomerase provides insight into carotenoid biosynthesis, prolamellar body formation, and photomorphogenesis. *The Plant Cell*, 14(2), 321-332. DOI:10.1105/tpc.010302.
- Perucka, I., & Materska, M. (2001). Phenylalanine ammonia-lyase and antioxidant activities of lipophilic fraction of fresh pepper fruits *Capsicum annum* L. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 2(3), 189-192.
- Qin, C., Yu, C., Shen, Y., Fang, X., Chen, L., Min, J., ... & Zhang, Z. (2014). Whole-genome sequencing of cultivated and wild peppers provides insights into *Capsicum* domestication and specialization. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(14), 5135-5140.
- Ramirez, D. A., & Tomes, M. L. (1964). Relationship between chlorophyll and carotenoid biosynthesis in dirty-red (green-flesh) mutant in tomato. *Botanical Gazette*, 125(3), 221-226.
- Rêgo, E., Rêgo, M., & Barbosa, L. (2011). Morphological and chemical characterization of fruits of capsicum spp. accessions. *Horticultura Brasileira*, 29(3), 364-371. <https://doi.org/10.1590/s0102-05362011000300018>.
- Resmi, L. (2022). Intra and interspecific morphological variations of three species of *Capsicum* (*Solanaceae*). *Current Botany*, 76-80. <https://doi.org/10.25081/cb.2022.v13.7468>.
- Roca, M., Hornero-Méndez, D., Gandul-Rojas, B., & Mínguez-Mosquera, M. I. (2006). Stay-green phenotype slows the carotenogenic process in *Capsicum annuum* (L.) fruits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54(23), 8782-8787.
- Rodríguez-Concepcion, M., Avalos, J., Bonet, M. L., Boronat, A., Gomez-Gomez, L., Hornero-Mendez, D., ... & Zhu, C. (2018). A global perspective on carotenoids: Metabolism, biotechnology, and benefits for nutrition and health. *Progress in Lipid Research*, 70, 62-93. DOI: 10.1016/j.plipres.2018.04.004.
- Rodríguez-Villalón, A., Gas, E., & Rodríguez-Concepción, M. (2009). Colors in the dark: a model for the regulation of carotenoid biosynthesis in etioplasts. *Plant Signaling & Behavior*, 4(10), 965-967.
- Sandmann, G. (2021). Diversity and origin of carotenoid biosynthesis: Its history of co-evolution towards plant photosynthesis. *New Phytol.*, 232, 479-493.
- Seren, S., Lieberman, R., Bayraktar, U. D., Heath, E., Sahin, K., Andic, F., & Kucuk, O. (2008). Lycopene in cancer prevention and treatment. *American Journal of Therapeutics*, 15(1), 66-81.

- Sharoni, Y., Linnewiel-Hermoni, K., Khanin, M., Salman, H., Veprik, A., Danilenko, M., & Levy, J. (2012). Carotenoids and apocarotenoids in cellular signaling related to cancer: a review. *Molecular Nutrition & Food Research*, 56(2), 259-269.
- Shifriss, C. & Pilovsky, M. (1992). Studies of the inheritance of mature fruit color in *Capsicum annuum* L. *Euphytica*, 60, 123-126.
- Shu, H., He, C., Mumtaz, M. A., Hao, Y., Zhou, Y., Jin, W., ... & Wang, Z. (2023). Fine mapping and identification of candidate genes for fruit color in pepper (*Capsicum chinense*). *Scientia Horticulturae*, 310, 111724.
- Smith, P. G. (1950). Inheritance of brown and green mature fruit color in peppers. *Journal Heredity*, 41, 138-140.
- Stewart Jr, C., Kang, B. C., Liu, K., Mazourek, M., Moore, S. L., Yoo, E. Y., ... & Jahn, M. M. (2005). The *Pun1* gene for pungency in pepper encodes a putative acyltransferase. *The Plant Journal*, 42(5), 675-688.
- Suzuki, M., Takahashi, S., Kondo, T., Dohra, H., Ito, Y., Kiriwa, Y., ... & Motohashi, R. (2015). Plastid proteomic analysis in tomato fruit development. *PLoS One*, 10(9), e0137266.
- Tanaka, A., Ito, H., Tanaka, R., Tanaka, N. K., Yoshida, K., & Okada, K. (1998). Chlorophyll a oxygenase (CAO) is involved in chlorophyll b formation from chlorophyll a. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 95(21), 12719-12723.
- Tian, S. L., Li, L., Chai, W. G., Shah, S. N. M., & Gong, Z. H. (2014). Effects of silencing key genes in the capsanthin biosynthetic pathway on fruit color of detached pepper fruits. *BMC Plant Biology*, 14, 1-12.
- Tian, S. L., Li, L., Shah, S. N. M., & Gong, Z. H. (2015). The relationship between red fruit colour formation and key genes of capsanthin biosynthesis pathway in *Capsicum annuum*. *Biologia Plantarum*, 59(3), 507-513.
- Vera-Guzmán, A. M., Chávez-Servia, J. L., Carrillo-Rodríguez, J. C., & G López, M. (2011). Evaluación Fitoquímica en Chile (*Capsicum annuum* L. and *C. pubescens* Ruiz & Pav.) Silvestre y Cultivado en Oaxaca, México. *Chilean journal of agricultural research*, 71(4), 578-585. DOI: 10.4067/S0718-58392011000400013.
- Vera-Guzmán, A. M., Aquino-Bolaños, E. N., Heredia-García, E., Carrillo-Rodríguez, J. C., Hernández-Delgado, S., & Chávez-Servia, J. L. (2017). Flavonoid and capsaicinoid contents and consumption of mexican chili pepper (*Capsicum annuum* L.) landraces. Flavonoids-from biosynthesis to human health. InTechOpen, London, 405-437.
- Wahyuni, Y., Ballester, A. R., Sudarmonowati, E., Bino, R. J., & Bovy, A. G. (2011). Metabolite biodiversity in pepper (*Capsicum*) fruits of thirty-two diverse accessions: Variation in health-related compounds and implications for breeding. *Phytochemistry*, 72(11-12), 1358-1370.
- Walker, C. J. & Willows, R. D. (1997). Mechanism and regulation of Mg-chelatase. *Biochemical Journal*, 327, 321-333.
- Walter, M. H., Floss, D. S., & Strack, D. (2010). Apocarotenoids: hormones, mycorrhizal metabolites and aroma volatiles. *Planta*, 232, 1-17.
- Wang, G., Chen, B., Du, H., Zhang, F., Zhang, H., Wang, Y., ... & Zhang, X. (2018). Genetic mapping of anthocyanin accumulation-related genes in pepper fruits using a combination of SLAF-seq and BSA. *PLoS One*, 13(9), e0204690.
- Wang, L., Zhong, Y., Liu, J., Ma, R., Miao, Y., Chen, W., ... & Wan, H. (2023). Pigment biosynthesis and molecular genetics of fruit color in pepper. *Plants*, 12(11), 2156. <https://doi.org/10.3390/plants12112156>.

- Wang, W., Tang, W., Ma, T., Niu, D., Jin, J. B., Wang, H., & Lin, R. (2016). A pair of light signaling factors *FHY3* and *FAR1* regulates plant immunity by modulating chlorophyll biosynthesis. *Journal of Integrative Plant Biology*, 58(1), 91-103.
- Wu, Y., Popovsky-Sarid, S., Tikunov, Y., Borovsky, Y., Baruch, K., Visser, R. G., ... & Bovy, A. (2023). *CaMYB12*-like underlies a major QTL for flavonoid content in pepper (*Capsicum annuum*) fruit. *New Phytologist*, 237(6), 2255-2267.
- Yabuzaki J. Carotenoids Database [Internet]. (2018). Available from: <http://carotenoiddb.jp/> [Accessed: 2-11-2024].
- Yabuzaki, J. (2017). Carotenoids Database: structures, chemical fingerprints and distribution among organisms. *Database*, 1,1-11. DOI: 10.1093/database/bax004.
- Zhang, S., Heyes, D. J., Feng, L., Sun, W., Johannissen, L. O., Liu, H., ... & Scrutton, N. S. (2019). Structural basis for enzymatic photocatalysis in chlorophyll biosynthesis. *Nature*, 574(7780), 722-725.
- Zhang, Y., Chu, G., Hu, Z., Gao, Q., Cui, B., Tian, S., ... & Chen, G. (2016). Genetically engineered anthocyanin pathway for high health-promoting pigment production in eggplant. *Molecular Breeding*, 36, 1-14.

BİTKİ ISLAH ÇALIŞMALARINDA KULLANILAN MUTAGENLER

Fatma Eda TUTAR (ORCID: 0000-0003-0733-1112)

Sivas Bilim ve Teknoloji Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Bitki Koruma Anabilim
Dalı, SİVAS

Email:fatmaedatutar@gmail.com

Prof. Dr. Tolga KARAKÖY (ORCID: 0000-0002-5428-1907)

Sivas Bilim ve Teknoloji Üniversitesi Tarım Bilimleri ve Teknoloji Fakültesi Bitki Koruma
Bölümü, SİVAS

Email:tkarakoy@sivas.edu.tr

Özet

Dünya nüfusu çok hızlı şekilde artmaktadır ve buna bağlı olarak gıda kıtlığı insanlık için en temel sorunlardan birisi haline gelmektedir. Gıda kıtlığının önüne geçebilmek için uzmanlar çeşitli tarım ürünlerinde ıslah çalışması uygulamaktadır. Bu ıslah çalışmaları klasik ıslah ve mutasyon ıslahı olarak ikiye ayrılmaktadır. Klasik ıslah çalışmalarının uzun zaman istemesi ve zahmetli uygulamalar içermesinden kaynaklı olarak uzmanlar bitki mutasyon ıslahına yönelmektedirler. Bitki mutasyon ıslahı, klasik ıslaha göre daha kısa zaman istemesi, istenilen özelliği taşıyan genin hedef bitki genomuna entegrasyonu, bir bitkide istenilen birden çok özelliğin aynı anda geliştirilebilmesi gibi avantajlara sahiptir. Bitki mutasyon ıslahı moleküler teknikler, fiziksel ve kimyasal mutagenler olmak üzere üç farklı yaklaşım içermektedir. Moleküler teknikler, bitki genomuna spesifik müdahaleler yapılmasına olanak tanıyan CRISPR/Cas9, Çinko Parmak Nükleaz (ZFN), Transkripsiyon Aktivatörü Benzer Nükleaz (TALEN), TILLING, RNA Tabanlı Mutasyon Teknikleri, Genomik Seleksiyon ve Marker Tabanlı Mutasyon Islahı ve Transgenik ve Cisgenik Yaklaşımlar teknolojilerinden yararlanmaktadır. Bu teknikler kullanılarak bitki genomuna yeni bir gen eklenebilir veya varolan bir gen susturulabilir. Moleküler yöntemlerin en büyük avantajı bitki genomunda rastgele mutasyonlar oluşturmak yerine spesifik mutasyonlar gerçekleştirmesidir. Klasik ıslah çalışmaları ile yıllarca sürdürülecek olan çalışmalar moleküler ıslah yöntemleri ile çok daha kısa sürede gerçekleştirilmektedir. Fiziksel mutagenler radyasyon tabanlı olup alfa, beta ve gama gibi çeşitli ışınlar kullanılarak gerçekleştirilir. Fiziksel mutagenler bitki genomunda rastgele mutasyonlar oluşturur. Kimyasal mutagenler ise metil metansülfonat (MMS), sodyum azid (SA) gibi kimyasal maddeler kullanarak bitki genomunda non-spesifik mutasyonlar oluşturmaktadır. Kimyasal mutagenler bitki genomunda tek nükleotid polimorfizmlerine (SNP), tek baz çifti modifikasyonlarına veya kromozom anomalilerine neden olurlar. Özellikle mayotik ve miyotik bozulmalara sebep olarak bitkilerde yeni özelliklerin ortaya çıkmasını sağlarlar. Bu derlemede, mutasyon ıslahında kullanılan moleküler ıslah teknikleri, fiziksel mutagenler ve kimyasal mutagenler incelenecektir.

Anahtar Kelimeler: Bitki ıslahı, moleküler yöntemler, biyoteknoloji, kimyasal mutagenler, fiziksel mutagenler

MUTAGENS USED IN PLANT BREEDING STUDIES

Abstract

The world's population is growing very rapidly and food shortages are becoming one of the most fundamental problems for humanity. In order to prevent food scarcity, experts are applying breeding studies in various agricultural products. These breeding studies are divided into two as classical breeding and mutation breeding. Due to the fact that classical breeding studies require a long time and involve laborious practices, experts are turning to plant mutation breeding. Plant mutation breeding has the advantages of requiring less time compared to classical breeding, integration of the gene carrying the desired trait into the target plant genome, and the ability to develop multiple desired traits in a plant at the same time. Plant mutation breeding involves three different approaches: molecular techniques, physical and chemical mutagens. Molecular techniques utilize CRISPR/Cas9, Zinc Finger Nuclease (ZFN), Transcription Activator Similar Nuclease (TALEN), TILLING, RNA-Based Mutation Techniques, Genomic Selection and Marker-Based Mutation Breeding, and Transgenic and Cisgenic Approaches, which allow for specific interventions in the plant genome. Using these techniques, a new gene can be inserted into the plant genome or an existing gene can be silenced. The biggest advantage of molecular methods is that they perform specific mutations instead of random mutations in the plant genome. Studies that would take years with classical breeding studies are carried out in a much shorter time with molecular breeding methods. Physical mutagens are radiation-based and are carried out using various rays such as alpha, beta and gamma. Physical mutagens create random mutations in the plant genome. Chemical mutagens, on the other hand, use chemicals such as methyl methanesulfonate (MMS) and sodium azide (SA) to create non-specific mutations in the plant genome. Chemical mutagens cause single nucleotide polymorphisms (SNPs), single base pair modifications or chromosome abnormalities in the plant genome. In particular, they cause meiotic and myotic disruptions, leading to the emergence of new traits in plants.

In this review, molecular breeding techniques used in mutation breeding, physical mutagens and chemical mutagens will be reviewed.

Keywords: Plant breeding, molecular methods, biotechnology, chemical mutagens, physical mutagens

GİRİŞ

Tarım ürünleri ve bunların ıslahı, Dünya'da insanın hayatta kalması için en temel gerekliliktir (2). İnsan nüfusu çok hızlı bir şekilde artmakta olup 2050 yılına kadar gezegende 9 milyar insanın olacağı tahmin edilmektedir. Bu durumun uzun vadede sonuçlarının dünya genelinde gıda kıtlığına yol açabileceği tahmin edilmektedir (1).

Bitki ıslahının amacı iklime ve çevresel koşullara dayanıklılık, tarımsal üretimde verimliliği artırmak, olgunlaşma süresi, zararlılara ve hastalıklara karşı dayanıklılık, kaliteli bitki türleri elde etmek gibi özelliklere sahip yeni bitki çeşitleri geliştirilmesidir. Bunlara ek olarak gen havuzunu genişletmek, morfolojik özellikleri iyileştirmek ve daha fazla ürün elde etmek önemli unsurlardandır (3, 4). Bu çalışmaların temelinde genetik varyasyon yaratmak yatar. Genetik varyasyon ise doğal yollarla meydana gelebildiği gibi, kontrollü mutasyonlarla da sağlanabilir. Kontrollü mutasyonların sağlanması aşamasında ise mutagenler kullanılır.

Mutasyon bir organizmanın genetik özelliğindeki kalıtsal bir değişiklik meydana getiren doğal bir süreçtir. Mutasyon, doğal seçim tarafından kullanılan ve evrimin esas gücü olan çeşitliliği üretir. Bitkiler de dahil olmak üzere herhangi bir organizmadaki tüm genetik değişiklikler çoğunlukla mutasyondan kaynaklanmaktadır (1). Spontan mutasyonlar doğada son derece düşük bir frekansta ($\sim 10^{-6}$) ortaya çıkar bu da ıslah sürecinin uzun ve zahmetli olmasına neden olur. Mutasyon frekansının nasıl arttırılacağı, her zaman önemli bir soru olmuştur (2). Doğal mutasyon oranı nispeten düşük ve dolayısıyla zaman alıcı olduğundan, genetik varyasyonu arttırmak için yapay mutasyona ihtiyaç vardır (5).

Mutasyon ıslahı yoluyla, bitkilerin bir veya daha fazla özelliği, genetik yapının geri kalanını değiştirmeden değiştirilebilir (5). Rekombinasyon, spontan veya yapay mutasyonlar ve hibridizasyon bitkilerde mutasyon oluşturarak varyasyonu arttıran temel mekanizmalardır (6). Mutasyon ıslahı, esas olarak çeşitli mutagenlerle yeni çeşitler elde etmek için yapay mutagen kullanma yöntemini ifade eder (2). Mutagenler, genetik materyalde kalıcı değişiklikler meydana getiren fiziksel, kimyasal ya da biyolojik etmenlerdir. Bitki ıslahında kullanılan mutagenler, genetik çeşitliliği artırarak yeni bitki türlerinin geliştirilmesinde önemli bir rol oynar. Doğada nadiren gerçekleşen mutasyonları hızlandırmak ve yönlendirmek amacıyla kullanılan bu ajanlar, özellikle klasik bitki ıslahı yöntemlerinin yetersiz kaldığı durumlarda, inovatif çözümler sunar. Mutagenik ajanların kullanımı, fenotipik ve genotipik değişkenliğin artmasını desteklerken aynı zamanda özelliklerin iyileştirilmesine ve gen aktivitesinin doğru şekilde açıklanmasına da neden olur (5).

Kimyasal mutagen, kimyasal ajanlar ile genetik materyal arasındaki biyokimyasal reaksiyonu ifade eder ve reaksiyon sonucu genellikle genlerdeki nokta mutasyonudur. Kimyasal mutagenler ise özellikle etil metan sülfonat (EMS), nitroz metil üre (NMU) ve kolşisin gibi bileşiklerle genetik yapıyı modifiye etmeyi hedefler. Kimyasal mutagen etkin ve etkili bir şekilde kullanılıyor olmasına rağmen bu kimyasalların çevresel optimizasyonu ve biyolojik güvenilirliğinin iyileştirilmesi gerekmektedir. (5) Bu mutagenler, genellikle bitkilerin tohum, polen ya da genç fidanlarına uygulanarak, genetik yapıda spesifik ya da rastgele değişiklikler oluştururlar.

Fiziksel mutagen ise radyoaktif enerji dalgaları ve manyetik alan kullanılarak gerçekleştirilir. Klasik radyoaktivite, iyonize radyoaktivite ve uzay radyoaktivitesi olmak üzere üçe ayrılır. Ancak en yaygın kullanımı klas X ışınları, gama ışınları ve UV ışınlarıdır. Uzay radyoaktivitesi diğer türlere göre henüz çok daha yeni bir tekniktir. Kimyasal ve fiziksel mutagenizin en önemli özelliği genomda rastgele mutasyon oluşturmalarıdır.

Mutasyon ıslahı, moleküler genetik ve DNA teknolojilerindeki gelişmeler sayesinde daha kontrollü ve hedefe yönelik bir moleküler döneme girmiştir (1). Bu bağlamda mutasyon indüksiyonunun yanında, CRISPR/Cas9 gibi gen düzenleme teknikleri ile mutagenesis uygulamaları birleştirilmektedir. Çinko Parmak Nükleaz (ZFN), Transkripsiyon Aktivatör Benzeri Efektör Nükleaz (TALEN), CRISPR/Cas9 en yoğun kullanılan genetik düzenleyicilerdir. Bu üç yöntemin ortak özelliği DNA dizisinde spesifik bir mutasyon oluşturabilmeleridir. DNA dizisinde sadece nokta mutasyonları oluşturmanın yanı sıra, yeni bir geni entegre edebilirler. Böylece bir genin işlevini anlamının yanı sıra, bitkiye farklı ve yeni özellikler de kazandırabilirler.

Bu derlemede, bitki ıslah çalışmalarında kullanılan mutagenlerin çeşitleri, kullanım alanları ve bu tekniklerin modern tarımda sunduğu potansiyel avantajlar detaylı bir şekilde incelenecektir.

1. Moleküler Yaklaşımlar

Bitki ıslahında mutasyonların kontrollü şekilde indüklenmesi, genetik çeşitlilik yaratmada ve bitkilerde istenilen özellikleri geliştirmede önemli bir araç olmuştur. Geleneksel mutagenlerin fiziksel ve kimyasal etkilerle genetik materyali geliştirme kabiliyeti, bitki ıslahında uzun yıllardır kullanılmaktadır. Anca son yıllarda moleküler biyoloji ve genetik mühendisliği alanındaki ilerlemeler, mutasyonların daha hassas ve kontrollü bir şekilde geliştirilmesine olanak tanımıştır. Bu moleküler yaklaşımlar, mutasyon süreçlerinin daha hedefe yönelik ve öngörülebilir olmasını sağlamaktadır.

Moleküler teknikler canlının genomunda çift zincir kırıkları (DSB) veya nokta mutasyonları oluşturmaktadır. Bu DNA hasarı Homolog Olmayan Uç Birleştirme (NHEJ) veya Homolog Rekombinasyon (HR) DNA tamir mekanizmaları ile giderilmektedir. NHEJ DNA tamir mekanizmasında DSB'lerin uçları direkt DNA ligaz ile bağlanarak indel mutasyonlara sebep olmakta ve homolog dizilere ihtiyaç bulunmamaktadır. NHEJ ile DNA onarımı hızlıdır ve her fazda gerçekleşebilir ancak gen protein fonksiyonunun kaybı veya gen nakavtı ile sonuçlanmaktadır. Homolog Rekombinasyon (HR) DNA tamir mekanizması homolog DNA dizi şablonuna ihtiyaç duymasının yanı sıra sadece G2/S fazında gerçekleşmektedir. Homolog rekombinasyon onarım süreci ile DNA'ya yeni bir gen eklenerek transgenik bitkiler elde edilmektedir (7,10).

1.1. CRISPR/Cas9

Melezleme tekniği, bitkilerde istenilen özelliği taşıyan bir bitkinin başka bir bitki ile tozlaştırarak istenilen özelliklere sahip yeni bir çeşidin oluşturulmasıdır. Gen aktarım metodu ıslah teknikleri, daha üstün içerik özelliğine sahip ürünleri daha yüksek verim ile elde etmek için bir ürüne özgü istenilen genlerin başka bir bitkiye aktarılmasına olanak

verir. Ancak bu ıslah yöntemi farklı genetik kaynaklardan elde edilen, istenilen özelliği taşıyan genlerin bitki genomuna entegrasyonunu gerektirdiğinden çeşitli protokoller gerektirmektedir (7).

CRİSPR/Cas9 sistemi düzenli aralıklarla kümelenmiş kısa palindromik tekrarlar/Cas9 ilişkili protein olarak adlandırılır. Mutasyon ıslahında kullanılan en yenilikçi ve güçlü araçlardan birisidir. Bu teknoloji, bitkilerin genomunda belirli bir hedef bölgeyi keserek, bu bölgeye yeni genetik materyal eklemeye veya mevcut genetik materyali değiştirmeye olanak tanır. CRİSPR/Cas9 ile yapılan düzenlemeler, mutasyonları yönlendirilmiş ve spesifik bir şekilde oluşturur, böylece geleneksel mutagenlerle elde edilmesi zor olan hassas genetik değişiklikler sağlanır. Örneğin, bir bitkideki belirli bir genin fonksiyonunun ortadan kaldırılması ya da hedeflenen bir özellik için genetik bir düzenleme yapılması bu yöntemle gerçekleştirilebilir.

CRİSPR/Cas9, ilk kez 2012 yılında California Üniversitesi'nden Jennifer A. Doudna ve İsveç'te bulunan Umea Bitki Bilim Merkezi (UPSC)'nden Emmanuelle Charpentier öncülüğündeki iki grup tarafından ilk kez *Streptococcus pyogenes*'tan elde edilen teknikle uygulanmıştır. CRİSPR/Cas9 sistemi, bakteriyofajlara karşı bakteriyel savunma mekanizmasından etkilenen bir genom düzenleme teknolojisidir (8). Bakteriler virüse tekrar maruz kaldığında viral genoma bağlanan ve onu yok eden CRİSPR dizisi RNA segmentleri üretir (5).

Bitki hücrelerinde crRNA ve Cas9 proteininin eksprese edilmesi, bitki genomunun yeniden düzenlenmesi için gereklidir. gRNA ve Cas9 proteinini taşıyan vektör, floral dip transformasyonu, yaprakların süspansiyon ile ıslatılması, protoplast kültürü, biyolistik gibi tekniklerle bitkiye aktarılır. Vektör sistemi amaca uygun olarak tek vektör veya çift vektör içermektedir. Tek vektör sistemi crRNA ve Cas9 proteinini kodlayan bir vektörden oluşurken, çift vektör sisteminde bu vektöre ek olarak organizmanın genomuna yabancı bir gen bölgesi yerleştirmek için bir şablon görevi gören bir vektör daha bulunur.

Bu sistem bakterilerde meydana gelmektedir. Biyoteknolojik olarak kullanılan CRİSPR/Cas9 sisteminde crRNA ve tracrRNA tek bir gRNA'da birleştirilmiştir. CRİSPR/Cas9 sistemi adaptasyon, ekspresyon ve susturma olmak üzere üç aşamadan oluşur. İlk ve en önemli aşama olan adaptasyon aşamasında CRİSPR dizilerini oluşturan spacer dizileri kronolojik olarak DNA'ya entegre edilmektedir. Ekspresyon aşamasında pre-crRNA ve Cas geni ifade edilmektedir. Cas proteini ve diğer faktörler (tip II RNAaz III) pre-crRNA'dan crRNA üretiminde görev alır. crRNA ve Cas proteini ile ilgili hedef bölge tanınır ve DNA kesilir. (9,12)

CRİSPR tekniği, hedef DNA'ya bağlanan 20 nükleotitten oluşan bir sgRNA (single guide RNA) ve 3' ucunda PAM (Protospacer Bitişik Motif) dizisinden oluşmaktadır. Hedef bölgeye ait gRNA PAM olmadan DNA'ya bağlanamamaktadır. Cas9 enzimi tüm genomu PAM dizisini bulmak için tarar ve bu bölgeden 20 nükleotit aşağıda yer alan hedefleme dizisine (crRNA) bağlanır. Bölgeye bağlanan Cas9 enzimi hedef diziyi 3' ucundan 5' ucuna doğru keserek kabaca 3 baza bölmektedir (5,9). Bu yolla DNA'da çift zincir kırıkları (DSB) meydana getirilerek Homolog Olmayan Uç Birleştirme (NHEJ) veya Homolog Rekombinasyon (HR) DNA tamir mekanizmaları aktive edilir (7,10).

CRISPR/Cas sistemleri işlevsel fonksiyonların çeşitliliği ve potansiyel uygulamalardaki farklılıkları bakımından üç ana tipe (Tip I-III) ve en az 10 alt tipe ayrılmaktadır (9, 11). *S. pyogenes* patojeninden elde edilen Tip II-A CRISPR/Cas9 sistemi en yaygın kullanılan sistemdir (9).

Klasik ıslah yöntemi ile uzun yıllar sürecek olan ürün kalitesinin artırılması, morfolojisini iyileştirilmesi, raf ömrünün uzatılması, besin içeriğinin biyofortifikasyonu CRISPR/Cas9 sistemi ile çok kısa sürede gerçekleştirilir. CRISPR/Cas9, tarım bitkilerinin kuraklık, hastalık ve tuzluluk gibi çevresel stres faktörlerine dayanıklılığını artırmada potansiyel olarak büyük bir avantaj sunmaktadır. Ayrıca CRISPR/Cas9 sisteminin genel olarak daha kolay uygulanması, daha basit yapısı ve daha uygun maliyeti diğer yeni nesil ıslah yöntemlerinden daha çok tercih edilmesine sebep olmaktadır.

1.2. Çinko Parmak Nükleazlar (ZFN)

Bugüne kadar DNA dizilerine bağlanabilen histon ve histon olmayan pek çok protein karakterize edilmiştir. DNA'ya bağlanan histon olmayan proteinlerden en yaygın ve en iyi bilinenlerden birisi Çinko parmak proteinleridir (13). Çinko parmak (ZF) proteinleri ilk kez *Xenopus* oositlerinde transkripsiyon faktörü IIIA'da (TFIIIA) keşfedilmiştir. Tipik bir Çinko Parmak Proteini (ZFP) yaklaşık 30 aminoasitten oluşur ve bu proteinler α heliks ve antiparalel β yapısıyla katlanmıştır. ZFP iki sistein ve iki histidin aminoasitini bağlayan bir çinko atomu ile stabilize edilir ve bu şekilde parmak yapısı meydana gelir (14, 15,16). ZFP'nin α heliks sarmalının N terminal kısmında spesifik pozisyonlarda bulunan dört aminoasit, DNA'nın büyük oluğunda bulunan tri- veya tetranükleotid dizisini tanıyarak bağlanmayı sağlar (13).

Çinko Parmak Nükleazlar (ZFN) organizmanın hedef bölgesinde manipülasyon oluşturabilmek için geliştirilen ilk spesifik genom düzenleme tekniğidir. ZFN sistemi DNA'ya spesifik olarak bağlanan bir ZFP domaini ve bir nükleaz olan FokI enzim domaininden oluşmaktadır (11,15,17). FokI enziminin DNA nükleaz olarak görev yapabilmesi için dimerizasyona uğraması çok önemlidir (11). ZFN sisteminde hedef DNA'nın kesimi iki ZFN monomerinin DNA'ya birbirlerine ters konfigürasyonda ve birbirleriyle hizalı şekilde bağlandığı zaman gerçekleşir (15, 17). Bir ZF domaini istenilen diziyeye özgü olacak şekilde 3 nükleotidlik bir kodonu tanıyıp bağlanacak 3- 4 ayrı parmaktan oluşur (17,18). Bu şekilde enzimin DNA bağlanma bölgesi tasarlanır. Enzimin DNA bağlanma bölgesi hedef DNA'ya uygun tasarlandıktan sonra nükleaz bölgesi ile birleştirilir (18). İki ZFN molekülü hedef DNA'ya zıt şekilde bağlanır ve bu bölgede FokI enzimi ile DNA'yı kırarak DSB meydana getirir (16).

FokI enzimi, *Flavobacterium okeanoicoites* bakterisinden izole edilmiş homodimer olarak çalışan bir tipII restriksiyon enzimidir (15,18). FokI enzimi spesifik DNA dizilerini tanıyan bir domain ve endonükleaz aktivite gösteren domain olmak üzere iki kısımdan oluşur. DNA bağlama domaini ilgili diziyeye bağlandığında allosterik etkileşimler yolu ile endonükleaz alanına bir sinyal gönderir ve DNA'da kesilme meydana gelir (23). FokI enzimi nükleaz aktivitesi gösterebilmek için spesifik bir diziyeye ihtiyaç duymadığından bu özgünlük ZF domainleri ile sağlanır (18). FokI restriksiyon endonükleaz enzimi, spesifik DNA dizilerini tanıyarak, bu bölgelerden veya bu bölgelere yakın dizilerden DNA'yı keser (19). FokI enziminin nükleaz aktivitesi gösterebilmesi için dimer olarak çalışması

gerekir ve her bir dimer bir sarmalı tanır (11,15,18). ZF monomerleri, katalitik aktivite ve çift zincir kırıklarının oluşumu için DNA'ya bağlanırken aralarında 5-7 bp aralık olacak şekilde bağlanarak dimer oluşturur (15,18). Bu arada kalan hedef bölgede FokI enzimi nükleaz aktivitesi göstererek DSB'ye sebep olur (15).

ZFN teknolojisinde Çinko Parmak Nükleaz I (ZFN I), Çinko Parmak Nükleaz II (ZFN II) ve Çinko Parmak Nükleaz III (ZFN III) olmak üzere 3 farklı yaklaşım bulunmaktadır. ZFN I ve ZFN II teknolojilerinde in-del mutasyonlar gerçekleştirilirken, ZFN III teknolojisinde yeni bir genin genoma entegrasyonu mümkündür (11).

ZFP tasarımı ile ilgili pek çok yeni yöntem bulunmaktadır. ZFP DNA bağlanma alanları, etkili ve spesifik bir ZFN çifti oluşturmak için daha önceden karakterize edilmiş birkaç farklı ZF'nin 'karıştır ve eşleştir' kombinasyonu ile üretilir (16). 'Modular assembly' olarak adlandırılan bu yöntemde ZFN bağlama alanları, bilinen DNA bağlama özelliklerine sahip bir ZF kütüphanesinden seçilerek oluşturulur. Bu yöntemle tasarlanan ZFP'ler farklı ZF'ler arasındaki etkileşimleri hesaba katmadığı için başarısız olabilmektedir. Bunların dışında ZFN'ler Sigma Aldrich, gibi şirketler tarafından da tasarlanmaktadır. Bir diğer alternatif ise, ZF kütüphanelerini ve in vivo bazlı bir seçim yöntemini içeren Oligomerleşmiş Havuz Mühendisliği (OPEN)'dir (16, 17).

ZFN teknolojisindeki kısıtlamaların çoğunluğunu, dizaynının zor olması, istenilen her dizinin hedeflenememesi, spesifik olmayan dizilere bağlanarak mutasyon oluşturması ve verim düşüklüğü oluşturur (11,15, 20). Özellikle hedef dışı bağlanma sonucu meydana gelen DNA hasarının hücrenin tamir mekanizma kapasitesini aştığı durumlarda hücrede meydana gelen sitotoksikite hücrenin veya organizmanın ölümüne neden olabilmektedir (11). Bunların önüne geçebilmek ve yöntemin başarı oranını artırmak ZFN özgüllüğünün artırılması ile mümkündür. Bu özgüllük homodimer olarak FokI enziminin, heterodimer olarak çalışan varyantları ile sağlanmaya çalışılmasının yanında, bağlanma için gerekli olan spesifik dizilerinin normalden biraz daha uzun tutulması ile gerçekleştirilmeye çalışılmaktadır. (21, 22)

1.3. Transkripsiyon Aktivatörü Benzer Nükleaz (TALEN)

Transkripsiyon Aktivatörü Benzer Nükleaz (TALEN)'lar ZFN yöntemine alternatif olarak geliştirilen bir genom düzenleme aracıdır (24, 25). TALE'ler ilk olarak bitki patojeni *Xanthomonas* bakterisinden elde edilmiş bir tip III efektör proteindir (26). TALE'ler doğada bitki patogenezi faktörü olarak davranır. TALE'ler *Xanthomonas* bakterisi tarafından salgı sistemi aracılığıyla bitki konakçı hücrelerine aktarılır. TALE'ler konak bitkide transkripsiyon faktörü gibi davranarak hedef konağın DNA dizilerine bağlanırlar. Böylece bitkinin gen ekspresyonunu değiştirerek bitkiyi patojenin istilasına açık hale getirir. (11, 26, 31)

TALEN'ler ZFN'ler gibi dimer olarak çalışırken, bir tasarlanmış DNA bağlanma bölgesi ve FokI nükleaz proteini içerirler (24,27). TALE'ler N terminal alanda bir tip III sekresyon ve translokasyon sinyali, C terminal alanda NLS (nükleer lokalizasyon sinyali) ve DNA'yı tanıma ve bağlanmadan sorumlu bir merkezi tekrar alanı içermektedirler (11,26). TALEN teknolojisinde DNA bağlanma bölgesi 33-35 aminoasit dizisinden oluşur. Genel olarak DNA bağlanma bölgesindeki 12. ve 13. pozisyonadaki aminoasitler haricinde korunmuş yapıdadır (24, 26). 12. ve 13. bölgedeki aminoasitlere tekrar-

değişken di kalıntılar (RVD) denmektedir ve bağlanma bölgesinin spesifikliğini belirlerler (24,28). RVD dizilerinde asparjin (Asn) ve izolösin (Ile) aminoasitleri (NI) adenin bazını, Asparjin ve glisin (Gly) aminoasitleri (NG) timin bazını, iki asparjin (Asn) aminoasiti guanin bazını ve histidin (His) ve asparjin (Asn) aminoasitleri sitozin bazını tanıyarak bağlanır (11, 15, 18, 24). TALE proteinleri hedef diziye göre birleştirilerek oluşturulur. DNA bağlama domaini FOKI kesim domaini ile birleştirilerek TALE sistemi oluşturulur. FokI enzimi dimer olarak işlev gördüğü için hedef dizi için bir çift TALEN üretilmelidir. Karşılıklı olarak DNA'nın üst ve alt kısmına bağlanan TALEN'ler arasında 14-18 bp mesafe olmalıdır. Bu yapı meydana geldiğinde FokI endonükleazları hedef diziyi kırar. (15,18)

DNA bağlanma domaininde bulunan sekansların belirlenmesinde hedef DNA'ya spesifiteyi artırıp, hedef dışı bağlanmayı engellemek için bazı web tabanlı programlar geliştirilmiştir. Ayrıca TALEN'ler özel olarak tasarlanmış şekilde ticari olarak mevcuttur (15,28).

ZFN ve TALEN teknolojileri arasındaki en temel fark; ZFN teknolojisinde DNA bağlanma domaini üçlü kodonları tanıırken, TALEN teknolojisinde ise bazıları tanıyarak bağlanır. Bu sebeple TALEN teknolojisinde hedef dışı bağlanma ve sitotoksiste çok daha az gözlenmektedir (24). TALEN DNA bağlanma domaininin tek baz tanıyarak bağlanması daha fazla esneklik sağlamaktadır. Ancak DNA bağlanma bölgesinin tek baz tanımasından dolayı TALEN teknolojisi, üçlü kodon tanıyan ZFN teknolojisine göre daha büyüktür (29). Ayrıca TALE dizilerinin birleştirilmesi çok fazla tekrar dizisi bulunması nedeniyle çok zordur. Bu sebeple TALE dizilerinin başarılı bir şekilde birleştirilmesini sağlayan ligasyondan bağımsız klonlama teknikleri, Golden Gate Assembly, yüksek verimli katı- faz birleştirme gibi yeni teknikler geliştirilmiştir. Bunlara ek olarak TALE dizilerinin timin nükleotidi ile başlaması gerekliliği büyük bir dezavantaj sunmaktadır (15,30).

1.4. TILLING (Targeting Induced Local Lesions in Genomes)

TILLING, mutasyonları tespit etmek için kullanılan bir moleküler tarama yöntemidir. Bu teknik, kimyasal mutagenlerle indüklenen rastgele mutasyonların bitki genomunda taranmasını ve istenen genetik değişikliklerin tespit edilmesini sağlar. TILLING metodu ile fonksiyon kaybı/kazancı mutasyonları, nokta mutasyonları, proteinlerdeki missense mutasyonları vb. gibi çok sayıda mutasyon aynı anda elde edilir (46). TILLING, mutagenlerle oluşturulan geniş çaplı mutasyon havuzlarından spesifik mutasyonların ayrıştırılmasında etkili bir yöntemdir. Bu sayede hem genetik varyasyon yaratılır hem de moleküler düzeyde hedeflenen genlerdeki değişiklikler hızla tespit edilir. Geleneksel mutagenlerin rastgele mutasyon oluşturma dezavantajını ortadan kaldırarak, belirli genlerde istenen değişiklikleri hızla tespit etmeye olanak tanır.

TILLING pek çok avantaja sahip olmasına rağmen aşılması gereken pek çok soruna da sahiptir. Bir türün veya çeşidin kullanılan mutajenlerin türüne veya dozuna dayanıklılığı TILLING projesine başlamadan önce tespit edilmesi gereken en önemli sorundur. Belli bir tür için mutajenez protokolünün standardizasyonu, kararlı süper mutantların geliştirilmesi birkaç yıl alabilir. Ayrıca vejetatif olarak çoğaltılan bitkilerde mutant bir protokol oluşturmak zor ve yavaş bir süreçtir. Poliploid organizmalarda ve heterozigot

popülasyonlarda nadir mutant tespiti oldukça zordur. Bütün bu sınırlamaların aşılması için TILLING protokolünde yeni modifikasyonlar geliştirilmiştir (46, 47).

1.5. RNA Tabanlı Mutasyon Teknikleri

RNA tabanlı teknikler, özellikle gen susturma (gene silencing) ve gen ifadelerinin düzenlenmesi konularında moleküler düzeyde mutasyonlara yol açar. RNA interferansı (RNAi) gibi tekniklerle, bir bitkideki istenmeyen genlerin ifadesi baskılanabilir. RNA interferansı (RNAi) ile gen spesifik reaktifler hücreye sokulur ve mRNA transkriptlerinin sekansa özgü bozulması ve translasyonel girişim yoluyla gen fonksiyonunun azaltılması beklenir (48). Küçük interfering RNA'lar (siRNA) olarak bilinen yaklaşık 21-22 bp uzunluğundadırlar. siRNA'lar RNAi'nin enzimatik mekanizması tarafından tanınarak hedef mRNA'nın homolojiye bağlı bozulmasına yol açan karakteristik 2 nükleotitlik 3' çıkıntılara sahiptir (49). Bu teknik, bitkinin belirli stres faktörlerine karşı dayanıklılığını artırmak ya da zararlı böcek ve patojenlere karşı direnç kazandırmak için kullanılabilir. RNAi, genetik modifikasyonun doğrudan genomda değil, mRNA seviyesinde yapılmasına olanak tanıdığı için, daha esnek ve geri dönüşümlü bir gen düzenleme aracı olarak kabul edilir.

1.6. Genomik Seleksiyon ve Marker Tabanlı Mutasyon Islahı

Genomik seleksiyon, belirli genetik markörlerin tanımlanması ve bu markörlerin bitki ıslahı süreçlerinde kullanılması ile mutasyon ıslahını destekleyen bir yaklaşımdır. Temel olarak gözlemlenmemiş bir popülasyonun agro-morfolojik özellikleri ile birlikte genom çapında DNA belirteçlerinin birlikte kullanımını içerir. Genomik seleksiyon bitki ıslah programlarında temel bir araç haline gelmiş ve temel uygulama haline gelmesiyle ıslah sürecini oldukça kısaltmıştır (50). Marker-tabanlı seleksiyon, bir bitkide istenen özellikleri taşıyan genetik varyantları belirlemeyi kolaylaştırır ve bu genetik işaretçiler mutasyon çalışmalarında kullanılır.

Genomik seleksiyon, özellikle büyük bitki popülasyonları üzerinde hızlı bir şekilde tarama yaparak, mutagenlerin etkilerini optimize etme ve istenmeyen mutasyonları ayıklama konusunda önemli avantajlar sunar.

1.7. Transgenik ve Cisgenik Yaklaşımlar

Mutasyon ıslahında kullanılan bir diğer moleküler yaklaşım ise transgenik ve cisgenik tekniklerdir. Transgenik yaklaşımlar, bitkilerin genomuna yabancı genlerin eklenmesi ile yapılır. Bu yöntem, bitkilerin doğada mevcut olmayan yeni özellikler kazanmasını sağlar. Cisgenik yaklaşımlar ise, aynı türden ya da yakın akraba türlerden genetik materyalin aktarılması ile yapılır. Her iki yaklaşım da hedeflenen özelliklerin kazandırılmasında moleküler mutasyonların kullanılmasını içermektedir.

Cisgenik veya transgenik yaklaşımda bitkilere istenen özelliklerin eklenmesi için kaset denilen vektörler kullanılır. Bu vektörlerde istenilen gen bölgesinin dışında düzenleyici diziler de yer almaktadır. Bu kasetlerdeki genler bitkinin genomuna rastgele şekilde entegre edilir (51).

2- Fiziksel Mutagenler

Kimyasal teknik ile karşılaştırıldığında fiziksel radyasyon tekniği %89 oranında daha fazla tercih edilmektedir. X ışınları %22 oranında kullanılırken, gama ışınları %64,5 oranında kullanılmaktadır (4). Mutasyon yöntemi olarak kullanılan radyasyon tekniği parçacık mutasyon ıslahı, klasik radyasyon ve uzay radyasyonu olarak üçe ayrılır (2).

Radyasyon tekniğinde mutasyonları tetiklemek için altı tip fiziksel mutagen kullanılmaktadır; X- ışını, gama ışını, beta parçacıkları, hızlı nötronları yavaş nötronlar ve ultraviyole ışınları. Mutajenler üç gruba ayrılmaktadır; iyonlaştırıcı radyasyonlar (X ışınları, gama ışınları), korpüsküler radyasyon (nötronlar, alfa ve beta parçacıkları) ve iyonlaştırıcı olmayan radyasyonlar (UV ışınları). Klasik radyasyon yönteminde temel olarak X-ışını ve gama ışını uygulamaları kullanılmaktadır. Parçacık mutasyon ıslahı yönteminde ise protonlar veya ağır iyonlar gibi hızlandırılmış parçacıklar kullanılır. Uzay ortamı, radyasyon, mikro yerçekimi ve alternatif manyetik alanların oluşturduğu özel ve karmaşık bir alandır. Bu alan mutasyon ıslahı için çok yeni olmasına rağmen farklı fırsatlar sunmaktadır (1,2, 32).

Klasik radyasyon mutasyon ıslahı yönteminde genellikle X ışınları ve gama ışınları tercih edilir. Bitki ıslahında daha kısa dalga boyuna sahip X ışınlarının nüfuz etme kapasiteleri daha fazla olduğundan daha yoğun olarak tercih edilir. Klasik radyasyon ürün çeşitliliğini sağlamanın yanı sıra, doğada ifade edilemeyen, zararlılara ve hastalıklara daha iyi direnç gösteren, daha kaliteli ve yüksek besin değeri olan yeni çeşitler elde etmek için yaklaşık 60 yıldır kullanılmaktadır. Klasik radyasyon genomda spesifik değişikliklerle birlikte hücre içerisinde su moleküllerinin iyonizasyonu ile üretilen serbest radikallerde bir değişikliğe sebep olur. Böylece hücrede serbest radikaller aracılığı ile fiziksel, biyolojik ve kimyasal değişikliğe neden olurlar (2,32).

Parçacık mutasyon ıslahında ağır iyonlar veya protonlar gibi hızlandırılmış parçacıklar kullanılır. İyon parçacıkları ile ortaya çıkan yüksek doğrusal enerji transferli (LET) radyasyonu, canlılar üzerinde düşük LET radyasyonuna (gama ışınları, X ışınları) göre daha büyük etkiler gösterir. Parçacık mutasyonu canlılarda tek nükleotit değişimleri ile beraber bir kaç kilobaza kadar kümelenmiş DNA hasarına sebep olabilir. Hızlandırılmış parçacık, yüksek LET sebebi ile düşük dozlarda mükemmel bir biyolojik mutajenik etkinliğe sahiptir. Ancak yüksek dozlara canlı için ölümcül olabilir. Parçacık radyasyon mutagenezi ile oluşturulan özelliklerin sıklığının daha yüksek, mutasyon özelliklerinin daha stabil ve yetiştirme süresinin daha kısa olduğu bulunmuştur (2,37).

Ozon tabakasının ötesinde uzay yerçekimini, manyetik alanı, havayı ve çevresel basıncı kaybeder. Bu sebeple etkileri tam olarak bilinmeyen büyük miktarlarda kozmik radyasyon içermektedir. Alçak dünya yörüngesindeki radyasyon yüksek enerjili protonlar, ağır iyonlar, elektronlar, nötronlar ve gama ışınları gibi parçacıklar içerir. Uzay radyasyonu doz hızı ve toplam soğurulan doz çok düşük olmasına rağmen güçlü nüfuz etme ve iyonlaşma özelliğine sahiptir. Uzay radyasyonunun neden olduğu kümelenmiş DNA hasarı ve çift zincir kırıklarının özellikle heterokromatin alanlarda onarılamaz olduğu gösterilmiştir. Ayrıca uzay bir hiper-vakum ortamıdır ve mikro yerçekimi bulunmaktadır. Bütün bu sebeplerle bitki büyümesini ve gelişimini etkileyebilir ve özellikle kromozom sayılarında değişiklik oluşturabilir (2, 36).

Radyasyon mutasyon ıslahında en önemli noktalardan biri, optimal radyasyon dozunun belirlenmesidir. Optimal dozu belirlemek için; popülasyonun yarısını öldüren doz (Lethal Doz, LD50), popülasyonun yarısında büyümeyi azaltan doz (Growth Doz GD50), çimlenen örnek sayısı oranları belirlenmelidir. En yüksek mutasyon sıklığı LD50 değerinde meydana gelmektedir. Diğer önemli noktalar ise, artan radyasyon dozu, tekrar ışınlama dozu, yüksek ile düşük doz oranlarıdır (32, 34).

Düşük dozda uygulanan radyasyon düşük frekansta mutasyonlara sebep olur. Daha düşük frekansta mutasyonlar ışınlanmamış tohumlarla karşılaştırıldıklarında çimlenmeyi uyarma, biyokimyasal değişimler ve sekonder metabolit değişimleri gibi etkilere neden olabilirler. Ancak genel olarak radyasyon dozu arttıkça artan mutasyonlar ters etki gösterirler (32, 33).

3- Kimyasal Mutagenler

Kimyasal mutagenlerin kullanıldığı ilk çalışmalar yirminci yüzyılın başlarında Thom ve Steinberg tarafından gerçekleştirilmiştir (3,5). Kimyasal mutagenler bitki genomunda tek nükleotid polimorfizmlerine (SNP), tek baz çifti modifikasyonlarına veya kromozom anomalilerine neden olurlar (5). Bitki ıslah çalışmalarında etil metansülfonat (EMS), metil metansülfonat (MMS), N-metil-N-nitrozoüre (MNU) gibi alkilleyici ajanların yanı sıra, hidrojen florür (HF), kolşisin, sodyum azit (SA), ve hidroksilamin (H3NO) gibi farklı türde kimyasallarda mutagen olarak kullanılmaktadır (5, 35).

Etileninim (EI), Etil metansülfonat (EMS), metil metansülfonat (MMS), N-metil-N-nitrozoüre (MNU) gibi alkilleyici ajanlar yeni bitki mutantları oluşturmada oldukça iyi işlev görürler. Alkilleyici ajanlar çeşitli kromozomal anormalliklere neden oldukları gibi, mayotik ve mitotik bozulmalar yaratarak kromozomal anomaliler de oluşturabilirler (3,5). Alkilleyici ajanların tek, iki veya çok fonksiyonlu olmak üzere üç türü bulunmaktadır (3). En yaygın kullanılan alkilleyici ajan EMS'dir. EMS, DNA ile etkileşime girerek guanin bazınınin alkilasyonuna neden olur. Guanin bazının alkilasyonu ile sitozin yerine timin ile yanlış eşleşmelere neden olarak G/C A/T değişimine sebep olur (35, 38). Alkilleyici ajanlar deney sırasında kullanım kolaylığı, kalıntıların atılmadan önce detoksifikasyon kolaylığı gibi sebeplerle öne çıkmaktadır (3). Ancak meydana gelen fenotipe sebep olan moleküler lezyonun tanımlanması ile ilgili zorluk önemli bir dezavantaj sunmaktadır (39).

Sodyum azitin (NaN₃), çeşitli organizmalarda oldukça mutagenik olmasının yanı sıra, toksik özelliğinden kaynaklı pestisit, bakterisit gibi endüstriyel kullanımları da mevcuttur (3,40). Sodyum azidin mutajenitesi O-asetilserin sülfhidrilaz enzimi tarafından üretilen azid bileşiğinin organik metaboliti aracılığı ile sağlanır ve yüksek oranda asidik pH'a bağlıdır (3, 35,40). İlgili metabolit hücre çekirdeğine girerek genomda nokta mutasyonları meydana getirir (35). Sodyum azit çok düşük frekansta kromozom kırılmasına da sebep olabilir (40). Ayrıca Sodyum hücre solunumunda görev alan elektron taşıma sisteminin parçası olan mitokondriyal sitokrom C ve katalaza inhibitör olarak davranır. Bu şekilde ATP sentezini azaltarak hücre solunumunda ve aerobik metabolizmaya da etki eder (3, 40,41).

Kolşisin kromozomların iki katına çıkmasını sağlayarak poliploidi oluşturan bir kimyasal mutajendir. Kolşisin iğ iplikçiklerini inhibe ederek hücre bölünmesini durdurur. Mitoz esnasında kromozomlara bağlanarak iki farklı kutba çekilmesini sağlayan iğ iplikçikleri, interfaz mikrotübüllerinden daha duyarlıdır (35,42). Poliploidi indüksiyonu bazı durumlarda tohum üretimi gibi önemli aşamaları olumsuz etkileyecek genom düzenlenmelerine sebep olabilir (35).

Kimyasal mutagenlerle ilgili en büyük sorun çevreye, doğaya ve diğer canlılara zarar verebilecek kalıntı bırakmalarındır. Bu sebeple son derece umut verici olmalarına rağmen kimyasal mutagenlerin yerine kalıntı bırakmayan biyolojik ve fiziksel mutagenler alternatif olarak öne çıkmaktadır (3).

4. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bitki mutasyon ıslahında pek çok yöntem kullanılmaktadır. Kullanılan bütün yöntemlerin amacı dünyada ilerleyen zamanlarda yaşanılacak olan gıda kıtlığına çözüm bulmaktır. Her yöntem kendi içerisinde avantaj ve dezavantajlara sahiptir.

Fiziksel ve kimyasal yöntemlerin ortak noktası genomda non-spesifik birçok mutasyon oluşturmaktadırlar. Örneğin N-Metil-N-Nitrozüre (MNU) tedavisi uygulandığında ortalama olarak her 135 kilobazda bir mutasyon beklenmektedir (35). Bu non-spesifik mutasyonlar housekeeping genler denilen yaşam için gerekli genler üzerine gerçekleşirse kısırlığa, gelişim geriliğine ve hatta bitkinin ölümüne sebep olabilmektedir. Mutasyon sıklığı genomik kararsızlık gibi bir sorun doğurabilir. Genomik kararsızlık bitkide istenen özelliklerin yanı sıra istenmeyen özelliklerin de açığa çıkmasını sağlayacağı gibi, istenen özelliklerin devamlılığı içinde bir problem doğurarak mutasyon ıslah çalışmalarının beklenen süreden daha da uzun olmasına yol açabilir. Bu mutasyon frekansı ıslah edilecek bitkinin genom büyüklüğü düşünülünce yüksek bir mutasyon sıklığı oluşturabilir. Yüksek mutasyon sıklığı istenilen özelliği elde etmek için büyük bir avantaj oluşturabilir. Ek olarak kimyasal mutagenlerin geride bıraktıkları kalıntıların detoksifikasyonu ciddi bir problem teşkil etmektedir.

Moleküler yaklaşımlar, bitki ıslahında kullanılan geleneksel mutagenlere kıyasla daha hızlı, hedefe yönelik ve spesifik çözümler sunarlar. Genel olarak DNA'yı hedef alan teknikler hedef bölgede çift zincir kırıkları veya nokta mutasyonları oluştururlar. Bitki ıslah çalışmalarında tek bir bölgede mutasyon oluşturmak için kullanılan yöntemlerin pek çok avantaj ve dezavantajları mevcuttur. Genomik kararsızlık oluşturmamaları en önemli avantajlarından. Islah süreci çok kısalmaktadır ve bitkide istenmeyen özelliklerin ortaya çıkma olasılığı bulunmamaktadır. TALEN teknolojisinde mutlaka timin bazı ile başlama gerekliliği araştırmacılar açısından sıkıntı doğurabilmektedir. Çünkü hedef gende her zaman uygun DNA dizilimi timin bazı ile başlamamaktadır. ZFN teknolojisi ise çinko parmakları oluşturan dizilerin birbirleri ile etkileşmesi yöntemin dezavantajlarından. Araştırmacılar bu zorluğu aşmak için her bir parmağı tek tek tasarlayıp birleştirebilecekleri teknolojileri tercih etmektedirler. CRISPR/Cas9 teknolojisi ise diğer yöntemlere göre daha yeni bir teknolojidir ve hala gelişme aşamasındadır. Cas proteininin yeni formları geliştirilerek farklı amaçlarla uygulanması hedeflenmektedir. Geliştirilen Cas9 ve Cas12 proteinleri bitki DNA'sı hedeflerken, Cas 13 proteini ise mRNA degradasyonu ve viral RNA replikasyonunu hedeflemektedir (45).

CRISPR/Cas9 gibi gen düzenleme teknikleri, TILLING gibi tarama yöntemleri ve RNA tabanlı teknolojiler, modern bitki ıslahında mutagenlerin daha etkin kullanılmasını sağlamaktadır. Bu yaklaşımlar, tarımda sürdürülebilirlik, verimlilik ve dayanıklılık hedeflerine ulaşmada büyük potansiyel taşımaktadır.

Genomda oluşan non-spesifik mutasyonların birçoğunun işlevi olmayan bölgelerde olduğu düşünülmektedir. Ancak son dönemlerde yapılan çalışmalarda işlevsiz DNA parçasının bulunmadığı, işlevsiz görünen DNA bölgelerinin non-coding RNA denilen RNA çeşidine transkribe edildiği bulunmuştur (43, 44). Bu non-coding RNA'lar arasında long non-coding RNA'lar, miRNA'lar, circular RNA'lar gibi pek çok RNA tipi bulunmaktadır. Non-coding RNA'lar hücre içinde pek çok işlev yürütmektedirler. Bu non-coding RNA'larda meydana gelen bir mutasyon hücrenin normal döngüsünden sapmalara sebep olabilir ve organizmanın hayatını tehlikeye atabilir. Bu sebeplerle fiziksel ve kimyasal mutagenler yerine moleküler teknikler daha güvenilirdir.

KAYNAKÇA

- 1- Yali, W., Mitiku, T. Mutation Breeding and Its Importance in Modern Plant Breeding. *Journal of Plant Sciences*. Vol. 10, No. 2, 2022, pp. 64-70.
- 2- Ma, L., Kong, F., Sun, K., Wang, T., Guo, T. (2021) From Classical Radiation to Modern Radiation: Past, Present and Future of Radiation Mutation Breeding. *Front. Public Health* 9:768071. doi: 10.3389/fpubh.2021.768071
- 3- Udage, A. C. Introduction to plant mutation breeding: Different approaches and mutagenic agents. *The Journal of Agricultural Sciences - Sri Lanka* Vol. 16, No 3, September 2021. Pp 466-483 <http://doi.org/10.4038/jas.v16i03.9472>
- 4- Yılmaz, A., Soysal, S. Tarla Bitkilerinde Mutasyon Islahı Tekniklerinin Kullanımı. Conference Paper. ISPEC 6th International Conference On Agriculture, Animal Science and Rural Development May 16-18, 2021 Siirt, Türkiye
- 5- Shahwar D, Ahn N, Kim D, Ahn W, Park Y. Mutagenesis-based plant breeding approaches and genome engineering: A review focused on tomato. *Mutation Research-Reviews in Mutation Research* Volume. 2023 Jul-Dec;792:108473. doi: 10.1016/j.mrrev.2023.108473. Epub 2023 Sep 15. PMID: 37716439.
- 6- Yalçın, S., Tayyar, Ş. Oğulotu Tohumlarının Çimlenmesi ve Fide Gelişimi Üzerine Manyetik Alanın Etkisi. *YYÜ Tar Bil Derg (YYU J AGR SCI)* 2011, 21(3):190-197.
- 7- Li, Y., Liang, J., Deng, B., Jiang, Y., Zhu, J., Chen, L., Li, M., Li, J. Applications and Prospects of CRISPR/Cas9-Mediated Base Editing in Plant Breeding. *Curr. Issues Mol. Biol.* 2023, 45, 918–935. <https://doi.org/10.3390/cimb45020059>
- 8- Saini, H., Thakur, R., Gill, R., Tyagi, K., Goswami, M. CRISPR/Cas9-gene editing approaches in plant breeding. *GM Crops and Foods*. 2023 Dec 31;14(1):1-17. doi: 10.1080/21645698.2023.2256930. Epub 2023 Sep 19. PMID: 37725519; PMCID: PMC10512805.
- 9- Açar, E., Kçar, Y., A. CRISPR/Cas9 Technology and Applications in Plants *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, 9(1): 1-6, 2021 DOI: <https://doi.org/10.24925/turjaf.v9i1.1-6.3313>
- 10- Liu, Q., Yang, F., Zhang, J., Liu, H., Rahman, S., Islam, S., Ma, W., She, M. Application of CRISPR/Cas9 in Crop Quality Improvement. *Int. J. Mol. Sci.* 2021, 22, 4206. <https://doi.org/10.3390/ijms22084206>
- 11- Karaca, İnce, A., G. M., New Generation Plant Breeding Methods (Molecular Plant Breeding) Some Advantages & Disadvantages. *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi* E-ISSN: 1308-027X, 11(1): 39-49, 2018.
- 12- Demirci Y, Zhang B, Unver T. 2018. CRISPR/Cas9: An RNAguided highly precise synthetic tool for plant genome editing. *J. Cell. Physiology*, 233(3): 1844–1859
- 13- Razin, S., V, Borunova, V., V., Maksimenko, O., G., Kantidze, O., L. Cys2His2 zinc finger protein family: classification, functions, and major members. *Biochemistry (Mosc)*. 2012 Mar;77(3):217-26. doi: 10.1134/S0006297912030017. PMID: 22803940.
- 14- Laity, J., H., Lee, B., M., Wright, P., E. Zinc finger proteins: new insights into structural and functional diversity. *Curr Opin Struct Biol.* 2001 Feb;11(1):39-46. doi: 10.1016/s0959-440x(00)00167-6. PMID: 11179890.
- 15- Akbudak, M., A., Kontbay, K. Yeni Nesil Genom Düzenleme Teknikleri: ZFN, TALEN, CRISPR'lar ve Bitkilerde Kullanımı *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 2017, 26 (1):111-126 DOI: 10.21566/tarbitderg.323614

- 16- Hauschild-Quintern., J., Petersen, B., Cost, G., J., Niemann, H. Gene knockout and knockin by zinc-finger nucleases: current status and perspectives. *Cell Mol Life Sci.* 2013 Aug;70(16):2969-83. doi: 10.1007/s00018-012-1204-1. Epub 2012 Nov 17. PMID: 23161061.
- 17- Weinthal, D., Tovkach, A., Zeevi., V, Tzfira, T. Genome editing in plant cells by zinc finger nucleases. *Trends Plant Sci.* 2010 Jun;15(6):308-21. doi: 10.1016/j.tplants.2010.03.001. Epub 2010 Mar 26. PMID: 20347379.
- 18- Tufan, T., Keleş, E., N. Genom Düzenleme Teknolojileri ve Bitkilerdeki Uygulamaları. *Haliç Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi* 2019, 2/1: 113-133
- 19- Topçu İ, Duran T. Gen düzenleme teknolojileri tarihi. Topçu İ, editör. *Genetik Müdahale ve Etik Tartışmalar*. 1. Baskı. Ankara: Türkiye Klinikleri; 2021. p.5-13.
- 20- Wei, C., Liu, J., Yu, Z., Zhang, B., Gao, G., & Jiao, R. (2013). TALEN or Cas9 - rapid, efficient and specific choices for genome modifications. *Journal of genetics and genomics = Yi chuan xue bao*, 40(6), 281–289. <https://doi.org/10.1016/j.jgg.2013.03.013>
- 21- Urnov, F. D., Rebar, E. J., Holmes, M. C., Zhang, H. S., & Gregory, P. D. (2010). Genome editing with engineered zinc finger nucleases. *Nature reviews. Genetics*, 11(9), 636–646. <https://doi.org/10.1038/nrg2842>
- 22- Petolino J. F. (2015). Genome editing in plants via designed zinc finger nucleases. *In vitro cellular & developmental biology. Plant : journal of the Tissue Culture Association*, 51(1), 1–8. <https://doi.org/10.1007/s11627-015-9663-3>
- 23-Durai, S., Mani, M., Kandavelou, K., Wu, J., Porteus, M. H., & Chandrasegaran, S. (2005). Zinc finger nucleases: custom-designed molecular scissors for genome engineering of plant and mammalian cells. *Nucleic acids research*, 33(18), 5978–5990. <https://doi.org/10.1093/nar/gki912>
- 24- Sun, N., & Zhao, H. (2013). Transcription activator-like effector nucleases (TALENs): a highly efficient and versatile tool for genome editing. *Biotechnology and bioengineering*, 110(7), 1811–1821. <https://doi.org/10.1002/bit.24890>
- 25- Mohanta, T. K., Bashir, T., Hashem, A., Abd Allah, E. F., & Bae, H. (2017). Genome Editing Tools in Plants. *Genes*, 8(12), 399. <https://doi.org/10.3390/genes8120399>
- 26- Wright, D. A., Li, T., Yang, B., & Spalding, M. H. (2014). TALEN-mediated genome editing: prospects and perspectives. *The Biochemical journal*, 462(1), 15–24. <https://doi.org/10.1042/BJ20140295>
- 27- Sprink, T., Metje, J., & Hartung, F. (2015). Plant genome editing by novel tools: TALEN and other sequence specific nucleases. *Current opinion in biotechnology*, 32, 47–53. <https://doi.org/10.1016/j.copbio.2014.11.010>
- 28- Ul Ain, Q., Chung, J. Y., & Kim, Y. H. (2015). Current and future delivery systems for engineered nucleases: ZFN, TALEN and RGEN. *Journal of controlled release : official journal of the Controlled Release Society*, 205, 120–127. <https://doi.org/10.1016/j.jconrel.2014.12.036>
- 29- Sanagala, R., Moola, A., K., Diana, R., K., B. A review on advanced methods in plant gene targeting. *Journal of Genetic Engineering and Biotechnology*, Volume 15, Issue 2, 2017, Pages 317-321, ISSN 1687-157X, <https://doi.org/10.1016/j.jgeb.2017.07.004>
- 30- Gaj, T., Gersbach, C., A., Barbas, C., F. 3rd. ZFN, TALEN, and CRISPR/Cas-based methods for genome engineering. *Trends Biotechnol.* 2013 Jul;31(7):397-405. doi: 10.1016/j.tibtech.2013.04.004. Epub 2013 May 9. PMID: 23664777; PMCID: PMC3694601.

- 31- Malzahn, A., Lowder, L., Qi, Y. Plant genome editing with TALEN and CRISPR. *Cell Biosci.* 2017 Apr 24;7:21. doi: 10.1186/s13578-017-0148-4. PMID: 28451378; PMCID: PMC5404292.
- 32- Riviello-Flores, M.d.I.L., Cadena-Iñiguez, J., Ruiz-Posadas, L.d.M., Arévalo-Galarza, M.d.L., Castillo-Juárez, I., Soto Hernández, M., Castillo-Martínez, C.R. Use of Gamma Radiation for the Genetic Improvement of Underutilized Plant Varieties. *Plants* 2022, 11, 1161. <https://doi.org/10.3390/plants11091161>
- 33- Yarar, G., Kocak, M., Denli, N., Cavagnaro, P., F., Yildiz, M. Determination of the effective radiation dose for mutation breeding in purple carrot (*Daucus carota* L.) and possible variations formed. *Mol Biol Rep.* 2022 Jun;49(6):5219-5228. doi: 10.1007/s11033-021-06618-0. Epub 2021 Aug 7. PMID: 34363560. formed
- 34- Sağel, Z., Tutluer, M., İ., Peşkiricioğlu, H. Bitki Islahında Mutasyonlar. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi.* Haziran 1994;3(1-2).
- 35- Viana, V., E., Pegoraro, C., Busanello, C., Costa de Oliveira, A. Mutagenesis in Rice: The Basis for Breeding a New Super Plant. *Front Plant Sci.* 2019 Nov 8;10:1326. doi: 10.3389/fpls.2019.01326. PMID: 31781133; PMCID: PMC6857675.
- 36- Mohanta, T., K., Mishra, A., K., Mohanta, Y., K., Al-Harrasi, A. Space Breeding: The Next-Generation Crops. *Front Plant Sci.* 2021 Oct 27;12:771985. doi: 10.3389/fpls.2021.771985. PMID: 34777452; PMCID: PMC8579881.
- 37- Yamaguchi, H. Mutation breeding of ornamental plants using ion beams. *Breed Sci.* 2018 Jan;68(1):71-78. doi: 10.1270/jsbbs.17086. Epub 2018 Feb 17. PMID: 29681749; PMCID: PMC5903978.
- 38- Müller, L., Gocke, E., Lavé, T., Pfister, T. Ethyl methanesulfonate toxicity in Viracept--a comprehensive human risk assessment based on threshold data for genotoxicity. *Toxicol Lett.* 2009 Nov 12;190(3):317-29. doi: 10.1016/j.toxlet.2009.04.003. Epub 2009 Apr 10. PMID: 19443141.
- 39- Sarin, S., Bertrand, V., Bigelow, H., Boyanov, A., Doitsidou, M., Poole, R., J., Narula, S., Hobert, O. Analysis of multiple ethyl methanesulfonate-mutagenized *Caenorhabditis elegans* strains by whole-genome sequencing. *Genetics.* 2010 Jun;185(2):417-30. doi: 10.1534/genetics.110.116319. Epub 2010 May 3. PMID: 20439776; PMCID: PMC2881126.
- 40- Gruszka, D. , I.Szarejko I., Maluszynski, M. Sodium Azide as a Mutagen. *Plant mutation breeding and biotechnology.* January 2012. <https://doi.org/10.1079/9781780640853.0159>
- 41- Tat, .J, Heskett, K., Satomi, S., Pilz, R., B., Golomb, B., A., Boss, G., R. Sodium azide poisoning: a narrative review. *Clin Toxicol (Phila).* 2021 Aug;59(8):683-697. doi: 10.1080/15563650.2021.1906888. Epub 2021 Jun 15. PMID: 34128439; PMCID: PMC8349855.
- 42- Bhattacharyya, B., Panda, D., Gupta, S., Banerjee, M. Anti-mitotic activity of colchicine and the structural basis for its interaction with tubulin. *Med Res Rev.* 2008 Jan;28(1):155-83. doi: 10.1002/med.20097. PMID: 17464966.
- 43- Garrido-Ramos, M., A. Satellite DNA in Plants: More than Just Rubbish. *Cytogenet Genome Res.* 2015;146(2):153-70. doi: 10.1159/000437008. Epub 2015 Jul 18. PMID: 26202574.
- 44- Urquiaga, M., C., O., Thiebaut, F., Hemerly, A., S., Ferreira, P., C., G. From Trash to Luxury: The Potential Role of Plant LncRNA in DNA Methylation During Abiotic Stress. *Front Plant Sci.* 2021 Jan 6;11:603246. doi: 10.3389/fpls.2020.603246. PMID: 33488652; PMCID: PMC7815527.

- 45- Schindele, P., Wolter, F., Puchta, H. Transforming plant biology and breeding with CRISPR/Cas9, Cas12 and Cas13. *FEBS Lett.* 2018 Jun;592(12):1954-1967. doi: 10.1002/1873-3468.13073. Epub 2018 May 10. PMID: 29710373.
- 46- Singh, D., Chaudhary, P., Taunk, J., Singh, C. K., Chinnusamy, V., Sevanthi, A. M., Singh, V. J., & Pal, M. (2024). Targeting Induced Local Lesions in Genomes (TILLING): advances and opportunities for fast tracking crop breeding. *Critical reviews in biotechnology*, 44(5), 817–836. <https://doi.org/10.1080/07388551.2023.2231630>
- 47- Singh, L., Schoen, A., Mahlandt, A., Chhabra, B., Steadham, J., Tiwari, V., & Rawat, N. (2019). Development of Targeting Induced Local Lesions IN Genomes (TILLING) Populations in Small Grain Crops by Ethyl Methanesulfonate Mutagenesis. *Journal of visualized experiments : JoVE*, (149), 10.3791/59743. <https://doi.org/10.3791/59743>
- 48- Mohr, S. E., & Perrimon, N. (2012). RNAi screening: new approaches, understandings, and organisms. *Wiley interdisciplinary reviews. RNA*, 3(2), 145–158. <https://doi.org/10.1002/wrna.110>
- 49- Kim, D. H., & Rossi, J. J. (2008). RNAi Mechanisms and Applications. *BioTechniques*, 44(5), 613–616. <https://doi.org/10.2144/000112792>
- 50- Montesinos-López, O. A., Montesinos-López, A., Pérez-Rodríguez, P., Barrón-López, J. A., Martini, J. W. R., Fajardo-Flores, S. B., Gaytan-Lugo, L. S., Santana-Mancilla, P. C., & Crossa, J. (2021). A review of deep learning applications for genomic selection. *BMC genomics*, 22(1), 19. <https://doi.org/10.1186/s12864-020-07319-x>
- 51- Sticklen M (2015) Transgenic, Cisgenic, Intragenic and Subgenic Crops. *Adv Crop Sci Tech* 3:e123. DOI: 10.4172/2329-8863.1000e123

BİTKİ ISLAHINDA TEK HÜCRE DİZİLİMİNİN ÖNEMİ

Fatma Eda TUTAR (ORCID: 0000-0003-0733-1112)

Sivas Bilim ve Teknoloji Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Bitki Koruma Anabilim
Dalı, SİVAS

Email:fatmaedatutar@gmail.com

Prof. Dr. Tolga KARAKÖY (ORCID: 0000-0002-5428-1907)

Sivas Bilim ve Teknoloji Üniversitesi Tarım Bilimleri ve Teknoloji Fakültesi Bitki Koruma
Bölümü, SİVAS

Email:tkarakoy@sivas.edu.tr

Özet

Tek Hücre Dizilimi (Single Cell Sequencing scRNA-seq) metodu bitki transkriptomiği için çok yeni bir alandır. scRNA-seq bitkinin bir organ veya dokusunda bulunan her bir hücreden tek tek transkriptom analizi yapmamıza izin verir. Bitki hücrelerindeki heterojeniteyi çözerek gelişim süreçlerini, hastalık ve stres tepkileri gibi durumları anlamamızı sağlar. Tek hücre dizilimi ile ayrıca bitkilerde bulunan yaprak, kök gövde gibi organlardaki nadir hücrelerin tespiti ve birbirleri ile etkileşimleri ile organlardaki hücre düzeyinde heterojenitenin tespiti mümkün kılınmıştır. 2020 yılının sonlarında Avrupa Moleküler Biyoloji Laboratuvarı Tek Hücre İfade Atlası veritabanına göre bitkilerle ilgili 5 scRNA-seq çalışması yapılmışken, 150'den fazla hayvan türü için çalışma yapılmıştır. Bitki transkriptomiği için yeni bir yöntem olsa da umut vaat etmektedir.scRNA-seq yeni bir yöntem olması sebebiyle pek çok zorluğu da beraberinde getirmektedir. Özellikle protoplast hücre süspansiyonu hazırlama ile ilgili bir standardizasyon bulunmaması bu yöntemi daha da zorlaştırmaktadır. Bunun dışında hayvan ve insanlar için kullanılan biyoinformatik araçlar da analiz sürecini doğrudan etkilemektedir. Bunlar ve diğer zorluklarla başedebilmek için araştırmacılar Tek Çekirdek Dizilimi (Single Nucleus Sequencing snRNA-seq) yöntemini geliştirmişlerdir. snRNA-seq scRNA-seq yöntemine kıyasla bitki biyologları tarafından daha çok tercih edilmektedir. Ancak bu yöntem ile sadece hücre çekirdeğinde bulunan olgun veya pre-RNA'ları tespit edebilmesi hücrede bulunan RNA heterojenitesini tam olarak yansıtmamaktadır. Bu sebeple çok kullanışlı bir yöntem olmasına rağmen ciddi handikaplar içermektedir.Bazı araştırmacılar scRNA-seq yöntemi ile tarımda İslah 5.0'ı önermişlerdir. scRNA-seq yöntemi ile tarımsal önemi olan bitkilerin çeşitli agronomik özelliklerini sağlayan genler ve gen ağları belirlenerek farklı bitkilere bu genler aktarılacaktır. Böylece tarımsal açıdan önemli bitkiler daha verimli ve daha kaliteli çeşitlerin geliştirilmesi sağlanacaktır.

Anahtar Kelimeler: Tek Hücre Dizilimi, bitki genetiği, biyoteknoloji, ıslah, tarım

IMPORTANCE OF SINGLE CELL SEQUENCE IN PLANT BREEDING

Abstract

Single Cell Sequencing scRNA-seq is a very new field for plant transcriptomics. scRNA-seq allows us to analyze individual transcriptomes from each cell in a plant organ or tissue. By resolving heterogeneity in plant cells, it allows us to understand developmental processes, disease and stress responses. Single cell sequencing also enables the detection of rare cells in plant organs such as leaves, roots and stems, and their interactions with each other, as well as the detection of heterogeneity at the cellular level in organs. In late 2020, according to the European Molecular Biology Laboratory Single Cell Expression Atlas database, 5 scRNA-seq studies on plants have been conducted, while more than 150 animal species have been studied. Although it is a new method for plant transcriptomics, it is promising. Since scRNA-seq is a new method, it brings many challenges. In particular, the lack of standardization for protoplast cell suspension preparation makes this method even more difficult. In addition, the bioinformatics tools used for animals and humans directly affect the analysis process. To overcome these and other challenges, researchers have developed the Single Nucleus Sequencing (snRNA-seq) method. snRNA-seq is more preferred by plant biologists than scRNA-seq. However, this method can only detect mature or pre-RNAs in the cell nucleus, which does not fully reflect the RNA heterogeneity in the cell. For this reason, although it is a very useful method, it has serious handicaps. Some researchers have proposed Breeding 5.0 in agriculture with scRNA-seq method. With the scRNA-seq method, genes and gene networks that provide various agronomic characteristics of plants of agricultural importance will be identified and these genes will be transferred to different plants. Thus, agriculturally important plants will be more productive and better quality varieties will be developed.

Anahtar Kelimeler: Tek Hücre Dizilimi, bitki genetiği, biyoteknoloji, ıslah, tarım

GİRİŞ

Genel olarak, bitki transkriptomiği hakkındaki bilgiler mikroarray analizi ve RNA dizilimi (RNA-seq) yöntemleri ile tüm organdan toplanmaktadır. Bu yöntemler tek bir deneyde az sayıda hücrenin düşük verimle taranması ve profilinin çıkarılması ile sınırlıdır. Heterojeniteden uzaklıkları sebebiyle çok hücreli dokuların karmaşıklığını araştırmak için yetersiz kalmaktadırlar. Tek hücre dizilimi, biyolojinin çeşitli alanlarında devrim yaratan bir yöntem olarak dikkat çekmektedir. Geleneksel genomik teknikler, bir doku ya da hücre popülasyonunun ortalama genetik ifadesini analiz ederken, Tek Hücre Dizilimi (Single Cell Sequencing- scRNA-seq) her bir hücrenin bireysel gen ekspresyonunu, genetik yapısını ve epigenetik özelliklerini incelemeyi mümkün kılar. Tek hücre dizilimi transkriptleri tüm genom ölçeğinde tespit ederek biyolojik örneklerdeki transkripsiyonel heterojenlikleri hassas bir şekilde araştırmamıza olanak tanır. Böylelikle hücre çeşitliliği, hücre tiplerinin işlevsel rolleri ve bitkisel gelişimdeki farklılıklar daha derinlemesine anlaşılabilir (1, 2, 12, 15). Bu teknoloji, bitki biyolojisinde de önemli bir araştırma aracı haline gelmiştir.

Bitkiler, çok hücreli yapıları sayesinde farklı dokular ve organlar oluşturur; her hücre, çevresel uyaranlara ve içsel gelişim süreçlerine bağlı olarak farklı genetik programlar kullanır. Bu farklılıkları gözlemlemek ve moleküler seviyede incelemek, tarım ve biyoteknoloji alanında yeni stratejilerin geliştirilmesini sağlar. Bitkilerde tek hücre dizilimi, kök, yaprak, gövde gibi dokulardaki hücre çeşitliliğinin ve organizasyonunun incelenmesine olanak tanır. Ayrıca, stres yanıtları, hastalıklara direnç ve büyüme süreçleri gibi önemli biyolojik süreçlerin hücre düzeyinde anlaşılmasını sağlar. Bitkilerde scRNA-seq çalışmaları ilk kez Arabidopsis kökü ile gerçekleştirilmiştir. ScRNA-seq ile yürütülen ilk çalışmalardan itibaren pek çok sayıda diğer bitki dokularına ve türlerine uygulanmıştır. scRNA-seq teknolojileri, gen düzenleme mekanizmalarını anlamak, hücre türlerinin ve işlevlerinin tanımlanması için büyük bir potansiyele sahiptir. Bu özellikleri ile gelişimsel süreçlerin heterojen biyolojik örneklerde nasıl ortaya çıktığına dair daha fazla bilgi sağlar. scRNA-seq teknolojisi kullanılarak 2019 yılında bitki hücrelerindeki nükleik asitlerin, proteinlerin ve metabolitlerin yüksek çözünürlüklü konum bilgilerini birleştirmek amacıyla Bitki Hücre Atlası (PCA) oluşturulmuştur (11, 12, 13). Bitkilerde tek hücre dizilimi, yalnızca hücrelerin hangi genleri ifade ettiğini belirlemekle kalmaz, aynı zamanda farklı hücre tipleri arasındaki moleküler iletişimi de ortaya çıkarabilir. Bitkilerde pek çok agronomik özellik kantitatif özellik lokusu (QTL) ile aktarılır. QTL düzenleme, birden fazla kantitatif alleli doğrudan üstün mahsul çeşitlerine eklemek için kullanılabilir, böylece yoğun hibridizasyon ihtiyacını ortadan kaldırır. scRNA-seq teknolojisinin gelişimi ile doku ve hücre tipine özgü gen ifade ağları ortaya çıkarak potansiyel gen düzenleme hedeflerinin seçimi için kolaylıklar sağlamaktadır. ScRNA-seq yöntemi ile yeni bir perspektif olarak Wallace ve diğerleri Islah 5.0 kavramını önermişlerdir. Bugüne kadar gerçekleştirilen ıslah çalışmaları Islah 1.0-4.0 olarak adlandırılmıştır ve yoğun gıda üretiminde çok başarılı olmuştur. Islah 5.0 kavramı ile yeni genetik çeşit kaynakları yaratılarak, yeni özellikler tasarlamak için mevcut genotiplere eklenerek yeni tür ve çeşitler geliştirilecektir. Her bir hücre ve hücre tipinin biyolojisi farklı olduğu için bitki bilimciler bu yeni bilgi ile hücre tipine özgü genomik mühendislik stratejileri de geliştirerek de novo genler tasarlayarak bitkiye aktarılacaktır (2, 10, 19). Bitkisel büyüme ve gelişme süreçlerinin altında yatan mekanizmalar daha iyi anlaşılabilir ve bu bilgi, bitki ıslahı, genetik modifikasyon ve sürdürülebilir tarım uygulamaları gibi alanlarda önemli bir rol oynayabilir. Bu reviewda scRNA-seq teknolojisi incelenerek avantaj ve dezavantajlarından bahsedilecektir.

1. scRNA-seq Metodu ve Veri İşleme

Tek hücre RNA dizileme (single-cell RNA sequencing, scRNA-seq), bir hücre popülasyonu içindeki bireysel hücrelerin transkriptomlarını yüksek çözünürlükte analiz etmeyi sağlayan güçlü bir teknolojidir. Bu yöntem, hücresel heterojenliğin, nadir hücre popülasyonlarının ve hücresel durumların daha detaylı bir şekilde incelenmesine olanak tanır. Bitkilerde, dokuların ve organların gelişimi boyunca farklı hücrelerin nasıl davrandığını ve farklı gen ekspresyon kalıplarını nasıl oluşturduğunu anlamak için scRNA-seq önemli bir araç haline gelmiştir.

Bitki dokularından elde edilen scRNA-seq verilerinin kapsamlı analizi, hücrelerin tek tek ayrılması, çeşitli sistemlerle tutturularak elde edilmesi, RNA izolasyonu, dizileme için kütüphanelerin hazırlanması, toplanan verilerin analiz edilmesi, entegrasyon ve doğrulanması gibi çok aşamalı bir süreç gerektirmektedir (4, 5, 21).

Dokuları oluşturan hücreleri tek tek ayırmak için enzimatik sindirim ve mikropapiller tabanlı yaklaşımlar yoğun olarak kullanılmaktadır. Enzimatik sindirim hücre duvarlarını kaldırmak için enzim kokteylleri kullanarak bitki hücrelerini protoplast hücrelere çevirir. Protoplast hücre karışımı elde edildikten sonra hücrelerin daha sonraki aşamalar için spesifik olarak türlerine ayrılması gerekmektedir. Bu işlemde hücreler damlacıklara, kuyucuklara veya tüplere bölünürler. Protoplastları ayırmak için spesifik hücre tipi raportör genleri ile birlikte damlacıklara ayırmak için floresanla aktive edilen hücre ayırma (FACS) yöntemi kullanılmaktadır. FACS, görüntü akışı ile ilgili bir yöntem olarak boyutları ve floresanları açısından tek tek hücreleri hassas bir şekilde ölçerek birlikte birden fazla hücrenin sıralanma olasılığından kaçınılmasına olanak tanır (5, 6, 7, 17). Protoplast hücrelerini ayırmak için kullanılan en popüler yöntem damlacık tabanlı platformdur, özellikle 10X Genomics Chromium platformu yoğun olarak kullanılır. Bu yöntemde hücreler tek tek bir mikroakışkan cihazında cDNA sentezi için barkodlu primerler içeren ayrı sıvı damlacıkları içinde kapsülendir ve ardından bireysel transkriptomlar elde etmek için yeni nesil sekanslama yapılır (8).

scRNA analiz ve yorumlama için özel lineler gerektiren yüksek boyutlu ve karmaşık veriler üretir. scRNA verileri ön işleme, hizalama (eşleme), kalite kontrol, normalizasyon, imputasyon, boyutsallık azaltma, entegrasyon, kümeleme, diferansiyel gen ifadesi ve fonksiyonel analiz olmak üzere çok fazla süreç gerektirir (3, 16).

scRNA-seq metodu, bitki biyolojisi başta olmak üzere birçok alanda önemli keşifler yapılmasını sağlayan yenilikçi bir tekniktir. Bitkisel dokuların hücresel kompozisyonunu anlamak, stres yanıtlarını çözümlenmek ve gelişim süreçlerini incelemek gibi pek çok biyolojik sorunun yanıtlanmasına katkı sağlar. Ayrıca, scRNA-seq verilerinin doğru işlenmesi ve analiz edilmesi, hücre tiplerinin doğru bir şekilde sınıflandırılmasını ve biyolojik sonuçların güvenilirliğini sağlar. Bu teknolojinin daha da geliştirilmesi, bitkisel biyolojide daha derinlemesine ve kapsamlı araştırmalara olanak tanıyacaktır.

1.1. scRNA-seq Methodu

Hücre İzolasyonu: scRNA-seq'in ilk ve en kritik adımı, bireysel hücrelerin başarılı bir şekilde izole edilmesidir. Bitki hücreleri, sert hücre duvarlarına sahip olduklarından dolayı izole edilmesi hayvan hücrelerine kıyasla daha zordur. Bitki hücreleri genellikle enzimatik sindirim yoluyla hücre duvarları eritildikten sonra protoplastlar elde edilir. Alternatif olarak,

mikrodiseksiyon veya lazerle yakalama yöntemleri kullanılarak da hücreler izole edilebilir. Bu adım, elde edilen hücrelerin canlılık durumunu ve kalitesini doğrudan etkilediği için oldukça önemlidir.

Tek Hücre Yakalama ve Kütüphane Hazırlama: İzole edilen her bir hücre, özel cihazlar kullanılarak yakalanır. Genellikle mikroakışkan sistemler veya damlacık bazlı teknolojiler bu süreçte kullanılır. Bu aşamada, hücrelerden elde edilen RNA, ters transkriptaz enzimi kullanılarak DNA'ya (cDNA) dönüştürülür. Dönüştürülen cDNA'lar, çeşitli adaptörlerle işlenir ve dizileme kütüphanesi oluşturulur. Mikroakışkan tabanlı yöntemler hücre popülasyonlarını toplu olarak profillemeye gücüne sahiptir ancak hücrelere ait herhangi bir uzamsal bilgi (doku içerisinde organizasyonu) kaybolur. Slide-seq7, HDST8, Visium9, merFISH10, FISSEQ11, Nanostring12 gibi yeni sekans tabanlı görüntüleme yöntemleri transkriptomik verilere uzamsal bilgi kazandırmak için umut vaat etmektedir (7).

Dizileme: Kütüphane hazırlığı tamamlandıktan sonra, yüksek kapasiteli dizileme platformları kullanılarak her bir hücreye ait gen ekspresyon profili dizilenir. Günümüzde yaygın olarak kullanılan platformlar arasında Illumina'nın NovaSeq ve HiSeq sistemleri bulunmaktadır. Bu sistemler, binlerce tek hücreden gelen veriyi paralel olarak analiz edebilecek kapasitededir.

Veri Kalite Kontrolü: Dizileme sonrasında elde edilen verilerin kalitesini kontrol etmek, güvenilir sonuçlar elde etmek için gereklidir. Kalite kontrol sürecinde, düşük kaliteli hücreler (örneğin, düşük RNA içeriği ya da yüksek düzeyde mitokondriyal RNA içeren hücreler) analiz dışı bırakılır. Hücre başına düşen gen sayısı, toplam dizileme derinliği ve çöp RNA'ların oranı gibi metrikler bu süreçte dikkate alınır.

Veri İşleme Süreci: Tek hücre RNA dizileme verilerinin işlenmesi, ham verilerin anlamlı biyolojik bilgilere dönüştürülmesi için bir dizi biyoinformatik adım içerir. Bu süreç, karmaşık ve dikkatle optimize edilmesi gereken adımları içerir. scRNA-seq veri analizinde hücre tipini belirlemek yapılan ilk işlemdir. Veriler tipik olarak temel bileşen analizi (PCA ve PCoA) ile türetilen t-dağılımlı stokastik komşu gömme (t-SNE) veya tek tip manifold yaklaşımı (UMAP) grafikleri olarak işlenir (14, 18). Bu veriler uzamsal-zamansal ifade, hücre durumu ve stres/mutasyon yanıtı gibi sorulara cevap verir. Bu analizleri gerçekleştirmek için bitki bilimciler hücre tipi belirteç/işaretleyici genler kullanmaktadır. Bazı genlerin çok az hücre tipinde çok düşük miktarlarda ifade edilmesi veya protoplast eldesi aşamalarında ifadelerinin değişmesi gibi sebeplerle hücre tipi belirteç genler seçilirken çok dikkat edilmelidir. Bu sebeplerle özellikle nadir hücre tipleri tespit edilirken birden fazla belirteç gen seçilmelidir (18).
Ham Veri İşleme: scRNA-Seq ham sekanslama verilerinin temel formatları, veri kaynağına ve sekanslama platformuna bağlı olarak FASTQ ve BCL'dir. FASTQ formatında ham verilerin kalite kontrolü sağlanmaktadır. Bu adımda ham verilerin işlenmesi ve hücre başına gen ekspresyon matrisi oluşturulur. Bu işlem, adaptör dizilerinin çıkarılması ve düşük kaliteli dizilerin filtrelenmesini içerir. Yüksek kaliteli okumalar STAR veya Tophat gibi uygun bir hizalayıcı kullanılarak spesifik bir referans genomla eşleştirilir. Cell Ranger uygulaması sayım, hizalama, filtreleme, UMI sayımı ve diğer adımları dahili olarak tamamlar. Cell Ranger STAR hizalayıcısı ile okumaların genoma doğru şekilde hizalanıp hizalanmadığına bağlı olarak bu okumaları ekzonlar, intronlar ve intergenik olarak kategorize eder (9). Daha sonra, her bir hücre için hangi genlerin ifade edildiğini gösteren bir sayısal matris (gene expression matrix) oluşturulur.

Hücreler Arası Normalize Edilme: Farklı hücrelerde elde edilen RNA miktarları farklı olabileceği için veri normalizasyonu gereklidir. Normalize etme, her bir hücre için elde edilen gen ekspresyon seviyelerinin karşılaştırılabilir hale getirilmesi amacıyla yapılır. Genellikle, her hücredeki toplam okuma sayısına göre gen ekspresyon seviyeleri yeniden ölçeklendirilir.

Boyut İndirgeme: Tek hücre verileri çok boyutlu olduğundan, bu verilerin görselleştirilebilmesi ve analiz edilebilmesi için boyut indirgeme teknikleri kullanılır. t-SNE (t-distributed stochastic neighbor embedding) ve UMAP (uniform manifold approximation and projection) gibi yöntemler, hücreleri iki veya üç boyutlu bir uzayda gruplandırarak benzer hücrelerin yakın konumlarda gösterilmesini sağlar.

Kümelenme (Clustering): Kümelenme algoritmaları kullanılarak benzer gen ekspresyon profillerine sahip hücreler gruplandırılır. Bu adım, hücre tiplerini tanımlamada ve hücreler heterojenliği anlamada kritik öneme sahiptir. Louvain veya k-means gibi algoritmalar, bu gruplandırma işlemleri için yaygın olarak kullanılır.

Farklı Gen İfadesi Analizi: Hücre kümeleri belirlendikten sonra, farklı kümeler arasında ifade edilen genler analiz edilir. Bu işlem, hangi genlerin belirli bir hücre kümesinde spesifik olarak yüksek düzeyde ifade edildiğini anlamak için yapılır. Farklı gen ekspresyonları, hücrelerin işlevsel özelliklerini ortaya çıkarmada kullanılır.

Hücre Tipi Tanımlama: Farklı genlerin kümeler arasında farklı seviyelerde ifade edilmesine dayanarak, her hücre kümesi bir hücre tipi olarak sınıflandırılır. Bilinen marker genler kullanılarak hücre tipleri belirlenir ve yeni, nadir hücre tiplerinin keşfi sağlanabilir.

2. ScRNA-seq Avantajları

Tek hücre RNA dizileme (scRNA-seq), özellikle biyoloji ve genetik alanlarında son yıllarda büyük bir devrim yaratmıştır. Bu yöntem, hücreler düzeyindeki biyolojik süreçleri anlamada çok güçlü bir araç olarak karşımıza çıkmaktadır. Ancak her bilimsel yöntem gibi scRNA-seq de bazı avantajlar ve dezavantajlar barındırır. Aşağıda bu metodun güçlü ve zayıf yönleri detaylı şekilde incelenmiştir. scRNA-seq yönteminin total RNA dizilimi yöntemine göre pek çok avantajı bulunmaktadır;

- 1- Hücreler Heterojenliği Ortaya Çıkarma: scRNA-seq'in en büyük avantajı, bir hücre - popülasyonu içindeki bireysel hücrelerin gen ekspresyon profillerini inceleme olanağı sunmasıdır. Geleneksel toplu hücre analizlerinde (bulk RNA-seq), hücrelerin ortalama gen ekspresyonu ölçülür ve nadir ya da farklılaşmış hücreler gözden kaçabilir. Ancak scRNA-seq, popülasyon içindeki hücrelerin heterojenliğini (farklılığını) ortaya koyar ve farklı hücre tiplerini veya durumlarını net bir şekilde ayırt edebilir. scRNA-seq karmaşık bir doku veya organdaki farklı hücre tiplerinin ve durumlarının tanımlanmasını ve karakterize edilmesini sağlar.
- 2- Nadir Hücre Popülasyonlarının Tespiti: Nadir hücre tipleri veya az bulunan hücreler durumları, geleneksel yöntemlerle tespit edilemeyebilir. Tek hücre RNA dizileme ile, düşük oranda bulunan bu hücreler dahi analiz edilebilir. Bu, özellikle kök hücreler, kanser hücreleri veya immün hücrelerin tanımlanmasında ve işlevlerinin anlaşılmasında büyük önem taşır. scRNA-seq ile gen ifadesinin tek hücre düzeyinde incelenmesi toplu

RNA-seq analizlerinde gözden kaçabilecek nadir veya beklenmedik gen ifadelerinin tespit edilmesine olanak tanır.

- 3- Hücre Tiplerinin Tanımlanması: scRNA-seq, bilinen hücre tiplerinin gen ekspresyon profillerini doğrularken, yeni veya beklenmedik hücre alt tiplerini de keşfetme olanağı sağlar. Örneğin, bitkilerde farklı gelişim evrelerinde veya stres koşullarında ortaya çıkan yeni hücre tipleri tespit edilebilir. Toplu RNA-seq analizlerinde algılanamayan nadir hücre tipleri veya alt popülasyonlarını tanımlayarak gen ifadelerinin incelenmesini sağlar (3).
- 4- Gelişim ve Farklılaşma Süreçlerinin İncelenmesi: Gelişim sürecinde olan dokular, birçok farklı hücre tipi içerir ve bu hücreler belirli sıralarla farklılaşır. scRNA-seq tek tek hücrelerde meydana gelen gen ifadesindeki zamansal değişiklikleri yakalayıp gelişimsel süreçleri, hastalık ilerlemesini ve uyarılara karşı hücre tepkileri daha yüksek çözünürlükle incelememize izin verir.
- 5- Yüksek Çözünürlükte Gen İfadesi Profilleme: Bu yöntem, her bir hücrede aktif olan binlerce geni aynı anda inceleme olanağı tanır. Hücre düzeyinde bu kadar yüksek çözünürlükte veri elde etmek, moleküler biyolojide önemli keşiflerin yolunu açar ve hücre işlevlerinin daha iyi anlaşılmasını sağlar.

3. scRNA-seq Dezavantajları

Tek hücre RNA dizileme (scRNA-seq) yöntemi, biyolojinin birçok alanında güçlü avantajlar sunan bir tekniktir. Hücre heterojenliği çözme yeteneği, nadir hücre popülasyonlarını tespit etme kapasitesi ve hücre tiplerini belirleme gibi avantajları, bu yöntemi araştırmacılar için vazgeçilmez bir araç haline getirmiştir. scRNA-seq analizi bazı dezavantajları sebebiyle bitki sistemlerinde yaygın olarak kullanılamamaktadır. scRNA-seq'in bitki sistemlerine uygulanmasını sağlamak için tek hücrelerin ayrılması ve elde edilmesi hayvan hücreleri ile kıyaslandığında çok farklı zorluklar içerir (10).

1. Bitki Hücre Duvarı: Bitki hücrelerinin hücre duvarlarına sahip olması en temel problemdir. Bitki hücre duvarı problemini aşmak için hücrelerin ayrılması aşamasında çeşitli enzimler uygulanarak protoplast kültür elde edilmektedir. Protoplast kültür kullanımı ile scRNA-seq yöntemi bitki hücreleri için oldukça kolaylaşmıştır ancak bu yöntemin de kendi içerisinde hücre bütünlüğünü bozma, RNA'nın kalitesini düşürme gibi handikapları bulunmaktadır.
2. Hücre Yıkımı Gereksinimi: scRNA-seq, hücrelerin izole edilmesini ve RNA'nın ekstrakte edilmesini gerektirir, bu da hücrelerin yapısal bütünlüğünü kaybetmesine neden olur. Hücreler canlı ve fonksiyonel olmadığından, dinamik süreçleri ya da zamansal değişiklikleri canlı bir sistemde gözlemlemek mümkün değildir. Bu, protoplast izolasyonu, mikroakışkan cihazlar, damlacık bazlı sistemler veya lazerle mikrodiseksiyon gibi teknolojiler kullanılarak yapılır. Bitki hücrelerinde, hücre duvarının çıkarılması gerektiği için protoplast izolasyonu yaygın olarak tercih edilir. Ancak, bu süreç hücrelerin zarar görmesine yol açabileceği için dikkatli bir optimizasyon gerektirir.

3. Nadir Hücrelerin Tespiti: Bitki dokularında nadir bulunan hücre tipleri, toplu analizlerde kaybolabilir. Bu hücrelerin tespiti için scRNA-seq'in kullanılması oldukça etkilidir. Nadir hücre tipleri, genellikle stres yanıtı, savunma mekanizmaları veya farklılaşma süreçlerinde önemli roller oynar ve scRNA-seq bu hücrelerin gen ekspresyon profillerini detaylı bir şekilde incelemeye olanak tanır.
4. Protoplastların Patlama Olasılığı: Protoplast halinde bulunan hücreler ayırma aşamasında mikrofluidik cihazların nanoboncukları ile temas ettiğinde patlama riski taşımaktadır. Bu durum doğru analizi engellemektedir.
5. Boncuklara Tutunma: Protoplastların büyük boyutu mevcut mikrofluidik cihazların optik fiber çapları ile uyumlu değildir. Daha küçük çaptaki protoplast hücrelerin nanoboncuklara tutunma olasılığı daha yüksektir.
6. Transkriptom İfade Değişiklikleri: Protoplast izolasyonu genlerin ifadesini değiştirerek transkriptom üzerinde güçlü bir değişikliğe sebep olabilir. Yapılan pek çok çalışma 1-2 saatlik hücre duvarı bozulma işleminin hücrede strese sebep olduğunu ve hücre transkriptlerinin yaklaşık %15-20'sinde önemli değişikliklere sebep olduğunu göstermiştir (2, 3, 4).
7. Düşük RNA Miktarı: Tek hücrelerden elde edilen RNA miktarı çok sınırlıdır (genellikle pikogram düzeyinde), bu da bazen gen ekspresyonunun doğru bir şekilde tespit edilmesini zorlaştırabilir. Düşük RNA miktarı, düşük ifade edilen genlerin doğru bir şekilde tespit edilememesine ve biyolojik anlam taşıyan bazı bilgilerin kaybolmasına neden olabilir. Ayrıca, biyolojik gürültü (noise) seviyesinin yüksek olması da bir diğer sorundur. scRNA-seq'de, ters transkriptaz enzimi kullanılarak RNA, cDNA'ya çevrilir ve daha sonra PCR veya diğer amplifikasyon teknikleriyle çoğaltılır. Total RNA izolasyonunda ise genellikle daha büyük miktarda RNA elde edilir ve amplifikasyon genellikle gerekli değildir.
8. RNA'nın Hızla Bozunması: RNA molekülleri, hücre içinde RNaz adı verilen enzimler tarafından hızla parçalanabilir. Bu nedenle hem total RNA izolasyonu hem de scRNA-seq uygulamalarında RNA'nın bozulmasını önlemek için hızlı ve dikkatli bir işlem yapılması gerekir. Ayrıca, RNA stabilitesini korumak için RNaz inhibitörleri kullanılmalıdır.
9. Yüksek Maliyet: scRNA-seq, yüksek maliyetli bir yöntemdir. Hem deneysel süreç hem de veri analizi aşamaları maliyetlidir. Özellikle çok sayıda hücreden veri toplamak, büyük miktarda dizileme kapasitesi gerektirdiğinden, bu yöntem ekonomik açıdan sınırlayıcı olabilir. Ayrıca, büyük veri setlerinin işlenmesi için ileri düzey bilgi işlem altyapısı ve uzmanlık gereklidir.
10. Teknik Karmaşıklık: scRNA-seq, teknik olarak oldukça karmaşık bir süreçtir. Hücre izolasyonu, cDNA kütüphane hazırlığı ve veri işleme aşamaları, yüksek hassasiyet ve dikkat gerektirir. Bitki hücrelerinde hücre duvarı gibi yapısal zorluklar, izolasyon ve işleme sürecini daha da karmaşık hale getirebilir. scRNA-seq, total RNA

izolasyonundan farklı olarak her hücre için ayrı kütüphane hazırlığı gerektirir. Her hücreden elde edilen cDNA, dizileme adaptörleri eklenerek dizileme için uygun hale getirilir. Bu süreç, her bir hücrenin gen ekspresyon profilinin ayrı ayrı analiz edilmesini sağlar. Total RNA izolasyonunda ise genellikle bir doku veya hücre popülasyonundan elde edilen RNA toplu olarak analiz edilir. Bu aşamalarda hatalar, veri kalitesini olumsuz etkileyebilir.

11. Veri Analizinin Karmaşıklığı: Tek hücre dizileme verileri, yüksek boyutlu ve karmaşıktır. Bu verilerin anlamlandırılması, ileri düzey biyoinformatik analizler ve büyük hesaplama gücü gerektirir. Hücre kümelerinin doğru tanımlanması ve farklı genlerin analiz edilmesi, uzmanlık gerektiren ve zaman alıcı bir süreçtir. Ayrıca bitkilerde tek hücre RNA dizileme verileri, hayvan sistemlerine göre daha az çalışılmıştır ve bitkisel hücrelerin gen ekspresyon profillerinin yorumlanması hala büyük bir zorluktur. Bitkisel hücrelerin karmaşık yapıları, fizyolojileri ve farklı gelişimsel aşamaları göz önüne alındığında, verilerin doğru bir şekilde analiz edilmesi için özel biyoinformatik araçlar ve veri işleme yaklaşımlarına ihtiyaç duyulur.
12. Veri Normalizasyonu ve Kayıp Veri: scRNA-seq verilerinde, her hücreden elde edilen RNA miktarı farklı olabilir, bu da normalizasyon gerektirir. Ancak, bu süreç her zaman mükemmel sonuçlar vermez ve bazı hücrelerde gen ekspresyon seviyeleri eksik ya da yanlış olabilir. Bu kayıplar, biyolojik sonuçların doğruluğunu etkileyebilir.

4. Total RNA İzolasyonu ve scRNA-seq

Total RNA izolasyonu, hücre genetik materyalin elde edilmesi için kullanılan temel bir biyoteknolojik yöntemdir. Bu işlem, hücre veya dokulardan ribozomal RNA (rRNA), transfer RNA (tRNA) ve haberci RNA (mRNA) gibi tüm RNA türlerinin izole edilmesini sağlar. İzole edilen RNA, birçok farklı analiz yöntemi için başlangıç materyali olarak kullanılabilir. Tek hücre RNA dizileme (scRNA-seq) ise bu izolasyon işleminin spesifik bir varyasyonu olup, bireysel hücrelerden RNA'yı izole etmek ve her hücrenin transkriptomunu incelemek amacıyla kullanılır. Total RNA izolasyonu ile bir doku veya organdaki genel transkriptom analizi çıkarılmaktadır. Bu nedenle total RNA izolasyonu pek çok soruya yanıt alınamamaktadır. Bu bölümde, total RNA izolasyonu süreci, bu sürecin scRNA-seq ile olan ilişkisi ve bitkilerde scRNA-seq uygulamalarında karşılaşılan zorluklar ele alınacaktır.

4.1. Total RNA İzolasyonu

Total RNA izolasyonu, genetik analizlerin temelini oluşturur. İzole edilen RNA'nın kalitesi ve saflığı, yapılacak analizlerin doğruluğunu doğrudan etkiler. Genel olarak, total RNA izolasyonu için birkaç temel aşama vardır:

- 1- Hücre ve Doku Homojenizasyonu: İlk adım, hücrelerin veya dokuların parçalanmasıdır. Bu işlem, hücre zarı ve organellerin parçalanarak RNA'nın serbest kalmasını sağlar. Kimyasal çözücüler (örneğin, guanidinyum tiosiyanat) ve fiziksel yöntemler (örneğin, doku ezici cihazlar veya sonikasyon) kullanılarak hücreler homojenize edilir. Bitki hücrelerinde, sert hücre duvarları nedeniyle bu işlem daha karmaşıktır ve genellikle enzimatik sindirim veya mekanik öğütme gibi yöntemler gerektirir.

- 2- RNA'nın Saflaştırılması: Homojenizasyon işlemi sonrası, hücresel bileşenlerden (DNA, proteinler ve lipitler) RNA'yı saflaştırmak için çeşitli kimyasal işlemler yapılır. Tipik olarak fenol-kloroform ekstraksiyonu veya manyetik boncuk bazlı sistemler kullanılır. İzolasyon işlemi sırasında RNA'nın bozunmasını önlemek için RNaz inhibitörleri kullanılması önemlidir. Elde edilen RNA'nın yüksek saflıkta olması, downstream analizlerin (sonraki analizler) kalitesini artırır.
- 3- RNA Kalitesinin Değerlendirilmesi: İzole edilen RNA'nın kalitesi, özellikle tek hücre RNA dizileme gibi hassas tekniklerde kritik öneme sahiptir. RNA'nın bütünlüğünü ve saflığını değerlendirmek için spektrofotometrik yöntemler (örneğin, NanoDrop), florometrik ölçümler (Qubit) ve elektroforez tabanlı yöntemler (Bioanalyzer) kullanılır. RNA'nın 260/280 nm oranı, saflığını; RIN (RNA integrity number) skoru ise bütünlüğünü gösterir.

Total RNA izolasyonu, toplu (bulk) analizlerde büyük hücre popülasyonlarından RNA elde etmeyi amaçlar. Ancak, tek hücre RNA dizileme (scRNA-seq), her bir hücreden RNA'nın ayrı ayrı izole edilip analiz edilmesine odaklanır. scRNA-seq, hücresel heterojenliği anlamak ve gen ekspresyon profilini hücre bazında incelemek için çok hassas bir teknik olduğundan, bu süreç total RNA izolasyonundan farklılıklar gösterir.

5. Single Nükleus Sequencing (snRNA-seq)

Protoplast izolasyonunun scRNA-seq teknolojisindeki zorluklarını aşmak için Single Nükleus Sequencing (Tek Çekirdekli RNA Dizilimi, snRNA-seq) denilen alternatif bir yöntem geliştirilmiştir. Bu yöntem ile enzimatik ayrışma ile tüm hücreden RNA izolasyonu yapılması yerine hücrenin çekirdeği çıkarılarak sadece çekirdekten RNA izolasyonu yapılmaktadır. Nükleusun izole edilmesi, özellikle dokuların ya da hücrelerin sağlam bir şekilde izole edilmesinin zor olduğu durumlarda daha uygun olabilir. Ayrıca, nükleusta bulunan RNA (özellikle nükleer RNA ve henüz işlenmemiş primer transkriptler) da önemli biyolojik bilgiler taşır. scRNA-seq ile karşılaştırıldığında daha az transkript yakalar ve sadece nükleer transkriptlere odaklanır. İzolasyon yönteminin kolaylaşması ve hızlı fiksasyon yöntemleri ile son dönemlerde bitki çalışmalarında scRNA-seq yerine daha yoğun şekilde tercih edilmektedir (4). Ayrıca snRNA-seq tam hücre ayrışmasına dirençli dokuların ve dondurulmuş örneklerin de transkriptomik profilinin çıkarılmasını sağlar (20). snRNA-seq geleneksel scRNA-seq veri setinde temsil edilmeyen daha geniş bir hücre çeşitliliğinin var olduğunu göstermiştir. scRNA-seq ile çok yoğun şekilde eksprese edilen stres yanıt genleri gözlemlenmemektedir ve snRNA-seq ve scRNA-seq metodları eşdeğer gen algılama hassasiyetine sahiptir (22).

5.1. Tek Nükleus RNA Dizilemenin (snRNA-seq) Temel Prensipleri

Tek nükleus RNA dizileme (snRNA-seq), hücresel düzeyde gen ekspresyonunun analiz edilmesine olanak tanıyan yenilikçi bir biyoteknoloji yöntemidir. Bu yöntem, tek hücre RNA dizilemeye (scRNA-seq) benzer şekilde çalışır, ancak burada izole edilen materyal tüm hücre yerine sadece nükleustur. snRNA-seq, özellikle bütün hücrelerin izole edilmesinin zor veya imkânsız olduğu durumlarda büyük avantajlar sağlar. Nükleus, hücrenin transkriptomunu temsil ettiği için gen ekspresyon profillerinin incelenmesi açısından oldukça değerlidir.

Özellikle bitkiler ve karmaşık yapılı dokular üzerinde çalışan araştırmacılar için faydalı bir alternatif sunar.

Bu bölümde, snRNA-seq yönteminin temel prensipleri, avantajları, dezavantajları ve scRNA-seq ile karşılaştırmalı analizleri ele alınacaktır. snRNA-seq'in çalışma adımları şu şekildedir:

Doku veya Hücreden Nükleus İzolasyonu: snRNA-seq, doku veya hücrelerden nükleusun izole edilmesiyle başlar. Bu izolasyon, hücrelerin tümüyle parçalanması ve hücre zarının ortadan kaldırılması ile yapılır. Bu aşamada nükleusların korunması önemlidir. İzolasyon genellikle deterjan bazlı çözeltilerle hücre zarlarının parçalanması ve santrifüjle nükleusların ayrıştırılmasıyla gerçekleştirilir. Bitki hücrelerinde nükleus izolasyonu, hücre duvarı gibi yapısal zorluklardan dolayı ekstra özen gerektirebilir.

RNA'nın İzolasyonu: İzole edilen nükleuslardan RNA, kimyasal yöntemlerle (fenol-kloroform ekstraksiyonu gibi) veya manyetik boncuk bazlı sistemlerle izole edilir. Bu işlemde genellikle henüz işlenmemiş (primer) transkriptler ve nükleer RNA elde edilir. Bu, hücre içi gen regülasyonu ve RNA işlenmesi hakkında önemli bilgiler sağlayabilir.

cDNA Sentezi ve Kütüphane Hazırlığı: Nükleustan elde edilen RNA, ters transkriptaz enzimi kullanılarak cDNA'ya dönüştürülür ve daha sonra dizileme adaptörleri eklenerek kütüphane hazırlığı yapılır. snRNA-seq'de de cDNA amplifikasyonu yapılır ve tek hücre RNA dizileme ile benzer şekilde kütüphaneler dizileme işlemine hazır hale getirilir.

Veri Analizi: snRNA-seq verileri, genellikle scRNA-seq verilerine benzer şekilde analiz edilir. Ancak nükleusa dayalı RNA dizileme, hücre sitoplazmasında bulunabilecek bazı olgunlaşmış mRNA moleküllerini kapsamadığından, analizler sırasında bu ayrım dikkate alınmalıdır. Yine de bu yöntem, transkriptomun önemli bir bölümünü yakalar ve özellikle hücrel farklılıkları ve doku spesifik gen ekspresyonunu anlamada güçlü bir araçtır.

5.2. snRNA-seq Avantajları

Hassas Doku ve Hücrelerden İzolasyon Kolaylığı: scRNA-seq'de hücrelerin tamamen izole edilmesi, özellikle sert dokular veya çok sayıda hücre tipini içeren kompleks yapılar için zor olabilir. Bitki dokularında hücre duvarının varlığı, hücrelerin bütünlüğünü bozmadan izole edilmesini zorlaştırabilir. snRNA-seq ile sadece nükleusları izole etmek, bu zorluğu aşmada büyük bir avantaj sağlar.

- 1- **Hücre Sitoplazmasının Zararlı Etkilerinden Kaçınma:** Bazı durumlarda, hücrelerin izole edilmesi sırasında hücre sitoplazması zarar görebilir ve bu durum RNA kalitesini etkileyebilir. snRNA-seq ile sadece nükleus izole edildiği için bu tarz bozulmaların önüne geçilir. Ayrıca, dondurulmuş veya sabitlenmiş dokulardan da nükleus izole edilerek RNA elde edilebildiğinden, taze doku kullanım zorunluluğu azalır.
- 2- **Dondurulmuş Numunelerden Kullanım:** snRNA-seq, dondurulmuş biyopsi örneklerinde olduğu gibi, hücrelerin tam yapısal bütünlüğünün korunmadığı numunelerde de kullanılabilir. Bu, eski veya nadir örnekler üzerinde çalışmayı mümkün kılar.

- 3- Nadir Hücre Tiplerinin Analizi: Nadir hücre popülasyonları, scRNA-seq'de sitoplazma kaynaklı sorunlar nedeniyle analiz edilemeyebilir. snRNA-seq, nükleus izolasyonu sayesinde bu hücre tiplerini daha net bir şekilde analiz edebilir.

5.3. snRNA-seq Dezavantajları

Sitoplazmik RNA Eksikliği: snRNA-seq, sadece nükleusta bulunan RNA'ları hedeflediğinden, olgunlaşmış mRNA'lar gibi sitoplazmada yer alan RNA türlerini kaçırabilir. Bu durum, gen ekspresyon profilinin tam olarak yansıtılmamasına neden olabilir. Sitoplazmik RNA'ların eksikliği, genellikle daha olgun hücreler hakkında bilgi kaybına yol açar.

- 1- RNA'nın Daha Düşük Miktarı: Nükleuslar, toplam RNA miktarı açısından tüm hücreye kıyasla daha az RNA içerir. Bu nedenle snRNA-seq'de RNA amplifikasyonu daha kritik bir süreç haline gelir. Nükleustan elde edilen RNA miktarının düşük olması, özellikle düşük ifade genlerin tespitinde bazı zorluklar yaratabilir.
- 2- Teknik Zorluklar ve Optimizasyon Gereksinimi: Nükleus izolasyonu, scRNA-seq'e kıyasla daha fazla teknik optimizasyon gerektirebilir. Nükleusların bütünlüğünü korumak ve kaliteli RNA elde etmek için izolasyon protokollerinin dikkatle optimize edilmesi gerekir. Ayrıca, bitki hücrelerinde sert hücre duvarı nedeniyle nükleus izolasyonu daha karmaşık olabilir.
- 3- Veri Analizinin Karmaşıklığı: snRNA-seq, sadece nükleer RNA'yı içeren veriler sağladığından, bu verilerin biyolojik olarak anlamlandırılması daha karmaşık olabilir. Nükleer RNA'nın hücreler ile nasıl ilişkili olduğu ve sitoplazmik RNA ile karşılaştırıldığında nasıl bir farklılık gösterdiği, analiz aşamasında dikkate alınmalıdır.

6. snRNA-seq ve scRNA-seq Karşılaştırması

- 1- Kaynak: scRNA-seq, hem sitoplazmik hem de nükleer RNA'yı içerirken, snRNA-seq sadece nükleer RNA ile sınırlıdır. Bu durum, sitoplazmik süreçlere dair bilgilerin eksik olmasına yol açsa da nükleusta işlenmemiş primer RNA'ların analizi farklı biyolojik bilgiler sunar.
- 2- Kullanım Alanları: scRNA-seq, hücrelerin tamamen izole edilebildiği durumlarda kullanılırken, snRNA-seq, özellikle sert dokular, dondurulmuş örnekler veya hücre izolasyonunun zor olduğu durumlarda tercih edilir.
- 3- Hücre Bütünlüğü: scRNA-seq'de hücre bütünlüğü korunurken, snRNA-seq'de sadece nükleuslar izole edilir, bu da hücre zarının veya sitoplazmanın zarar görmesi sorununu ortadan kaldırır.

Tek nükleus RNA dizileme (snRNA-seq), hücreler düzeyde gen ekspresyon analizinde güçlü bir alternatiftir. Özellikle dondurulmuş dokular, sert hücre yapıları veya hücrelerin izole edilmesinin zor olduğu durumlarda büyük avantajlar sağlar. scRNA-seq ile karşılaştırıldığında sitoplazmik RNA'ların analizini yapamaması bir dezavantaj olsa da, nükleer RNA'nın derinlemesine incelenmesi farklı biyolojik süreçler hakkında önemli bilgiler sunar. snRNA-seq,

bitki bilimleri, nörobiyoloji ve hastalık araştırmaları gibi birçok alanda yeni keşiflere yol açabilecek bir teknolojidir.

7. TARTIşMA VE SONUÇ

scRNA-seq daha yoğun olarak hayvan ve insan sistemlerinde çalışılmıştır. Bu sebeple bitki transkriptomiği için yeni bir alandır. 2020 yılının sonlarında Avrupa Moleküler Biyoloji Laboratuvarı Tek Hücre İfade Atlası veritabanı (ebi.ac.uk/gxa/sc) verilerine göre bitkiler için 5 scRNA-seq çalışması yapılmışken, 150'den fazla hayvan türü için çalışma yapılmıştır (22).

Total RNA izolasyonu, hücresel gen ekspresyonu incelemek için kritik bir adımdır, ancak scRNA-seq, hücresel heterojenliği anlamada daha detaylı ve hassas bilgiler sunar. Bitkilerde scRNA-seq uygulamaları, hücresel düzeyde gelişim, farklılaşma ve stres yanıtı gibi süreçlerin anlaşılmasına önemli katkılar sağlar. Ancak bitki hücrelerinin yapısal ve teknik zorlukları, RNA izolasyonu ve veri analizinde dikkatli optimizasyon gerektirir.

scRNA-seq bir bitkinin her bir organ ve dokusundaki transkriptomiği anlamamızı sağlar. Böylece bitkinin stres/hastalık gibi koşullar altında verdiği tepkileri, gelişim süreçlerini inceleyerek çeşitli alanlarda kullanmamıza olanak verir. Baklagillerde nodül oluşturarak toprağa azot bağlayan Rhizobia isimli azot bağlayıcı toprak bakterilerinin bu özelliğinin baklagil olmayan ürünlere aktarılması konusu çok ilgi çekmiştir. scRNA-seq metodu ile azot bağlayıcı bakterilerin baklagillerde hangi genler aracılığı ile nodül oluşturduğunun tam olarak ozmlenerek nodül oluşturmayan bitkilere bu genlerin yatay transferi ile endosimbiyotik ilişki taklit edilecektir (3). Böylece bu yöntem Islah 5.0 çalışmalarına yön vererek yeni bir döneme girilmesini sağlayacaktır.

İzolasyon kolaylığı, hücreyi strese sokmaması gibi sebeplerle snRNA-seq scRNA-seq metoduna göre daha çok tercih edilmektedir. Bu yöntemin kendi içerisinde kısıtlamaları olsa da snRNA-seq yöntemine göre daha büyük kolaylıklar sağlamaktadır. Bu sebeple bitki biyologları tarafından daha fazla tercih edilmektedir.

Bütün zorluklarına rağmen scRNA-seq bitki biyolojisi çalışmaları için gelecek vaat etmektedir. Deney tasarımı esnasında bu alandaki bütün sınırlamalar değerlendirilerek göz önüne alınarak başarı oranı artırılabilir. Hayvan hücre hatları için kullanılan biyoinformatik araçlar yerine bitki transkriptomik analizi için yeni biyoinformatik araçlar geliştirilmesi de başarı oranını artırmak için çok önemlidir.

KAYNAKÇA

- 1- Bawa, G., Liu, Z., Yu, X., Tran, L. P., & Sun, X. (2024). Introducing single cell stereo-sequencing technology to transform the plant transcriptome landscape. *Trends in plant science*, 29(2), 249–265. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2023.10.002>
- 2- Cervantes-Pérez, S. A., Thibivilliers, S., Tennant, S., & Libault, M. (2022). Challenges and perspectives in applying single nuclei RNA-seq technology in plant biology. *Plant science : an international journal of experimental plant biology*, 325, 111486. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2022.111486>
- 3- Islam, M. T., Liu, Y., Hassan, M. M., Abraham, P. E., Merlet, J., Townsend, A., Jacobson, D., Buell, C. R., Tuskan, G. A., & Yang, X. (2024). Advances in the Application of Single-Cell Transcriptomics in Plant Systems and Synthetic Biology. *Biodesign research*, 6, 0029. <https://doi.org/10.34133/bdr.0029>
- 4- Ali, M., Yang, T., He, H., & Zhang, Y. (2024). Plant biotechnology research with single-cell transcriptome: recent advancements and prospects. *Plant cell reports*, 43(3), 75. <https://doi.org/10.1007/s00299-024-03168-0>
- 5- Kaur, H., Jha, P., Ochatt, S. J., & Kumar, V. (2024). Single-cell transcriptomics is revolutionizing the improvement of plant biotechnology research: recent advances and future opportunities. *Critical reviews in biotechnology*, 44(2), 202–217. <https://doi.org/10.1080/07388551.2023.2165900>
- 6- Liu, Z., Yu, X., Qin, A., Zhao, Z., Liu, Y., Sun, S., Liu, H., Guo, C., Wu, R., Yang, J., Hu, M., Bawa, G., & Sun, X. (2022). Research strategies for single-cell transcriptome analysis in plant leaves. *The Plant journal : for cell and molecular biology*, 112(1), 27–37. <https://doi.org/10.1111/tpj.15927>
- 7- Cole, B., Bergmann, D., Blaby-Haas, C.E. *et al.* Plant single-cell solutions for energy and the environment. *Commun Biol* 4, 962 (2021). <https://doi.org/10.1038/s42003-021-02477-4>
- 8- Ryu, K. H., Zhu, Y., & Schiefelbein, J. (2021). Plant Cell Identity in the Era of Single-Cell Transcriptomics. *Annual review of genetics*, 55, 479–496. <https://doi.org/10.1146/annurev-genet-071719-020453>
- 9- Jovic, D., Liang, X., Zeng, H., Lin, L., Xu, F., & Luo, Y. (2022). Single-cell RNA sequencing technologies and applications: A brief overview. *Clinical and translational medicine*, 12(3), e694. <https://doi.org/10.1002/ctm2.694>
- 10- Zheng, H. X., Wu, F. H., Li, S. M., Zhang, X. S., & Sui, N. (2021). Single-cell profiling lights different cell trajectories in plants. *aBIOTECH*, 2(1), 64–78. <https://doi.org/10.1007/s42994-021-00040-7>
- 11- Rhee, S. Y., Birnbaum, K. D., & Ehrhardt, D. W. (2019). Towards Building a Plant Cell Atlas. *Trends in plant science*, 24(4), 303–310. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2019.01.006>
- 12- Bawa, G., Liu, Z., Yu, X., Qin, A., & Sun, X. (2022). Single-Cell RNA Sequencing for Plant Research: Insights and Possible Benefits. *International journal of molecular sciences*, 23(9), 4497. <https://doi.org/10.3390/ijms23094497>
- 13- Nolan, T. M., & Shahan, R. (2023). Resolving plant development in space and time with single-cell genomics. *Current opinion in plant biology*, 76, 102444. <https://doi.org/10.1016/j.pbi.2023.102444>
- 14- Denyer, T., & Timmermans, M. C. P. (2022). Crafting a blueprint for single-cell RNA sequencing. *Trends in plant science*, 27(1), 92–103. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2021.08.016>

- 15- von der Mark, C., Minne, M., & De Rybel, B. (2024). Studying plant vascular development using single-cell approaches. *Current opinion in plant biology*, 78, 102526. <https://doi.org/10.1016/j.pbi.2024.102526>
- 16- Erfanian, N., Heydari, A. A., Feriz, A. M., Iañez, P., Derakhshani, A., Ghasemigol, M., Farahpour, M., Razavi, S. M., Nasserri, S., Safarpour, H., & Sahebkar, A. (2023). Deep learning applications in single-cell genomics and transcriptomics data analysis. *Biomedicine & pharmacotherapy = Biomedecine & pharmacotherapie*, 165, 115077. <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2023.115077>
- 17- Minne, M., Ke, Y., Saura-Sanchez, M., & De Rybel, B. (2022). Advancing root developmental research through single-cell technologies. *Current opinion in plant biology*, 65, 102113. <https://doi.org/10.1016/j.pbi.2021.102113>
- 18- Duò, A., Robinson, M. D., & Sonesson, C. (2018). A systematic performance evaluation of clustering methods for single-cell RNA-seq data. *F1000Research*, 7, 1141. <https://doi.org/10.12688/f1000research.15666.3>
- 19- J.G. Wallace, E. Rodgers-Melnick, E.S. Buckler, On the road to breeding 4.0: unraveling the good, the bad, and the boring of crop quantitative genomics, *Annu. Rev. Genet.* 52 (2018) 421–444
- 20- Bakken, T. E., Hodge, R. D., Miller, J. A., Yao, Z., Nguyen, T. N., Aevermann, B., Barkan, E., Bertagnolli, D., Casper, T., Dee, N., Garren, E., Goldy, J., Graybuck, L. T., Kroll, M., Lasken, R. S., Lathia, K., Parry, S., Rimorin, C., Scheuermann, R. H., Schork, N. J., ... Tasic, B. (2018). Single-nucleus and single-cell transcriptomes compared in matched cortical cell types. *PloS one*, 13(12), e0209648. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0209648>
- 21- Chen, G., Ning, B., & Shi, T. (2019). Single-Cell RNA-Seq Technologies and Related Computational Data Analysis. *Frontiers in genetics*, 10, 317. <https://doi.org/10.3389/fgene.2019.00317>
- 22- Conde, D., Triozzi, P. M., Balmant, K. M., Doty, A. L., Miranda, M., Boullosa, A., Schmidt, H. W., Pereira, W. J., Dervinis, C., & Kirst, M. (2021). A robust method of nuclei isolation for single-cell RNA sequencing of solid tissues from the plant genus *Populus*. *PloS one*, 16(5), e0251149. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0251149>

**TARIMSAL KARBON AYAK İZİ: DÜNYA VE TÜRKİYE'NİN KARŞILAŞTIRMALI
ANALİZİ**

Dr. Öğr.Üyesi.Olcay GÜLÇİÇEK UYSAL (ORCID:0000-0001-9032-4241)
Mersin Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi,Çevre Mühendisliği Bölümü
Email:olcay.gulcicek@gmail.com

Özet

Tarımsal karbon ayak izi, bir ülkenin veya dünyanın tarımsal faaliyetleri sonucunda atmosfere salınan sera gazı miktarını ifade eder. Bir tarımsal ürünün üretim aşaması tahsis sürecinde açığa çıkan karbon ayak izi, birim başına salınan karbonun toplamı ile üretim olaylarının sayısının çarpımı olarak ölçülebilir.Tarım sektöründen kaynaklanan karbon ayak izi, tarımın çevresel etkilerini anlamak için önemlidir. Dünya genelinde tarımsal karbon ayak izi, sera gazı emisyonlarının büyük bir kısmını oluşturmaktadır. Tarım sektöründen yayılan başlıca sera gazları, üretim sürecinde enerji kullanımından kaynaklanan karbondioksit, hayvan sindirim sistemi ve gübre yönetiminde meydana gelen enterik fermantasyonu takiben metan ve ayrıca pirinç yetiştiriciliği ve azotlu gübrenin ekinlere uygulanmasından ve karbon ayak izinde de atıfta bulunulan gübre yönetiminden kaynaklanan azot oksittir. Tarımdan kaynaklanan karbon emisyonlarının miktarı ve bu emisyonların iklim değişikliği için geniş kapsamlı sonuçları olduğundan, tarım sektöründen kaynaklanan emisyonların, özellikle de tarım ürünlerinin karbon ayak izinin ele alınması, genel olarak iklim değişikliği ile mücadelenin çok önemli bir parçasıdır.Bu araştırmanın temel amacı, Dünya'daki ve Türkiye'deki tarımın karbon emisyon yoğunluğunu analiz etmek ve karşılaştırarak, Türkiye'deki tarımın Dünya ortalamasına göre salınım yoğunluğu hakkında bir fikir vermektir. Sonuçlar, hem Dünya'nın hem de Türk tarımının geleceğine bakmaya yardımcı olacak ve aynı zamanda tarımsal kalkınma için politika ve uygulamaların oluşturulmasına katkıda bulunacaktır. Dünyadaki birçok şirket, Dünya üzerindeki sera etkilerini izlemenin, ölçmenin ve raporlamanın bir yolu olarak karbon ayak izinin önemini farkına varmaktadır. Bu çalışmanın amacı, Türkiye'den dünyaya yayılan karbon emisyonlarının boyutlarını, genel olarak tarıma odaklanarak tanımlamak ve karşılaştırmaktır.

Anahtar Kelimeler: Tarımsal Karbon Ayak izi, Dünya, Türkiye

**AGRICULTURAL CARBON FOOTPRINT: A COMPARATIVE ANALYSIS OF
EARTH AND TÜRKIYE**

Abstract

Agricultural carbon footprint refers to the amount of greenhouse gases emitted into the atmosphere as a result of a country's or the world's agricultural activities. The carbon footprint of an agricultural product's production stage can be measured as the product of the total carbon emitted per unit and the number of production events in the allocation process. The carbon footprint arising from the agricultural sector is crucial for understanding its environmental impacts. Globally, agricultural carbon footprint constitutes a significant portion of greenhouse gas emissions. The primary greenhouse gases emitted from the agricultural sector include carbon dioxide from energy use during production, methane from enteric fermentation in animal digestive systems and fertilizer management, and nitrous oxide from rice cultivation and nitrogen fertilization applied to crops, which is also referenced in fertilizer management in carbon footprint. The amount of carbon emissions from agriculture and their wide-ranging consequences for climate change underline the importance of addressing agricultural emissions, particularly the carbon footprint of agricultural products, as a key component in combating climate change. The primary objective of this research is to analyze and compare the carbon emission intensity of agriculture globally and in Türkiye, providing insight into emission intensity in Türkiye relative to the global average. The results will aid in understanding the future of both global and Turkish agriculture and contribute to the formulation of policies and practices for agricultural development. Many companies worldwide are recognizing the importance of measuring, monitoring, and reporting their carbon footprints as a way to track their greenhouse gas impacts globally. The aim of this study is to define and compare the dimensions of carbon emissions originating from Türkiye, focusing specifically on agriculture.

Keywords: Agricultural Carbon Footprint, World, Türkiye

1. INTRODUCTION

Global Issue Climate change has become one of the greatest environmental issues that greatly concern human beings. Nowadays, due to global warming, changes to the landscape are becoming more apparent with each passing day. Completely different from the last century, the climate issue, as well as the other resulting problems, is included in the schedules of summits, nationwide organizations, and global organizations. With the development of the issue in the speeches and organizations, policymakers in the world act sensitively. One third of the world's total greenhouse gas emissions results from manufacturing processes. Net greenhouse gas emissions resulting from the manufacturing processes are also increasing due to both the increase in the demands for fossil-based energy and the increase in the manufactured products due to global population growth. In the present day, the idea that products should be made in environmentally friendly ways is strongly accepted all around the world. Since production in agricultural activities can release a great amount of greenhouse gases having negative impacts on the environment, agricultural carbon footprints have been receiving much more attention from researchers worldwide.

Agriculture has a crucial role to play in developing nations with a considerable number of people depending on agricultural activities to sustain their daily lives. The agriculture sector has more negotiation among the other sectors due to the more significant contributions to the gross domestic product it makes and the labor force it uses. However, some agricultural activities are among the most significant sources of air pollutants and greenhouse gases. Greenhouse gases like methane and nitrous oxide originate from the land used by industries, and about 24% of total greenhouse gas emissions originate from the agricultural sector. Carbon sequestration, fertilizer usage, energy utilization, and crop production methods also play a significant role in enhancing greenhouse gas emissions. The carbon footprint of the agriculture sector has significant impacts on the economy and environment, resulting in changes that are considered negative. The limitation of natural resources, due to the increasing world population, climate change, and global warming, is now drastically getting worse. Therefore, the necessity of sustainable agricultural practices to promote outstanding carbon savings and greenhouse gas emissions reduction is the ultimate aim for the recent decade. In light of these facts, it is critical and important to deeply measure and understand the effects of the agricultural practices used on climate change, so that relevant reports should be applied to the curricula, including educational sections. Especially policymakers and business partners involved in shaping strategy formulation are becoming increasingly interested in this topic.

2. UNDERSTANDING CARBON FOOTPRINT IN AGRICULTURE

A carbon footprint can be described as the total emissions of greenhouse gases that reach the atmosphere because of different services provided directly or indirectly by any type of organization or product. In agricultural cultivated soil, plant residues mainly constitute the organic form of carbon. These residues are stored in the hypocaust, the surface, or at soil depths for periods ranging from a few months to several decades. In agriculture, the storage of carbon or its export is necessary for the balance of this ecosystem. The agri-carbon footprint, one of the carbon emissions in the agricultural sector, which affects climate change, is considered in this study. (Ward, 2022;Bozzola and Cerroni2022)

Environmentally friendly agricultural practices are preferred for sustainability. Therefore, micro-level determinants that increase the agri-carbon footprint are the use of conventional inputs such as pesticides, the management of agricultural wastes, and product processing according to the production method, factor proportions, and land use management in agriculture. Reduction of these micro-level factors with marketing tools or product-specific policies can be recommended in this respect. Agricultural production, which fulfills the basic need of human consumption, has different priorities in every country, and the burden that this sector creates in environmental quality is important in predicting the effects of the issue. Agricultural practices performed with fast consumption in a country will differ concerning agricultural practices in a country that conducts research within the framework of environmental quality and policies to prevent climate change. A similar approach is valid concerning regions.

2.1. Definition and Concept

The term "Carbon Footprint" (CFP) is described as the "volume of greenhouse gases (GHGs) released into the atmosphere due to every event or product" associated with these gases, and it was devised as CO₂ Eq (Carbon Dioxide Equivalent). All items in each production (or service) sequence give rise to GHGs because of energy use. Energy utilization is the main factor in GHG emissions. The components of seeds used in agricultural practices, the production of various chemicals, and the use of energy, including post-harvest technologies, as well as in transportation and processing, contribute to emissions throughout the life cycle, which is greater than the energy used. Nitrogen fertilizers are crucial for plant growth, but their production involves significant energy consumption. The process starts with extracting raw materials, often from fossil fuels, which leads to greenhouse gas emissions. Additionally, during the production of phosphate rock, the use of tom conglomerate requires most of the energy input. Therefore, it is important to calculate a carbon footprint to identify the production of these inputs, and the expected future energy costs can be clearly seen. The calculation of CFP is also pointed out in the preferred purchasing decisions of consumers who understand the cost of excessive energy and can seek support. (Durojaye et al.2020; Lannelongue et al., 2021)

The agricultural carbon footprint, or agricultural CFP, represents the total greenhouse gases (GHGs) created from direct and indirect emissions throughout all agricultural production in order to have different products in a specific time and place (expressed in TCP of CO₂ Eq). Agricultural CFP mainly comprises the sum of direct product emissions and the emissions from inputs (fertilizers, pesticides, seeds, medicines, fuels, etc.), machinery, and consumers (through additional added value to determine the units of product emissions). Also, in terms of production, identifying strategic importance can be regarded as significant for corporations within the brand by casting light. These factors can differentiate the type of activity of a company within the sector, and consumers' purchasing preferences may change as a result. (Chen et al.2021;Menegat et al., 2022;Tubiello et al.2022;Holka & Bieńkowski, 2020;Rehman et al.2022)

2.2. Importance of Measuring Agricultural Carbon Footprint

The importance of agricultural carbon emissions measurements has been addressed in many studies. The food industry worldwide is a major source of greenhouse gas (GHG). At every step of the agricultural life cycle, from field to table, GHGs are emitted directly through energy use,

such as tractor fuel or electricity, and indirectly through the production of agricultural inputs such as nitrogen fertilizers and carbon dioxide in the production and use of machinery. Thus, it is important to measure these emissions in order to take steps to reduce agricultural emissions and to implement policies, strategies, and practices that lead to sustainable agriculture. A low carbon footprint in agriculture leads to many benefits as it enables efficient use of resources so that the social, ecological, and economic dimensions are preserved for future generations. (Crippa et al.2021;Xu et al.2021;Tubiello et al.2021)

Measurement is also important for identifying where and at what point emissions come from in agricultural production. For this purpose, registered and official documents, as well as data on crop management and farms, need to be collected. Not only agricultural production systems but also the diffusion and progress of emissions generated in both habitats and agricultural sector processes that help mitigate should be properly monitored. In response to these points, several scientists have stated the urgency and importance of developing international standards for agricultural carbon footprint measurements. In summary, there is a need to systematically develop an in-depth understanding of carbon emissions in agriculture. However, generally, there is not enough uniqueness and accuracy required. A standard measure of carbon footprint for agriculture is required in this context. Most reports underline that not enough data are included in the tables to account for the reliability, generation procedures, and other information included in the calculations provided. A proposal is made to quantify the need, importance, and potential advantages of such a presentation in the sector. These are intended to be examples that clearly illustrate the importance of addressing these and other issues. These indicate penetration in measurement policies, scientific publications, and best practices that intersect the science, politics, and actualization axes of efficient measurement. (Chen et al.2020;Matušík & Kočí, 2021;Müller et al.2020;Escobar et al.2020)

3. METHODOLOGIES FOR CALCULATING AGRICULTURAL CARBON FOOTPRINT

Agriculture and related land use account for a global average of 19% of the aggregated greenhouse effect-related emissions. Measuring the environmental performance and carbon footprint of a product or service is increasingly gaining importance, both for consumers and producers, to drive towards more sustainable consumption and production patterns. Although the concept of the carbon footprint of agriculture entered the scientific parlance only in the late 2000s, different techniques have been used in attempting to calculate it. The carbon footprint of agriculture can be measured using, among other methodologies, the Life Cycle Assessment methodology. This is one of the most comprehensive and effective approaches used to evaluate the environmental performance of products and provides a footprint of important issues related to the environment. A product's total carbon footprint is broken down into life cycle stages, each of which tests the input or output of each selected impact parameter. Different sectors of farming can be considered in the calculation of the carbon footprint of agricultural products, with scope boundaries determined by various tools. A system and sectoral approach is often needed to calculate the carbon footprint of different products in agriculture. Using LCA to calculate the carbon footprint of products, especially in agriculture, has some advantages and disadvantages. These stem in part from the complexity of farm production systems and also depend on the methods used in the assessment. There are also other carbon accounting tools and information systems which can be used to calculate the carbon footprint for different

products (Hong et al.2021;Nabuurs et al.2023;Menegat et al., 2022;Zhao et al.2021;Tian et al.2021;Xu et al.2021)

3.1. Life Cycle Assessment (LCA)

Life Cycle Assessment (LCA) is the most widely used methodology for evaluating the environmental impacts of a broad range of activities, including agricultural production systems and consumer products. A life cycle assesses the environmental aspects and potential impacts associated with a product or service by: (a) defining the goals and scope of the assessment; (b) describing the life cycle of the system; (c) gathering inputs and outputs data for the defined system; (d) developing methods for calculating emissions; and finally, (e) interpreting results and conclusions, including presenting the limitations. The final destination after their use as a consumer product is also included in this definition. A life cycle of a product flows from the beginning of buying raw materials to make the product, through processes such as transportation, packaging, and distribution to the sales point, the consumer when using the product, and finally, the disposal method after reaching the shelf life. The purpose or goal is to identify, quantify, and evaluate the potential impacts of the identified system to become more responsible consumers and to improve decision quality and sustainability performance. (Corominas et al.2020;van Der Werf et al., 2020;Lai et al.2022;Thonemann et al., 2020;Bamber et al.2020)

Life Cycle Assessment (LCA) is a powerful tool that helps to identify emission hotspots at various levels. When it comes to agriculture or agri-food systems, the life cycle consists of the following stages: inputs and resource use, crop and livestock production, transformation post-production like transportation, distribution, and retailing, and use by consumers. LCA has a comprehensive nature since it includes not only the direct emissions that occur on the farm but also the indirect emissions that happen across other stages included in the life cycle. In many cases, processing emissions could be substantial when milk is processed into cheese, etc. The indirect emissions occurring outside of the parcel boundaries are generally referred to as off-farm emissions. (Nemecek et al.2024;Pradeleix et al., 2022;Westaway et al., 2024;Ning et al., 2024)

3.2. Carbon Accounting Tools and Models

Carbon accounting tools and models are required to assess the level of GHG emissions in agriculture, and thus they can be used as the basis for determining the carbon footprint of agricultural products. Over the years, many researchers have been working on developing and testing several tools for measuring the carbon footprint of different agricultural products from various countries. This includes the development and testing of several models and tools for measuring the agricultural carbon footprints in the Netherlands. Several tools have been developed for measuring the carbon footprint of different products, and these include various estimation tools. The existing carbon accounting tools range from simple calculators to advanced simulation models. The simple calculators are rough estimation tools, requiring less data input, and they are not time-consuming, whereas dedicated carbon footprint tools are complex livestock or linked crop-livestock simulation-based models that require both detailed management data and, frequently, days to weeks of computation time. (Smith et al.2020;Launay et al.2021;McNunn et al.2020;Brander et al., 2021)

For example, one tool is considered a simple assessment tool for mitigation potential and to help farmers and growers reduce greenhouse gas emissions and become more energy efficient. Although these calculators and models have been developed in different countries, they may have different strengths and weaknesses for their use in developing and/or developed countries. The tools can be used erratically because of their different purposes, intended users, methodologies for GHG emission estimations, structure and approach, and input data collection options, as well as data requirements, such as climate and soil information or direct or indirect energy data. The main research goal of this chapter is to review and discuss several carbon accounting tools and models currently in use, to be modified and/or improved, in order to better facilitate the on-farm assessments of agricultural carbon footprints. Additionally, it aims to discuss some innovative and emerging practices of carbon accounting. (Luccioni et al., 2023; Anees et al. 2024; Gao & Zhang, 2023; He et al., 2022)

4. GLOBAL TRENDS AND CHALLENGES IN AGRICULTURAL CARBON FOOTPRINT REDUCTION

Due to their major role in the environmentally friendly food production system, creating alternative global and local solutions in terms of agricultural carbon footprints in countries is admired. In a globalizing world, international trends, challenges, standards, and practices on agricultural carbon footprints are extremely important for steadily reducing agricultural carbon footprints. However, some theoretical frameworks can be drawn here before this. Even though there is no global default when the studies conducted in the world on all kinds of carbon and greenhouse gas emission problems are considered, there is a considerable decrease in environmental impacts worldwide. In countries with food industries and varied agricultural businesses, especially developed and developing ones, the current agricultural carbon footprints have been decreasing positively in line with both global policies and standards and their own national legislation. (Rehman et al. 2022; Yang et al., 2022; Pata, 2021; Wang et al., 2020)

The main problems encountered globally and nationally to reduce the agricultural carbon footprints of countries can be listed as follows. The first one is that there are economic global challenges that make the output of calculated carbon footprints and greenhouse gas inventories very difficult to determine and eliminate. It is extremely difficult to determine financial and operational costs for all sectors and players to ensure that necessary technological, strategic, legal, and regulatory relationships are streamlined in the inventorying of very powerful agricultural greenhouse gas emissions. Especially in developing countries where agricultural greenhouse projects are actually applicable, the projected return on agricultural carbon trading is rapidly reduced; this inexorable elimination must be done at the state level by means of strong public support. (Karwacka et al., 2020; Chen et al. 2023; Rehman et al. 2022; Azam et al., 2023; Raihan & Tuspekova, 2022)

5. COUNTRY-SPECIFIC PERSPECTIVES: A FOCUS ON TÜRKIYE

Türkiye's agricultural sector is significant within the EU context, drawing attention due to its potential for growth despite a declining economic contribution. For less-developed and less-located countries, agriculture remains vital for food security and economic stability. Research and policy focus on optimizing agricultural practices can enhance productivity and sustainability, ensuring that these regions benefit from agricultural development. In Türkiye, the agricultural sector provides employment for a significant portion of the population, and its

share in the economy is higher than the EU average. Agricultural Practices in Türkiye is a heterogeneous country, with a general farming structure consisting of small and medium-sized family enterprises of less than 20 ha. A feature of the farming system is the use of sustainable traditional practices. Unfortunately, a majority of poor farmers remain tied to a traditional-sustainable way of farming. A majority of arable lands are managed and cared for according to regional farming practices. Zero tillage farming practices are widespread in Thrace, South Marmara, and the Central Anatolia region of Türkiye. Türkiye faces challenges in attaining the emission reduction commitment demanded by the rapidly changing and growing sector from international politics. Issues range from technology transfer to policymaking to integration of the national economy. Hence, activities should also cover citizens who produce at the national level.

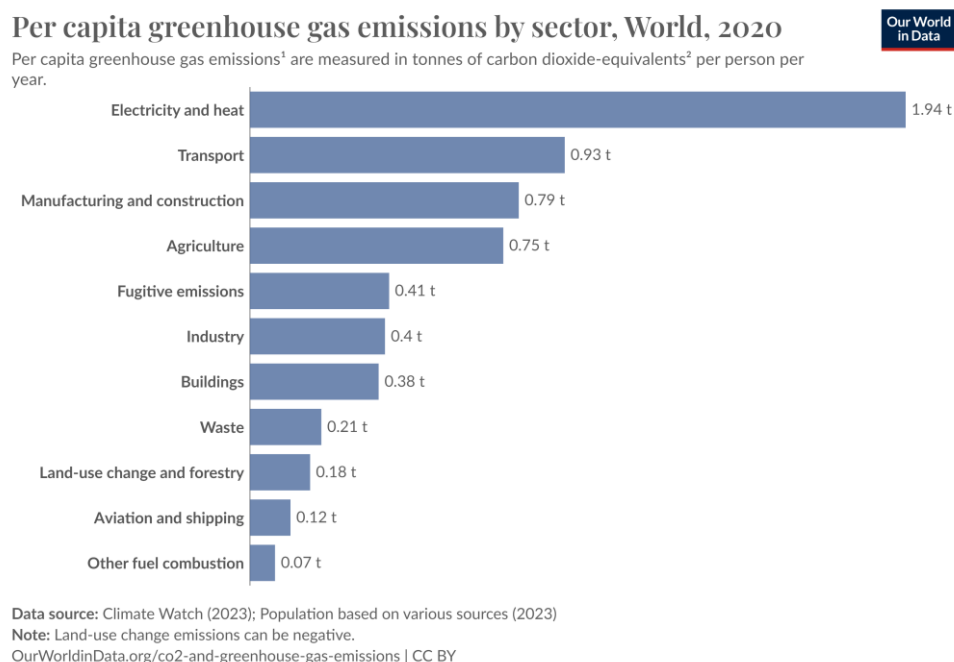
Although 34.9% of greenhouse gas emissions arise from the agriculture sector, current activities also have to cope with mitigating climate goals. Contributing to these climate talks highlights the importance of research, not only for specialized intervention but also for regional sustainable development. The many objectives related to climate and changing socio-economic conditions in recent years are realized in multidimensional national strategies that encourage production, development, biodiversity, and carbon removal. Local initiatives in Türkiye have been widespread and successful for the reconstruction of socio-economic values and culture in Anatolia. These initiatives could provide motivation and initially help in the development of a low carbon emissions valued approach in more than 60 Turkish towns. Filtering and verification of priorities were not considered as a national and regional carbon removal tool in our consultations as case-specific options, and this is guided under the zero-case scenario presented by local inhabitants as an opposing perspective. (Ozdemir et al., 2024;Güzel & Alp, 2020;Ahmetoğlu and Tanık2020;Bakır et al.2022;Liang et al.2023;ÜÇTUĞ et al.2021;Ruiz-Carrasco et al.2023)

6. COMPARISON OF AGRICULTURAL CARBON FOOTPRINT BETWEEN EARTH AND TÜRKİYE

Foreign needs for plant and animal products are supplied by different agricultural activities occurring throughout the world. Nevertheless, these activities differ from each other in terms of technical and technological equipment. Consequently, different agricultural systems result in varying amounts of agricultural emissions. To reduce the emissions resulting from agricultural activities, identifying the emissions from different systems around the world and understanding their carbon footprints are some of the essential steps. Hence, it is significant for both national policy strategy decisions, increasing the adaptation capacity of countries, and global climate change legislation. For that reason, this section aims to unfold the differences and similarities between Earth and Türkiye through a comparative approach to agricultural carbon footprints. (Crippa et al.2021;Lynch et al.2021;Gołasa et al.2021;Duxbury and Mosier2022;Wang et al., 2021).

The top 10 highest-emitting countries contribute nearly two-thirds of the global greenhouse gas emissions. Since 2006, China has emitted more CO₂ than any other country (European Commission ,2024). However, a primary drawback of measuring total national emissions is its failure to account for population size. Despite having the largest greenhouse gas emissions globally, China also holds the world's largest second population. Some argue that for a fair comparison, emissions should be analyzed on a per capita basis for CO₂ and greenhouse gases (Roser and Hannah,2017).

It is important to look at the distribution of greenhouse gases collectively by sector for countries to understand where emissions reductions can have the biggest impact. In this chart, we show how the average person's emissions would be distributed across different sectors. In fact, this represents the average footprint measured in tonnes of carbon dioxide equivalent per year (Ritchie et al.,2020).



1. **Greenhouse gas emissions:** A greenhouse gas (GHG) is a gas that causes the atmosphere to warm by absorbing and emitting radiant energy. Greenhouse gases absorb radiation that is radiated by Earth, preventing this heat from escaping to space. Carbon dioxide (CO₂) is the most well-known greenhouse gas, but there are others including methane, nitrous oxide, and in fact, water vapor. Human-made emissions of greenhouse gases from fossil fuels, industry, and agriculture are the leading cause of global climate change. Greenhouse gas emissions measure the total amount of all greenhouse gases that are emitted. These are often quantified in carbon dioxide equivalents (CO₂eq) which take account of the amount of warming that each molecule of different gases creates.

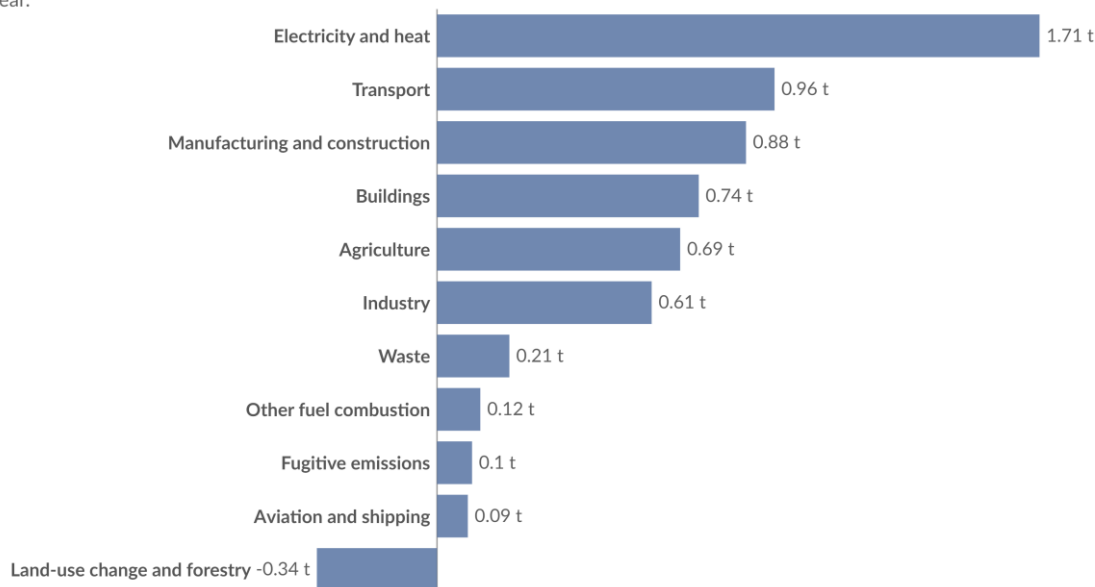
2. **Carbon dioxide equivalents (CO₂eq):** Carbon dioxide is the most important greenhouse gas, but not the only one. To capture all greenhouse gas emissions, researchers express them in "carbon dioxide equivalents" (CO₂eq). This takes all greenhouse gases into account, not just CO₂. To express all greenhouse gases in carbon dioxide equivalents (CO₂eq), each one is weighted by its global warming potential (GWP) value. GWP measures the amount of warming a gas creates compared to CO₂. CO₂ is given a GWP value of one. If a gas had a GWP of 10 then one kilogram of that gas would generate ten times the warming effect as one kilogram of CO₂. Carbon dioxide equivalents are calculated for each gas by multiplying the mass of emissions of a specific greenhouse gas by its GWP factor. This warming can be stated over different timescales. To calculate CO₂eq over 100 years, we'd multiply each gas by its GWP over a 100-year timescale (GWP100). Total greenhouse gas emissions - measured in CO₂eq - are then calculated by summing each gas' CO₂eq value.

Figure 1. World greenhouse gas emission values per capita by sectors (Ritchie et al.,2020)

Per capita greenhouse gas emissions by sector, Turkey, 2020

Our World
in Data

Per capita greenhouse gas emissions¹ are measured in tonnes of carbon dioxide-equivalents² per person per year.



Data source: Climate Watch (2023); Population based on various sources (2023)

Note: Land-use change emissions can be negative.

OurWorldinData.org/co2-and-greenhouse-gas-emissions | CC BY

1. **Greenhouse gas emissions:** A greenhouse gas (GHG) is a gas that causes the atmosphere to warm by absorbing and emitting radiant energy. Greenhouse gases absorb radiation that is radiated by Earth, preventing this heat from escaping to space. Carbon dioxide (CO₂) is the most well-known greenhouse gas, but there are others including methane, nitrous oxide, and in fact, water vapor. Human-made emissions of greenhouse gases from fossil fuels, industry, and agriculture are the leading cause of global climate change. Greenhouse gas emissions measure the total amount of all greenhouse gases that are emitted. These are often quantified in carbon dioxide equivalents (CO₂eq) which take account of the amount of warming that each molecule of different gases creates.

2. **Carbon dioxide equivalents (CO₂eq):** Carbon dioxide is the most important greenhouse gas, but not the only one. To capture all greenhouse gas emissions, researchers express them in "carbon dioxide equivalents" (CO₂eq). This takes all greenhouse gases into account, not just CO₂. To express all greenhouse gases in carbon dioxide equivalents (CO₂eq), each one is weighted by its global warming potential (GWP) value. GWP measures the amount of warming a gas creates compared to CO₂. CO₂ is given a GWP value of one. If a gas had a GWP of 10 then one kilogram of that gas would generate ten times the warming effect as one kilogram of CO₂. Carbon dioxide equivalents are calculated for each gas by multiplying the mass of emissions of a specific greenhouse gas by its GWP factor. This warming can be stated over different timescales. To calculate CO₂eq over 100 years, we'd multiply each gas by its GWP over a 100-year timescale (GWP100). Total greenhouse gas emissions - measured in CO₂eq - are then calculated by summing each gas' CO₂eq value.

Figure 2. Türkiye greenhouse gas emission values per capita by sectors (Ritchie et al.,2020)

The 6th assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) reveals that Agriculture, Forestry, and Other Land Use (AFOLU) sectors contributed on average 13-21% of global anthropogenic greenhouse gas emissions during the period from 2010 to 2019. Changes in land use triggered net AFOLU CO₂ emissions, with deforestation alone responsible for 45% of total AFOLU emissions. Besides being sources of greenhouse gas emissions and carbon sinks, these sectors also play a significant role in climate through effects like albedo changes, evaporation, transpiration, and aerosol loading via volatile organic compounds.

The IPCC report underscores that the LULUCF (Land Use, Land-Use Change, and Forestry) sector offers substantial short-term potential for reducing greenhouse gas emissions, particularly through measures that protect food, wood, and biodiversity. Reduction measures in forests and other natural ecosystems are projected to account for the largest share of LULUCF reductions between 2020 and 2050. Specifically, reducing deforestation emerges as the most significant potential contributor to reducing anthropogenic greenhouse gas emissions, followed

by carbon sequestration in agriculture and ecosystem restoration, including afforestation and reforestation. Changes in land use can, in some cases, lead to negative emissions. The graphs containing greenhouse gas emission values by sector for the years 1990-2023 for both the world and Türkiye are presented in **Figures 3** and 4.

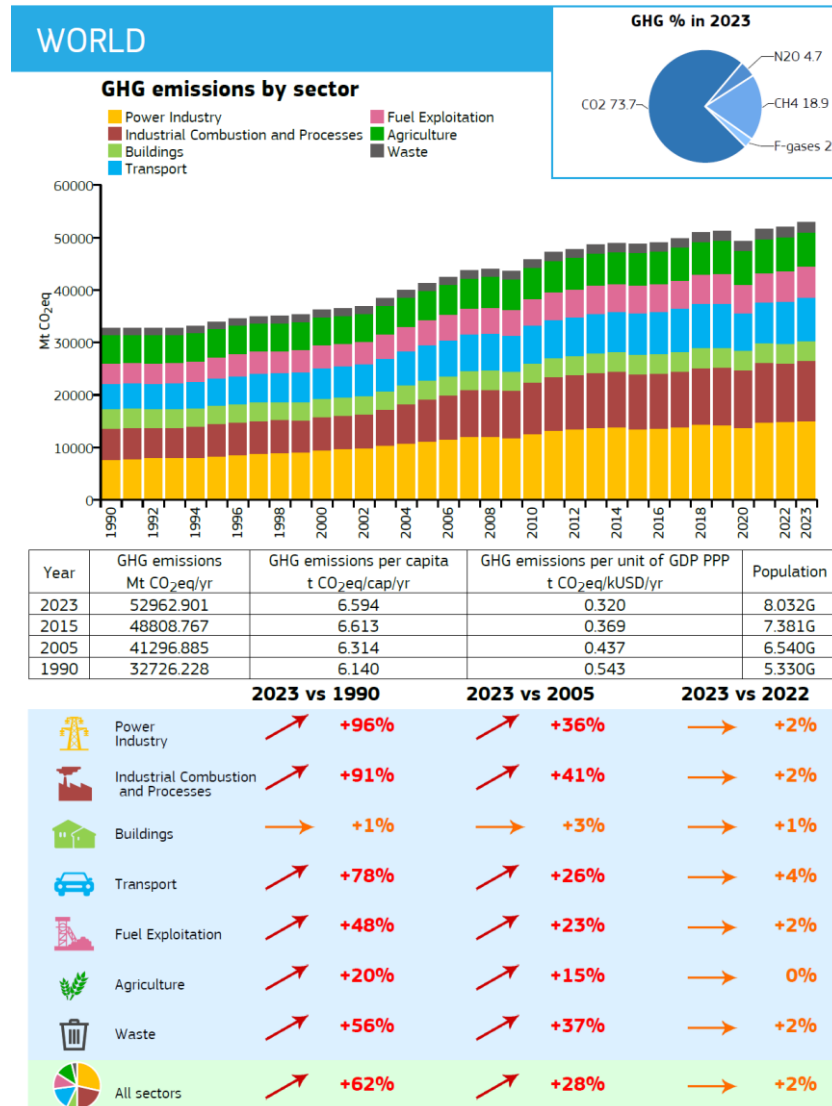


Figure 3. World greenhouse gas emission change depending on sectors (European Commission, 2024)

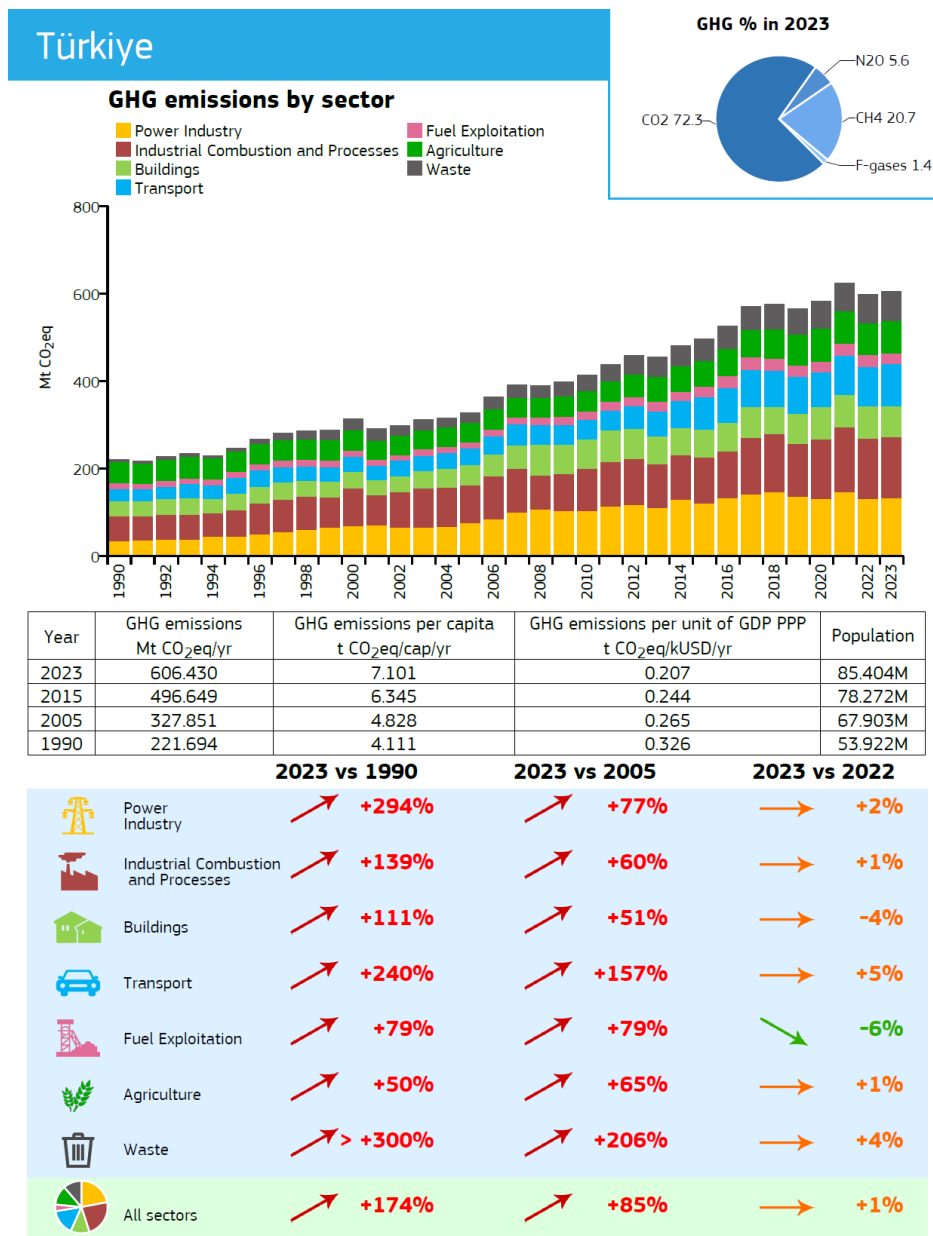


Figure 4. Türkiye greenhouse gas emission change depending on sectors (European Commission, 2024)

In comparing Türkiye with the world; The reasons why Türkiye has high greenhouse gas emissions in the agricultural sector are due to the low use of greenhouse gas-intensive inorganic fertilizers in the world, the increase in organic farming activities and the withdrawal of incentives for organic production. It is also thought that this result may be related to the fact that other countries participating in the world average generally have lower costs in the fertilizer production period in agriculture.

Between 1990 and 2023, a 20% increase in greenhouse gas emissions originating from the agricultural sector in the world was calculated as a 50% increase in Türkiye. Although the increase between 2022 and 2023 is small, this data is likely to be due to practices aimed at reducing greenhouse gas emissions. This data should also be evaluated with the change in land use across the country (Figure 3-4).

7. POLICY IMPLICATIONS AND RECOMMENDATIONS

Policies of evidence-based environmental management and sustainable agriculture are an obligation, not a choice. When roles and responsibilities in the fight against eroded environmental services and climate change are considered, these are essential issues for all stakeholders, beginning with governments, NGOs, and the agricultural sector. In light of this comparative analysis in the background, we have compiled and discussed a number of policy suggestions and considerations. Indeed, this study provides a range of policy discussions and findings. Some of these are global impacts and the era of climate change impacts on science and amenability for officials. Agricultural carbon footprints of the selected countries are compared, analyzed, and evaluated through quantitative and qualitative evidence. Along with policy implications and recommendations, we hope that policy developments and innovations can be made around the world in light of this study. (Shi & Yin, 2021; Chen et al.2021;Escobar et al.2020;Pata, 2021)

Government funding in the associated sectors is to be increased, and economic incentives are to be found in the agriculture sector. Agricultural emissions are to be limited, social factors are to be developed, and infrastructures are to be transformed for evidence-based production. Additionally, educational efforts are to be increased because the sustainability and permanence of any studies are to provide community engagement and public commitment to climate change reduction and evidence-based agriculture studies. Norms have a significant effect on behavior, particularly this critical behavior related to climate change through farming. Furthermore, decision-makers have to collaborate with many people or institutions in order to provide more objective and evidence-based climate change policies because collective decisions are better than individualistic decisions. (Vanbergen et al.2020;Abraham and Pingali2020;Escobar et al.2020;Lamb et al.2021;Anser et al.2021)

8. CONCLUSION

Reducing agricultural carbon footprint holds significant importance for environmental sustainability both in Türkiye and globally. Efforts aimed at minimizing carbon emissions in agricultural production processes and enhancing efficiency are crucial. However, evaluating the effectiveness of these efforts and taking further steps to reduce carbon footprint remain essential.

In conclusion, policymakers, farmers, and industry representatives need to collaborate closely to reduce agricultural carbon footprint. Promoting sustainable farming practices, utilizing innovative technologies, and strengthening educational programs are critical in this process. Implementing these measures can foster a sustainable agricultural sector that is both environmentally and economically beneficial, ensuring a clean environment for future generations.

Reducing and eliminating the negative impacts of chemical-based agriculture on climate change is one of the most important components of establishing more sustainable links between climate change and agriculture. This localized agricultural emissions reduction optimization could lead to aggregating potential greenhouse gas savings in reaching global recommended rates. In the world, it can be argued that alternative development images and agricultural emission policies focusing on true sustainability can play a more effective role in mitigating sustainable climate change without compromising agricultural productivity and financial loss. However, a comprehensive assessment of the carbon contents of corresponding agricultural outputs is needed to elucidate the broad picture of agriculture's carbon emissions. Localized scientific research on policies and practices can provide important information for managing carbon emissions in the agricultural sector. The results of the comparative analysis in this study aim to bring some clarity to the effectiveness of regional and country-based marginally sustainable agricultural emission reduction policies.

REFERENCES

- Abraham, M., & Pingali, P. (2020). Transforming smallholder agriculture to achieve the SDGs. The role of smallholder farms in food and nutrition security, 173-209. oapen.org
- Ahmetoğlu, S., & Tanık, A. (2020). Management of carbon footprint and determination of GHG emission sources in construction sector. *International Journal of Environment and Geoinformatics*, 7(2), 191-204. dergipark.org.tr
- Anees, S. A., Mehmood, K., Khan, W. R., Sajjad, M., Alahmadi, T. A., Alharbi, S. A., & Luo, M. (2024). Integration of machine learning and remote sensing for above ground biomass estimation through Landsat-9 and field data in temperate forests of the Himalayan region. *Ecological Informatics*, 82, 102732. sciencedirect.com
- Anser, M. K., Ahmad, M., Khan, M. A., Zaman, K., Nassani, A. A., Askar, S. E., ... & Kabbani, A. (2021). The role of information and communication technologies in mitigating carbon emissions: evidence from panel quantile regression. *Environmental Science and Pollution Research*, 28, 21065-21084. [HTML]
- Ataman, A. Y. (). Analysis of the Energy Consumption of Manufacturing Industry in Türkiye (2003-2014). *Ekonomi-tek. dergipark.org.tr*
- Ataman, A. Y. (2022). Index Decomposition Analysis and Energy Consumption of Türkiye: 2000-2014. *Journal of Research in Economics. dergipark.org.tr*
- Azam, W., Khan, I., & Ali, S. A. (2023). Alternative energy and natural resources in determining environmental sustainability: a look at the role of government final consumption expenditures in France. *Environmental Science and Pollution Research. springer.com*
- Bakır, H., Ağbulut, Ü., Gürel, A. E., Yıldız, G., Güvenç, U., Soudagar, M. E. M., ... & Afzal, A. (2022). Forecasting of future greenhouse gas emission trajectory for India using energy and economic indexes with various metaheuristic algorithms. *Journal of Cleaner Production*, 360, 131946. [HTML]
- Bamber, N., Turner, I., Arulnathan, V., Li, Y., Zargar Ershadi, S., Smart, A., & Pelletier, N. (2020). Comparing sources and analysis of uncertainty in consequential and attributional life cycle assessment: review of current practice and recommendations. *The international journal of life cycle assessment*, 25, 168-180. springer.com
- Bayraktar, S. (2020). Factors Contributing Ecological Footprint Awareness of Turkish Pre-Service Teachers.. *International Education Studies. ed.gov*
- Bozzola, M., & Cerroni, S. (2022). Farmers acceptance of carbon offset programs in agriculture. In *Handbook of Behavioral Economics and Climate Change* (pp. 310-329). Edward Elgar Publishing. [HTML]
- Brander, M., Ascui, F., Scott, V., & Tett, S. (2021). Carbon accounting for negative emissions technologies. *Climate Policy. timberfinance.ch*
- Chen, X. H., Tee, K., Elnahass, M., & Ahmed, R. (2023). Assessing the environmental impacts of renewable energy sources: A case study on air pollution and carbon emissions in China. *Journal of environmental management*, 345, 118525. sciencedirect.com
- Chen, X., Ma, C., Zhou, H., Liu, Y., Huang, X., Wang, M., ... & Zhang, F. (2021). Identifying the main crops and key factors determining the carbon footprint of crop production in China, 2001–2018. *Resources, Conservation and Recycling*, 172, 105661. [HTML]
- Chen, X., Xu, X., Lu, Z., Zhang, W., Yang, J., Hou, Y., ... & Zhang, F. (2020). Carbon footprint of a typical pomelo production region in China based on farm survey data. *Journal of Cleaner Production*, 277, 124041. [HTML]

- Corominas, L., Byrne, D. M., Guest, J. S., Hospido, A., Roux, P., Shaw, A., & Short, M. D. (2020). The application of life cycle assessment (LCA) to wastewater treatment: A best practice guide and critical review. *Water Research*, 184, 116058. [HTML]
- Crippa, M., Solazzo, E., Guizzardi, D., Monforti-Ferrario, F., Tubiello, F. N., & Leip, A. J. N. F. (2021). Food systems are responsible for a third of global anthropogenic GHG emissions. *Nature food*, 2(3), 198-209. ed.ac.uk
- Crippa, M.; Guizzardi, D.; Pagani, F.; Banja, M.; Muntean, M.; Schaaf, E.; Monforti-Ferrario, F.; Becker, W.E.; Quadrelli, R.; Risquez Martin, A.; Taghavi-Moharamli, P.; Köykkä, J.; Grassi, G.; Rossi, S.; Melo, J.; Oom, D.; Branco, A.; San-Miguel, J.; Manca, G.; Pisoni, E.; Vignati, E.; Pekar, F. (2024). "GHG emissions of all world countries – 2024". Luxembourg: Publications Office of the European Union. doi:10.2760/4002897. Retrieved 2024-09-23.
- Durojaye, O., Laseinde, T., & Oluwafemi, I. (2020). A descriptive review of carbon footprint. In *Human Systems Engineering and Design II: Proceedings of the 2nd International Conference on Human Systems Engineering and Design (IHSED2019): Future Trends and Applications*, September 16-18, 2019, Universität der Bundeswehr München, Munich, Germany (pp. 960-968). Springer International Publishing. researchgate.net
- Duxbury, J. M., & Mosier, A. R. (2022). Status and issues concerning agricultural emissions of greenhouse gases. In *Agricultural dimensions of global climate change* (pp. 229-258). Routledge. [HTML]
- Escobar, N., Tizado, E. J., zu Ermgassen, E. K., Löfgren, P., Börner, J., & Godar, J. (2020). Spatially-explicit footprints of agricultural commodities: Mapping carbon emissions embodied in Brazil's soy exports. *Global Environmental Change*, 62, 102067. sciencedirect.com
- European Commission, Joint Research Centre, Crippa, M., Guizzardi, D., Pagani, F., Banja, M., Muntean, M., Schaaf, E., Monforti-Ferrario, F., Becker, W.E., Quadrelli, R., Risquez Martin, A., Taghavi-Moharamli, P., Köykkä, J., Grassi, G., Rossi, S., Melo, J., Oom, D., Branco, A., San-Miguel, J., Manca, G., Pisoni, E., Vignati, E. and Pekar, F., *GHG emissions of all world countries*, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2024, <https://data.europa.eu/doi/10.2760/4002897>, JRC138862.
- Gao, X. & Zhang, Y. (2023). Feasibility study of China's carbon tax system under the carbon neutrality target—based on the CGE model. *Sustainability*. mdpi.com
- Gołasa, P., Wysokiński, M., Bieńkowska-Gołasa, W., Gradziuk, P., Golonko, M., Gradziuk, B., ... & Gromada, A. (2021). Sources of greenhouse gas emissions in agriculture, with particular emphasis on emissions from energy used. *Energies*, 14(13), 3784. mdpi.com
- Güzel, T. D. & Alp, K. (2020). Modeling of greenhouse gas emissions from the transportation sector in Istanbul by 2050. *Atmospheric Pollution Research*. [HTML]
- He, R., Luo, L., Shamsuddin, A., & Tang, Q. (2022). Corporate carbon accounting: a literature review of carbon accounting research from the Kyoto Protocol to the Paris Agreement. *Accounting & Finance*. researchgate.net
- Holka, M. & Bieńkowski, J. (2020). Carbon footprint and life-cycle costs of maize production in conventional and non-inversion tillage systems. *Agronomy*. mdpi.com
- Hong, C., Burney, J. A., Pongratz, J., Nabel, J. E., Mueller, N. D., Jackson, R. B., & Davis, S. J. (2021). Global and regional drivers of land-use emissions in 1961–2017. *Nature*, 589(7843), 554-561. nsf.gov
- Karwacka, M., Cieurzyńska, A., Lenart, A., & Janowicz, M. (2020). Sustainable development in the agri-food sector in terms of the carbon footprint: A Review. *Sustainability*. mdpi.com

- Lai, X., Chen, Q., Tang, X., Zhou, Y., Gao, F., Guo, Y., ... & Zheng, Y. (2022). Critical review of life cycle assessment of lithium-ion batteries for electric vehicles: A lifespan perspective. *Etransportation*, 12, 100169. [HTML]
- Lamb, W. F., Wiedmann, T., Pongratz, J., Andrew, R., Crippa, M., Olivier, J. G., ... & Minx, J. (2021). A review of trends and drivers of greenhouse gas emissions by sector from 1990 to 2018. *Environmental research letters*, 16(7), 073005. iop.org
- Lannelongue, L., Grealey, J., & Inouye, M. (2021). Green algorithms: quantifying the carbon footprint of computation. *Advanced science*. wiley.com
- Launay, C., Constantin, J., Chlebowski, F., Houot, S., Graux, A. I., Klumpp, K., ... & Therond, O. (2021). Estimating the carbon storage potential and greenhouse gas emissions of French arable cropland using high-resolution modeling. *Global Change Biology*, 27(8), 1645-1661. hal.science
- Liang, K., Zhong, X., Fu, Y., Hu, X., Li, M., Pan, J., ... & Ye, Q. (2023). Mitigation of environmental N pollution and greenhouse gas emission from double rice cropping system with a new alternate wetting and drying irrigation regime coupled with optimized N fertilization in South China. *Agricultural Water Management*, 282, 108282. sciencedirect.com
- Luccioni, A. S., Viguier, S., & Ligozat, A. L. (2023). Estimating the carbon footprint of bloom, a 176b parameter language model. *Journal of Machine Learning Research*. jmlr.org
- Lynch, J., Cain, M., Frame, D., & Pierrehumbert, R. (2021). Agriculture's contribution to climate change and role in mitigation is distinct from predominantly fossil CO₂-emitting sectors. *Frontiers in sustainable food systems*, 4, 518039. frontiersin.org
- Matušítk, J. & Kočí, V. (2021). What is a footprint? A conceptual analysis of environmental footprint indicators. *Journal of Cleaner Production*. [HTML]
- McNunn, G., Karlen, D. L., Salas, W., Rice, C. W., Mueller, S., Muth Jr, D., & Seale, J. W. (2020). Climate smart agriculture opportunities for mitigating soil greenhouse gas emissions across the US Corn-Belt. *Journal of cleaner production*, 268, 122240. sciencedirect.com
- Menegat, S., Ledo, A., & Tirado, R. (2022). Greenhouse gas emissions from global production and use of nitrogen synthetic fertilisers in agriculture. *Scientific Reports*. nature.com
- Müller, L. J., Kästelhön, A., Bringezu, S., McCoy, S., Suh, S., Edwards, R., ... & Bardow, A. (2020). The carbon footprint of the carbon feedstock CO₂. *Energy & Environmental Science*, 13(9), 2979-2992. rsc.org
- Nabuurs, G. J., Mrabet, R., Hatab, A. A., Bustamante, M., Clark, H., Havlík, P., ... & Steinfeld, J. P. (2023). Agriculture, forestry and other land uses (AFOLU). In *Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change*. (pp. 747-860). Cambridge University Press. wur.nl
- Nemecek, T., Roesch, A., Bystricky, M., Jeanneret, P., Lansche, J., Stüssi, M., & Gaillard, G. (2024). Swiss Agricultural Life Cycle Assessment: A method to assess the emissions and environmental impacts of agricultural systems and products. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 29(3), 433-455. springer.com
- Ning, J., Zhang, C., Hu, M., & Sun, T. (2024). Accounting for Greenhouse Gas Emissions in the Agricultural System of China Based on the Life Cycle Assessment Method. *Sustainability*. mdpi.com
- Ozdemir, M., Pehlivan, S., & Melikoglu, M. (2024). Estimation of greenhouse gas emissions using linear and logarithmic models: a scenario-based approach for Türkiye's 2030 vision. *Energy Nexus*. sciencedirect.com

- Pata, U. K. (2021). Linking renewable energy, globalization, agriculture, CO₂ emissions and ecological footprint in BRIC countries: A sustainability perspective. *Renewable Energy*. [HTML]
- Pradeleix, L., Roux, P., Bouarfa, S., & Bellon-Maurel, V. (2022). ... assessment of regional farming activities with Life Cycle Assessment: Tackling data scarcity and farm diversity with Life Cycle Inventories based on Agrarian System *Agricultural Systems*. sciencedirect.com
- Raihan, A. & Tuspekova, A. (2022). Dynamic impacts of economic growth, energy use, urbanization, agricultural productivity, and forested area on carbon emissions: New insights from *World Development Sustainability*. sciencedirect.com
- Rehman, A., Alam, M. M., Alvarado, R., Işık, C., Ahmad, F., Cismas, L. M., & Pupazan, M. C. M. (2022). Carbonization and agricultural productivity in Bhutan: Investigating the impact of crops production, fertilizer usage, and employment on CO₂ emissions. *Journal of Cleaner Production*, 375, 134178. [HTML]
- Rehman, A., Ma, H., Ozturk, I., & Ahmad, M. I. (2022). Examining the carbon emissions and climate impacts on main agricultural crops production and land use: updated evidence from Pakistan. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(1), 868-882. [HTML]
- Ritchie H., Pablo Rosado and Max Roser (2020) - "Breakdown of carbon dioxide, methane and nitrous oxide emissions by sector" Published online at OurWorldinData.org. Retrieved from: 'https://ourworldindata.org/emissions-by-sector' [Online Resource]
- Roser, Max; Ritchie, Hannah (11 May 2017). "CO₂ and other Greenhouse Gas Emissions". *Our World in Data*. Archived from the original on 4 July 2019. Retrieved 2024-09-23.,
- Ruiz-Carrasco, B., Fernández-Lobato, L., López-Sánchez, Y., & Vera, D. (2023). Life Cycle Assessment of Olive Oil Production in Türkiye, a Territory with an Intensive Production Project. *Agriculture*, 13(6), 1192. mdpi.com
- Shi, S. & Yin, J. (2021). Global research on carbon footprint: A scientometric review. *Environmental Impact Assessment Review*. [HTML]
- Smith, P., Soussana, J. F., Angers, D., Schipper, L., Chenu, C., Rasse, D. P., ... & Klumpp, K. (2020). How to measure, report and verify soil carbon change to realize the potential of soil carbon sequestration for atmospheric greenhouse gas removal. *Global Change Biology*, 26(1), 219-241. wiley.com
- Thonemann, N., Schulte, A., & Maga, D. (2020). How to conduct prospective life cycle assessment for emerging technologies? A systematic review and methodological guidance. *Sustainability*. mdpi.com
- Tian, S., Wang, S., Bai, X., Luo, G., Li, Q., Yang, Y., ... & Deng, Y. (2021). Global patterns and changes of carbon emissions from land use during 1992–2015. *Environmental Science and Ecotechnology*, 7, 100108. sciencedirect.com
- Tubiello, F. N., Karl, K., Flammini, A., Gütschow, J., Obli-Laryea, G., Conchedda, G., ... & Torero, M. (2022). Pre-and post-production processes increasingly dominate greenhouse gas emissions from agri-food systems. *Earth System Science Data*, 14(4), 1795-1809. copernicus.org
- Tubiello, F. N., Rosenzweig, C., Conchedda, G., Karl, K., Gütschow, J., Xueyao, P., ... & Sandalow, D. (2021). Greenhouse gas emissions from food systems: building the evidence base. *Environmental Research Letters*, 16(6), 065007. iop.org
- Türkiye İstatistik Kurumu Başkanlığı, "Seragazi Emisyon İstatistikleri, 1990-2021" Haber Bülteni;29/03/2023, Sayı:49672*

- ÜÇTUĞ, F. G., Günaydin, D., Hünkar, B., & Öngelen, C. (2021). Carbon footprints of omnivorous, vegetarian, and vegan diets based on traditional Turkish cuisine. *Sustainable Production and Consumption*, 26, 597-609. [HTML]
- Uzunpinar, E. S. (2022). Effect of meteorology and transport on particle concentrations and size distribution in Eastern Mediterranean atmosphere. *metu.edu.tr*
- van Der Werf, H. M. G., Knudsen, M. T., & Cederberg, C. (2020). Towards better representation of organic agriculture in life cycle assessment. *Nature Sustainability*. *academia.edu*
- Vanbergen, A. J., Aizen, M. A., Cordeau, S., Garibaldi, L. A., Garratt, M. P., Kovács-Hostyánszki, A., ... & Young, J. C. (2020). Transformation of agricultural landscapes in the Anthropocene: Nature's contributions to people, agriculture and food security. In *Advances in Ecological Research* (Vol. 63, pp. 193-253). Academic Press. *unrn.edu.ar*
- Wang, C., Amon, B., Schulz, K., & Mehdi, B. (2021). Factors that influence nitrous oxide emissions from agricultural soils as well as their representation in simulation models: a review. *Agronomy*. *mdpi.com*
- Wang, L., Vo, X. V., Shahbaz, M., & Ak, A. (2020). Globalization and carbon emissions: is there any role of agriculture value-added, financial development, and natural resource rent in the aftermath of COP21?. *Journal of Environmental Management*. [HTML]
- Ward, N. (2022). Net Zero, Food and Farming: Climate Change and the UK Agri-Food System. [HTML]
- Westaway, S., Żyłowski, T., Hardiman, S., & Smith, L. G. (2024). Integrating sustainability assessment tools with life cycle analysis for agroecological systems: A UK case study. *Agricultural Systems*. [HTML]
- Xu, X., Sharma, P., Shu, S., Lin, T. S., Ciais, P., Tubiello, F. N., ... & Jain, A. K. (2021). Global greenhouse gas emissions from animal-based foods are twice those of plant-based foods. *Nature Food*, 2(9), 724-732. *abdn.ac.uk*
- Yalçinkaya, N. M. (2022). AN EVALUATION OF WIND POWER INVESTMENTS AND ENVIRONMENTAL ASSESSMENT PROCESSES IN TÜRKİYE. *Environmental Engineering & Management Journal (EEMJ)*, 21(2). [HTML]
- Yang, H., Wang, X., & Bin, P. (2022). Agriculture carbon-emission reduction and changing factors behind agricultural eco-efficiency growth in China. *Journal of Cleaner Production*. [HTML]
- Zhao, X., Taheripour, F., Malina, R., Staples, M. D., & Tyner, W. E. (2021). Estimating induced land use change emissions for sustainable aviation biofuel pathways. *Science of the Total Environment*, 779, 146238. *sciencedirect.com*

İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN YERALTI SUYU KAYNAKLARI ÜZERİNDEKİ ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI: SİMÜLASYON MODELLERİNİN ROLÜ

Dr. Öğr. Üyesi.Olcay GÜLÇİÇEK UYSAL (ORCID:0000-0001-9032-4241)
Mersin Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi,Çevre Mühendisliği Bölümü
Email:olcay.gulcicek@gmail.com

Özet

İklim değişikliği, su kaynakları üzerinde önemli etkiler yaratarak, bu kaynakların yönetimi ve korunması açısından ciddi zorluklar ortaya çıkarmaktadır. Bu bağlamda, literatürde yer alan çalışmalar, hidrolojik modelleme ve simülasyon tekniklerinin su kaynakları yönetimindeki rolünü vurgulamaktadır. Dünya'nın su kaynaklarının büyük bir kısmı, okyanuslardaki tuzlu sulardan oluşur. Kullanılabilir tatlı suyun %99'unu oluşturan yeraltı suyu, içme suyu ihtiyacımızın ana kaynağı olmasının yanı sıra sulama için de %60-70 oranında destek sağlar. İklim değişikliği nedeniyle artan sıcaklıklar ve değişen yağış rejimleri, yeraltı suyu sistemlerini doğrudan etkileyerek beslenme, deşarj ve sıcaklık düzenini etkiler. Hidrolojik modeller, karmaşık sistemlerin anlaşılmasına önemli katkılar sağlar. Son araştırmalar, iklim değişikliğinin yeraltı suyu beslenmesi üzerindeki etkilerini değerlendirmek için sayısal modellerin kullanımı üzerine yoğunlaşmıştır. İklim değişikliği ile birlikte artan belirsizliklerin, su kaynakları yönetiminde daha karmaşık ve dinamik modellerin geliştirilmesini gerektirdiğini belirtmektedir. Bu bağlamda, hidrolojik modelleme, su kaynaklarının yönetiminde daha iyi karar verme süreçleri için bir araç olarak öne çıkmaktadır. Sonuç olarak, bu literatür incelemesi, iklim değişikliğinin yeraltı su kaynakları üzerindeki etkilerini anlamak ve yönetim stratejilerini geliştirmek için hidrolojik modelleme ve simülasyon tekniklerinin önemini ele almaktadır. Bu bağlamda, mevcut çalışmaların analizi, su kaynakları yönetiminde karşılaşılan zorlukların aşılmasında kritik bir rol oynamaktadır. Bununla birlikte, hidrolojik modellemenin uygulanabilirliğine dair somut örneklerin verilmesi ve iklim değişikliği ile ilgili güncel verilerin daha kapsamlı bir şekilde incelenmesi, gelecekteki araştırmalara yön verebilir.

Anahtar Kelimeler: İklim Değişikliği, Yeraltı Suyu, Modelleme

**EXPLORING THE INFLUENCE OF CLIMATE CHANGE ON GROUNDWATER
RESOURCES: THE ROLE OF SIMULATION MODELS**

Abstract

Climate change creates significant impacts on water resources, posing serious challenges in terms of management and protection of these resources. In this context, studies in the literature emphasize the role of hydrological modeling and simulation techniques in water resources management. Most of the Earth's water resources consist of salt water in the oceans. Groundwater, which constitutes 99% of usable fresh water, is the main source of our drinking water needs and also provides 60-70% support for irrigation. Increasing temperatures and changing precipitation regimes due to climate change directly affect groundwater systems, affecting recharge, discharge and temperature patterns. Hydrological models make important contributions to the understanding of complex systems. Recent research has focused on the use of numerical models to assess the effects of climate change on groundwater recharge. He states that increasing uncertainties with climate change require the development of more complex and dynamic models in water resources management. In this context, hydrological modeling stands out as a tool for better decision-making processes in water resources management. In conclusion, this literature review addresses the importance of hydrological modeling and simulation techniques to understand the effects of climate change on groundwater resources and develop management strategies. In this context, analysis of existing studies plays a critical role in overcoming challenges in water resources management. However, providing concrete examples of the applicability of hydrological modeling and a more comprehensive examination of current data on climate change can guide future research.

Keywords: Climate Change, Groundwater, Modeling

1. GİRİŞ

Dünyadaki toplam suyun yalnızca %3'ü tatlı sudur ve bunun yaklaşık %30'unu yeraltı suları oluşturmaktadır. Tatlı suyun %1'den azı yüzey suyu sistemlerinde depolanmaktadır. Yaklaşık 1,5-3 milyar insan birincil içme suyu kaynağı olarak yeraltı suyuna bağımlıdır ve küresel olarak yeraltı suyu çekimlerinin %60-70'i sulama amacıyla kullanılmaktadır. Yeraltı suyu, dünyanın mevcut içilebilir suyunun %50'sini oluşturarak; hem insan hem de doğal sistemleri desteklemede hayati bir rol oynamaktadır (Du Plessis,2017; López-Morales ve Mesa-Jura,2017; Misra 2014; Velis ve diğerleri,2017).

Yeraltı suyu iklim sisteminin işleyişinde önemli bir rol oynamaktadır fakat, iklim sisteminin karmaşık yapısı nedeniyle iklim değişikliğinin yeraltı suyu üzerindeki potansiyel etkileri hala belirsizliğini korumaktadır (Liesch, ve Wunsch,2019; Munday ve diğerleri,2017). Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli'ne (IPCC) göre, 1861'den bu yana küresel ortalama yüzey sıcaklığında yaklaşık $0,6 \pm 0,2$ °C'lik bir artış kaydedilmiştir ve önümüzdeki yüzyılda 2 ila 4 °C'lik bir artış daha beklenmektedir. Sıcaklık artışları, bitkilerin yüzey suyunun buharlaşmasını ve terlemesini artırarak hidrolojik süreçleri önemli ölçüde etkileyebilir. Bu değişikliklerin yağış modellerini, zamanlamasını ve yoğunluğunu etkilemesi, dolaylı olarak suyun dağıtımını ve depolanmasını etkilemesi beklenmektedir (IPCC, 5. Değerlendirme Raporu).

Araştırmacılar, iklim değişikliğinin yüzey ve yeraltı suyu kaynaklarını nasıl etkileyebileceğini değerlendirmek için belirli hidrolojik modeller kullanmışlardır. Hidrolojik süreçlerin yanı sıra yüzey yapısı ve toprağa da bağlı olan yeraltı suyu beslenimi üzerine araştırmalar yürütülmüştür. Yapılan bir araştırmada, değişen yağış rejimlerinin yeraltı suyu beslenimi üzerindeki etkilerini analiz etmek için doymamış bölgenin tek boyutlu bir modeli (Richard denklemine dayalı) kullanmıştır. Bulgular, beslenimin sadece yağışın ötesindeki faktörler tarafından önemli ölçüde değiştirilebileceğini ve bitki örtüsünün önemli bir rol oynadığını göstermiştir.

Yeraltı suyu modellemesinin kullanımı, yeraltı suyu yönetimi planlama ve karar alma süreçlerini desteklemede etkili olduğu kanıtlanmıştır. Bu modeller, insan müdahalesinden etkilenen süreçler de dahil olmak üzere yeraltı suyu sistemlerinin dinamiklerini ve kontrollerini anlamak için teorik bir çerçeve sağlamaktadır. Yeraltı suyu modelleri, su kaynaklarının değerlendirilmesi, korunması ve restorasyonu ile ilgili araştırmalarda giderek daha önemli hale gelmiştir. Yeni yeraltı suyu stratejilerinin, mevzuatların geliştirilmesi, değerlendirilmesi ve iyileştirilmesi için değerli ve uygun maliyetli içgörüler sunarlar.

Bu makale, iklim değişikliği ve yeraltı suyu bileşenleri arasındaki etkileşimi incelemeyi, kullanılan yöntemleri, bunların artılarını ve eksilerini ve yeraltı suyu hassasiyetini değerlendirmede gösterge seçiminin kritik rolünü keşfetmeyi amaçlamaktadır. İklim değişikliğinin yeraltı suyu hassasiyeti üzerindeki etkisine ilişkin daha önceki araştırmalarda ele alınan çeşitli yönler hakkında kısa bir anlayış sunmak için önceki literatürün özeti sunulmaktadır.

2. İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ VE YERALTI SUYU ETKİLEŞİMLERİ

Yeraltı suyu, su depolama için büyük bir yeraltı tamponu olarak kabul edilen doğal hidrolojik döngünün vazgeçilmez bir bileşenidir. Sızma yoluyla, yeraltı akiferleri, su toplayan yüzey

akışlarından, nehirlerden ve göllerden süzülerek su alır. Öte yandan, yeraltı suyu deşarjları da örneğin bitkilerden buharlaşma, sığ yeraltı suyu tablalarından buharlaşma ve akarsulara ve göllere sızıntı yoluyla meydana gelir. Bu nedenle yeraltı suyunun beslenmesi ve boşaltılması, yeraltı suyunun miktarını ve kalitesini kontrol eden iki doğrudan yoldur. Dolaylı olarak, iklim değişikliği nedeniyle artan hava sıcaklığı ve dolayısıyla zemin sıcaklığı, yeraltı suyunun çözünmüş içeriğini de değiştirebilir çünkü sıcaklık, mikrobiyal toplulukların faaliyetlerini ve yeraltı suyundaki madde konsantrasyonlarını düzenleyen ilgili biyolojik ve jeokimyasal süreçleri etkiler (Pitz, 2016; Riedel, 2019).). Bahsedilen doğal süreçlerin dışında insanın rolü ve faaliyetleri de gözden kaçırılmamalıdır. Antropojenik faaliyetlerin yeraltı suyu kirliliğinin başlıca suçlusu olduğu bilinirken, iklim değişikliğiyle mücadeleye yönelik insan eylemlerinin (örneğin arazi kullanımı değişiklikleri ve karbon tutumu) yeraltı suyu kalitesi üzerindeki etkileri yalnızca birkaç önceki çalışmada rapor edilmiştir. İklim değişikliğiyle bağlantılı çevresel krizler ve iklim değişikliğiyle mücadeleye yönelik insan eylemleri göz önüne alındığında, yer altı akifer sisteminin bozulması nedeniyle yeraltı suyunun fiziksel, biyolojik ve kimyasal özellikleri değişebileceğinden yeraltı suyu kalitesi daha da kötüleşebilir. İklim değişikliğinin yeraltı suyu miktarının yanı sıra yeraltı suyu kalitesi üzerindeki etkilerini de anlamak, koruma çabalarımızı doğru perspektife oturtmak açısından büyük önem taşıyor.

Son yıllar da iklim değişikliği ile yeraltı suyu sistemleri arasındaki ilişkiye ilişkin giderek artan sayıda çalışma yapılmaktadır. Ancak yüzey suları üzerine yapılan çalışmalarla karşılaştırıldığında bu konu, özellikle de iklim değişikliğinin yarattığı stres altındaki yeraltı suyunun miktarıyla değil kalitesiyle ilgili araştırmalarda çok daha az ilgi görmektedir.

Geçtiğimiz on yıl boyunca inceleme makalelerinin çoğu, yeraltı suyunun beslenmesi/depolanmasındaki değişiklikler (Earman ve Dettinger, 2011; Ramasamy ve Lee, 2017; Smerdon, 2017), sıcaklıklar/yağıştaki değişiklikler (Kurylyk ve diğerleri) gibi fiziksel değişikliklere , 2014; Ramasamy ve Lee, 2017) ve hidrolojik dolaşım (Refsgaard ve diğerleri, 2016). odaklanmıştır. Yeraltı suyu kalitesine ilişkin makalelerde çoğunlukla belirli bölgeye odaklanmıştır (Bloomfield ve diğerleri, 2006; Bondu ve diğerleri, 2017; Lipczynska-Kochany, 2018; Mao ve diğerleri, 2023; Stuart ve diğerleri) diğerleri, 2011).

Yeraltı suyu beslenimindeki büyük azalma, tamamen dünya nüfusundaki önemli artışa ve buna bağlı olarak su talebindeki yükselişe bağlanamaz. Çok sayıda çalışma, iklim değişiklikleri ile yeraltı suyu seviyeleri arasında ilişki olduğunu göstermiştir (Asoka ve diğerleri,2017; Graf ve diğerleri, 2017; Russo ve Lall, 2017;Sivarajan ve diğerleri 2019;Knaap ve diğerleri,2015; Engelenburg ve diğerleri,2018). Su kaynaklarının yönetimi ve gıda güvenliğine ilişkin gelecekteki senaryoların, özellikle kırsal ve kurak bölgelerde yeraltı suyuna artan talep tarafından önemli ölçüde şekillendirilmesi öngörülmektedir (Gamvroudis ve diğerleri, 2017; Mustafa 2019).

Tüm yeraltı suyu sistemini doğrudan etkileyen (Costa ve diğerleri,2019) iklim değişikliği, yeraltı suyu-yüzey suyu etkileşimleri, yeraltı suyu akışları, beslenmesi ve depolanması (Asoka ve diğerleri,2017), yeraltı suyu deşarjı ve yeraltı suyu kalitesi dahil olmak üzere çeşitli yönleri etkilemektedir. Yeraltı suyunun mevcudiyeti, bitki örtüsü türleri ve yetiştirme tekniklerindeki değişiklikler ve ayrıca ürünlerin buharlaşma-terleme su talebindeki olası artışlar dahil olmak üzere iklim değişikliğinin getirdiği arazi kullanımındaki değişiklikler nedeniyle baskı altındadır (Alam ve diğerleri,2019).

Yeraltı suyunun deşarjı, yeraltı kaynaklarından gelen suyun bir akifer yoluyla bir yüzey suyu kütlesine veya insan tüketimi yoluyla yüzeye çıkarılmasıyla gerçekleşir. Güncel iklim eğilimlerine dayalı tahminler, giderek kurak bir iklim yaşayan bölgelerde, örneğin güneybatı Amerika Birleşik Devletleri (Weissinger, ve diğerleri, 2016), Sikkim Himalaya (Tambe ve diğerleri, 2012) ve Çin, Shanxi'deki Niangziguan Kaynakları (Zhong ve diğerleri, 2016) gibi, yeraltı suyuyla beslenen kaynaklardan deşarjda bir azalma olduğunu göstermektedir. Artan tarımsal kullanım ihtiyacını karşılamak için aşırı yeraltı suyu kullanımı, iklim değişikliğinin önemli bir ikincil sonucudur. Bu kullanım, yüzey suyu kotlarını önemli ölçüde düşürebilir ve sonuç olarak, akarsu akışına taban akışı girdilerini sınırlayabilir.

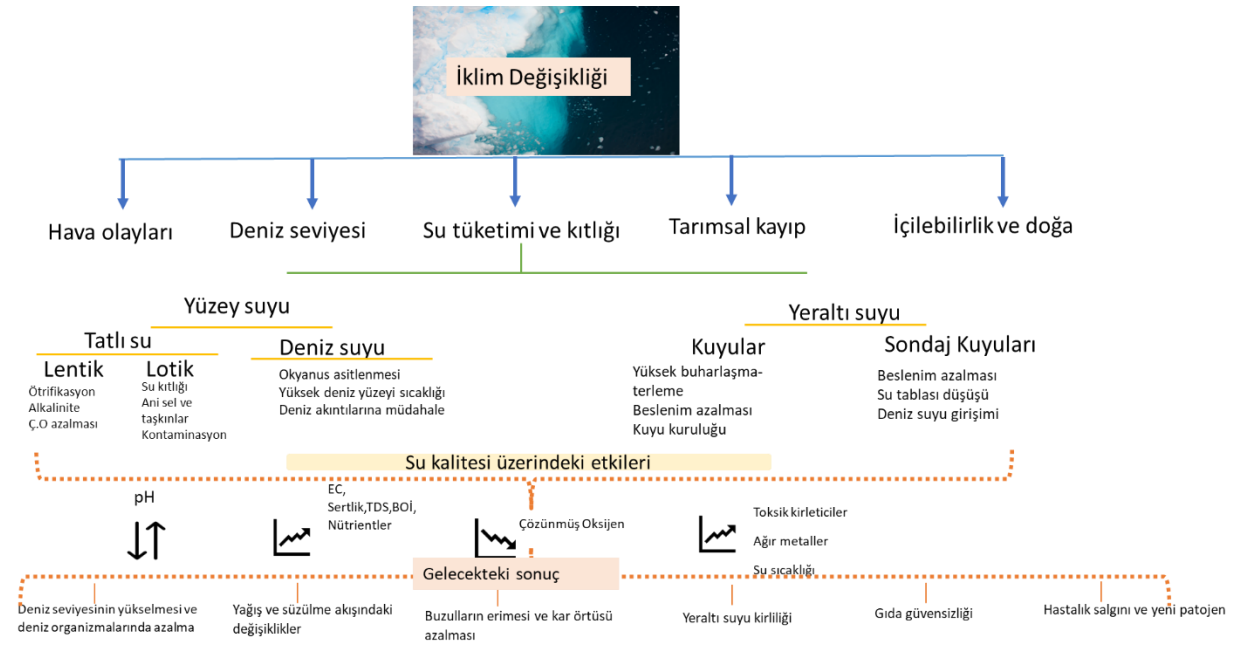
Kurylyk ve diğerleri (2016) tarafından yürütülen simülasyonlar Kanada, New Brunswick'teki çalışma alanlarında yeraltı suyu sıcaklığında 3,6 °C'ye kadar bir artış olduğunu ortaya koymuştur. Araştırmacılar, iklim değişikliğinin yeraltı suyu sıcaklığının deşarjı üzerindeki gelecekteki herhangi bir etkisinin, termal koşullara olan kritik bağımlılıkları nedeniyle zaten tehlike altında olan bu türler için bir tehdit oluşturabileceğini savunmaktadırlar (Graaf ve diğerleri, 2017; Russo ve Lall, 2017; Amanambu ve diğerleri, 2020). Yeraltı suyu sıcaklığında beklenen olumlu değişim, özellikle sığ akiferlerde yeraltı sıcaklıkları ve yüzey hava sıcaklıklarının güçlü bir pozitif korelasyon göstermesiyle, artan küresel hava sıcaklıkları projeksiyonları tarafından yönlendirilmektedir (Kurylyk ve diğerleri, 2016).

Bugüne kadar yeraltı suyu ile iklim değişikliği arasındaki bağlantı hakkında birçok bilgi boşluğunu doldurmak için çok sayıda araştırma yürütülmüştür. Literatür, iklim değişikliğinin geniş anlamda hidrolojik döngüyü yoğunlaştıracağını, daha soğuk alanların daha da soğumasına ve nemli bölgelerin daha nemli olmasına neden olacağına dikkat çekmektedir. Yeraltı suyu üzerinde yapılan modellemeyle ilgili olarak hala araştırma boşluğu vardır.

Yeraltı suyu iklim sisteminde önemli bir rol oynasa da, iklim sistemini karakterize eden karmaşık etkileşim ve geri bildirim ağı, iklim değişikliğinin birçok olası etkisinin hala tam olarak anlaşıldığı anlamına gelmektedir. Yeraltı suyu ve iklim sistemi elemanlarını içeren karmaşık ilişki Şekil 1'de gösterilmektedir. Yeraltı suyu beslenmesindeki uzay-zamansal dalgalanmaları etkileyen temel faktör iklimdir ve yağış, belirli beslenme yoluna bakılmaksızın beslenmeyi en büyük şekilde doğrudan etkileyen iklim bileşenidir (Kurylyk ve diğerleri, 2015).

Yeraltı suyunun daha geniş resminde çevresel değişkenlerin önemi, küresel iklim modellerinin (GCM'ler) yaygın olarak uygulanması ve gelecekteki yeraltı suyu koşullarını tahmin etmek için yağış hakkındaki bilgilerle vurgulanmaktadır. Belirli bir bölgedeki toplam yağıştaki artış, yeraltı suyu beslemesi için erişilebilir su miktarını artırır ve normal koşullar altında beslemede artışa neden olur. Tersine, azalan yağışların yeniden beslenme miktarını da buna bağlı olarak azaltması beklenmektedir (Fu ve diğerleri, 2019). Ayrıca yağış olayının türü de yeniden şarj oranları üzerinde etkiye sahiptir. Kardan yağmura geçiş nedeniyle yeniden dolmuş/yağış oranlarında azalma meydana gelebilir. Dünya ısındıkça, daha fazla miktarda yağışın kar yerine yağmur olarak düşeceği ve soğuk iklimlerle karakterize edilen bölgelerde, daha sıcak kış sıcaklıkları yerdeki don derinliğini azaltmadıkça, artan sızma ve yeniden beslenmeyi teşvik etmedikçe, daha az yeniden beslenme yaşanabileceği öngörülmüyor. Sıcak bir kış, karların daha erken ve daha uzun süre erimesine neden olabilir, bu da kışın beslenmeyi önemli ölçüde artıracak, ancak ilkbahar ve yaz beslenmesini azaltacaktır (Klove ve diğerleri, 2014). Yağışın düşme hızı aynı zamanda yeraltı suyunun beslenmesini de etkiler. Tropikal bölgelerde yağış yoğunluğu, gelecekte yeraltı suyunun beslenmesinin birincil belirleyicisi olacaktır. Ek olarak,

buharlaştırma-terleme (ET), kök bölgesinin altına sızmayı engelleyerek hafif yağmurların yeraltı suyunun yeniden beslenmesini destekleme yeteneğini azaltabilir. Çok sayıda çalışma, yerli bitki örtüsünün tarım arazileri veya yapılaşmış yüzeylerle değiştirilmesi gibi değişikliklerin bir sonucu olarak yeniden şarjda önemli değişiklikler olduğunu göstermiştir (Oliveria ve diğerleri2017). Örneğin, yağışta küçük bir azalma olsa bile, tarım için ormanların temizlenmesi yoluyla yaprak alanının azaltılması yeraltı suyunun beslenmesini iyileştirebilir (Owuor ve diğerleri, 2016). Öte yandan, diğer araştırmalar, çayırliktan ormanlık alana geçiş gibi daha yüksek bitki örtüsü yoğunluğunun, yeraltı suyu beslenmesinde azalmaya (Oliveria ve diğerleri2017) veya hızlı kentleşmeye ve doğal yüzeylerin yerleşim alanlarıyla değiştirilmesine neden olabileceğini göstermiştir. Genel olarak, bitki örtüsündeki değişiklikler gibi geçici bir değişiklik veya kentleşme gibi kalıcı bir değişiklik olsun, arazi kullanımı/örtü değişiklikleri buharlaştırma, terleme, sızma ve yüzey akışı dahil olmak üzere su dengesi süreçlerini değiştirerek yeniden şarjı etkileyebilir (Kundu ve diğerleri,2017).



Şekil 1. Yeraltı suyu sistemlerinin iklim değişikliği karşısında etkileşimleri ve değişimleri.

İklim değişikliğinin yeraltı suları üzerindeki etkilerine ilişkin mevcut araştırmalar sınırlıdır ve iki temel etki şekli tanımlanmaktadır: (1) kıyı akiferlerinin aşırı kullanımı ve (2) kimyasal bileşiklerin yıkama yoluyla akiferlere karışması (Klove ve diğerleri,2014). Akiferlere sızan sulama geri dönüş akışları, suyun kalitesini bozan tehlikeli maddeler getirebilir (Merz ve Lischeid,2019). Daha sıcak kış ayları ve orta/yüksek enlemlerde artan kar erimesi ile karakterize edilen gelecekteki iklim koşulları, doymamış bölgede çözünen maddelerin sızmasını ve kirletici maddeleri artırabilir, dolayısıyla yeraltı suyu kalitesini etkileyebilir. Ayrıca araştırmalar, iklim değişikliğinin az gelişmiş bölgelerdeki sağlıksız koşulları daha da kötüleştirebileceğini ve fosseptik kullanımından kaynaklı atıksuların yeraltı suyuna sızmasına neden olabileceğini öne sürmektedir (McGill ve diğerleri, 2019). Çok sayıda çalışma, iklim değişikliğinin ve arazi kullanımı değişikliğinin, özellikle nitrat konsantrasyonları açısından yeraltı suyu kalitesini nasıl etkilediğini değerlendirmiştir. Bu çalışmalar, yüksek sulama ve

besleme senaryolarının yeraltı suyundaki nitrat konsantrasyonlarında artışa yol açtığını göstermektedir (Pulido-Velazquez ve diğerleri, 2015). Artan su talebi ve iklim değişikliğinin getirdiği kuraklıklar nedeniyle, tuzlu su girişi ve kuyuların aşırı kullanımından kaynaklanan tatlı suyun tuzlanması, özellikle kıyı bölgelerindeki kalkınmayla daha da kötüleşmektedir (Romanazzi ve diğerleri,2015; Knott ve diğerleri,2019).

Literatürden elde edilen önemli veriler aynı zamanda çeşitli akiferlerdeki yeraltı suyu seviyelerinde küresel bir azalmaya işaret etmektedir. Dikkate değer örnekler, Amerika Birleşik Devletleri'nin Yüksek Ovaları (Dong ve diğerleri,2019) ve Kuzeybatı Hindistan (Kambale ve diğerleri, 2017) dahil olmak üzere yeraltı suyunun hızla tükendiği yerlerdeki önemli akiferlerdir. Yeraltı suyunun tükenmesi, mevcut su miktarının azalmasından daha ciddidir; aynı zamanda, özellikle kuraklık dönemlerinde, ekolojik sürdürülebilirlik ve geçim kaynakları için de risk oluşturur (Brauman ve diğerleri,2016). Yeraltı suyunun tükenmesinin sonuçları çok yönlüdür. İlk olarak, yeraltı suyuna bağımlı ekosistemlerin refahını etkileyerek, yeraltı suyunun su kütlelerine boşaltılmasını azaltır. İkincisi, su tablasının derinliğini düşürür, böylece derin sondajlardan ve kuyulardan yeraltı suyunun çıkarılmasıyla ilgili maliyetleri artırır. Üçüncüsü, yeraltı suyunun azalması, daha önce su tutan akifer sisteminin sıkışması nedeniyle arazi çökmesi ile ilişkilendirilmiştir; İtalya'daki Venedik ve Bologna (Tosi ve diğerleri, 2016), Çin (Zhu ve diğerleri,2015), İran (Ghazifard ve diğerleri,2016), Türkiye Konya ovası gibi yerlerde gözlemlenen bir olgudur.

Yeraltı suyu depolaması, kısa akış yollarına sahip küçük akiferlere kıyasla, derin akifer sistemlerinin yağış ve yeniden beslenme oranlarındaki değişikliklere daha yavaş tepki vermesi nedeniyle iklimsel dalgalanmalara karşı hassasiyetleri fazladır (Amanambu ve ark,2020).

3. ARTAN SICAKLIĞIN YERALTI SUYU KALİTESİNE ETKİLERİ

Sıcaklık, yeraltı suyunun kalitesini ve bileşimini etkileyen çeşitli kimyasal ve fiziksel süreçleri etkileyebildiğinden yeraltı suyu kimyası için önemli bir parametredir. Belirli bir kalınlığa sahip kapalı akiferlerin çoğunlukla hava sıcaklığındaki değişikliklere karşı etkisiz olduğu bilinmesine rağmen, birçok çalışma hala 100 m derinliğe kadar yeraltı suyunun küresel ısınmaya karşı savunmasız olma ihtimalini göstermektedir (Cui ve diğerleri, 2020). İsviçre alüvyonlu akiferlerinde yapılan bir çalışma, kentsel olmayan ve kırsal alanlarda yeraltı suyu sıcaklıklarının iklim değişikliğinden büyük ölçüde etkilenmesinin beklendiğini, kentsel alanlarda ise antropojenik faaliyetlerin etkilerinin bu korelasyonun kurulmasını daha karmaşık hale getirdiğini göstermiştir (Epting ve diğerleri, 2021). Bununla birlikte, artan termal yüzey altı kullanımı, yer altı yapılarından (örneğin tüneller ve binaların bodrum katları) kaynaklanan atık ısı ve küresel ısınmayı azaltmaya yönelik uyum stratejileri, yeraltı suyu sıcaklıklarını artırmaktadır.

İklim değişikliği nedeniyle artan sıcaklıklar, yeraltı suyu kalitesi üzerinde hem doğrudan hem de dolaylı olarak önemli etkilere sahip olabilir ve bu etkinin düzeyi, ilgili bölgedeki hidrojeolojik ve iklim koşullarına bağlı olarak değişiklik gösterebilir (Riedel, 2019; Swain vd., 2022). Uzun vadeli dönemlerde meydana gelen küresel ısınma, atmosferden yeraltı sistemlerine ısı transferini kolaylaştırarak akifer sıcaklığının artmasına neden olmaktadır (Hemmerle ve Bayer, 2020). Almanya'daki gözenekli ve serbest akiferlerdeki yeraltı suyu sıcaklığının, bölgesel yüzey hava sıcaklıklarındaki önceki pozitif değişimlerle ilişkili olduğu bulunmuştur (Menberg ve diğerleri, 2014). Sonuç olarak, yeraltı suyu sıcaklığındaki bu değişiklikler,

organizmaların aktivitesi, biyojeokimyasal süreçler ve mineral ayrışması üzerinde derin etkilere sahip olabilir ve istemeden genel yeraltı suyu kalitesini etkileyebilir. Bu fenomen, yeraltı suyu sıcaklığındaki artışın, bazılarının biyokimyasal süreçleri etkileyebilen ve sonuçta yeraltı suyunun kimyasal bileşiminde değişikliklere yol açabilen organizmaların aktivitesini değiştirebilmesi nedeniyle olabilir (N. Li ve diğerleri, 2023; Y. Li ve diğerleri). ., 2023; Pitz, 2016). Ayrıca, artan yeraltı suyu sıcaklığı, CO₂ gazının giderilmesine yol açabilecek karbonat kayalarının çözünmesi veya minerallerin kimyasal adsorpsiyonu ve desorpsiyonu gibi çeşitli kimyasal süreçleri başlatabilir ve bu da yeraltı suyu kalitesinde değişikliklere neden olabilir.

Küresel ısınmanın yeraltı suyundaki çözülmüş organik madde (ÇOM) konsantrasyonu üzerinde gözle görülür bazı etkileri olduğu gözlemlenmektedir. Yeraltı suyundaki ÇOM konsantrasyonu asitliği, jeokimyasal reaksiyonları ve aynı zamanda besinlerin ve eser metallerin araziler boyunca taşınmasını etkileyebilir. Doğal olarak ÇOM, toprak organik maddesindeki (TOM) çözünebilir içeriklerin çözünmesi nedeniyle yeraltı suyunda oluşur. Nemli bölgelerde küresel ısınma, ekosistemlerdeki net birincil üretkenliği ve mikrobiyal aktiviteyi artırır, böylece toprağa organik madde girişi yoğunlaşır (Kirschbaum, 1995; McDonough ve diğerleri, 2020). Özellikle nemli bölgelerde, küresel ısınmanın neden olduğu ilkbaharın daha erken başlaması ve sonbaharda daha yağışlı hava koşullarının, bitki örtüsünün karbon katılımı için daha uzun bir süreye izin verdiği bulunmuştur (Nemani ve diğerleri, 2002). Yeraltı suyunun pH'ı ve çözülmüş oksijen (ÇO) seviyesi, iklim değişikliğinin neden olduğu TOM değişiminden de etkilenebilir (Lipczynska-Kochany, 2018; Rajendiran ve diğerleri, 2023). Sıcaklık, mikroorganizma büyümesini kolaylaştırarak, toprak kimyasını TOM'u çürümeye daha duyarlı hale getirecek şekilde değiştirerek TOM'un CO₂'ye parçalanmasını hızlandırır (Lipczynska-Kochany, 2018). TOM ayrışmasının son ürünü olan CO₂, yeraltı suyuyla temas ettiğinde yeraltı suyunun pH'ını önemli ölçüde düşürebilir. Mikrobiyal solunumun sıcaklığa bağlılığı genellikle toprak ve yeraltı suyundaki ekosistemler arasında tekdüze eğilimler gösterdiğinden, yeraltı suyundaki TOM'un bozunma oranı sıcaklığın artmasıyla da hızlanır ve bu da yeraltı suyunun asitliğini daha da artırır (Riedel, 2019).

Güneybatı Almanya'da yeraltı suyunun pH'ının, CO₂ birikimi nedeniyle sıcaklığın 1 °C artmasıyla 0,02 oranında düştüğü tespit edilmiştir (Riedel, 2019). Sonuç olarak, jeokimyasal süreçler, özellikle de redoks reaksiyonları, yeraltı suyundaki besinler ve metaller gibi kirleticilerin çözünürlüğünü ve hareketliliğini etkileyen şekilde değişebilir. Aerobik mikroorganizmalar karbonu anaerobik mikroorganizmalar daha hızlı metabolize ettiğinden, düşük ÇO seviyesi aynı zamanda TOM'un yeraltı suyundaki biyolojik bozunmasını da sınırlamaktadır (McDonough ve diğerleri, 2020).

İklim değişikliği, TOM ile metaller arasındaki etkileşimleri değiştirerek yeraltı sularındaki metal konsantrasyonlarını etkileyebilir (Dong ve diğerleri, 2022). Endüstriyel, madencilik ve tarımsal faaliyetler gibi insan faaliyetleri yoluyla çevreye yayılan metaller, toprakta ve çökeltelerde birikme eğilimindedir ve sterik ve elektrostatik mekanizmaların bir kombinasyonu yoluyla organik maddeler, mikroorganizmalar ve kirleticiler arasında kompleksler oluşturur (Lipczynska-Kochany, 2018). Bu tür komplekslerin oluşumu metallerin çökmesini önleyerek onları çözünür halde tutar ve böylece yeraltı suyunda yükselen metalleri besler (Dong ve diğerleri, 2022). Metallerin kompleksleşmesi TOM konsantrasyonu ve yapısı, pH, ÇO seviyesi ve sıcaklık gibi çeşitli faktörlerden etkilenebilir (Dong ve diğerleri, 2022; N. Li ve diğerleri, 2023; Y. Li ve diğerleri, 2023). Nemli bölgelerdeki yeraltı suyunda iklim değişikliğinin neden olduğu TOM konsantrasyonundaki artış, metal stabilizasyonunu destekler; çünkü bu, daha

düşük nanopartikül yakınlığı ve kompleksleşme için daha fazla kullanılabilir ligand anlamına gelir ve bu da daha fazla metalin bağlanmasına ve dolayısıyla daha stabil olmasına neden olur (Gogoi ve diğerleri, 2016; Li. ve diğerleri, 2023; Y. Li ve diğerleri, 2023).

Daha sıcak iklimler, daha önce yüzey sularıyla sınırlı olan zararlı alglerin çoğalmasından kaynaklanan siyanotoksin sorununu yeraltı suları için de endişe kaynağı haline getirebilir. zararlı alglerin küresel riskleri muhtemelen iklim değişikliğinin etkileri nedeniyle ağırlaşmaktadır. Yüksek sıcaklık (yani 25 °C'nin üzerinde), siyanobakterileri diğer fitoplankton türlerine göre avantajlı hale getirir ve siyanobakteriler dahil bazı alg türleri için uygun ortamlar yaratır (Arheimer ve diğerleri, 2005; Joehnk ve diğerleri, 2008; Reynolds, 2006) .

İklim değişikliğinin potansiyel etkileri, yeraltı suyunun kalitesi üzerinde çok daha ciddi ve karmaşık etkilere sahip olabilecek orman yangını risklerinin artmasına katkıda bulunmaktadır. İklim değişikliği bitki örtüsünü etkileyerek bazı bölgeleri kontrol edilemeyen yangınlara karşı daha savunmasız hale getirebilir. Örneğin, sıcaklıkların artması ve koşulların kuruması ormanlar ve diğer bitki örtüsünün daha kuru ve yanıcı hale gelmesine, ormanların daha yoğun ve daha uzun süre yanmasına neden olarak orman yangınlarının kontrol altına alınmasını ve söndürülmesini zorlaştırıyor. Uzun vadede, orman yangınları, yeraltı suyunun kalitesini, yangınların ürettiği toksik maddelerden kaynaklanan kirlilik, yeraltı suyunun kimyasal bileşimindeki değişiklikler, yenilenen yeraltı suyu miktarında azalma, bitki örtüsünün değişmesi ve riskin artması dahil olmak üzere çeşitli şekillerde etkileyebilir.

4. DEĞİŞEN YAĞIŞ REJİMİNİN YERALTI SUYU KALİTESİ ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

İklim değişikliği yağışların artmasına neden olabilir ve taşkınların meydana gelme olasılığını artırabilir. Yağış sıklığının ve yoğunluğunun artırılması, yüzeydeki ve vadoz bölgesindeki kimyasalların aşağı akışını artırır, böylece askıda ve çözünmüş katı maddelerin akiferlere girişi artar. Yeraltı suyu doğal olarak hem yağmurla hem de yüzey suyundan sızarak beslenmeyle yenilenmektedir (Taylor ve diğerleri, 2013). Yağış toprağa sızıp, yeraltı suyu tablasına ulaştığında, yaygın beslenme meydana gelmektedir. Her iki süreç de yağışa bağlıdır ve bu nedenle, iklimi değiştiren senaryolar altında artan veya azalan yağış oranındaki değişiklik, kirleticilerin taşınması ve çözünmüş maddelerin konsantrasyonu nedeniyle yeraltı suyu sistemlerinin yalnızca miktarını değil aynı zamanda kalitesini de etkileyebilir. Ayrıca beslenme ve deşarjdaki değişikliklerin yanı sıra kuraklık ve yoğun yağışlar da yeraltı suyu kullanımını etkilemektedir. Bu nedenle, yağış olaylarının yoğunluğunun artması veya kurak dönemlerin uzaması gibi yağış düzenindeki değişiklikler, hem yaygın hem de odaklanmış beslenme yoluyla yeraltı suyu beslenmesi üzerinde belirgin etkilere sahip olabilir.

Kurak ve yarı kurak bölgelerde, hidrojeokimyasal bir formasyondaki vadoz bölgesi, yalnızca yıllar boyunca doğal koruma nedeniyle değil aynı zamanda uzun vadeli yoğun tarım uygulamaları nedeniyle büyük bir çözünür klorür ve nitrat rezervuarıdır (Gurdak vd., 2007). İklim değişikliğiyle ilişkili bu kurak bölgelerdeki daha şiddetli sağanak fırtınalar, bu maddelerin alta yatan yeraltı suyu tablasına doğru aşağı doğru hareket etmesini teşvik edebilir, bu da sığ akiferleri tuzlanmaya ve nitrat kirliliğine karşı duyarlı hale getirebilir (Cui ve diğerleri, 2020). Ayrıca, ıslak topraklar daha yüksek hidrolik iletkenliğe sahiptir ve bu nedenle kirleticiler madde bakımından zengin su (özellikle pestisitler) yüzeyden toprak matrisine daha hızlı hareket edebilir ("ıslak" toprakların periyodu daha kısa olmasına rağmen) (Bloomfield ve diğerleri, 2006) . Yağış daha yüksek bir yoğunlukla karakterize edilirse, pestisitleri ve diğer kirleticiler

maddeleri yatay olarak komşu yüzey su kütlelerine ve ayrıca dikey olarak daha derin toprak katmanlarına ve yeraltı suyu akiferlerine doğru akıtan baypas yüzey akışının meydana gelme potansiyeli daha yüksektir. (Bloomfield ve diğerleri, 2006).

Kışın sığ akiferlerin tuzlanması başka bir şekilde gerçekleşir. Sodyum klorür, kalsiyum klorür ve magnezyum klorür gibi tuzlar, özellikle soğuk iklime sahip bölgelerde, kışın yolların buzunu çözmek için sıklıkla kullanılır. Ancak bu uygulama, yeraltı suyunda onlarca yıl sürebilecek tuz konsantrasyonlarının artmasına neden olabilir (Jackson ve diğerleri, 2005; Kelly, 2008). İklim ısındıkça, daha fazla yağmur fırtınası ve kar erimesi, yüzey akışında artışa ve dolayısıyla toprağa ve yeraltı suyuna giren tuz konsantrasyonunda artışa neden olabilir. Akıntı ve kar erimesi tuzu hızlı bir şekilde harekete geçirebilirken, yeraltı suyunda depolanan tuzun deşarj yoluyla akarsu kanallarına ulaşması yıllar alabilir ve bu da yeraltı suyundaki tuz içeriğinde ani bir artışa neden olabilir (Stirpe ve diğerleri, 2017).

Daha sık ve uzun süren kurak dönemler aynı zamanda arazilerin daha fazla çatlamasına neden olabilir ve daha sonraki yağışlar sırasında daha fazla sızma meydana gelebilir. Birçok yüzey toprak katmanı için, kurak dönemleri takip eden yağmur sırasında ve sonrasında meydana gelen fiziksel değişiklikler (örneğin şişme, sızdırmazlık, büzülme ve çatlama), çatlaklar daha derine indikçe ve suyu daha derine ilettiğinden, toprak matrisindeki suyun hareketini büyük ölçüde etkiler (Stuart vd., 2011). Daha spesifik olarak, daha az yağışlı, daha sıcak ve daha kuru yazlar, su içeriklerinin azalması nedeniyle killi topraklarda çatlakların (hem kapsam hem de derinlik) artmasına, büzülmesine ve şişmesine neden olabilir. Toprak yeniden ıslandığında, bu çatlakların kalıntıları kalabilir (özellikle derin çatlaklar söz konusu olduğunda) ve yüzey akış yollarının sayısını ve belki de bağlantısını artırabilir (topraktaki suyun kısa devre akışı, yüzeydeki ve yeraltındaki suyu birbirine bağlayan) (Bloomfield ve diğerleri, 2006), böylece besin maddeleri, pestisitler ve herbisitler gibi kirleticilerin mahsulün kök bölgesinden hızla alt toprağa geçmesine ve potansiyel olarak yeraltı suyunu kirletmesine izin verir (Chen ve diğerleri, 2002; Harris ve diğerleri, 1994).

5. TEMEL MODELLEME YAKLAŞIMLARI

İklim değişikliğinin yeraltı suyu sistemlerini nasıl etkileyeceğine ilişkin şu anda mevcut olan sınırlı tahminlerin çoğunda sayısal modellerden yararlanılmıştır. Bu modeller genellikle geçmiş verilerle kalibre edilir ve daha sonra girdi olarak hava durumu verileriyle birlikte kullanılır. Kirlemeye karşı spesifik hassasiyetin değerlendirilmesi için çeşitli yaklaşımlar önerilmiştir. Bu yaklaşımlar katman/indeks (Leterme, ve Mallants,2011), istatistiksel ve süreç/model tabanlı yöntemler olarak sınıflandırılabilir. Bunlar arasında, içsel ve spesifik güvenlik açığını değerlendirmek için yaygın olarak kullanılan uluslararası yöntemler arasında DRASTIC, GOD, AVI, SINTACS, değiştirilmiş SINTACS, DART, GALDIT vb. yer alır (Scibek ve Allen,2006; Toews, ve Allen 2009).

Leterme ve Mallants tarafından Almanya'daki Nete havzasında yürütülen bir çalışmada, yağış ve arazi kullanımı değişikliği göstergelerinin göreceli etkisini değerlendirmek için Hydrus-1D modeli kullanılmıştır. Çalışmaları mevcut koşullar altında yıllık ortalama beslenimin 391 mm olarak tahmin etmişler ve sıcaklık artışında bu değer %7,7 oranında azalacağını, sıcaklık düşüşüyle de % 67,3 oranında düşeceğini tespit etmişlerdir. Mevcut ve öngörülen sıcak ve soğuk alanlardaki yeraltı suyu beslenimi, diğer her türlü arazi kullanımı değişikliklerinin bir sonucu olarak azaldığını raporlamışlardır.

2006 yılında Scibek ve Allen , yeraltı suyu sistemleri üzerindeki olası etkileri araştırmak için iklim modellerini yeraltı suyu modelleriyle birleştirmeyi amaçlayan bir yöntem formüle etmişlerdir. Çalışmaları Kanada'nın güney-orta Britanya Kolumbiyası'ndaki Grand Forks çevresindeki serbest bir akiferi üzerinde Statistica modellemesi kullanılarak Kanada Küresel Bağlantılı Model 1'deki (CGCM1) model denemelerinden üretilen iklim değişikliği senaryoları üretmişlerdir. Daha sonra, MODFLOW'da uygulanan üç boyutlu geçici yeraltı suyu akışı modeli kullanılarak dört iklim senaryosu simüle etmişler ve yeraltı suyu seviyeleri mevcut koşullarla karşılaştırmışlardır. Çalışmalarının sonucunda, ortalama yıllık besleniminin yeraltı suyu seviyeleri üzerinde mekansal dağılımının, zamansal değişikliklerden daha büyük bir etkiye sahip olduğunu keşfetmişlerdir.

Bölgesel ölçekte sayısal bir yeraltı suyu modeli 2009 yılında Toews ve Allen tarafından güney Okanagan, British Columbia, Kanada'daki Oliver bölgesi için geliştirildi. Amaç, öngörülen iklim değişikliğinin yeraltı suyu üzerindeki olası etkilerini simüle etmektir. Çalışmanın tahminleri, beslenimin 2050'li ve 2080'li yıllarda yıllık su bütçesinde daha önemli bir faktör haline geleceğini göstermiştir. Mevcut durumla karşılaştırıldığında, 2050'li ve 2080'li yıllar için toplam bütçelerdeki tahmini artış sırasıyla %1,2 ve %1,4 olmuştur. Çeşitli modellerin öngördüğü şekilde iklim değişikliğine bağlı olarak yeraltı suyunda meydana gelen değişiklikler Tablo 1'de sunulmaktadır.

Tablo 1. İklim değişikliğinin yeraltı suları üzerindeki çeşitli modellere göre öngörülen etkileri.

Ülke	Kullanılan Değişkenler	İklim Değişikliği Etkinliği	Çevre Üzerindeki Etki	Yeraltı sularına etki	Kullanılan Model	Kaynak
Şahzad Ovası, İran	Hidrolik yük, yağış infiltrasyon, yüzey suyu akışı ve yüzey altı akışı.	Bölgedeki yağışlar %18-45 oranında azalacaktır (2059).Yıllık ortalama sıcaklığın yüzde 16 artarak 13,7'den 15,9'a çıkacağı öngörülmüyor.	Nehir dışarı 2059 yılı sonuna kadar %63-81 oranında azalacak.	Ortalama yeraltı suyu seviyesinin 2060 yılında 15,1 m kadar önemli ölçüde azalması.	Yeraltı suyu— Entegre hidrolojik model, MODFLOW-OWHM.	Soltani ve ark, 2023
Pencap, Hindistan	Azotlu gübre kullanımı, arazi kullanımı değişikliği, nüfus yoğunluğu, YAS nitrat, yağış, ortalama sıcaklık, potansiyel buharlaşma-terleme (PET) ve kuraklık indeksi.	Yağışın 2040 yılına kadar %5 artacağı, 2030 yılına kadar ise %0,6 azalacağı tahmin ediliyor.		Yeraltı suyundaki nitrat kirliliği 2030'da %49-50'ye, 2040'ta ise %65-66'ya yükselecek.	Yeraltı suyu kirleniminin tahmini - RF modeli (rastgele orman) İklim modeli— Küresel iklim modelleri (GCM).	Sarkar ve ark,2022
Büyük Britanya (Coltishall, Gatwick ve Paisley)	Yağış,minimum ve maksimum sıcaklık, buhar,basınç, rüzgar hızı, güneşlenme süresi, bağıl nem, potansiyel buharlaşma ve toprak nemini.	Yüksek sera gazı emisyonları (atmosferik CO2 konsantrasyonu bu yüzyılın sonunda 525 ppm'ye yükselir) ve küresel sıcaklıkta 3,5 °C artış.	2080'lerde yazlar %50'ye kadar daha kurak, kışlar ise %30'a kadar daha yağışlı olacak.	Gatwick için öngörülen yıllık yeraltı suyu beslemesinde %40, Coltishall için %20 ve Paisley için %7 azalma.	İklim modeli— Küresel iklim modelleri (GCM); UKCIP02 senaryosu).	Herrera-Pantoja, ve Hiscock,2008
Filistin	Yağış, potansiyel buharlaşma ve arazi kullanım düzeni.	Yıllık yağışlarda %10 azalma ve Sıcaklıkta 3,0 °C artış.	-	Yeraltı suyu beslemesinde %14 ila %24 azalma (636 ila 516 mcm/yıl).	İklim modeli— GCM. Yeraltı suyu akış modeli— MODFLOW.	Mizyed, 2018

**ISPEC 16th INTERNATIONAL CONFERENCE ON AGRICULTURE, ANIMAL
SCIENCE & RURAL DEVELOPMENT
November 15-17, 2024 / Konya, Türkiye**

Oka Nehri havzası, Avrupa Rusya	Yüzeysel hava sıcaklığı, yağış, hava nemi açığı ve yüzeysel akışı.	Yıllık yağış miktarı neredeyse %10 oranında arttı. Yıllık akıştaki azalma yüz yılın ortasında %25-30, sonunda ise %18-22 olacak.	-	Yeraltı suyu akışı 2050 yılına kadar %12-17 oranında azalacak.	İklim modelleri (GFDL-ESM2M, HadGEM2-ES, IPSLCM5A-LR ve MIROC5).	Kalugin,2019
Mosian ovası, İran	Yağış, minimum ve maksimum sıcaklıklar, hava sıcaklığı, radyasyon, GW beslemesi, hidrolik parametreler, kuyu başlangıç yükleri ve akış akışları.	2015-2030 döneminde yıllık yağışlar %3 oranında azalacak.		Geçtiğimiz 24 yılda araştırma alanının yeraltı suyu seviyesi yılda 0,48 m3 oranında azalmıştır. Önümüzdeki 16 yılda yeraltı sularının yıllık tükenmesinin 0,75 metreye ulaşması bekleniyor.	İklim modeli—HadCM3.	Soundala, ve Saraphirom,2022
Hindistan (Haryana, Utter)	Su akışı, potansiyel buharlaşma, yağış, sıcaklık, rüzgar hızı, güneşlenme süresi, bağıl nem ve hidrolik iletkenlik.	Yıllık ortalama yüzeysel hava sıcaklığı 2030 yılında 1,7-2 °C artacaktır.		Yeraltı suyu beslemesi, 2005 referans yılına kıyasla 2030 yılına kadar 0,09 m'den 0,21 m'ye kadar azalacaktır.	Vadoz bölgesi nem hareketi ve MODFLOW için HYDRUS ve PMWIN modelleri.	Ghazavi, ve Ebrahimi,2018
Arusha, Tanzania	Evapotranspirasyon, yüzeysel akışı, yeraltı suyunun beslenmesi, yeraltı suyunun çıkarılması ve geri dönüş akışı	Yıllık sıcaklıkların 2050 yılına kadar 0,8 °C ile 1,8 °C arasında artacağı tahmin edilmektedir. Yıllık yağışlar %10-11 oranında azalacak.	Artan evapotranspirasyon.	Yeraltı suyu beslemesi 2050 yılına kadar %30-44 oranında düşebilir ve bu da yeraltı suyu seviyelerinin en fazla 75 m kadar düşmesine neden olabilir.	MODFLOW'un Parametre Tahmini (PEST) paketi.	Joshi ve diğerleri,2020
Benin, Batı Afrika	Bir akiferin özellikleri arasında tip, hidrolik iletkenliği, ortalama deniz seviyesinden yüksekliği, kıyıda uzaklığı, deniz suyu girişiminin etkisi ve doymuş bir akifer içindeki kalınlık yer alır.	Deniz seviyesinin yükselmesi ve aşırı kullanım.	Akifere deniz suyu girişi.	Bu dönemde yeraltı suyu seviyelerinin düşmesi nedeniyle, deniz suyu girişinin Şubat ayında daha fazla, Temmuz ayında ise daha az olması muhtemeldir.	GALDIT	Yang, ve ark,2022
Birbhum Bölgesi, Batı Bengal, Hindistan	Vadoz bölgesi etkisi, topoğrafya, su seviyesine derinlik, net beslenme, akifer ve toprak ortamı ve hidrolik iletkenlik.	Sanayileşme, kentleşme, yoğun tarım.	Yeraltı suyu kirliliği.	Florür (14.31), demir (5.8), sülfat (360.55), fosfat (1.86) ve EC (2490).	DRASTIC	Ghosh ve diğerleri,2021
PT. Balangan, Güney Kalimantan, Borneo'da X	Yeraltı suyunun varlığı, akiferin türü, genel litoloji ve derinliği.	Madencilik faaliyetleri.	Yeraltı suyu kirliliği.	Orta düzeyde (0,32-0,36) yeraltı suyu hassasiyeti.	GOD	Rukmana ve diğerleri,2020

Amerika Birleşik Devletleri'nin High Plains'inde gerçekleştirilen bir yeraltı suyu araştırmasında, yeraltı suyu yeniden beslenme oranlarının 1990 ile 2050 iklimi arasında nasıl farklılaşacağını değerlendirmek için on altı küresel iklim modeli (GCM) ve üç küresel ısınma senaryosu kullanılmıştır. WAVES modeli (Toprak-Bitki Atmosfer Transferi), Yüksek Ovalarda bulunan çeşitli toprak ve bitki türleri için yeraltı suyunun beslenmesini simüle etmek için kullanılmıştır. Değişken yağış seviyelerine sahip gelecekteki iklim senaryoları, gerçek

beslenmenin %50'sini aşan tahmini beslenme farklılıkları göstermiştir. Göreceli olarak konuşursak, yüksek beslenme oranlarına sahip alanlar genellikle yağıştaki değişikliklere karşı daha az duyarlı olduğu raporlanmıştır (Crosbie ve diğerleri,2013).

Nyenje ve Batelaan'ın çalışması, Uganda'nın üst Ssezibwa havzasındaki taban akışı ve yeraltı suyu beslemesinin iklim değişikliğinden nasıl etkilendiğini incelediği çalışmada geçmiş verilerin incelenmiş, gözlemlenen deşarj ve sıcaklık düzenleriyle ilişkili olarak iklim değişikliğinin açık göstergelerini tespit edilmiştir (Nyenje, ve Batelaan,2006).

6. HİDROLOJİK MODELLEME TEKNOLOJİLERİNDEKİ GELİŞMELER

Hidrolojik modelleme, veri özümleme ve hesaplama yeteneklerindeki gelişmelerle yönlendirilmiştir ve hidrolojik süreçlerin daha iyi anlaşılması, karmaşık sistemleri anlamamıza ve yönetmemize önemli ölçüde katkıda bulunmuştur. Gelişmiş hidrolojik modeller, hidrolojik modelleri kara yüzeyi modelleriyle birleştirerek, su akışlarıyla birlikte enerjinin simülasyonunu geliştirerek kara-atmosfer etkileşimlerinin gelişmiş bir temsilini sağlar (Niu ve ark,2011).

Hidrolojik ve meteorolojik olayların çeşitli iklim senaryoları altındaki davranışı, bölgesel iklim modellerinin arazi yüzeyi verilerine dayalı hidrolojik modellerle birleştirilmesiyle de tahmin edilmektedir. Karar vericiler bu iklim senaryolarını gelecekteki iklimi karakterize etmeye yardımcı olacak görünür araçlar olarak kullanabilirler (Banda ve diğerleri, 2022). Yağış, arazi kullanımı ve toprak özelliklerindeki mekansal değişkenliği dikkate alan dağıtılmış modellerin kullanımı, geleneksel modellere kıyasla hidrolojik süreçlerin daha doğru bir şekilde temsil edilmesini sağlayabilir. Hidro-enformatik araçlarının ve uzaktan algılama verilerinin entegrasyonu, hidrolojik süreçlerin daha iyi model kalibrasyonu, doğrulanması ve izlenmesiyle sonuçlanabilir. Her modelin kaplamaları, sistemdeki hidrolojik süreçler ve su boşlukları açısından önem taşıyan benzersiz bir çıktıya sahiptir (Hrachowitz ve ark,2013).

İklim değişikliğinin su kaynakları üzerindeki etkilerini değerlendirmek için sıcaklık, yağış düzenleri ve aşırı iklim olaylarını dikkate alınarak hidrolojik modellerde değişiklikler yapılabilir. Gelişmiş belirsizlik ölçüm tekniklerinin ve veri özümleme yöntemlerinin dahil edilmesi, model tahminlerini ve parametre tahminini geliştirmek için gereklidir. Monte Carlo analizi, Bayesian istatistikleri, çok amaçlı analiz, en küçük kareler tabanlı ters modelleme, yanıt yüzeyi tabanlı yaklaşımlar ve çoklu modelleme analizi belirsizlik analizi için sıklıkla kullanılan tekniklerden bazılarıdır (Milly ve diğerleri,2008; Clark ve diğerleri,2015). Entegre hidrolojik modeller, yüzey suyu, yeraltı suyu ve atmosferik etkileşimleri birleştirerek su döngüsünün kapsamlı bir şekilde anlaşılmasına olanak tanır (Flato ve diğerleri2014; Swenson, ve Lawrence,2014). Dünya sistemi modelleri (ESM), atmosfer, okyanuslar, kara yüzeyi ve buz arasındaki bağlantıları simüle ederek iklim dinamiklerinin daha bütünsel bir temsilini sağlar. Kara-atmosfer akışları ve biyojeokimya tahminlerinin doğruluğu, dünyanın sistem modellerinde hidrolojik süreçlerin tasvirindeki gelişmelerle önemli ölçüde artmaktadır (Flato ve diğerleri2014; Swenson, ve Lawrence,2014).

Entegre değerlendirme modelleri (IAM'ler), farklı politika senaryolarıyla ilişkili etkileşimleri ve değiş-tokuşları değerlendirmek için iklim, ekonomi ve enerji gibi birden fazla alanı entegre eder. Sınır ağları ve topluluk yöntemleri de dahil olmak üzere makine öğrenimi teknikleri, çeşitli alanlarda veriye dayalı modelleme ve tahmin için giderek daha fazla kullanılmaktadır (LeCun ve diğerleri,2015). Arazi kullanımı değişikliklerini öngören modeller, insan

faaliyetlerinin arazi ve ekosistemler üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesine yardımcı olarak sürdürülebilir arazi yönetimini kolaylaştırmaktadır (Verburg ve diğerleri,2013). İnsan ve doğal sistemleri bütünleştiren modeller, sosyal ve çevresel bileşenler arasındaki geri bildirim ve etkileşimlerin analiz edilmesine yardımcı olmaktadır. Günümüzde modelleme dinamik ve hala gelişmekte olan bir alandır.

Yeraltı suyu kaynaklarının hassasiyeti, iklim değişikliğinin kendine özgü doğasına ve belirli bir akiferin hassasiyetine bağlıdır. Hasar görebilirliğin üç bileşeninden biri olan hassasiyet, akiferin doğal özelliklerine bağlıdır (Wallace ve diğerleri,2012). İklim değişikliği büyük bir faktör olsa da, iklim değişkenliği de hafife alınmayacak bir parametredir. Dikkat çekici bir şekilde, değerlendirilen çalışmaların tümü yalnızca iklim değişikliğine bakmış; hiçbiri iklim değişkenliğini hassasiyet değerlendirmelerine dahil etmemiştir. Değişkenlerin ve iklim değişikliğinin her ikisinin de iklim hassasiyeti göstergeleri üzerinde etkisi olduğunu hatırlamak önemlidir (Lavell ve diğerleri,2012).

Gerçek durumun daha kapsamlı bir incelemesi için, ortalama yıllık zaman ölçeğinde iklim değişikliklerinin aralığını ifade eden değişkenliğin dahil edilmesi gerekir. Değişimi temsil eden ortalama çevresel koşulların genel modeli, gerçek durumu tam olarak yansıtmayabilir (Gosling ve diğerleri,2011).

Her iki gösterge kategorisinin birlikte ele alınması, sistem için bunları ayrı ayrı değerlendirmekten daha büyük bir tehdit oluştursa da, arazi kullanımı/örtü ile iklim arasındaki nem değişimi yoluyla bağlantı gibi belirli göstergeler arasında karşılıklı bağımlılık mevcuttur. Yerel iklim koşullarının yeraltı suyu çıkarımı üzerinde etkisi vardır; bu da iklim değişikliği hassasiyetinin değerlendirilmesinde gösterge seçiminin önemini vurgulamaktadır. Bu entegre yöntem, sonuçların ne kadar yararlı olduğunu artırmaktadır.

7. YERALTI SUYUNUN HASSASİYET DEĞERLENDİRMESİ VE MODELLEME

Aslam ve diğerleri (2018) yeraltı suyu hassasiyetinin tüm bileşenlerini ve önemli göstergelerini kapsamlı bir şekilde değerlendirmişlerdir. IPCC çerçevesi, uyarlanabilir kapasiteyi hassasiyet değerlendirme süreci için anahtar bir bileşen olarak kabul etmektedir. İndeks bazlı metodolojilerin ve etki modellemenin entegrasyonu, uyarlanabilir kapasiteyi birleştirerek gelecekteki çalışmalarda daha iyi çıktılar sağlayabilir. Bu yaklaşım, her iki metodolojinin avantajlarını en üst düzeye çıkarırken bazı sınırlamalarını da en aza indirir.

İklimsel değişkenliği, değişikliğinden daha etkilidir ve daha ileri çalışmalar için ek kapsamlı yollar açmaktadır (Bennour ve diğerleri,2023). Deniz seviyesindeki artışlara ilişkin araştırmalar ve yeniden yapılan hesaplamalar, önemli faktörlerin etkilerini basitleştirmiştir (Reinecke ve diğerleri,2021). Bununla birlikte, akifer jeolojisi ve hidrolik iletkenliğin heterojenliğini ele almak, gerçek eğimleri hesaba katmak ve kademeli deniz seviyesi yükselişi senaryolarını (örneğin toplu eğim/hidrolik iletkenlik, anlık deniz seviyesi yükselişi ve homojen jeoloji) ele almak için daha fazla çalışmaya ihtiyaç vardır. Her ne kadar modele dayalı sonuçlar belirsizlikler içerse de, bunlar hesaplanıp atanabilir ve bu da değerlendirmenin güvenilirliğini artırır. Tek bir toplu eğim değerinin kullanılması, süreci daha yönetilebilir hale getiren bir basitleştirme ancak gerçek koşullardan sapabilir, bu da hesaplanan ve gerçek dünya sonuçları arasında gözle görülür bir tutarsızlığa yol açabilir (Bennour ve ark,2023). Daha iyi bir seçenek, mekansal değişkenliği göz önünde bulundurarak ve dijital yükseklik modelinden (DEM)

toplanan verileri kullanarak değişkeni toplu değerden kabaca doğru değerine değiştirmek olacaktır. Bu, topografik özelliklerin daha kesin bir temsilini sağlar ve hesaplamaların doğruluğunu artırır.

Yarı veya tam dağıtılmış hidrolojik modeller kullanılarak, akifer sisteminin daha açıklayıcı bir temsili sunulabilmektedir (Ferrant ve diğerleri2014). Özellikle, MODFLOW gibi tamamen dağıtılmış 3 boyutlu yeraltı suyu akış modelleri, akiferdeki ve onun özelliklerindeki heterojenliği birleştirme kapasitesine sahiptir. Bu yetenek, akifer içindeki jeolojik özellikler ve hidrolik özelliklerdeki farklılıklar dikkate alınarak yeraltı suyu sisteminin daha doğru ve ayrıntılı bir simülasyonuna olanak tanır. SWAT (Toprak ve Su Değerlendirme Aracı) ve WetSpa gibi yarı dağıtılmış modellerin kullanımı, çok fazla veri gerektirmediğinden avantajlı bir orta yol sunar (Reinecke ve diğerleri,2021). Ek olarak, hidrolojik müdahale veya alt havza seviyelerinde çalışan toplu modellerin aksine, birden fazla prosedürde değişkenlik içerirler. Bu özellik, hidrolojik süreçlerin daha incelikli bir Şekilde temsil edilmesine olanak tanır ve bu da önceki tekniklerin dezavantajlarına karşı en uygun yaklaşımı sunar.

8. SÜRDÜRÜLEBİLİR SU KAYNAKLARI YÖNETİMİNE İLİŞKİN ÇIKARIMLAR (POLİTİKA HUSUSLARI)

Artan nüfus, kentsel yayılma, hızlı sanayileşme, yoğun tarım, genişleyen turizm bölgeleri ve iklim değişikliğinin bir sonucu olarak su rezervleri daha fazla baskı altındadır. Sürdürülebilir su kaynakları yönetimi, evre yönetiminin kritik bir yönüdür ve politika değerlendirmeleri, etkili stratejilerin Őekillendirilmesinde önemli bir rol oynar. Su kaynaklarının sürdürülebilir yönetimi kapsamlıdır ve yalnızca çok çeşitli hedefleri ve olası faaliyetleri değil, aynı zamanda kurumsal ervenin ve çalışma uygulamalarının iyileştirilmesini de içerir. Sürdürülebilir su kaynakları yönetimi için politika müdahaleleri yoluyla ele alınması gereken bazı önemli sonuçlar aşağıda tartışılmaktadır.

Entegre su kaynakları yönetimi, yüzey suyu, yeraltı suyu ve ekosistemler arasındaki bağlantıları dikkate alarak su sistemlerinin karmaşıklığını ele almak için çok önemlidir. Su kaynaklarının yönetimine yönelik parçalı ve düzensiz sektör yaklaşımı, etkisiz yönetime ve sınırlı kaynaklar için artan rekabete yol açmaktadır. Paydaş katılımını, merkezi olmayan karar almayı ve sosyal, ekonomik ve çevresel hususların entegrasyonunu vurgulayan, Entegre su kaynakları yönetim ilkelerini destekleyen politikaların geliştirilmesine ve uygulanmasına yüksek öncelik verilmelidir (Gleick,2003). İklm değişikliği, su mevcudiyeti ve kalitesi açısından zorluklar doğurmakta, değişen yağış düzenleri ve artan değişkenlikle başa çıkmak için uyarlanabilir stratejiler gerektirmektedir. Uyarlanabilir stratejilerin geliştirilmesi, altyapı esnekliği ve su kullanım verimliliğinin teşvik edilmesi de dahil olmak üzere iklim değişikliği hususlarının su yönetimi politikalarına entegre edilmesi uzun vadede faydalı olacaktır. Şu anda suyun %70'inden fazlası tarımda kullanılmakta ve bu oranın gelecekte artması beklenmektedir. Sürdürülebilir su kaynağı yönetiminin sağlanması, genel su mevcudiyetinden ödün vermeden artan nüfusun ihtiyaçlarını dengeleyen tarımsal su kullanımı için en uygun çözümleri gerektirmesi nedeniyle hayati önem taşımaktadır (Boretti ve Rosa,2019). Adil dağıtımı sağlamak ve çatışmaları en aza indirmek için su kaynaklarının adil kullanımı ve denetimi, etkin su politikası yapıları ve organizasyonlarını gerektirir. Sürdürülebilir kaynak kullanımı, su yönetişimi için erveler oluşturup güçlendirerek, hesap verebilirliği ve açıklığı vurgulayarak ve yerel toplulukları karar alma süreçlerine aktif olarak dahil ederek başarılabilir . Kurumsal Kaynaklar Rejimi'ne (IRR) göre sürdürülebilirlik, politika sektörleri içinde ve arasında yeterli

düzye de düzenleme ve uyumlu politika kombinasyonları gerektirir. Bu özellikle doğal kaynakların, özellikle de suyun sürdürülebilir kullanımı için geçerlidir. Su kaynaklarının verimli kullanımını ve korunmasını teşvik etmek, onlara uygun şekilde değer veren fiyatlandırma mekanizmalarıyla sağlanabilir. İlk hedef, suyun maliyetini doğru bir şekilde temsil eden, korumayı teşvik eden ve altyapının geliştirilmesi ve bakımı için fon sağlayan su fiyatlandırma yasalarını uygulamak olmalıdır (Tsur,2005).

Ekonomik büyümenin bir sonucu olarak atık su üretim faaliyetlerini içeren yeni endüstriler ortaya çıkmaktadır. Bu endüstrilerin işletilmesi bir bölgenin ekonomik büyümesi için hayati öneme sahip olsa da, bölgenin su rezervlerinin de dikkate alınması ve bunların korunmasına yönelik uygun politikaların oluşturulması tavsiye edilmektedir. Sağlıklı ekosistemler su kalitesi ve miktarı açısından hayati öneme sahiptir; çünkü bozulma, su mevcudiyetinin azalmasına ve arıtma maliyetlerinin artmasına neden olabilmektedir. Ekosistemleri koruyan ve restore eden politikaların yürürlüğe konması ve uygulanması için doğal hidrolojik süreçlerin ve biyolojik çeşitliliğin sürdürülmesinin önemini vurgulanması yararlı olacaktır (Postel, ve Richter ,2012). Bilimsel araştırma ve pratik deneyimlerden elde edilen politika değerlendirmeleri, daha sürdürülebilir su kaynakları yönetimi uygulamalarına katkıda bulunabilir. Politika yapıcılarının bu ilkeleri kendi bölgelerinin spesifik bağlamlarına ve zorluklarına uyarlamaları önemlidir.

Hidrolojik modelleme, karmaşık su sistemlerini inceleme ve kavrama kapasitemizi büyük ölçüde geliştirmiştir. Hidrolojik döngünün daha kapsamlı bir tasviri, kapsamlı modellere entegre edilmiş yeraltı suyu ve arazi yüzeyi süreçlerini içermektedir. Bilgisayar gücündeki ilerlemeler, veri entegrasyon metodolojileri ve coğrafi değişkenliğin dahil edilmesiyle birlikte hidrolojik modeller, su kaynaklarının yönetimi, iklim değişikliğinin sonuçlarının değerlendirilmesi ve çevre stratejisi için vazgeçilmez araçlar olarak ortaya çıkmıştır. Model tahminlerinin ve parametre tahminlerinin güvenilirliği, belirsizlik ölçümü yaklaşımlarının ve veri özümleme tekniklerinin entegrasyonu ile daha da artırılmıştır. Bu çalışma, iklim değişikliğı ve yeraltı suyu yönetimini ele alan politikaların çerçevesi ihtiyacını vurgulamaktadır; bunların her ikisi de sürdürülebilir büyümeye yardımcı olmak için yerel olarak uygulanmalıdır; çünkü yeraltı suyu, BM'nin sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşmada hayati öneme sahiptir. Gelecekteki çalışmalar, tüm yerel organların/hükümetlerin/STK'ların temel gerçek verilerinin modelleme çalışmalarına uygun bir model veya formatta toplanması ve doğrulanması için politika direktiflerinin geliştirilmesine daha fazla odaklanmalıdır. Hidrolojik süreçlerle ilgili doğal karmaşıklıkları ve belirsizlikleri ele almak için bunun son derece önemli olduğu kanıtlanmıştır. Hidro-enformatik araçlarının ve uzaktan algılama verilerinin entegrasyonu, hidrolojik çalışmalar için veri açısından daha zengin bir ortam sağlayarak model kalibrasyonu, doğrulama ve izleme için yeni yollar açmıştır. Ayrıca hidrolojik modellemede makine öğrenimi ve yapay zeka yaklaşımlarının kullanılması, model doğruluğunu ve verimliliğini önemli ölçüde artırma potansiyeline sahiptir. Hidrolojik modeller, iklim değişikliğinin etkilerinin daha belirgin hale gelmesiyle değerlendirilmesi ve bunlara uyum sağlanması için gerekli olacaktır. Gelecekte su sistemleri, arazi kullanımı ve iklim arasındaki dinamik bağlantıları dikkate alan daha gelişmiş modeller potansiyel olarak tasarlanabilecektir.

9.SONUÇ

İklim değişikliğı ile yeraltı suları arasındaki ilişkinin sınırlı düzeyde anlaşılması göz önüne alındığında, bu alanda yapılacak çalışmalar yeni bilgi ufuklarının açılmasında büyük potansiyel

taşıyacaktır. Bu tür çalışmalar, iklim değişikliği ile su döngüsü arasındaki etkileşime ilişkin anlayışımızı derinleştirmenin yanı sıra, insanlığın hayatta kalması için en kritik su kaynağı olan yeraltı suyunun korunmasına yönelik etkili stratejiler geliştirmemize de yardımcı olacaktır. İklim değişikliğinin yeraltı suyu kalitesi üzerindeki etkilerini daha iyi anlayarak, bu hayati kaynağın yönetilmesi ve korunması, gelecek nesiller için sürdürülebilir bir gelecek sağlanması yönünde proaktif adımlar atabiliriz.

Yeraltı suyuna iklim değişikliğinin etkisini belirlemede kullanılan mevcut modellerin iyileştirilmesi ve yeni yaklaşımların geliştirilmesine yönelik devam eden girişimler bulunmaktadır. Yüksek çözünürlüklü verilerin artan kullanılabilirliğiyle birlikte, daha ince ölçekli olguları yakalamak için modelin mekansal ve zamansal çözünürlüğünün geliştirilmesine daha fazla önem verilmektedir.

Yeraltı suyunun potansiyel stres etkenlerine karşı hassasiyetinin değerlendirilmesi, bu etkilerin eyleme geçirilebilir önlemlere dönüştürülmesi açısından çok önemlidir. Hidrolojik modellerin gerçek karar alma prosedürlerinde başarılı bir şekilde uygulanmasını garanti altına almak için akademisyenler, karar vericiler ve uygulayıcılar arasındaki işbirliği gerekli olacaktır. Bu gelişmeler, su sistemlerine ilişkin anlayışımızı geliştirerek, değişen çevre sorunları karşısında su kaynaklarının sürdürülebilir bir şekilde yönetilmesine yardımcı olacaktır.

KAYNAK

- Alam, S.; Gebremichael, M.; Li, R.; Dozier, J.; Lettenmaier, D.P. Climate Change Impacts on Groundwater Storage in the Central Valley, California. *Clim. Chang.* 2019, 157, 387–406.
- Amanambu, A.C.; Obarein, O.A.; Mossa, J.; Li, L.; Ayeni, S.S.; Balogun, O.; Oyebamiji, A.; Ochege, F.U. Groundwater System and Climate Change: Present Status and Future Considerations. *J. Hydrol.* 2020, 589, 125163.
- Aslam, R.A.; Shrestha, S.; Pandey, V.P. Groundwater Vulnerability to Climate Change: A Review of the Assessment Methodology. *Sci. Total Environ.* 2018, 612, 853–875.
- Asoka, A.; Gleeson, T.; Wada, Y.; Mishra, V. Relative Contribution of Monsoon Precipitation and Pumping to Changes in Groundwater Storage in India. *Nat. Geosci.* 2017, 10, 109–117.
- Banda, V.D.; Dzwireo, R.B.; Singh, S.K.; Kanyerere, T. Hydrological Modeling and Climate Adaptation under Changing Climate: A Review with a Focus in Sub-Saharan Africa. *Water* 2022, 14, 4031.
- Bennour, A.; Jia, L.; Menenti, M.; Zheng, C.; Zeng, Y.; Barnieh, B.A.; Jiang, M. Assessing Impacts of Climate Variability and Land Use/Land Cover Change on the Water Balance Components in the Sahel Using Earth Observations and Hydrological Modeling. *J. Hydrol. Reg. Stud.* 2023, 47, 101370.
- Boretti, A.; Rosa, L. Reassessing the Projections of the World Water Development Report. *NPJ Clean Water* 2019, 2, 15.
- Brauman, K.A.; Richter, B.D.; Postel, S.; Malsy, M.; Flörke, M. Water Depletion: An Improved Metric for Incorporating Seasonal and Dry-Year Water Scarcity into Water Risk Assessments. *Elementa* 2016, 4, 83.
- Clark, M.P.; Fan, Y.; Lawrence, D.M.; Adam, J.C.; Bolster, D.; Gochis, D.J.; Hooper, R.P.; Kumar, M.; Leung, L.R.; Mackay, D.S. Improving the Representation of Hydrologic Processes in Earth System Models. *Water Resour. Res.* 2015, 51, 5929–5956.
- Crosbie, R.S.; Scanlon, B.R.; Mpelasoka, F.S.; Reedy, R.C.; Gates, J.B.; Zhang, L. Potential Climate Change Effects on Groundwater Recharge in the High Plains Aquifer, USA. *Water Resour. Res.* 2013, 49, 3936–3951.
- da Costa, A.M.; de Salis, H.H.C.; Viana, J.H.M.; Leal Pacheco, F.A. Groundwater Recharge Potential for Sustainable Water Use in Urban Areas of the Jequitiba River Basin, Brazil. *Sustainability* 2019, 11, 2955. [Google Scholar] [CrossRef]
- de Graaf, I.E.M.; van Beek, R.L.P.H.; Gleeson, T.; Moosdorf, N.; Schmitz, O.; Sutanudjaja, E.H.; Bierkens, M.F.P. A Global-Scale Two-Layer Transient Groundwater Model: Development and Application to Groundwater Depletion. *Adv. Water Resour.* 2017, 102, 53–67.
- Dong, Y.; Jiang, C.; Suri, M.R.; Pee, D.; Meng, L.; Goldstein, R.E.R. Groundwater Level Changes with a Focus on Agricultural Areas in the Mid-Atlantic Region of the United States, 2002–2016. *Environ. Res.* 2019, 171, 193–203.
- Du Plessis, A. *Freshwater Challenges of South Africa and Its Upper Vaal River*; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany, 2017; ISBN 3319495011.
- Ferrant, S.; Caballero, Y.; Perrin, J.; Gascoïn, S.; Dewandel, B.; Aulong, S.; Dazin, F.; Ahmed, S.; Maréchal, J.C. Projected Impacts of Climate Change on Farmers' Extraction of Groundwater from Crystalline Aquifers in South India. *Sci. Rep.* 2014, 4, 3697
- Flato, G.; Marotzke, J.; Abiodun, B.; Braconnot, P.; Chou, S.C.; Collins, W.; Cox, P.; Driouech, F.; Emori, S.; Eyring, V. Evaluation of Climate Models. In *Climate Change 2013: The*

- Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change; Cambridge University Press: Cambridge, UK, 2014; pp. 741–866.
- Fu, G.; Crosbie, R.S.; Barron, O.; Charles, S.P.; Dawes, W.; Shi, X.; Van Niel, T.; Li, C. Attributing Variations of Temporal and Spatial Groundwater Recharge: A Statistical Analysis of Climatic and Non-Climatic Factors. *J. Hydrol.* 2019, 568, 816–834.
- Gamvroudis, C.; Dokou, Z.; Nikolaidis, N.P.; Karatzas, G.P. Impacts of Surface and Groundwater Variability Response to Future Climate Change Scenarios in a Large Mediterranean Watershed. *Environ. Earth Sci.* 2017, 76, 385.
- Ghazavi, R.; Ebrahimi, H. Predicting the Impacts of Climate Change on Groundwater Recharge in an Arid Environment Using Modeling Approach. *Int. J. Clim. Chang. Strateg. Manag.* 2018, 11, 88–99.
- Ghazifard, A.; Moslehi, A.; Safaei, H.; Roostaei, M. Effects of Groundwater Withdrawal on Land Subsidence in Kashan Plain, Iran. *Bull. Eng. Geol. Environ.* 2016, 75, 1157–1168.
- Ghosh, R.; Sutradhar, S.; Mondal, P.; Das, N. Application of DRASTIC Model for Assessing Groundwater Vulnerability: A Study on Birbhum District, West Bengal, India. *Model. Earth Syst. Environ.* 2021, 7, 1225–1239.
- Gleick, P.H. Global Freshwater Resources: Soft-Path Solutions for the 21st Century. *Science* 2003, 302, 1524–1528.
- Gosling, S.N.; Taylor, R.G.; Arnell, N.W.; Todd, M.C. A Comparative Analysis of Projected Impacts of Climate Change on River Runoff from Global and Catchment-Scale Hydrological Models. *Hydrol. Earth Syst. Sci.* 2011, 15, 279–294.
- Herrera-Pantoja, M.; Hiscock, K.M. The Effects of Climate Change on Potential Groundwater Recharge in Great Britain. *Hydrol. Process. Int. J.* 2008, 22, 73–86.
- Hrachowitz, M.; Savenije, H.H.G.; Blöschl, G.; McDonnell, J.J.; Sivapalan, M.; Pomeroy, J.W.; Arheimer, B.; Blume, T.; Clark, M.P.; Ehret, U. A Decade of Predictions in Ungauged Basins (PUB)—A Review. *Hydrol. Sci. J.* 2013, 58, 1198–1255.
- Joshi, N.; Rahaman, M.M.; Thakur, B.; Shrestha, A.; Kalra, A.; Gupta, R. Assessing the effects of climate variability on groundwater in Northern India. In *Proceedings of the World Environmental and Water Resources Congress 2020*, Henderson, Nevada, 17–21 May 2020; American Society of Civil Engineers: Reston, VA, USA, 2020; pp. 41–52.
- Kalugin, A.S. The Impact of Climate Change on Surface, Subsurface, and Groundwater Flow: A Case Study of the Oka River (European Russia). *Water Resour.* 2019, 46, S31–S39.
- Kambale, J.B.; Singh, D.K.; Sarangi, A. Impact of Climate Change on Groundwater Recharge in a Semi-Arid Region of Northern India. *Appl. Ecol. Environ. Res.* 2017, 15, 335–362.
- Kløve, B.; Ala-Aho, P.; Bertrand, G.; Gurdak, J.J.; Kupfersberger, H.; Kværner, J.; Muotka, T.; Mykrä, H.; Preda, E.; Rossi, P. Climate Change Impacts on Groundwater and Dependent Ecosystems. *J. Hydrol.* 2014, 518, 250–266.
- Knott, J.F.; Jacobs, J.M.; Daniel, J.S.; Kirshen, P. Modeling Groundwater Rise Caused by Sea-Level Rise in Coastal New Hampshire. *J. Coast. Res.* 2019, 35, 143–157.
- Kundu, S.; Khare, D.; Mondal, A. Past, Present and Future Land Use Changes and Their Impact on Water Balance. *J. Environ. Manag.* 2017, 197, 582–596.
- Kurylyk, B.L.; MacQuarrie, K.T.B.; Caissie, D.; McKenzie, J.M. Shallow Groundwater Thermal Sensitivity to Climate Change and Land Cover Disturbances: Derivation of Analytical Expressions and Implications for Stream Temperature Modeling. *Hydrol. Earth Syst. Sci.* 2015, 19, 2469–2489.
- Lavell, A.; Oppenheimer, M.; Diop, C.; Hess, J.; Lempert, R.; Li, J.; Muir-Wood, R.; Myeong, S.; Moser, S.; Takeuchi, K. Climate Change: New Dimensions in Disaster Risk,

- Exposure, Vulnerability, and Resilience. In *Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation: Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*; Cambridge University Press: Cambridge, UK, 2012; pp. 25–64.
- LeCun, Y.; Bengio, Y.; Hinton, G. Deep Learning. *Nature* 2015, 521, 436–444.
- Leterme, B.; Mallants, D. Climate and Land Use Change Impacts on Groundwater Recharge. *Proc. Model CARE* 2011, 355, 313–319.
- Li, R.; Merchant, J.W. Modeling Vulnerability of Groundwater to Pollution under Future Scenarios of Climate Change and Biofuels-Related Land Use Change: A Case Study in North Dakota, USA. *Sci. Total Environ.* 2013, 447, 32–45.
- Liesch, T.; Wunsch, A. Aquifer Responses to Long-Term Climatic Periodicities. *J. Hydrol.* 2019, 572, 226–242.
- López-Morales, C.A.; Mesa-Jurado, M.A. Valuation of Hidden Water Ecosystem Services: The Replacement Cost of the Aquifer System in Central Mexico. *Water* 2017, 9, 571.
- Luoma, S.; Okkonen, J.; Korkka-Niemi, K. Comparison of the AVI, Modified SINTACS and GALDIT Vulnerability Methods under Future Climate-Change Scenarios for a Shallow Low-Lying Coastal Aquifer in Southern Finland. *Hydrogeol. J.* 2017, 25, 203–222.
- McGill, B.M.; Altchenko, Y.; Hamilton, S.K.; Kenabatho, P.K.; Sylvester, S.R.; Villholth, K.G. Complex Interactions between Climate Change, Sanitation, and Groundwater Quality: A Case Study from Ramotswa, Botswana. *Hydrogeol. J.* 2019, 27, 997–1015.
- Merz, C.; Lischeid, G. Multivariate Analysis to Assess the Impact of Irrigation on Groundwater Quality. *Environ. Earth Sci.* 2019, 78, 274.
- Milly, P.C.D.; Betancourt, J.; Falkenmark, M.; Hirsch, R.M.; Kundzewicz, Z.W.; Lettenmaier, D.P.; Stouffer, R.J. Stationarity Is Dead: Whither Water Management? *Science* 2008, 319, 573–574.
- Misra, A.K. Climate Change and Challenges of Water and Food Security. *Int. J. Sustain. Built Environ.* 2014, 3, 153–165.
- Mizyed, N. Climate Change Challenges to Groundwater Resources: Palestine as a Case Study. *J. Water Resour. Prot.* 2018, 10, 215–229.
- Moges, E.; Demissie, Y.; Larsen, L.; Yassin, F. Sources of Hydrological Model Uncertainties and Advances in Their Analysis. *Water* 2021, 13, 28.
- Munday, P.L.; Donelson, J.M.; Domingos, J.A. Potential for Adaptation to Climate Change in a Coral Reef Fish. *Glob. Chang. Biol.* 2017, 23, 307–317.
- Mustafa, I. Methylene Blue Removal from Water Using H₂SO₄ Crosslinked Magnetic Chitosan Nanocomposite Beads. *Microchem. J.* 2019, 144, 397–402.
- Niu, G.; Yang, Z.; Mitchell, K.E.; Chen, F.; Ek, M.B.; Barlage, M.; Kumar, A.; Manning, K.; Niyogi, D.; Rosero, E. The Community Noah Land Surface Model with Multiparameterization Options (Noah-MP): 1. Model Description and Evaluation with Local-scale Measurements. *J. Geophys. Res. Atmos.* 2011, 116, 1–19.
- Nyenje, P.M.; Batelaan, O. Estimating the Effects of Climate Change on Groundwater Recharge and Baseflow in the Upper Ssezibwa Catchment, Uganda. *Hydrol. Sci. J.* 2009, 54, 713–726
- Olarinoye, T.; Foppen, J.W.; Veerbeek, W.; Morienyane, T.; Komakech, H. Exploring the Future Impacts of Urbanization and Climate Change on Groundwater in Arusha, Tanzania. In *Groundwater*; Routledge: Abingdon, UK, 2023; pp. 79–93.
- Oliveira, P.T.S.; Leite, M.B.; Mattos, T.; Nearing, M.A.; Scott, R.L.; de Oliveira Xavier, R.; da Silva Matos, D.M.; Wendland, E. Groundwater Recharge Decrease with Increased Vegetation Density in the Brazilian Cerrado. *Ecohydrology* 2017, 10, e1759.

- Owuor, S.O.; Butterbach-Bahl, K.; Guzha, A.C.; Rufino, M.C.; Pelster, D.E.; Díaz-Pinés, E.; Breuer, L. Groundwater Recharge Rates and Surface Runoff Response to Land Use and Land Cover Changes in Semi-Arid Environments. *Ecol. Process.* 2016, 5, 16.
- Postel, S.; Richter, B. *Rivers for Life: Managing Water for People and Nature*; Island Press: Washington, DC, USA, 2012; ISBN 1597267805.
- Pulido-Velazquez, M.; Peña-Haro, S.; García-Prats, A.; Mocholi-Almudever, A.F.; Henríquez-Dole, L.; Macian-Sorribes, H.; Lopez-Nicolas, A. Integrated Assessment of the Impact of Climate and Land Use Changes on Groundwater Quantity and Quality in the Mancha Oriental System (Spain). *Hydrol. Earth Syst. Sci.* 2015, 19, 1677–1693.
- Reinecke, R.; Müller Schmied, H.; Trautmann, T.; Seaby Andersen, L.; Burek, P.; Flörke, M.; Gosling, S.N.; Grillakis, M.; Hanasaki, N.; Koutroulis, A.; et al. Uncertainty of Simulated Groundwater Recharge at Different Global Warming Levels: A Global-Scale Multi-Model Ensemble Study. *Hydrol. Earth Syst. Sci.* 2021, 25, 787–810.
- Romanazzi, A.; Gentile, F.; Polemio, M. Modeling and Management of a Mediterranean Karstic Coastal Aquifer under the Effects of Seawater Intrusion and Climate Change. *Environ. Earth Sci.* 2015, 74, 115–128.
- Rukmana, B.T.S.; Bargawa, W.S.; Cahyadi, T.A. Assessment of Groundwater Vulnerability Using GOD Method. *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.* 2020, 477, 012020.
- Russo, T.A.; Lall, U. Depletion and Response of Deep Groundwater to Climate-Induced Pumping Variability. *Nat. Geosci.* 2017, 10, 105–108.
- Sarkar, S.; Mukherjee, A.; Senapati, B.; Duttagupta, S. Predicting Potential Climate Change Impacts on Groundwater Nitrate Pollution and Risk in an Intensely Cultivated Area of South Asia. *ACS Environ. Au* 2022, 2, 556–576.
- Scibek, J.; Allen, D.M. Modeled Impacts of Predicted Climate Change on Recharge and Groundwater Levels. *Water Resour. Res.* 2006, 42, 1–18.
- Seeboonruang, U. Impact Assessment of Climate Change on Groundwater and Vulnerability to Drought of Areas in Eastern Thailand. *Environ. Earth Sci.* 2016, 75, 42.
- Sivarajan, N.A.; Mishra, A.K.; Rafiq, M.; Nagraju, V.; Chandra, S. Examining Climate Change Impact on the Variability of Ground Water Level: A Case Study of Ahmednagar District, India. *J. Earth Syst. Sci.* 2019, 128, 122.
- Soltani, F.; Javadi, S.; Roozbahani, A.; Massah Bavani, A.R.; Golmohammadi, G.; Berndtsson, R.; Ghordoyee Milan, S.; Maghsoudi, R. Assessing Climate Change Impact on Water Balance Components Using Integrated Groundwater—Surface Water Models (Case Study: Shazand Plain, Iran). *Water* 2023, 15, 813.
- Soundala, P.; Saraphirom, P. Impact of Climate Change on Groundwater Recharge and Salinity Distribution in the Vientiane Basin, Lao PDR. *J. Water Clim. Chang.* 2022, 13, 3812–3829.
- Swenson, S.C.; Lawrence, D.M. Assessing a Dry Surface Layer-based Soil Resistance Parameterization for the Community Land Model Using GRACE and FLUXNET-MTE Data. *J. Geophys. Res. Atmos.* 2014, 119, 10–299.
- Tambe, S.; Kharel, G.; Arrawatia, M.L.; Kulkarni, H.; Mahamuni, K.; Ganeriwala, A.K. Reviving Dying Springs: Climate Change Adaptation Experiments from the Sikkim Himalaya. *Mt. Res. Dev.* 2012, 32, 62–72.
- Toews, M.W.; Allen, D.M. Simulated Response of Groundwater to Predicted Recharge in a Semi-Arid Region Using a Scenario of Modelled Climate Change. *Environ. Res. Lett.* 2009, 4, 35003.
- Tosi, L.; Strozzi, T.; Da Lio, C.; Teatini, P. Regional and Local Land Subsidence at the Venice Coastland by TerraSAR-X PSI. *Proc. Int. Assoc. Hydrol. Sci.* 2015, 372, 199–205.

- Tsur, Y. Economic Aspects of Irrigation Water Pricing. *Can. Water Resour. J.* 2005, 30, 31–46.
- van der Knaap, Y.A.M.; de Graaf, M.; van Ek, R.; Witte, J.-P.M.; Aerts, R.; Bierkens, M.F.P.; van Bodegom, P.M. Potential Impacts of Groundwater Conservation Measures on Catchment-Wide Vegetation Patterns in a Future Climate. *Landsc. Ecol.* 2015, 30, 855–869.
- van Engelenburg, J.; Hueting, R.; Rijpkema, S.; Teuling, A.J.; Uijlenhoet, R.; Ludwig, F. Impact of Changes in Groundwater Extractions and Climate Change on Groundwater-Dependent Ecosystems in a Complex Hydrogeological Setting. *Water Resour. Manag.* 2018, 32, 259–272.
- Velis, M.; Conti, K.I.; Biermann, F. Groundwater and Human Development: Synergies and Trade-Offs within the Context of the Sustainable Development Goals. *Sustain. Sci.* 2017, 12, 1007–1017.
- Verburg, P.H.; Erb, K.-H.; Mertz, O.; Espindola, G. Land System Science: Between Global Challenges and Local Realities. *Curr. Opin. Environ. Sustain.* 2013, 5, 433–437.
- Wallace, L.; Sundaram, B.; Ross, S.; Brodie, M.S.; Dawson, S.; Jaycock, J.; Stewart, G.; Furness, L. Vulnerability Assessment of Climate Change Impact on Groundwater Resources in Timor Leste. In *Australia Government Department of Climate Change and Energy Efficiency; Geoscience Australia: Canberra, Australia, 2012; Volume 55.*
- Weissingner, R.; Philippi, T.E.; Thoma, D. Linking Climate to Changing Discharge at Springs in Arches National Park, Utah, USA. *Ecosphere* 2016, 7, e01491.
- Yang, J.-S.; Jeong, Y.-W.; Agossou, A.; Sohn, J.-S.; Lee, J.-B. GALDIT Modification for Seasonal Seawater Intrusion Mapping Using Multi Criteria Decision Making Methods. *Water* 2022, 14, 2258.
- Zhong, Y.; Hao, Y.; Huo, X.; Zhang, M.; Duan, Q.; Fan, Y.; Liu, Y.; Liu, Y.; Yeh, T.J. A Statistical Model for Karst Spring Discharge Estimation under Extensive Groundwater Development and Extreme Climate Change. *Hydrol. Sci. J.* 2016, 61, 2011–2023.
- Zhu, L.; Gong, H.; Li, X.; Wang, R.; Chen, B.; Dai, Z.; Teatini, P. Land Subsidence Due to Groundwater Withdrawal in the Northern Beijing Plain, China. *Eng. Geol.* 2015, 193, 243–255.

**DOĞAL OLARAK YETİŞEN *Centaurea depressa* TÜRÜNÜN
BAZI MORFOLOJİK, FİZYOLOJİK VE RENK DEĞERLERİNİN BELİRLENMESİ**

Prof. Dr. RÜVEYDE TUNÇTÜRK

Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi

Email:ruveydetuncturk@yyu.edu.tr

Öğr. Gör. EZELHAN ŞELEM

Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Muradiye Meslek Yüksek Okulu

Email:ezelhansalem@ yyu.edu.tr

Prof. Dr. MURAT TUNÇTÜRK

Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi

Email:murattuncturk@yyu.edu.tr

Dr. Öğr. Üyesi Lütfi NOHUTÇU

Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi

Email:lutfinohutcu@yyu.edu.tr

Özet

Centaurea türleri, ülkemizde halk arasında peygamber çiçeği, zerdali diken, çoban kaldıran, timur diken gibi isimlerle bilinmekte ve çok uzun yıllardır mideyi, göğüs yumuşatıcı, ateş düşürücü, ishal kesici, adet getirici ve iştah açıcı olarak kullanılmaktadır. Yapılan çeşitli araştırmalarla, *Centaurea* türlerinin antimikrobiyal, antioksidan, antiinflamatuvar, antiülserojenik, sitotoksik ve antiprotozoal aktivite gösterdiği saptanmıştır. *Centaurea depressa* türü ise mavi kantaron, gelintacı veya peygamber çiçeği olarak adlandırılmakta, doğal olarak Doğu Akdeniz havzasında yayılış göstermektedir ancak popüler bir süs bitkisi olması nedeniyle dünyanın tamamına yayılmıştır ve çok sayıda kültüvarı mevcuttur. Kuraklığa dayanıklı olan tür, güneşli bölgeleri ve nemli ya da kuru toprakları tercih eder. Çiçeklenme dönemi 4 ve 6. aylar olan bitki, çam ormanları, taşlı yamaçlar, tarla ve yol kenarlarında deniz seviyesinden 1500 m'ye kadar yayılış göstermektedir. Batı ve Güneybatı Anadolu'da yaygın olan türün kurutulmuş çiçekleri, halk arasında %5'lik infüzyonları halinde ishal kesici, kuvvet verici, iştah açıcı ve göğüs yumuşatıcı olarak kullanılmaktadır. Ayrıca türün taç yapraklarının mavi boya eldesinde kullanıldığı bilinmektedir. Bu çalışmada Van ilinde doğal yayılış gösteren *Centaurea depressa* türünün bitki boyu, gövde eni, yaprak boyu ve eni, azot balans indeksi, klorofil, flavonol ve anthosiyanın içeriği ile yaprak renk değerleri L*, a*, b*, Kroma ve Hue olarak belirlenmiştir. Çalışma sonucu olarak türün bitki boyu 72.67 ± 2.52 cm, gövde eni 0.50 ± 0,10 cm, yaprak boyu 5.00 ± 1,73 cm, yaprak eni 1,07 ± 0,40 cm, azot balans indeksi (ABİ) 13.30 ± 3.21 dualeks indeks, klorofil 28.07 ± 6.35 dualeks indeks, flavonol 2.12 ± 0,06 dualeks indeks, anthosiyanın içeriği 0.07 ± 0,02 dualeks indeks olarak belirlenirken, renk değerleri ise çiçek ve yaprak olmak üzere sırasıyla L*19.71/42.40, a*25.59/-9.46, b* -32.32/15.98, Kroma 41.31/18.58 ve Hue 308.45/120.88 olarak tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: *Centaurea depressa*, Gelintacı, Mavi kantaron,

**DETERMINATION OF SOME MORPHOLOGICAL, PHYSIOLOGICAL AND
COLOR VALUES OF NATURALLY GROWING *Centaurea cyanus* SPECIES**

Abstract

Centaurea species are popularly known as cornflower, zerdali thorn, shepherd's thorn, timur thorn and have been used for many years as a stomachic, chest softener, antipyretic, antidiarrheal, menstruator and appetite stimulant. Various studies have shown that *Centaurea* species exhibit antimicrobial, antioxidant, anti-inflammatory, antiulcerogenic, cytotoxic and antiprotozoal activities. *Centaurea depressa*, also known as St. John's wort, gelintacı or cornflower, is naturally distributed in the Eastern Mediterranean basin, but as it is a popular ornamental plant, it has spread all over the world and has many cultivars. The drought-tolerant species prefers sunny areas and moist or dry soils. The flowering period is between the 4th and 6th months and the plant is distributed in pine forests, stony slopes, fields and roadsides from sea level to 1500 m. The dried flowers of the species, which is widespread in Western and Southwestern Anatolia, are used in 5% infusions as an antidiarrheal, strengthening, appetizing and chest softener. It is also known that the petals of the species are used to obtain blue dye. In this study, plant height, stem width, leaf length and width, nitrogen balance index, chlorophyll, flavonol and anthocyanin contents and leaf color values as L*, a*, b*, Chroma and Hue were determined in *Centaurea depressa* species which is naturally distributed in Van province. Plant height 72.67 ± 2.52 cm, stem width 0.50 ± 0.10 cm, leaf height 5.00 ± 1.73 cm, leaf width 1.07 ± 0.40 cm, nitrogen balance index (NBI) 13.30 ± 3.21 dual index, chlorophyll 28.07 ± 6.35 dual index, flavonol 2.12 ± 0.06 dual index, anthocyanin content 0.07 ± 0.02 dual index, color values were determined as L*19.71/42.40, a*25.59/-9.46, b* -32.32/15.98, Chroma 41.31/18.58 and Hue 308.45/120.88 for flowers and leaves, respectively.

Keywords: *Centaurea depressa*, bride crown, St. John's wort blue

1. GİRİŞ

Centaurea L. (Asteraceae) Türkiye florasında % 61.6'sı endemik olmak üzere 168 tür ve 203 taksonla temsil edilen bir cinstir. Çok sayıda Centaurea türünün geleneksel halk tıbbında farklı amaçlar için kullanım bulunduğu kayıtlıdır. Yapılan araştırmalarla Centaurea türlerinin farklı kısımlarının antimikrobiyal, sitotoksik ve antiinflamatuvar aktivitelere sahip olduğu saptanmıştır (Baytop, 1999; Kim ve ark., 2003; Arif ve ark., 2004; Karamenderes ve ark., 2006; Pınar, 2016). *Centaurea depressa* türü ise mavi kantaron, gelintacı veya peygamber çiçeği olarak adlandırılmakta, doğal olarak yayılış göstermektedir ancak popüler bir süs bitkisi olması nedeniyle dünyanın tamamına yayılmıştır ve çok sayıda kültüvarı mevcuttur. Kuraklığa dayanıklı olan tür, güneşli bölgeleri ve nemli ya da kuru toprakları tercih eder. Çiçeklenme dönemi 4-6. aylar olan bitki, çam ormanları, taşlı yamaçlar, tarla ve yol kenarlarında yayılış göstermektedir. Anadolu'da yaygın olan türün kurutulmuş çiçekleri, halk arasında %5'lik infüzyonları halinde ishal kesici, kuvvet verici, iştah açıcı ve göğüs yumuşatıcı olarak kullanılmaktadır. Ayrıca türün taç yapraklarının mavi boya eldesinde kullanıldığı bilinmektedir. Centaurea L. (Asteraceae) Türkiye florasında % 61.6'sı endemik olmak üzere 168 tür ve 203 taksonla temsil edilen bir cinstir. Çok sayıda Centaurea türünün geleneksel halk tıbbında farklı amaçlar için kullanım bulunduğu kayıtlıdır (Baytop, 1999; Kim ve ark., 2003; Arif ve ark., 2004; Karamenderes ve ark., 2006; Pınar, 2016). Güner vd. (2012), morfolojik karakterler kullanarak ifade ettiği Centaurea depressa türünün bu cinsten çıkarılarak Cyanus depressus olarak isimlendirilmesi ve Cyanus cinsine aktarılması görüşü Dızkırıcı ve Koroglu (2018) tarafından moleküler verilerle yapılan çalışmayla desteklenememiştir.

Yürütülen çalışmada Van florasında doğal yayılış gösteren *Centaurea depressa* türünün bazı morfolojik, fizikokimyasal ve renk özelliklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

Doğu Anadolu Bölgesi'nde yer alan Van yöresinin florasında doğal olarak yayılış gösteren Çalışılan türe ait örnekler Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Kampüs yerleşkesinin farklı alanlarından toplanmış ve Türkiye Florası kullanılarak teşhis edilmiştir (Wagenitz, 1975; Davis ve ark., 1988; Güner ve ark., 2012).

Çalışma materyalini Van yöresinde doğal yayılış gösteren *Centaurea depressa* türü oluşturmaktadır. Bitkilerden alınan çiçek ve yaprak örnekleri analizleri için Van YYÜ Ziraat Fakültesi Tarla bitkileri bölümüne ait Fizyoloji ve Sitoloji laboratuvarlarına taşınmıştır. Yapılan flora çalışmasından elde edilen örneklerin morfolojik, fizyolojik ve renk özellikleri belirlenmiştir.

Morfolojik ölçümlerden bitki boyu, gövde eni, yaprak boyu ve eni dijital kumpas yardımıyla cm olarak tespit edilmiştir. Azot balansı indeksi, klorofil, flavonol ve anthosiyanın içeriğinin ölçümü taşınabilir özellikte olan Dualex Scientific+™ cihazı ile gerçek zamanlı ve tahribatsız olarak yapılmıştır. Renk değerleri Minolta CR-400 (Osaka, Japan) marka renk ölçer ile L* , a* , b* C ve Hue° açı değeri olarak ifade edilmiştir. L* açıklık (L*=0 siyah ve L*=100 beyaz), a* kırmızı/yeşil (+a* kırmızı, - a* ise yeşil), b* sarı/mavi (+b* sarı, -b* mavi), Chroma canlılık veya matlık, Hue ise algılanan renk ve rengin ismini belirleyen değerlerdir (Anonim, 2021).

3. BULGULAR

Yürütülen çalışmada *Centaurea depressa* türüne ait morfolojik ölçümler Tablo 1’de verilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre bitki boyu 72.67 cm, gövde eni 0.50 cm, yaprak eni 1.07 cm ve yaprak boyu 5.00 cm olarak tespit edilmiştir.

Tablo 1. *Centaurea depressa* türüne ait morfolojik ölçümler ve dualeks değerleri

	Bitki boyu (cm)	Gövde eni (cm)	Yaprak boyu (cm)	Yaprak eni (cm)	NBI (dx)	Klorofil (dx)	Flavonol (dx)	Anthosiyenin (dx)
	72.67 ± 2.52	0.50 ± 0.10	5.00 ± 1.73	1.07 ± 0.40	13.30 ± 3.21	28.07 ± 6.35	2.12 ± 0.06	0.07 ± 0.02

Bitki yapraklarında yapılan dualeks ölçümlerinde NBI 13.30 dualeks index, klorofil miktarı 28.07 dualeks index, flavonol miktarı 2.12 dualeks index ve anthosiyenin miktarı 0.07 dualeks index olarak tespit edilmiştir.

Centaurea depressa türünün yaprak ve çiçek renk değerleri L*, a*, b*, chroma ve Hue cinsinden belirlenmiştir. Yaprak için L* değeri 42.40, a* değeri -9.46, b* değeri 15.98, chroma değeri 18.58 ve Hue değeri ise 120.88 olarak tespit edilmiştir. Çiçek için L* değeri 19.71, a* değeri 25.59, b* değeri -32.32, chroma değeri 41.31 ve Hue değeri ise 308.45 olarak tespit edilmiştir (Tablo 2).

Tablo 2. Çiçek ve yaprak renk değerleri

	L*	a*	b*	Kroma	Hue
Çiçek	19.71	25.59	-32.32	41.31	308.45
Yaprak	42.40	-9.46	15.98	18.58	120.88

4. TARTIŞMA VE SONUÇ

Centaurea depressa, papatyagiller (Asteraceae) familyasına ait olup genellikle Orta Asya, Kafkaslar, İran ve Türkiye gibi bölgelerde doğal olarak yetişen bir bitkidir (Davis, 1975). Bu tür, çoğunlukla kuru, taşlık veya çorak alanlarda bulunur ve çoğalma ile yayılma kapasitesi yüksek olduğu için yerel ekosistemlerde önemli bir rol oynar (Kaya & Aksoy, 2019). Çalışmalar, *Centaurea depressa*'nın ekosistemdeki işlevini ve çevresel stres koşullarına karşı tepkilerini daha iyi anlamak amacıyla morfolojik (bitkinin dış yapısına dair) ve fizyolojik (işlevsel özellikleri ve yaşam süreçlerine dair) özelliklerinin incelenmesine odaklanmaktadır. Örneğin, bitkinin kök ve gövde yapısı, yaprak şekli ve yüzeyi, çiçek ve tohum yapısı gibi morfolojik özellikler; bitkinin su tutma kapasitesi, fotosentetik aktivitesi, stomal açılımı gibi fizyolojik özellikler; ve renk analizleri gibi özellikler, türün adaptasyon stratejilerini anlamak açısından önemlidir (Yıldız et al., 2021; Çelik & Öztürk, 2017). Renk değerleri özellikle bitkilerin yapısındaki pigmentler hakkında bilgi verir ve çevresel stres koşullarına (örneğin kuraklık ya da mineral eksikliği) olan tepkilerini yansıtabilir (Öztürk, 2016). Bu tür çalışmalar, *Centaurea depressa*'nın ekosistem içindeki adaptif özelliklerini anlamakla kalmayıp, aynı zamanda bu türün tarımsal ve ekolojik uygulamalarda kullanılma potansiyelini de ortaya koyabilir (Demir & Aslan, 2018). Özellikle doğal alanların korunması ve biyolojik çeşitliliğin devamlılığı açısından önem taşıyan yerli bitkilerin özelliklerinin belirlenmesi, türlerin yerel çevreye uyumunu ve ekosistem hizmetlerini desteklemek açısından kritik veriler sağlar (Güney & Doğan, 2020). *Centaurea depressa*, özellikle kurak ve yarı kurak bölgelerde doğal olarak

yetişen, tıbbi ve ekolojik değeri olan, dayanıklı bir bitki türüdür. Tür tıbbi ve ekolojik potansiyeli nedeniyle kültüre alınarak tarımsal üretime kazandırılabilir ve sürdürülebilir kullanım için önemli bir kaynak oluşturabilir. Türün bu özellikleri göz önüne alındığında kültüre alınma olanaklarının araştırılması önem taşımaktadır.

KAYNAKLAR

- Arif, R., Küpeli, E., Ergun, F. 2004. The biological activity of *Centaurea L.* species. *G. U. J. Science*, 17, 149-164.
- Baytop, T. 1999. Türkiye’de Bitkilerle Tedavi (Geçmişte ve Bugün), Nobel Tıp Kitabevleri, İstanbul, 2.baskı, 316s.
- Çelik, A., & Öztürk, M. (2017). "Centaurea türlerinin morfolojik ve fizyolojik özellikleri üzerine bir inceleme". *Türk Botanik Dergisi*, 45(2), 125-138.
- Davis, P.H., Mill, R.R., Tan, K. 1988. *Flora of Turkey and the East Aegean Islands*, Vol. 10, Edinburgh University Press, Edinburgh.
- Davis, P. H. (1975). *Flora of Turkey and the East Aegean Islands*. University of Edinburgh Press.
- Demir, K., & Aslan, M. (2018). "Türkiye’nin endemik bitkilerinin ekolojik ve ekonomik potansiyeli". *Ekosistem Dergisi*, 12(1), 203-216.
- Dızkırıncı, A., & Koroglu, Z. (2018). Van İlinde Bulunan *Centaurea* Cinsine Ait Beş Türün Moleküler Analizi ve *Centaurea depressa*’nın Taksonomik Pozisyonunun Belirlenmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 22(1), 226-231.
- Güney, B., & Doğan, T. (2020). "Yerel bitkilerin biyolojik çeşitliliğe katkıları ve sürdürülebilirlik". *Anadolu Ekoloji Araştırmaları*, 17(3), 290-312.
- Güner, A., Aslan, S., Ekim, T., Vural, M., Babaç, M. T. 2012. *Türkiye Bitkileri Listesi (Damarlı Bitkiler)*, İstanbul: Nezahat Gökyiğit Botanik Bahçesi ve Flora Araştırmaları Derneği Yayını.
- Karamenderes, C., Khan, S., Tekwani, B.L., Jacob, M.R., Khan, I.A. 2006. Antiprotozoal and antimicrobial activities of *Centaurea* species growing in Turkey. *Pharm. Biol*, 44, 534-539.
- Kaya, Z., & Aksoy, F. (2019). "Türkiye'deki *Centaurea* türleri ve ekolojik uyumları". *Doğa Bilimleri Araştırmaları Dergisi*, 33(4), 257-266.
- Kim, S.H., Shin, K.J., Kim, D., Kim, Y.H., Han, M.S., Lee, T.G., Kim, E., Ryu, S.H., Suh, P.G. 2003. Luteolin inhibits the nuclear factor- κ B transcriptional activity in Rat-1 fibroblasts, *Biochem. Pharm*, 66, 955-963.
- Koukoulitsa, E., Skaltsa, H., Karioti, A., Demetzos, C., Dimas, K. 2002. Bioactive sesquiterpene lactones from *Centaurea* species and their cytotoxic/cytostatic activity against human cell lines in vitro. *Planta Med*, 68, 649-652.
- Öztürk, M. (2016). "Türkiye florasında *Centaurea depressa*’nın renk analizi ve adaptasyon potansiyeli". *Flora ve Ekoloji Dergisi*, 29(2), 189-200.
- Pınar, M.S., 2016. *Centaurea sintenisiana* Gand. - A New Record for the Family Asteraceae (Compositae) from Turkey. *Journal of The Institute of Natural & Applied Sciences*, 21 (2), 75-82.
- Wagenitz, G. 1975. *Centaurea L.* In: Davis PH, editor. *Flora of Turkey and the East Aegean Islands* Vol. 5, Edinburgh University Press, Edinburgh, p. 465–585.
- Yıldız, E., Kaya, S., & Aydın, M. (2021). "Centaurea depressa’ının morfolojik ve fizyolojik özellikleri üzerine araştırmalar". *Ekoloji Bilimleri Dergisi*, 38(1), 102-115.

**VAN YÖRESİNDE YAYILIŞ GÖSTEREN *Gagea taurica* BİTKİSİNİN
MORFOLOJİK VE FİZYOLOJİK PARAMETRELERİNİN BELİRLENMESİ**

Prof. Dr. RÜVEYDE TUNÇTÜRK

Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi

Email:ruveydetuncturk@yyu.edu.tr

Öğr. Gör. EZELHAN ŞELEM

Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Muradiye Meslek Yüksek Okulu

Email:ezelhansalem@ yyu.edu.tr

Prof. Dr. MURAT TUNÇTÜRK

Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi

Email:murattuncturk@yyu.edu.tr

Dr. Öğr. Üyesi Lütfi NOHUTÇU*

Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi

Email:lutfinohutcu@yyu.edu.tr

Özet

Gagea cinsi çok yıllık, soğanlı ve jeofitik bir cins olup dünyada 300 civarında türle temsil edilen Liliaceae familyasına ait en geniş cinstir. *Gagea* cinsi büyük bir cins olmasından dolayı seksiyonlara ayrılmıştır. Kuzey Afrika'da birkaç türü bulunmakla birlikte, *Gagea* bir Avrasya cinsidir. Akdeniz Bölgesi'nden başlayarak, bütün Avrupa ve Asya'da yayılış göstermektedir. Türkiye'de bu cinsin 31 türü yayılış göstermektedir, bunlardan 2 tanesi endemiktir. *Gagea taurica* Türkçe Bozkıryıldızı olarak adlandırılmaktadır. Türkiye'de Ergene, Güney Marmara, Batı ve Doğu Karadeniz, Yukarı Sakarya, Orta Kızılırmak, Yukarı Kızılırmak, Konya, Yukarı Fırat, Erzurum-Kars, Yukarı Murat-Van, Hakkari, Antalya, Adana, Orta Fırat alt bölgelerinde doğal yayılış göstermektedir. Çalışma materyalini oluşturan ve Van florasında doğal yayılış gösteren *Gagea taurica* türü farklı lokalitelerden toplanmıştır. Yürütülen çalışmada doğal yayılış gösteren türün bitki boyu ve eni, soğan boyu ve eni, kök boyu, yaprak boyu, azot balans indeksi, klorofil miktarı, flavonol ve anthosiyanin içeriklerinin ortalama değerleri belirlenmiştir. Çalışmanın sonucunda incelenen parametrelerin değerleri bitki boyu 12.90 ± 0.56 cm, gövde eni 1.76 ± 0.96 mm, soğan boyu 10.47 ± 3.07 mm, soğan eni 8.92 ± 2.49 mm, kök boyu 52.24 ± 4.94 mm, azot balans indeksi 23.93 ± 2.99 dualeks indeks, klorofil içeriği 35.03 ± 5.35 , flavonol içeriği 1.46 ± 0.04 dualeks indeks ve anthosiyanin içeriği 0.04 ± 0.01 dualeks indeks olarak tespit edilmiştir.

**DETERMINATION OF MORPHOLOGICAL AND PHYSIOLOGICAL
PARAMETERS OF *Gagea taurica* PLANT DISTRIBUTED IN VAN REGION**

Abstract

The genus *Gagea* is a perennial, bulbous and geophytic genus and is the largest genus of the Liliaceae family, represented by about 300 species worldwide. The genus *Gagea* is divided into sections due to its large size. Although there are a few species in North Africa, *Gagea* is a Eurasian genus. It is distributed throughout Europe and Asia, starting from the Mediterranean region. There are 31 species of this genus in Turkey, 2 of which are endemic. *Gagea taurica* is called Bozkıryıldızı in Turkish. It is naturally distributed in Ergene, South Marmara, Western and Eastern Black Sea, Upper Sakarya, Middle Kızılırmak, Upper Kızılırmak, Konya, Upper Euphrates, Erzurum-Kars, Upper Murat-Van, Hakkari, Antalya, Adana, Middle Euphrates subregions in Turkey. *Gagea taurica* species, which constitutes the study material and is naturally distributed in Van flora, was collected from different localities. The mean values of plant height and width, bulb length and width, root length, leaf length, nitrogen balance index, chlorophyll content, flavonol and anthocyanin contents were determined. As a result of the study, plant height was 12.90 ± 0.56 cm, stem width 1.76 mm, bulb length 10.47 ± 3.07 mm, bulb width 8.92 ± 2.49 mm, root length 52.24 ± 4.94 mm, nitrogen balance index 23.93 ± 2.99 dual index, chlorophyll content 35.03 ± 5.35 , flavonol content 1.46 ± 0.04 dual index and anthocyanin content 0.04 ± 0.01 dual index.

Keywords: Bozkıryıldızı, *Gagea taurica*, Morphology.

1. GİRİŞ

Gagea ilk olarak Rix (1984) tarafından Flora of Turkey'de *G. taurica* da dahil olmak üzere 25 türle değerlendirilmiştir. Türkiye florasında yapılan yeni kayıtlar ile birlikte takson sayısı 30 takson (29 tür ve 1 alttür) olarak belirlenmiştir (Tekşen ve ark., 2013). *Gagea* cinsi soğanlı ve çok yıllıktır. 4-30 cm boylarında, tek ya da gruplar halinde bulunabilir. Kökler ince, bazen kalınlaşmış kökler mevcuttur. Bu kökler genellikle soğanı sarar. Soğan derimsi ya da kağıtsı, lifsi veya ağsı tunikaya sahiptir. Tunikanın boynu 8 cm'ye kadar uzar ya da yoktur. Yeni soğanlar eski soğanın ya içinde ya da yanında, çoğunlukla kalınlaşmış köklerin arasındadır. Soğancık var ya da yok veya büyüme evrelerine göre varlığı veya yokluğu değişmektedir. Taban yaprakları çoğunlukla 1-2, nadiren 3 tane ya da yok, şeritsi ya da şeritsi-mızraksı, ipliksi, silindir şeklinde, içi boş ya da dolu ya da yassı; siliat veya tuğsuzdur. Gövde yaprakları karşılıklı, dairesel ya da almaşlı, siliat ya da tüysüzdür. Gövdede yaprak koltuklarında soğancık var ya da yoktur. Bazen brakteoller mevcuttur. Çiçek durumu tek, şemsiyemsin, korimbus, panikula veya simozdur. Pedunkul tüylü ya da tüysüzdür. Pedisel çeşitli boylarda, dik ya da aşağıya donuk, tüylü ya da tüysüzdür. Tepeler serbest, nektaryumlu, mızraksı, ters mızraksı, eliptik, uçta obtus, akut ya da akuminat, villoz, siliat ya da tüysüzdür. İçteki tepaller dıştakilerden genellikle daha kısa ve dardır. İcte parlak, sarı, acık sarı ya da altın sarısı, dışta yeşil, yeşilimsi, genellikle beyaz çizgili, bazen uçta mor ya da kırmızımsı, nadiren beyazdır. Ovaryum yumurtamsı, ters yumurtamsı ya da silindriktir. Tohumlar yassı veya armut şeklinde, acık ile koyu kahverengi arasında, ağsıdır (Tekşen ve ark., 2013).

Gagea cinsinin Türkiye'deki yayılışı İran-Turan fitocoğrafik bölgesine ait 15, Doğu Akdeniz fitocoğrafik bölgesine ait 11, Avrupa-Sibirya fitocoğrafik bölgesi ise 3 tür ve tür altı seviyede takson ile temsil edilmektedir (Tekşen ve ark., 2013). *Gagea taurica*, Liliaceae (zambakgiller) ailesine ait, Avrupa ve Asya'nın bazı bölgelerinde doğal olarak bulunan otsu bir bitkidir. *Gagea* cinsi, dünya çapında yaklaşık 200 türe sahip olup, özellikle soğanlı yapılarıyla tanınır (Peruzzi, 2003). *Gagea taurica*, bu türler arasında kurak ve besin açısından fakir alanlara adapte olmuş yapısı, ince gövde ve kısa bitki boyu gibi özellikleri ile öne çıkar (Peruzzi ve ark., 2008). *Gagea taurica* türünün Nisan-Mayıs aylarında çiçeklendiği, 900-2500 m rakımlarda yayılış gösterdiği ve ülkemizde özellikle karasal Anadolu'da yayılım gösterdiği rapor edilmiştir. *G. taurica* Türkiye'de "bozkır yıldızı" olarak bilinir. (Güner ve ark., 2012; Anonim, 2024; Tübives, 2024).

Endojen metabolizmanın tetiklediği serbest radikaller ve çeşitli çevresel kimyasallar diyabet, tümörler, beyin fonksiyon bozukluğu, iltihaplanma, ateroskleroz, şok, iskemi, kısırlık, mide mukoza hasarı ve kanser gibi birçok hastalıkta rol oynar (Mammadov ve ark., 2011). *Gagea* cinsi Liliaceae familyasından *Tulipa* ve *Erythronium*'da da bulunan bir çeşit şeker esteri olan tuliposid adı verilen sekonder metabolit içermektedir (Slob vd., 1975; Slob ve Varekamp, 1977; Nomura vd., 2012). İzole edilmiş 7 çeşit tuliposid bulunmaktadır: 1-tuliposid A ve B, 6-tuliposid A ve B, ve tuliposid D, E, ve F. 6-tuliposid A ve B kültür lalelerinden elde edilmiş etkili tuliposidlerdir. Tulipalinlere dönüşebilirler ve bu şekilde depolanabilirler. Tulipalin A mantarlara karşı antifungal ve tulipalin B bakterilere karşı antimikrobiale etkiye sahiptir. Ayrıca tulipalin A'nın yüksek insektisit etkisi de bulunmaktadır. Tulipalinler mikrobiyal enfeksiyon ve otçul böcek yemelerine karşı bitkiler için bir kimyasal savunma aracı olarak kabul edilir. Tulipalinler alerjilere de sebep olurlar. Tuliposidler soğan, kök, gövde, yaprak, tepaller, stamenler ve pistiller gibi bitkinin tüm parçalarında birikebilirler (yaklaşık % 0.2 - % 2 [w / taze ağırlık]) (Nomura vd., 2012).

Yürütülen çalışmada Van florasında doğal yayılış gösteren *Gagea taurica* türünün bazı morfolojik ve fizikokimyasal özelliklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışmada materyal olarak Van ilinde yapılan flora çalışmasından elde edilen *Gagea taurica* bitkisi kullanılmıştır. Örnekler morfo-anatomik olarak karşılaştırılmıştır. Bitkilerden alınan örnekler ölçümleri için Tarla bitkileri bölümüne ait Fizyoloji laboratuvarlarına taşınmıştır. Bitki boyu, gövde kalınlığı, kök boyu, soğan boyu ve çapı dijital kumpas ile ölçülmüştür.

Klorofil miktarı, Azot balans indeksi, flavonoid ve antosiyanin ölçümü taşınabilir özellikte olan Dualex Scientific+™ cihazı ile yapılmıştır.

Elde edilen verilerin ortalamaları ve ortalamalara ait standart sapma değerleri hesaplanmış ve Çizelge 1 ve 2’de belirtilmiştir.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Gagea taurica bitkisinin morfolojik özellikleri, çevresel koşullara uyum sağlama kapasitesini ortaya koyan çeşitli anatomik ve yapısal adaptasyonlara işaret etmektedir. Bu özellikler, bitkinin çevresel stres faktörlerine karşı geliştirdiği stratejiler hakkında da önemli bilgiler sunmaktadır.

Yapılan çalışmanın sonucunda bitki uzunluğunun 12.90 cm olduğu tespit edilmiştir (Tablo 1). Yuca ve ark., (2023) türün uzunluğunun 8-12 cm aralığında olduğunu bildirmiştir. Elde edilen sonuçlar *Gagea taurica*’nın toprak yüzeyine yakın kalma eğiliminde olduğunu göstermektedir. Daha kısa yapılı bitkiler, su kaybını azaltmada ve yoğun ışık maruziyetinden kaçınmada avantaj sağlarlar (Niklas, 1994). Bu türdeki kısa boy, bitkinin kurak veya rüzgarlı ortamlarda hayatta kalmasına katkıda bulunabilir; çünkü kısa boylu bitkiler daha az rüzgar baskısına maruz kalır ve böylece su kaybını sınırlayabilirler. Ayrıca, kısa boylu bitkiler ışığı daha düşük seviyeden alarak fotosentez süreçlerini verimli bir şekilde sürdürebilirler (Smith, 1982).

Bitkinin çapı 1.76 mm olarak tespit edilmiştir. Yuca ve ark., (2023) bitkinin çapının 3mm’ye kadar çıktığını rapor etmiştir. İnce olan gövde yapısı bitkinin esnekliğini artırarak rüzgar ve hafif mekanik zorlamalar karşısında kırılma riskini azaltmaktadır. Bu yapı, aynı zamanda bitkinin kaynaklarını daha çok büyüme ve üreme gibi diğer metabolik süreçlere yönlendirmesini sağlar (Givnish, 1987). İnce gövde, bitkinin çevresel faktörlere karşı uyum sağlarken aynı zamanda minimum kaynak kullanımı ile maksimum verim elde etmesine olanak tanır, bu da görece besin açısından fakir ortamlarda avantaj sağlar.

Bitkinin soğan boyu 10.47 mm olarak ve soğan çapı 8.92 mm olarak belirlenmiştir (Tablo 1). *Gagea taurica*’nın soğan yapısı, yer altı organlarının büyüklüğünü ve bu organların bitki için hayati bir kaynak deposu rolünü üstlendiğini göstermektedir. Soğanlar, özellikle su ve besin depolamada kritik bir role sahiptir ve bitkiyi kuraklık gibi zorlayıcı koşullarda desteklemektedir (Pate and Dixon, 1982). Soğanın boyutları, bu türün kurak dönemlerde besin ve suya erişimini artıran önemli bir adaptasyondur. Bu yer altı organı, bitkinin çevresel değişimlere karşı dayanıklılığını destekleyen stratejik bir yapıdır. Kök uzunluğunun 52.24 mm olarak

saptanmıştır. Kök sistemi *Gagea taurica*'nın su ve besin maddelerine erişimini artırma amacını taşıyan bir adaptasyondur. Uzun kökler, özellikle kurak ve besin açısından sınırlı topraklarda, suyun derin tabakalardan çekilmesini sağlamaktadır (Jackson et al., 1996).

Tablo 1. Türün morfolojik ölçümleri

	Bitki boyu (cm)	Gövde eni (mm)	Soğan boyu (mm)	Soğan eni (mm)	Kök boyu (mm)
<i>Gagea taurica</i>	12.90±0.56	1.76±0.96	10.47±3.07	8.92±2.49	52.24±4.94

Gagea taurica bitkisinin biyokimyasal içeriği, bitkinin çevresel streslere adaptasyonu ve fizyolojik sağlığı hakkında önemli ipuçları sunmaktadır. Bu içerikler, bitkinin fotosentetik kapasitesi, koruyucu mekanizmaları ve antioksidan profili gibi özelliklerine dair kapsamlı bir bilgi sağlamaktadır.

Gagea taurica'nın azot balans indeksi 23.93 olarak kaydedilmiştir (Tablo 2). Azot, bitki gelişimi ve metabolik aktiviteler için kritik bir bileşendir ve bitkinin büyüme hızını doğrudan etkilemektedir (Marschner, 1995). Azot balans indeksinin bu düzeyde olması, bitkinin büyüme süreçlerinde yeterli azot teminine sahip olduğunu ve metabolik faaliyetlerin sağlıklı bir şekilde devam ettiğini göstermektedir. Azot dengesinin sağlanması, özellikle protein sentezi ve fotosentezde önemli bir role sahiptir (Taiz ve Zeiger, 2010).

Klorofil içeriği, *Gagea taurica* bitkisinde 35.03 düzeyinde ölçülmüştür. Yüksek klorofil seviyesi, bitkinin fotosentetik kapasitesinin güçlü olduğunu ve enerji üretiminde verimli olduğunu gösterir. Fotosentez süreci sırasında klorofil, güneş ışığını absorbe ederek kimyasal enerjiye dönüştürür ve bu enerji bitkinin büyümesi için gereklidir (Lichtenthaler, 1987). Klorofil miktarı aynı zamanda bitkinin genel sağlığını ve stres altında olup olmadığını da yansıtır; klorofil düzeylerindeki düşüşler genellikle kuraklık, besin eksikliği ve patojen saldırıları gibi stres durumlarının bir göstergesi olabilir (Zhang et al., 2006).

Bitkinin flavonol içeriği 1.46 olarak belirlenmiştir. Flavonoller, bitkilerde çevresel stres faktörlerine karşı koruyucu bir rol oynayan antioksidan bileşiklerdir. Özellikle UV ışınına karşı koruma sağlamakta ve oksidatif stresi azaltmakta önemli bir role sahiptirler (Harborne ve Williams, 2000). Düşük flavonol seviyesi, bitkinin güneş ışığı gibi çevresel faktörlere maruz kalmasının nispeten sınırlı olduğunu veya bitkinin düşük düzeyde oksidatif stresle karşı karşıya olduğunu düşündürmektedir.

Gagea taurica'nın anthosiyanın içeriği 0.04 gibi düşük bir değere sahiptir. Anthosiyaninler, bitkilerde pigment görevi görerek kırmızı, mavi ve mor renkleri sağlar ve aynı zamanda antioksidan etkiye sahiptirler (Gould, 2004). Bu pigmentler genellikle stres koşullarında, özellikle UV ışını ve düşük sıcaklık gibi çevresel faktörlere karşı bir savunma mekanizması olarak üretilir (Chalker-Scott, 1999). Düşük anthosiyanın içeriği, bu bitkinin güneşten korunma ihtiyacının düşük olduğunu veya düşük ışık koşullarında yetiştiğini düşündürülebilir.

Tablo 2. Türün dualeks değerleri

	Azot balans indeksi (dx)	Klorofil içeriği (dx)	Flavonol içeriği (dx)	Anthosiyenin içeriği (dx)
<i>Gagea taurica</i>	23.93±2.99	35.03±5.35,	1.46±0.04	0.04±0.01

4. SONUÇ

Morfolojik özellikler, *Gagea taurica*'nın belirli habitatlara uyum sağlamış bir bitki olduğunu göstermektedir. Bitkinin kısa yapısı ve ince gövdesi, besin verimliliğini artırırken, soğan ve kök sistemleri kurak ve besin kısıtlı ortamlarda hayatta kalma stratejilerinde önemli rol oynar. Bu özellikler, *Gagea taurica*'nın sınırlı kaynaklardan yararlanarak çevresel stres faktörlerine karşı direnç geliştirdiğini gösterir. Biyokimyasal veriler bir araya getirildiğinde, *Gagea taurica*'nın çevresel streslere karşı belirli bir adaptasyon geliştirdiği ancak düşük flavonol ve anthosiyenin içeriği nedeniyle yoğun stres durumlarına karşı sınırlı bir koruma sağladığı sonucuna varılabilir. Bitkinin yüksek klorofil içeriği, sağlıklı bir fotosentez kapasitesine işaret ederken; düşük flavonol ve anthosiyenin seviyeleri, bitkinin oksidatif stres veya UV korumasına fazla ihtiyaç duymadığı, belki de nispeten gölge veya korunaklı bir ortamda yetiştiğini düşündürmektedir.

KAYNAKLAR

- Anonim, (2024). <https://bizimbitkiler.org.tr/yeni/demos/technical/> Erişim tarihi: 06.11.2024.
- Chalker-Scott, L. (1999). Environmental significance of anthocyanins in plant stress responses. *Photochemistry and Photobiology*, 70(1), 1-9.
- Givnish, T. J. (1987). Comparative studies of leaf form: assessing the relative roles of selective pressures and phylogenetic constraints. *New Phytologist*, 106, 131-160.
- Gould, K. S. (2004). Nature's Swiss Army Knife: The Diverse Protective Roles of Anthocyanins in Leaves. *Journal of Biomedicine and Biotechnology*, 5, 314-320.
- Harborne, J. B., & Williams, C. A. (2000). Advances in flavonoid research since 1992. *Phytochemistry*, 55(6), 481-504.
- Jackson, R. B., Canadell, J., Ehleringer, J. R., Mooney, H. A., Sala, O. E., & Schulze, E. D. (1996). A global analysis of root distributions for terrestrial biomes. *Oecologia*, 108(3), 389-411.
- Lichtenthaler, H. K. (1987). Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. *Methods in Enzymology*, 148, 350-382.
- Marschner, H. (1995). *Mineral Nutrition of Higher Plants*. Academic Press.
- Niklas, K. J. (1994). *Plant Allometry: The Scaling of Form and Process*. University of Chicago Press.
- Nomura, T., Ogita, S., Kato, Y., (2012). A Novel Lactone-Forming Carboxylesterase: Molecular Identification of a Tuliposide A-Converting Enzyme in Tulip, *Plant Physiology*, 159, 565- 578,
- Pate, J. S., & Dixon, K. W. (1982). Tuberos, cormous and bulbous plants: biology of an adaptive strategy in Western Australia. *University of Western Australia Press*.
- Peruzzi, L. (2003). A contribution to the cytotaxonomy of *Gagea Salisb.* (Liliaceae) in Italy. *Plant Systematics and Evolution*, 241, 1-19.
- Peruzzi, L., Tison, J.-M., & Peterson, A. (2008). A morphological analysis of *Gagea Salisb.* (Liliaceae) in Europe, with particular reference to the *Gagea lutea* group. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 158(1), 91-106.
- Rix, E. M., (1984). *Gagea*' In *Flora of Turkey and the East Aegean Islands*; Davis, P. H., Ed.; Edinburgh University Press: Edinburgh, ; pp. 312–327.
- Slob, A., Jekel, B., Jong, B.D., Schlatmann, E., (1975). On the occurrence of tuliposides in the Liliiflorae, *Phytochemistry*, 14, 1997-2005,
- Slob, A., Varekamp, H.Q. (1977). Tuliposide contents of tulip (*Tulipa*) species and cultivars during the flowering stage. *Proc K Ned Akad Wet C Biol Med Sci*, 80, 201-211,
- Smith, H. (1982). Light quality, photoperception, and plant strategy. *Annual Review of Plant Physiology*, 33, 481-518.
- Taiz, L., & Zeiger, E. (2010). *Plant Physiology*. Sinauer Associates.
- Tekşen, M., Ünal, F., Doğan, B., & Karaman Erkul, S. (2013). Türkiye'nin gagea salisb.(Liliaceae) cinsinin revizyonu. Tübitak Proje No: 109T950, AKSARAY.
- Tübives, 2024. http://194.27.225.161/yasin/tubives/index.php?sayfa=1&tax_id=9223. Erişim tarihi: 06.11.2024.
- Zhang, J., Huang, W., Liu, Y., Pan, Q., & Huang, Y. (2006). Effects of drought stress on photosynthesis and chlorophyll fluorescence in tomato plants. *Plant Science*, 167(4), 869-875.

GIDALARDAKİ BİYOAKTİF PEPTİDLER

Dr.Öğr. Üyesi Çiğdem AŞÇIOĞLU (ORCID:0000-0001-6407-8104)

Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü,
Afyonkarahisar

Dr. Öğr. Üyesi Mehmet KILINÇ (ORCID:0000-0003-4037-7614)

Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü,
Afyonkarahisar

Dr. Öğr. Üyesi Senem GÜNER (ORCID:0000-0002-6697-5535)

Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü,
Afyonkarahisar

Özet

Önemli fizyolojik fonksiyonlara sahip olan çok sayıda amino asitin biraraya gelerek oluşturduğu yapı biyoaktif peptidler olarak tanımlanır. Protein içerisinde inaktif halde olan ve enzimatik aktivite sonucu açığa çıkan ve insan sağlığı üzerine fonksiyonel etkileri ile öne çıkan biyoaktif peptidler, bitkisel ve hayvansal kaynaklı olabildiği gibi, genetik modifiye kaynaklardan da elde edilebilmektedir. Yapılarında 2 ila 15 adet amino asit bulunabilmektedir. Biyoaktif peptidler süt, balık, yumurta, soya fasülyesi, fıstık, keten tohumu, tahıllar gibi pek çok gıda türünde varlıkları tanımlanmıştır. Biyoaktif peptidler, beslenmede yer alan proteinlerden dört farklı mekanizma ile elde edilebilirler. Bunlar; proteolitik starter kültürler kullanılarak gıdanın fermentasyonu sırasında, protein hidrolizatlarının üretimi sırasında, *in vivo* olarak diyetle yer alan proteinlerin sindirim enzimleri tarafından parçalanması sonucunda ve *in vitro* olarak sindirim enzimlerinin enzimatik faaliyetleri sonucunda olarak gruplandırılabilir. Enzimatik metodlar oldukça uygulanabilir ve sonuçları öngörülebilir olarak tanımlanır. Tripsin, pepsin, subtilisin, kimotripsin, papain ve ticari olarak üretimi olan Alcalase ve Flavourzyme enzimatik prosteze yararlanılan enzimlerdendir. Bu enzimler hayvanlardan, bitkilerden, mikroorganizmalardan elde edilebilir ve herbiri sıcaklık, pH, enzim/ substrat oranı gibi optimum koşullarda faaliyet gösterir. Oksidasyonun ana nedeni olan serbest radikallerin artması hücre hasarlarına, protein anomalilerine, DNA mutasyonlarına sebep olur. Bu değişiklikler ise diyabet, artrit, ateroskleroz, kanser gibi dejeneratif hastalıklara sebep olabilir. Antioksidan etkili çok sayıda biyoaktif peptid tanımlanmış olup, fıstık içi, pirinç kepeği, karabuğday proteini, ayçiçeği proteini, tıbbi mantarlar, uskumru, alg protein atığı söz konusu antioksidan biyopeptidlerin bazı kaynaklarıdır. Biyoaktif peptidlerin aynı zamanda antimikrobiyel, antihipertansif, yaşlanmayı önleyici ve obezite karşıtı etkinlikleri de kanıtlanmıştır. Biyoaktif peptidlerin terapötik etkileri sayesinde hastalıklara karşı güvenli ve ekonomik koruyucu ve tedavi edici yöntemler mümkün olabilmektedir.

Anahtar Kelimeler: biyoaktif peptid, protein, enzim, hidroliz, sağlık etkisi

BIOACTIVE PEPTIDES IN FOODS

Abstract

Bioactive peptides are defined as the combination of various functional amino acids. Bioactive peptides are located inside the parent protein in inactive form and they can be derived from plants, animals and also genetically modified sources. They are composed of 2 to 15 amino acids. They were reported to be present in milk, fish, egg, soybeans, peanut, flaxseed and cereals. Bioactive peptides can be produced from dietary proteins by four different mechanisms. First one is the fermentation by starter cultures that have proteolytic effects. Second way is the degradation of proteins by digestive enzymes in living organisms. Another way is the production of protein hydrolysates. The last way is the production of bioactive peptides as a result of digestive enzymes in vitro. Enzymatic methods are commonly used with more predictable end products. Trypsin, pepsin, chymotrypsin, papain, subtilisin and commercially produced Flavourzyme and Alcalase are the most used enzymes. These enzymes are derived from different sources such as plants, animals and microorganisms and each enzyme needs optimal conditions such as temperature, pH, enzyme/substrate ratio etc. Free radicals are the main reason of oxidation and their increase cause cell damages, mutations in DNA and protein malformations. These changes may cause many degenerative illnesses such as diabetes, atherosclerosis, arthritis and cancer. Many bioactive peptides were defined as antioxidants some of which are derived from buckwheat protein, peanut kernel, rice bran, sunflower protein, medicinal mushroom, mackerel, algae protein waste etc. Antimicrobial, antihypertensive, antiaging and antiobesity effects of bioactive peptides were reported in previous studies. Due to their therapeutic effects, bioactive peptides can be used in preventive and curative health issues.

Keywords: Bioactive peptide, protein, enzyme, hydrolyse, health effect

1. INTRODUCTION

Bioactive peptides are generally defined as subunits of protein molecules. In the last decades, they are gaining more attention due to their potential use as health promoter agents. Bioactive peptides may decrease the risk of chronic disease with their effects on improving antioxidant properties of organisms. Accumulation of reactive oxygen species (ROS) initiates oxidation process in cells that stimulates the development of cardiovascular diseases, hypertension, diabetes, obesity etc. (Xing et al., 2019). These peptides are ranked as one of the most important components of functional foods. BIOPEP-UWM is a continuously updated system that involve current bioactive peptides with their biological activities and functions. BIOPEP-UWM database provides information about potential bioactivities, information about taste of peptides and also allergenic proteins. Researchers may access these functions and also submit new peptide sequences to this database that have just discovered (Minkiewicz et al., 2019). Bioactive peptides typically contain 3 to 20 amino acid units. They possess no bioactive effect during their existence in parent protein. They are released following gastrointestinal digestion and also during food processing such as fermentation, curing, cooking etc. After being released via one of the ways mentioned, bioactive peptides perform several health promoting effects such as antihypertensive, cholesterol-lowering, antioxidant, anticancer and antiobesity (Shahidi & Zhong, 2008). Amino acid sequence and composition are also determinative factors for these peptides activities. Milk-based proteins were the source of first discovery studies of bioactive peptides. Besides, meat and fish are also appreciable sources of bioactive peptides (Toldra et al., 2018). Residues derived from proteins coming from fisheries, cheese whey, olivemill wastewater and slaughterhouses are also alternative sources for bioactive peptides generation.

2. SOURCES OF BIOACTIVE PEPTIDES

2.1 Meat

Meat, meat products and also meat industry wastes are good sources for due to their high protein contents. Myofibrillar and sarcoplasmic proteins of pork were fermented by Yu et al (2020) to gain antioxidative peptides. They used *S. simulans* NJ201 and *Lb. plantarum* CD101 for the fermentation at 30 °C for 4 days. They reported that antioxidant activity of peptides hydrolyzed from sarcoplasmic proteins were significantly higher than the other ones. Meat trimmings, organs, blood and fatty tissues are the main waste materials. By endogenous enzymes, bioactive peptides can be derived from postmortem meat products. Antimicrobial peptides can be present in animal skin naturally. Valuable bioactive peptides can be generated from animal skins, bones and meat trimmings. Temperature, pH are the important parameters for the production of bioactive peptides from meat sources. Heat sensitive amino acids may be effected negatively. An increase in Maillard reaction may lead to reduction in lysine bioavailability (Korhonen et al. 1998).

2.2 Milk and Dairy Products

Especially fermented dairy products are rich sources of bioactive peptides. Lactic acid bacteria are commonly used as starter cultures in fermented dairy products. Fermented milk contain angiotensin-converting enzyme inhibitory (ACE-I) peptides the most. A study by Chen et al. (2015) indicated that peptides can be defined as prodrugs and angiotensin-converting enzyme inhibitory (ACE-I) peptides are thermostable and they are resistant to gastrointestinal proteases

after the fermentation of cow's milk using 59 different strains of *Lb. helveticus*. In cheese ripening process, one of the main milk proteins, casein, is hydrolyzed into peptides by proteases such as trypsin, pepsin and chymotrypsin. Proteolytic starter cultures may release these proteases. On the other hand, they can be derived from plants and also microorganisms (Chai et al., 2020).

2.3 Cereals

Cereals and legumes are essential parts of a nutritious and well-balanced diet. A plant-based diet is highly correlated with low rate of coronary disease (Satija & Hu, 2018). Lunasin is a bioactive peptide that is mainly found in cereals, especially in soybean and also pseudocereals such as amaranth. Lunasin can protect DNA from oxidative damage by inhibiting core histone acetylation in mammalian cells (Hernandez-Ledesma et al., 2014; Malaguti et al., 2014). Lunasin is a big bioactive molecule with 5400 daltons molecular weight and composing 43 amino acids (Shahidi & Zhong, 2008). The amount of lunasin in soybean varies depending on cultivars. The growing temperature of soybean also effects the lunasin content. At about 30 °C, highest lunasin contents were reported (Gonzalez de Mejia et al., 2004).

3. PRODUCTION METHODS OF BIOACTIVE PEPTIDES

Enzymatic hydrolysis and microbial fermentation are the most common methods for bioactive. Digestive enzymes and food- grade enzymes can be used for enzymatic processes. Food grade enzymes are considered as GRAS (Generally recognized as Safe) whereas they have high costs. Fermentation is a conventional method for obtaining bioactive peptides. Lactic acid bacteria (LAB) are commonly used. In fermented meat products, meat endogenous enzymes degrade meat proteins into polypeptides and potential bioactive peptides are generally released as a result of degradation of polypeptides by bacterial enzymes (Wu et al., 2015). Fermentation of cereals are a way for the release of bioactive peptides. Tempe, that is produced from soybean originates from Indonesia; Miso that is produced from soybean originates from Japan; Angkak, that is produced as a result of fermentation of rice and and originates from China and used as a powder colorant are some of these world famous Asian fermented cereal products (Tamang, 2012). Novel techniques such as pulsed electric field, subcritical water hydrolysis, ultrasounds, high hydrostatic pressure processing are also performed to obtain these peptides (Ulug et al., 2021).

4. FUNCTIONAL PROPERTIES AND HEALTH ASPECTS OF BIOACTIVE PEPTIDES

Bioactive peptides originated from many animal and plant sources, have many food related functional effects. Bioactive peptides have surface-active properties that ensures the stabilization of oil-in-water emulsions. Some bioactive peptides may enhance the water holding capacity of food products. Cumby et al. (2008) and Kim & Wijesekara (2010) reported that hydrolysates of Bovine skin gelatin and seal meat improved the water holding capacities of meat products. Antihypertensive activity was reported in previous studies. ACE is a nonspecific dipeptidyl carboxypeptidase that indirectly causes increased blood pressure. ACE inhibitory bioactive peptides are especially found in cheese and yoghurt. Skin gelatin, buckwheat, sesame, meat proteins, soybean are some of the other sources of antihypertensive peptides. (Kim et al., 2001). In addition to anticancer, antimicrobial, antioxidant activities, antiobesity activity is

another popular health aspect of these peptides. Bioactive peptides can inhibit the absorption of dietary lipids and accelerate lipid metabolism. They may also decrease body fat so as weight loss (Shahidi & Zhong, 2008).

5. CONCLUSION

Choosing the suitable method for peptide production is crucial for gaining highest bioactivity. Probable toxic and allergenic properties of these peptides coming from parent proteins must be taken into account. For industrial level productions, bioreactors must be improved and marketing conditions should be enhanced.

KAYNAKÇA

- Chai, K. F., Voo, A. Y. H., & Chen, W. N. (2020). Bioactive peptides from food fermentation: A comprehensive review of their sources, bioactivities, applications, and future development. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 19(6), 3825-3885.
- Chen, Y., Li, C., Xue, J., Kwok, L. Y., Yang, J., Zhang, H., & Menghe, B. (2015). Characterization of angiotensin-converting enzyme inhibitory activity of fermented milk produced by *Lactobacillus helveticus*. *Journal of Dairy Science*, 98(8), 5113-5124.
- Cumby, N., Zhong, Y., Naczki, M., & Shahidi, F. (2008). Antioxidant activity and water-holding capacity of canola protein hydrolysates. *Food chemistry*, 109(1), 144-148.
- Gonzalez de Mejia, E., Vásconez, M., de Lumen, B. O., & Nelson, R. (2004). Lunasin concentration in different soybean genotypes, commercial soy protein, and isoflavone products. *Journal of agricultural and food chemistry*, 52(19), 5882-5887.
- Hernández-Ledesma, B., C Hsieh, C., & O De Lumen, B. (2013). Chemopreventive properties of Peptide Lunasin: a review. *Protein and peptide letters*, 20(4), 424-432.
- Kim, S. K., Byun, H. G., Park, P. J., & Shahidi, F. (2001). Angiotensin I converting enzyme inhibitory peptides purified from bovine skin gelatin hydrolysate. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49(6), 2992-2997.
- Kim, S. K., & Wijesekara, I. (2010). Development and biological activities of marine-derived bioactive peptides: A review. *Journal of Functional foods*, 2(1), 1-9.
- Korhonen, H., Pihlanto-Leppä, A., Rantamäki, P., & Tupasela, T. (1998). Impact of processing on bioactive proteins and peptides. *Trends in Food Science & Technology*, 9(8-9), 307-319.
- Malaguti, M., Dinelli, G., Leoncini, E., Bregola, V., Bosi, S., Cicero, A. F., & Hrelia, S. (2014). Bioactive peptides in cereals and legumes: Agronomical, biochemical and clinical aspects. *International journal of molecular sciences*, 15(11), 21120-21135.
- Minkiewicz, P., Iwaniak, A., & Darewicz, M. (2019). BIOPEP-UWM database of bioactive peptides: Current opportunities. *International journal of molecular sciences*, 20(23), 5978.
- Satija, A., & Hu, F. B. (2018). Plant-based diets and cardiovascular health. *Trends in cardiovascular medicine*, 28(7), 437-441.
- Shahidi, F., & Zhong, Y. (2008). Bioactive peptides. *Journal of AOAC international*, 91(4), 914-931.
- Tamang, J. P. (2012). Plant-based fermented foods and beverages of Asia. *Handbook of plant-based fermented food and beverage technology*, 49-90.
- Toldrá, F., Reig, M., Aristoy, M. C., & Mora, L. (2018). Generation of bioactive peptides during food processing. *Food chemistry*, 267, 395-404.
- Ulug, S. K., Jahandideh, F., & Wu, J. (2021). Novel technologies for the production of bioactive peptides. *Trends in Food Science & Technology*, 108, 27-39.
- Yu, D., Feng, M. Q., Sun, J., Xu, X. L., & Zhou, G. H. (2020). Protein degradation and peptide formation with antioxidant activity in pork protein extracts inoculated with *Lactobacillus plantarum* and *Staphylococcus simulans*. *Meat science*, 160, 107958.
- Xing, L., Liu, R., Cao, S., Zhang, W., & Guanghong, Z. (2019). Meat protein based bioactive peptides and their potential functional activity: A review. *International Journal of Food Science & Technology*, 54(6), 1956-1966.

**A RESEARCH ON THE DETERMINATION OF YIELD AND SOME QUALITY
CHARACTERISTICS OF BROAD BEAN (*vicia faba* L.) GENOTYPES GROWN
UNDER WINTER SECOND CROP CONDITIONS**

Assoc. Prof. Dr . Gülcan DEMİROĞLU TOPÇU (ORCID:0000-0002-5978-4183)

Ege University Faculty of Agriculture, Department of Field Crops,
Bornova, İzmir, E-mail: gulcan.demiroglu.topcu@ege.edu.tr

Selenay AKIN (ORCID:0009-0007-5784-8562)

Ege University Graduate School of Natural and Applied Sciences, Department of Field Crops,
Bornova, İzmir
Email:selenayakn35.5@gmail.com

Aslı DOLMA (ORCID:0009-0007-5532-7544)

Ege University Graduate School of Natural and Applied Sciences, Department of Field Crops,
Bornova, İzmir
Email:adolma.ad@gmail.com

Abstract

The study was carried out in the experimental fields of Ege University Faculty of Agriculture, Bornova İzmir in the growing period of 2023-2024. Black Lazer, Luz de Otono, Filiz-99, Salkım, Tugay broad bean (*Vicia faba* L.) varieties were used as material. The experiment was established in 3 replications with 40 cm between rows and 10 cm above rows. Plant height, stem diameter, green grass yield, dry matter content, crude protein content, crude ash content, ADF and NDF properties were analysed. According to the data obtained; the highest green grass yield (1392 kg/ha) and the highest crude protein content were obtained from Salkım variety (25,66%).

Keywords: Broad bean (*Vicia faba* L.), cultivar, yield, crude protein, ADF, NDF

1. INTRODUCTION

Broad bean (*Vicia faba*) is the oldest plant cultivated by humans and is used as a source of protein in the human diet, as a fodder and forage crop for animals, as well as a source of available nitrogen in the biosphere. It is also known as fava bean, fava bean, broad bean, hoe plant, field crop. It is popular in the heartland of India as “Broad bean”. Introduced to India by Arab traders, its name is derived from the Arabic name “Baquilla”. Broad beans are small-seeded relatives of the garden broad bean. The name broad bean is used for large-seeded cultivars grown for human food, while horse fava bean and field fava bean refer to cultivars with smaller, tougher seeds (such as the wild variety), although in some human food recipes a stronger flavor is preferred, such as falafel. The term fava bean (from the Italian name fava) is commonly used in the United States for pods grown specifically for human consumption.

China and Ethiopia are the world's largest large broad bean producing countries. They are also produced in Egypt, Morocco, Italy, France and West Germany. In India, it is usually grown as a legume, but its green pods and hulled green pods are also eaten as vegetables. It is a minor legume vegetable in the country. Broad beans are not very popular, but are grown in some states and mountainous regions. It can be grown in lowland areas in September and October. It is an important food plant of South America. It is a robust plant. Broad beans are quite resistant to soil types. It prefers a deep, well-drained soil. However, broad beans cannot withstand waterlogging, so soils that are not subject to waterlogging are preferred. Broad beans are very cold hardy and can germinate even when the soil temperature is as low as only 2°C (35°F) and are also used as a green manure crop. It is the only plant grown exclusively as a winter and fall crop. All in all, it is a multi-purpose plant. It is used as tender pods, green pods, dry pods and is also used as animal feed.

Broad bean (*Vicia faba*) has 12 chromosomes and can be crossed with known wild species - 12 chromosomes (6 homologous pairs). There are five pairs of acrocentric chromosomes and one pair of metacentric chromosomes. During mitosis there are three types of chromosomes, A, D and I. Type A has two chromosomes with a total chromosome length of 21.8 µm, type D has 8 chromosomes with a total length of 8.4 µm and type I has two chromosomes with a total length of 7.3 µm.

The aim of this study is to determine the forage yield and some other quality criteria of five different faba bean varieties grown under winter second crop conditions in the ecology of Bornova district, İzmir province, and to identify the most suitable faba bean variety for the region.

2. MATERIAL AND METHOD

In this research, 5 different broad bean varieties, namely Filiz-99, Salkım, Tugay, Black Lazer, Luz de Otono, obtained from different private companies and Aegean Agricultural Research Institute Directorate were used as material. According to the results of soil analyses taken from 0-20 cm and 20-40 cm depths before planting, organic matter content was 1.130-1.150%, lime content 21.52-18.65%, total nitrogen 0.101-0.123%, Cu: 2.6-3.0 ppm, Fe: 13.6-16.2 ppm. The alluvial soil structure of Bornova plain shows relatively heavy soil characteristics. The pH value in the 0-20 cm part of the soil is 8.2, while the pH value in the 20-40 cm part is 7.8. The lime

ratios detected in the soil structure indicate that the soil is rich in lime. The detected organic and inorganic matter values indicate that these soils are deficient in organic matter, moderate in total nitrogen, deficient in useful phosphorus and rich in useful potassium (Kacar, 1986; Kovancı, 1990).

Broad bean varieties were analyzed as a factor in the study. The experiment was organized according to the Randomized Block Design with 3 replications and a field trial consisting of a total of 15 plots was established. The plots were planned as 3 m x 2 m = 6 m². 1 meter paths were left between the plots. Tillage preparations for the research site were started 15 days before planting. The field was first plowed and milled to a depth of 20-25 cm. Thus, the experimental field was prepared for sowing. A proper planting bed was prepared before planting. After these procedures, the parceling process was started and parceling was done in accordance with the experimental plan. According to the results of the seed tests, the amount of seed to be used was determined and sowing was completed on January 6, 2024 due to climatic conditions, with each plot consisting of 5 rows. In the research, the seeds were sown by hand to a depth of 4-5 cm with a distance of 40 cm between rows and 10 cm above rows and irrigated with sprinkler irrigation method. Water requirement during the vegetation period was met by natural rainfall and irrigation when necessary until plant emergence. The first hoeing was done when the plants were about 15-20 cm tall and the second hoeing was done when needed depending on the weed status in order to support development and to relieve the plants.

Harvesting of herbage was carried out during the flowering period on March 27, 2024 by mowing at soil level with hand sickles. In the research, properties such as dry matter yield, plant height, stem diameter, hay yield, crude protein yield, raw ash yield were investigated. Plant height (cm): The part between the soil surface and the top of the plant of 10 plants randomly selected from each plot before harvesting was measured and the average was calculated. Stem diameter (mm): Before harvesting, 10 plant samples were randomly selected from each plot and the diameter of the stem of each plant was measured from the standard point and the average was calculated. Herbage yield (kg/da): After the rows on the edges were removed from each plot, the plots were harvested and weighed and the values found were converted to decares. Dry matter content (%): The samples weighed for green herb yield were dried in an oven at 105°C for 48 hours and then weighed and dry matter content was calculated. Dry matter yield was calculated by multiplying the dry matter ratio by the green grass yield. The dried broad bean samples were then ground in a mill and prepared for analyses. were using the NIR (Near Infrared Reflectance) Device located in the Quality Laboratory of the Department of Field Crops at Ege University Faculty of Agriculture to measure such as crude protein, Crude ash, ADF and NDF quality parameters.

The results of the analyzed data were evaluated according to the Single Factor Random Block experimental design by using the personal computers and the package program "TOTEMSTAT" in the Department of Field Crops, Faculty of Agriculture, Ege University (Açıkgöz et al., 1994).

3. RESULTS AND DISCUSSION

The mean values of plant height, stem diameter, herbage yield, dry matter content, crude protein content, crude ash content, ADF and NDF of broad bean varieties are given in Table 1. In the

evaluation, the differences among the varieties in terms of all these traits were found to be statistically significant.

Table 1: Average values of plant height, stem diameter and herbage yield and some quality characteristics of Broad bean cultivars

Genotype	PH (cm)	SD (mm)	HY (kg/da)	DM (%)	CP (%)	CA (%)	ADF (%)	NDF (%)
FİLİZ-99	46.51	7.63	808	11.77	22.68	10.37	31.49	39.49
TUGAY	48.22	7.88	1151	10.71	22.96	9.85	33.31	40.26
SALKIM	54.27	8.55	1392	11.74	25.66	10.28	33.52	38.9
BLACK LAZER	42.60	7.97	1204	10.60	20.83	10.08	32.94	40.11
LUZ DE OTONO	42	6.85	765	12.32	20.58	10.59	31.99	40.21
LSD(%5)	3.27	0.53	169.34	0.79	3.02	0.54	1.38	4.21

PH: Plant Height Sd:Stem Diameter HY: Herbage Yield DM: Dry Matter Rate CP: Crude Protein Rate CA: Crude Ash Rate ADF: Acid Detergen Fiber NDF: Nötr Detergent Fiber

It is understood that the plant height values of the varieties were between 42.00-54.27 cm. The highest plant height value among the varieties was reached in Salkım variety (54,27 cm), followed by Tugay variety (48,22 cm). Filiz-99, Black Lazer and Luz de Otono varieties were the lowest and in the same statistical group. In addition, Geren and Alan (2005) found pod plant height values between 100.1-109.0 cm in İzmir Province, Ödemiş Conditions. These values were higher than the values we obtained. The reason for this is thought to be due to different climates, locations, different cultivars and different cultural treatments applied. Kökten and Erik (2023) found pod plant height values between 45.8-65.0 cm in Bingöl Province Ecological Conditions. It is consistent with the values we obtained. Stem diameter values varied between 6.85-8.55 mm on average among the varieties. However, the highest stem diameter value was reached in Salkım variety with 8.55 mm and the second place was Black Lazer with 7.97 mm. The lowest stem diameter value was reached in Luz de Otono variety with 6,85 mm. Our findings were lower than the data obtained by Coşkun and Demiroğlu Topçu (2022) in the ecological conditions of Bornova District of İzmir Province. The reason for this is thought to be due to different cultivars and different cultural treatments applied. Among the different broad bean varieties, Salkım (1392kg/da) had the highest green herb yield and Luz de Otono (765kg/da) had the lowest green herb yield. Our findings were close to the data obtained by Erik (2022) in Bingöl Ecological Conditions. It was lower than the data obtained by Coşkun and Demiroğlu Topçu (2022) in the ecological conditions of Bornova District of İzmir Province. It is thought that the reason for this is due to different years and different cultural treatments applied with different varieties. Among the different broad bean varieties, Luz de Otono (12.32%) variety with the highest dry matter ratios was in the same group with Filiz-99 (11.77%) and Salkım (11.74%) varieties, while it was in the same group with Tugay (10.71%) and Black Lazer (10.60%) varieties. Salkım (25,66%) had the highest crude protein ratio and Black Lazer (20,83%) and Luz de Otono (20,58%) had the lowest crude protein ratio. Since crude protein ratio is important in increasing the quality of roughage, it is desirable that this

value is high enough. In addition, if the leaf ratio is high, the crude protein ratio of the grass increases again. Our findings; Erik (2022) was found to be higher than the data obtained from Bingöl Ecological Conditions. Yıldırım and Parlak (2016) found lower than the data obtained from Çanakkale 18 Mart University Dardanos Application Area. The reason for this is thought to be due to different climatic locations and different cultural treatments applied with different varieties. As a result of the statistical analysis, the highest ADF rate was found in Salkım (33.52%) variety and the lowest ADF rate was found in Filiz-99 (31.49%) variety. Since the digestion level of ADF is very slow and low, it is desirable to have low ADF in rations (Van Soest, 1991). Acid detergent fiber (ADF) is fibrous substances such as cellulose and lignin that are insoluble in acid detergent solutions used to determine the cell wall components of feeds. It is obtained by subtracting hemi-cellulose from NDF (neutral detergent fiber).

Feeds with high ADF value have low digestibility and energy content. Roughages with high digestibility allow animals to consume feed easily and increase the rate of conversion of these feeds into animal products such as meat and milk. ADF increases feed utilization, which promotes dry matter intake in ruminants, and protects animals from metabolic disorders by raising rumen pH. However, problems such as decreased milk fat and reproductive problems can be seen in ADF deficiency. Our findings were higher than the data obtained by Erik (2022) in Bingöl Ecological Conditions. The data obtained by Coşkun and Demiroğlu Topçu (2022) in the ecological conditions of Bornova district of İzmir province were found close. The reason for this is thought to be due to different variety and different cultural treatments applied with different varieties. Crude ash content varied between 9.58-10.59% on average among the varieties. The highest crude ash content was found in Luz de Otono (10.59%) and the lowest crude ash content was found in Tugay (9.85%). Macro and micro elements in the structure of crude ash are important for animal nutrition. There are antagonistic and synergistic effects between crude ash content and yield. Therefore, increasing the crude ash content is one of the main objectives in forage plant breeding (Geren et al., 2004). The highest NDF ratio obtained as a result of the statistical analysis was not. The highest NDF ratio value obtained as a result of the statistical analysis was observed in Tugay (40,26%) variety. The lowest NDF ratio was obtained from Salkım (38,90%) variety. Neutral detergent fiber (NDF) refers to the components of the feed material such as cellulose, hemi-cellulose and lignin. Higher than ideal values of these substances cause animals to digest feed with difficulty. The total NDF content of roughages is a measure of the digestibility and overall quality of roughages. Low NDF content in ruminant diets is also not desirable. Because low NDF means a low amount of roughage content, which prevents the production of sufficient saliva and causes a decrease in rumen pH. This leads to digestive system disorders and decreased feed utilization. According to the physiological periods of ruminants, the amount of NDF that should be taken with the ration varies. Our findings were higher than the data obtained by Erik (2022) in Bingöl Ecological Conditions. Yıldırım and Parlak (2016) found lower than the data obtained in Çanakkale 18 Mart University Dardanos Application Area. It was found close to the data obtained by Coşkun and Demiroğlu Topçu (2022) in the ecological conditions of Bornova district of İzmir province. The reason for this is thought to be due to different cultivars and different cultural treatments applied.

4.CONCLUSIONS

In the study conducted in the experimental fields of Ege University, Faculty of Agriculture, Department of Field Crops during the 2023-2024 growing period, yield and some quality

characteristics of some broad bean (*Vicia faba* L.) cultivars were investigated. The highest plant height value among the cultivars was obtained in Salkım cultivar with 54,27 cm. The lowest plant height value was measured in Luz de Otono variety with 42,00 cm. The highest stem diameter value was reached in Salkım variety with 8.55 mm, while the lowest stem diameter value was observed in Luz de Otono variety with 6.85 mm. The highest dry matter content of Luz de Otono (12.32%) was in the same group with Filiz-99 (11.77%) and Salkım (11.74%) varieties, while Tugay (10.71%) and Black Lazer (10.60%) varieties were in the same group, and the lowest dry matter content was obtained from Black Lazer (10.60%) variety. The highest crude protein rate was obtained from Salkım (25,66%) and the lowest crude protein rate was obtained from Black Lazer (20,83%) and Luz de Otono (20,58%) varieties in the same group. The highest ADF content was found in Salkım (33,52%) and the lowest ADF content was found in Filiz-99 (31,49%). The highest crude ash content was found in Luz de Otono variety (10,59%) and the lowest crude ash content was found in Tugay variety (9,85%). The highest NDF ratio was observed in Tugay variety (40,26%). The lowest NDF ratio was obtained from Salkım (38,90%) variety.

According to the results obtained from the research, it was concluded that Salkım variety, which has high values in terms of green grass yield and crude protein ratio, can be recommended for winter faba bean cultivation in Bornova under regional conditions.

REFERENCES

- Açıkgoz, N., Akbaş, M.E., Moghaddam, A. ve Özcan, K., (1994). Database Based Turkish Statistics Package for PCs: TARİST, Field Crops Congress, 25-29 April 1994, Bornova-İzmir, 131-136pp.
- Coşkun, A., Demiroğlu Topçu, G. (2022). Determination of Yield and Some Feed Quality Characteristics of Some Faba Bean (*Vicia faba* L.) Varieties Grown in Bornova Conditions. MAS Journal of Applied Sciences, 7(2), 443-451.
- Erik M.U. (2022). Determination of Yield and Quality Characteristics of Some Faba Bean (*Vicia faba* L.) Varieties in Bingöl Ecological Conditions, p. 1.
- Geren H., Avcıoğlu R., Soya H. (2004). Forage Crops, Hasad Publishing, p. 15.
- Geren, H., & Alan, Ö. (2005). A Study on the Yield and Other Some Characteristics of Some Faba Bean (*Vicia faba* var. major) Varieties Grown in Ödemiş Conditions. Journal of Ege University Faculty of Agriculture, 42(1): 59-66.
- Kacar, B. (1986). Fertilizers, Fertilization Techniques (3rd Edition), T.C. Agricultural Bank Publishing No: 20, Ankara, 439 p.
- Kovancı, İ. (1990). Plant Nutrition and Soil Fertility Lecture Notes, Ege University Faculty of Agriculture, Typing No: 107/3, Bornova-Izmir, 286 p.
- Kökten, K., & Erik, M. U. (2023). Determination of Yield and Quality Characteristics of Some Faba Bean Varieties in Bingöl Conditions. ICOFAAS 2023, 151.
- Van Soest, P.J., Robertson J.B., Lewis, B.A. (1991). Methods for Dietary Fiber, Neutral Detergent Fiber, and Non-Starch Polysaccharides in Relation to Animal Nutrition. Journal of Dairy Science, 74(10): 3583-3597.
- Yıldırım, S., & Özaslan Parlak, A. (2016). The Effects of Mixture Ratios of Triticale, Pea, Faba Bean, and Vetch on Forage Yield and Quality. ÇOMÜ Journal of Faculty of Agriculture, 4(1), 77-83.

ROLE OF RENEWABLE ENERGY SOURCES IN SUSTAINABLE AGRICULTURE

Assoc. Prof. Dr. Gülcan DEMIROGLU TOPCU (ORCID:0000-0002-5978-4183)

Ege University, Faculty of Agriculture Izmir, Türkiye

Email: gulcan.demiroglu.topcu@ege.edu.tr

Prof. Dr. Abdullah Engin OZCELIK (ORCID:0000-0002-8646-0950)

Selcuk University, Technology Faculty, Mechanical Engineering Department,
Konya, Türkiye

Email: eozcelik@selcuk.edu.tr

Faik EROL (ORCID:0009-0008-0530-0930)

Ege University, Graduate School of Natural and Applied Sciences, Izmir, Türkiye

Email: faikerol.agr@gmail.com

Abstract

The need for energy resources is growing day by day in the world. Population is increasing in the world, especially in developing countries. The living standards of societies are also increasing day by day and industrialization is becoming widespread. It is a fact that the need for energy will increase in parallel with technological progress and will increase even more in the coming years. Fossil fuels have been widely used to meet the need for energy from past to present. The fact that these fossil fuels cause significant environmental problems in the world and that their reserves will run out in the near future constitutes an important problem. A sustainable agricultural policy is especially important to ensure that energy use is compatible with sustainable development and that a clean and livable environment is left to future generations. In this study, renewable energy types in sustainable agriculture are explained and information about their future use is given. In addition, this study aims to emphasize the necessity of renewable energy sources in the agricultural sector.

Keywords: Renewable energy, agriculture, sustainability

1. INTRODUCTION

Energy that emerges as a result of natural processes and can be repeated continuously is called renewable energy. In order to effectively prevent environmental problems arising from the use of fossil fuels, the use of renewable energy sources should be increased. On the other hand, it is known that the economic applicability and application method of renewable energy sources in the agricultural sector varies depending on regional conditions. The main renewable energy sources that can be effectively utilised in the agricultural sector can be listed as solar wind, geothermal and biomass energies (Çepik, 2015). On the other hand, diversification of renewable energy resources and energy supply has a number of socioeconomic benefits in terms of creating regional development opportunities and contributing to the sustainable development of regions (Emeksiz and Fındık, 2021). Establishing effective food systems with stable energy sources is critical for the agricultural industry to find solutions to the problem of variable fuel costs and to promote food security (Karaca, 2013). Ensuring sustainability in agriculture and food systems is possible with a determined effort to consider and harmonise the socioeconomic and ecological objectives of agriculture and other economic sectors (Koç et al., 2018).

In the EU 2030 Energy Strategy (updated in the policy package "Clean energy for all Europeans"), European Union (EU) countries agreed on a climate and energy framework, including EU-wide targets and policy objectives for the period between 2020 and 2030. For 2030, they include a 40% reduction in GHG emissions compared to 1990 levels, at least a 32% share in RE consumption and energy savings of at least 32.5% compared to the 'same old, same old' scenario (European Commission, 2021).

The EU has set a long-term target of reducing greenhouse gas emissions by 80-95% compared to 1990 levels by 2050. The Energy Roadmap 2050 (The Energy Roadmap, 2050) explores the transition of the energy system in line with this GHG reduction target and at the same time enhancing competitiveness and security of supply (European Commission, 2021). Figure 1 shows the estimated size for clean energy technologies in the world.

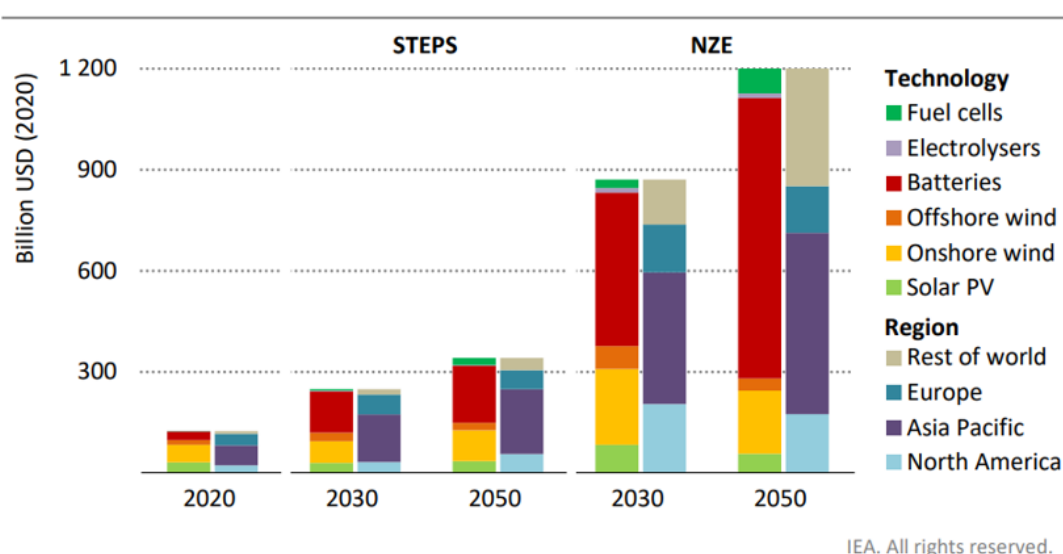


Figure 1. Estimated size for clean energy technologies in the world (2020-2050)

The prospects of a global population that will grow by nearly 2 billion people by 2050 and rising incomes are increasing the demand for energy services. Many developing economies have historically been in an energy and emissions intensive phase of urbanisation and industrialisation.

Today's energy system is not yet able to meet these challenges. Urgent action plans are envisaged to be prepared and implemented by governments in the near future. It is known that sustainable economic recovery will become important. In this study, renewable energy types in sustainable agriculture are explained and information about their use in the future is explained in detail.

2.ENERGY SOURCES IN SUSTAINABLE AGRICULTURE

Sustainable agriculture is the agriculture that focuses on obtaining sufficient and quality foodstuffs needed by the rapidly increasing world population at an affordable cost, focusing on the effective and balanced use of natural resources as well as increasing them, protecting soil fertility, preventing water pollution, protecting biodiversity and ensuring the best use of non-renewable resources by considering future generations as well as current generations. Renewable energy sources used in sustainable agriculture are briefly described below

Solar Energy

The most important energy source of the Earth is the sun. The radiation energy of the sun is the main energy source affecting the physical formations in the earth and atmospheric system. Solar energy also plays a role in the realisation of the water cycle in nature. It is accepted that there is solar energy accumulated in fossil fuels and biomass materials. Solar energy, which is one of the natural energy sources, is utilised for purposes such as heating and electricity generation. Since solar energy is an environmentally clean resource, it is used as an alternative to fossil fuels (Çakır, 2015).

Solar power plants are power plants that convert energy particles from sunlight into electrical energy. In power plants, solar cells similar to those in calculators but in large sizes are used. Solar cells are photovoltaic. The energy released as a result of fission reactions occurring in the solar core and reaching our world is called solar energy. The use of solar energy in agricultural areas is becoming increasingly widespread in our country (Sodiqov and Hoshimova, 2024).

Solar energy is converted into electrical energy using photovoltaic (PV) panels. The energy obtained is used for irrigation of agricultural areas, lighting, heating and cooling of greenhouses, animal farming enterprises, and generating additional income by supplying excess electricity to electricity networks (Crabtree and Lewis, 2007, Hou et al., 2011). The structure and operation of solar cells are shown schematically in Figure 2.

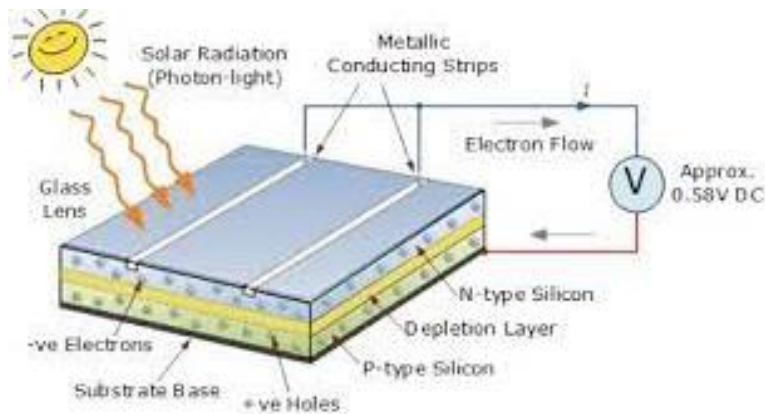


Figure 2. Schematic representation of the structure and operation of solar cells (Hou et al., 2011)

In recent years, researches on reducing energy consumption in irrigation applications have been directed towards the use of renewable energy sources for irrigation purposes. In the case of utilising solar energy as a renewable energy source for agricultural irrigation, irrigation costs, which have a large share in total production costs, will be reduced and accordingly production costs will be reduced. Due to the high cost of energy obtained from fossil fuelled energy sources, the alternative of utilising renewable energy sources for agricultural irrigation has gained great importance (Karamanay, 2007). For the irrigation process, which dates back to centuries, many methods have been developed by mankind to pump water using the lowest degree of power. In these methods applied for water pumping, different power sources such as human energy, animal power, wind, sun and fossil fuels have been utilised. For example, if solar irrigation systems are compared to irrigation systems operated by internal combustion engines, which is a fossil fuel-derived product; it can be listed as practically not requiring maintenance, having a long service life, not requiring fuel and therefore not polluting the environment (Atmaca, et al, 2014).

Wind Energy

The conversion of the wind, which is formed as a result of the displacement of hot and cold air in the atmosphere, into kinetic and then mechanical energy is called wind energy.

Wind energy in areas where agricultural production is carried out; In addition to operating systems that need electrical energy such as irrigation, lighting of the facility, they also provide extra economic benefits to agricultural enterprises by selling the energy obtained to electricity companies.

Türkiye is much more advantageous than many countries in terms of wind and solar energy due to its geographical location. Although the initial investment costs of these systems are high, the absence of raw material costs reduces energy production costs. It is stated in the studies that renewable energy sources can be used economically in agricultural enterprises (Türkboyları and Yüksel, 2024).

In wind energy, the shaft power of turbines with more blades can be used efficiently and economically in water pumping. Water can be extracted by means of the pump placed in the

underground water and by utilising the power of the wind. Since wind energy is an intermittent source, it is used together with storage systems in order to meet the water demand continuously. In practice, water pumping time is estimated to be 6-8 hours on average at wind speeds of 4 m/s to 7 m/s (EİE, 2014; Taşkın and Vardar, 2016).

Hydroelectric Energy

The energy obtained by converting the potential energy of high level water into kinetic energy by passing to lower levels under the effect of gravity is called hydroelectric energy.

In our country, almost 1/3 of the energy need is met from hydroelectric power plants and the energy obtained from these important energy sources is used for irrigation of agricultural lands and meeting other energy needs and contributes significantly to the national economy (Akdağ, 2007, Görez 2010).

If a hydroelectric power plant is desired to be established, firstly, the change in the annual water amount in the region to be established should be revealed. Access to the region where the power plant is established should not be too difficult. Environmental precautions should be taken before the establishment of the power plant. Advantages; It does not create air pollution, provides job opportunities for people living around the power plant, resists sudden floods thanks to the embankments built in front of the dams, not only electricity production but also meets the water needs of the surrounding agricultural lands, prevents erosion by afforestation around the power plant. Our country, which stands out in agricultural production, has used its water resources mostly for irrigation in agriculture (Dinçer et al., 2017).

Geothermal Energy

Geothermal energy is the heat energy formed by the heat and pressure accumulated in various depths of the earth's crust and carried to the surface by hot water, vapour and gases. Electric energy is obtained from this energy by rotating the turbines of water vapour in geothermal power plants.

The energy obtained from geothermal power plants is also used to meet the electricity needs of agricultural areas, and the hot water reaching the surface can also be used for heating greenhouses, heating irrigation water and sometimes for obtaining mineral substances (Öztürk, 2006).

The fact that the heat loss in greenhouses is very high, especially at night, and the increase in the operating costs of fossil fuel heating systems has revealed the use of this resource in greenhouse heating in regions with geothermal energy potential.

There are different application examples in greenhouse heating systems. However, it is of great importance to determine the system to be selected according to the product to be grown in the greenhouse as well as its economy. The low depth and low temperature (25-60 °C) of the geothermal energy source is the most suitable for greenhouse heating applications in terms of operation and maintenance.

In this way, excavation and fluid pumping costs are reduced. In some applications, heat exchangers are used to provide heat transfer to the normal fluid (water) circulating in the greenhouse due to the chemical 181 components in the geothermal fluid that cause corrosion (Taşkın and Vardar, 2016).

Biomass Energy

The energy obtained from biological materials of living organisms such as plants, animals and microorganisms is called biomass energy. Biomass energy obtained by converting organic wastes and plant materials into electrical energy is becoming increasingly important. The energy to be obtained from these wastes can be used in the heating of agricultural enterprises and electricity generation. In addition, products obtained from biomass resources can be used as organic fertiliser, thus reducing the use of chemical fertilisers. Biogas to be obtained from plant residues and animal wastes can be used both in electricity generation and as fuel for agricultural equipment. Biodiesel obtained from plants can also be used as an alternative to diesel obtained from fossil fuels. Thus, a significant contribution can be made to reduce greenhouse gas emissions (Kaplukan, 2014). In addition to the feasibility of biogas utilisation studies, a large number of absorption tanks have been installed in various locations. If the existing biogas potential is evaluated, it is seen that it will correspond to approximately 3 million tonnes/year of hard coal equivalent. When the biodiesel situation in our country is examined; according to the data of 14 September 2011, 36 companies registered with the Energy Market Regulatory Authority (EMRA) have biodiesel production licences (Bayraç and Özarlan, 2018).

In the bioethanol market, a more stable process has taken place. Similar to biodiesel, the bioethanol trend, which started in the early 2000s, has come to the present day with a stable structuring, but no vitality has been achieved in the sector due to the lack of an obligation to use it until today. In Türkiye, there are currently three production facilities in the bioethanol sector (Polat, 2020).

3.CONCLUSION

Renewable energy resources can be utilised effectively in the agricultural sector. In order to achieve this, studies should be carried out on renewable energy sources in the energy sector and their efficiency should be increased. Increasing the use of renewable energy resources will provide benefits in terms of protecting the natural balance such as air, soil, water and ensuring sustainability, as well as slowing down conventional energy applications, which will enable the effective use of energy by providing significant positive effects on the environment.

Türkiye has a high potential in terms of biomass and solar energy. It is important to utilise this potential in the agricultural sector. For these reasons, it is thought that the planned introduction of incentives for the use of renewable energy resources by political circles in order to protect the existing energy presence in the agricultural sector, to ensure sustainability in agriculture and to prevent the negative effects of fossil fuels on the environment will have positive effects on agricultural production, productivity and sustainable development.

4. REFERENCES

- Akdağ, N.F., (2007). Hydraulic and Renewable Energy Working Group, Biomass Energy Ankara
- Atmaca, M., Yusufoglu, G., & Kurtuluş, A. (2014). Application of solar irrigation in agriculture sector. *Bitlis Eren University Journal of Science and Technology*, 3(2), 142-153.
- Bayraç, H. N., & Özarlan, B. (2018). An empirical analysis of the relationship between biomass energy and economic growth: the case of Turkey. *Yalova Journal of Social Sciences*, 8(17), 1-17.
- Crabtree, G. W., & Lewis, N. S. (2007). Solar energy conversion. *Physics today*, 60(3), 37-42.
- Çakır, M. T. (2015). Drying of agricultural products by utilising solar energy. *Gazi Journal of Engineering Sciences*, 1(1), 41-55.
- Çepik, B. (2015). Renewable energy policies in Turkey within the framework of sustainable development (Doctoral dissertation, Maltepe University).
- Dinçer, F., Atik, İ., Yılmaz, Ş., & Çıngı, A. (2017). Analysis of the current situation of our country and developed countries in utilising hydraulic energy. *Dicle University Faculty of Engineering Journal of Engineering*, 8(3), 555-561.
- World Energy Council Turkey (2021). Global Energy Report April 2021.EIE, General Directorate of Electrical Power Resources Survey and Development Administration. 2014. Wind Energy Water Pumping Systems Project.
- Emeksiz, C., & Fındık, M. M. (2021). Evaluation of renewable energy resources for sustainable development in Turkey. *European Journal of Science and Technology*, (26), 155-164.
- Görez, T., Alkan, A., (2010). Turkey's Renewable Energy Resources and Hydroelectric Energy Potential of Turkey, Dokuz Eylül University Faculty of Engineering, Department of Civil Engineering, İzmir.
- Hou, Y., Vidu, R., & Stroeve, P. (2011). Solar energy storage methods. *Industrial & engineering chemistry research*, 50(15), 8954-8964.
- Kapluhan, E. (2014). A Review in Terms of Energy Geography: The Use of Biomass Energy in the World and Turkey. *Marmara Journal of Geography*, (30).
- Karaca, C. (2013). Sustainable Agriculture Policies in Turkey: Evaluation of Inert and Renewable Energy Resources in Agriculture Sector. *Turkish Journal of Agricultural Economics*, 19(1).
- Karamanav M. (2007). Solar energy and solar cells. Sakarya University Institute of Science and Technology, Master's Thesis, 86s, Sakarya.
- Koç, A., Yağlı, H., Koç, Y., & Uğurlu, İ. (2018). General evaluation of energy outlook in the world and in Turkey. *Engineer and Machinery*, 59(692), 86-114.
- Öztürk, H.H. (2006). Use of Renewable Energy Sources in Agriculture. URL: http://www.emo.org.tr/ekler/85e48a43c7f63ac_ek.pdf
- Polat, M. (2020). Change in Turkey's agricultural waste biomass energy potential. *Journal of Soil Water*, 19-24.
- Sodiqov, A., & Hoshimova, S. (2024). How solar energy can be used in agriculture. *Development of pedagogical technologies in modern sciences*, 3(2), 12-15.
- Taşkın, O., & Vardar, A. (2016). The use of some renewable energy sources in agricultural production. *Journal of Uludağ University Faculty of Agriculture*, 30(1), 179-184.
- Türkboyları, E., & Yüksel, N.A. (2024). Possibilities of Using Wind Turbines as Energy Source in Animal Shelters for Agricultural Purposes. *Osmaniye Korkut Ata University Journal of Institute of Science and Technology*, 7(2), 610-621.

PACKAGE BEEKEEPING AND ITS APPLICABILITY IN TURKIYE

Dr. Hüseyin BAYIR (ORCID:0000-0001-6128-6944)

Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Selcuk University

Email: hbayir@selcuk.edu.tr

Abstract

Beekeeping is an important agricultural activity in Türkiye as in many other countries. Honey bees are important not only for their products but also for their contribution to pollination, both economically and ecologically. Türkiye has significant potential for beekeeping in terms of geographical structure, climate difference and plant diversity and ranks first in the world in terms of colony number and honey production. Beekeeping in Türkiye is done as stationary and migratory. Generally, producers with a large number of colonies are engaged in migratory beekeeping. In regions with harsh climates during winter, the cost of beekeeping and winter losses of colonies increase significantly. The aim of this study is to emphasize the importance of the package beekeeping system against some adverse environmental conditions encountered in beekeeping. Package bee production is a system developed in countries with high climate differences in which beekeepers in the temperate/warm region in the spring season send bee populations produced in a certain weight from honey bee colonies to beekeepers in cold regions with short nectar flow in special packages without comb. In this system, honey production is increased by taking 15-20 kg of honey that should be left to the colonies for the winter. There are no fall and spring maintenance and feeding costs and winter losses. In addition, since there are no combs and young bees in package bees, it is easier to fight diseases. As a result, package beekeeping in Türkiye can be a valid system for the Mediterranean and Southern Aegean regions, where ecological conditions are suitable for bee production, and for the Northern and Eastern Anatolian regions, where intense winter conditions are experienced. This system will offer new opportunities to warm region beekeepers to increase their income, cold region beekeepers will not have to move their colonies for wintering, and it will reduce the negative effects of migratory beekeeping, which is becoming more and more intense day by day. Beekeeping using package bees can be an economical system even when the value of the honey left as winter food for the colonies is taken into account.

Keywords: Honey Bees, Package Bees, Feasibility and Profitability

1. INTRODUCTION

Beekeeping is an economically and ecologically important agricultural activity. Beekeeping activities can be carried out where there are resources that honey bees benefit from or, in other words, where the beekeeping flora is suitable. Today, honey bees have spread almost all over the world except the polar regions (Genç and Dodoloğlu, 2011). Beekeeping is an activity to produce bee products such as honey, pollen, royal jelly, beeswax, propolis and bee venom, to increase the number of colonies (creating new honey bee colonies), to produce queen bees and to ensure pollination of plants. For yield increase in technical beekeeping, natural conditions such as climate, vegetation, and distribution should be favorable, appropriate production methods and technology should be used, and genotype should be improved (Parlakay et al., 2008).

In beekeeping enterprises located in regions with long and harsh winters, costs and winter losses in colonies increase significantly. Package bee production is a beekeeping system developed in countries with climate differences in which beekeepers in the temperate/warm region send bee populations produced in certain weights from honey bee colonies to beekeepers in cold regions in special packages without honeycomb (Kumova and Korkmaz, 1999). The difference in climate between the northern and southern regions of America has led to the emergence of the package beekeeping system (Doğaroğlu, 2004). The development of package beekeeping began in the USA in the late 19th century, and package bees were first successfully shipped north from Alabama in 1912. (Laidlaw, 1997). According to the same researcher, the package bee system aims to obtain more products, reduce the transportation costs of bee colonies and prevent the spread of bee diseases to other regions.

Today, package beekeeping is widespread in America, Canada, Australia, New Zealand and Russia (Kumova and Korkmaz, 1999) and bee trade between countries also takes place with package bees (Kaftanoğlu, 1990). In these countries, the package bee system is preferred by beekeepers who are new to beekeeping, who want to strengthen their bee colonies, create colonies for pollination and enter the honey season with a new colony of bees in cold regions. In this system called package beekeeping, beekeepers in regions with long and harsh winters (north) found it more economical to buy their colonies from mild/warm (south) regions in spring instead of wintering them for more economical production. Over time, the increasing demands of producers in the northern regions led beekeepers in the southern regions to produce bees and queens (Cherevko and Gaidar, 1984; Ambrase, 1993). For this reason, beekeepers in South America provide more than their annual income from honey and other bee products to beekeepers in the northern regions by producing package bees (Somerville, 1992). Thus, honey production in the north and bee production in the south gained importance. Beekeepers in the northern regions of the USA and Canada who purchased package bees obtained 10-20% more honey from each colony during the 3-4 month nectar flow period in the 1980s (Nelson and Jay, 1982). In addition, this system eliminates the maintenance and feeding costs of bee colonies during the eight-month wintering period, and an increase in honey production is achieved by taking 15-20 kg of honey that should be left as winter food for bee colonies (Genç and Dodoloğlu, 2011).

There is no commercial production and use of package bees in Türkiye. However, scientific studies have been conducted by Kösoğlu et al., (2018) and Adanacioglu et al., (2019) to determine whether package beekeeping is advantageous or applicable for beekeeping

enterprises in cold climate regions of Türkiye. The aim of this study is to provide information about the package bee production system and the applicability of this system in addition to traditional beekeeping in Türkiye.

2. PACKAGE BEE PRODUCTION

2.1. Features of the Packages

The packages or boxes to be used in transporting bee colonies should be prepared before the bee production period. To provide ventilation for the bees, boxes are usually produced with two opposite sides surrounded by wire mesh and the other sides made of wood. Package sizes vary according to the amount of bees to be placed inside. In general, 1 kg packages can be 22.5 x 30 x 15 cm and 1.5 kg packages can be 22.5 x 40 x 15 cm (Genç and Dodoloğlu, 2011). A hole is drilled on the top surface of the box to place a feeder. Once the bees are in the package, a feeder filled with sugar syrup is placed there (Figure 1).



Figure 1. Package

Bees

(<https://www.beehappyhoneyhs.com>)

At the bottom of the feeder there are several small holes for the bees to reach the syrup. The queen cage is also attached to the upper inner side of the package in a suitable way. Like wooden packages, plastic packages are also used nowadays.

2.2. Preparation of Production Colonies

Preparations for package bee production begin the previous year. The queen bees of the production colonies must be young and productive. Colonies must be strong and honey and pollen stocks must be sufficient as winter approaches. If there is a nutritional deficiency, it must be eliminated before the incubation activities begin (Doğaroğlu, 2004). It is very important for production colonies to increase the number of adult bees in spring. For this reason, in order for the colonies to enter the production period strong, they should be fed with syrup and protein bee cakes when natural food sources are insufficient (Genç and Dodoloğlu, 2011). Package bee production colonies are required to have around 18000 adult bees in early spring. Package bees can be produced by shaking out about 2.5 kg of bees from a production colony at 10-day intervals and a total of 15 kg of bees can be shaken out in a 60-day production period in spring (Doğaroğlu, 2004).

2.3. Filling Packages with Bees

The packages are filled in the afternoon to prevent drones and old worker bees from entering the package. Two different methods are used to fill the packages with bees, called the shaking box and shaking funnel methods. In the shaking funnel method, the queen of the colony to be

shaken is first found and returned to the brood box of the colony. The bees in the other honeycombs are shaken into the funnel and filled into packages (Laidlaw, 1997). In the shaking box method, a funnel the size of a standard hive body with a queen excluder on the top is placed on the shaking box (Figure 2).



Figure 2. Honeybee shake box (<https://meyerbees.com>)

The honey box of the hive from which bees will be taken is placed on the funnel. The bees on the honeycombs are shaken into the funnel. The worker bees pass through the queen excluder and descend to the box below. If a queen bee is in one of the shaken honeycombs, she cannot pass through the queen excluder and is caught and returned to the brood box of the colony (Laidlaw, 1997).

The packages are weighed while being filled. Depending on the need and regional conditions, 1, 1.5 or 2 kg of bees are filled into the packages. There are 3000-3500 worker bees in a package of bees weighing approximately 0.5 kg (Kumova and Korkmaz, 1999). If the package is to be prepared with a queen bee, the queen bee cage is attached to the upper inner side of the package suitably. A feeder filled with sugar syrup is placed on the upper part of the packages and the package lid is closed to make it ready for transportation. The packages should be taken to a cool place immediately after they are filled (Doğaroğlu, 2004).

3. TRANSPORTATION OF PACKAGE BEES

The transportation of package bees is usually done with vehicles suitable for this purpose. The vehicle must be ventilated or arranged to provide ventilation during transportation. Before the packages are loaded onto the vehicle, they should be fixed together with slats, leaving a 10–20 cm gap between every 3–5 packages (Figure 3), to facilitate handling and ensure better air circulation during transport. Temperature control should be done during transport. Especially in queenless packages, bee movements are more and bee cluster is formed more difficult. To overcome this problem, artificial queen pheromones are used (Naumann et al., 1990).



Figure 3. Fixing bee packages (<https://chatauquaapiary.com/>)

4. PLACEMENT OF PACKAGE BEES IN HIVES

In the middle of standard single-storey hives, 3-4 frames with embossed honeycombs are placed for the queen to lay eggs. On either side of these frames, one frame with pollen and honey from the previous year is placed in that order. Those who are new to beekeeping arrange the hives/frames with foundation honeycombs. The flight holes of the hives are narrowed, and they are placed in their places in the apiary (Ambrose, 1993). When the packages arrive at the apiary, if it is not possible to place the bees immediately, they are kept in a cool, dark place. The bees should be placed in the hives on cool days or in the evening (Jay, 1983). In this way, the bees will take off for their first flight the next day and the loss of bees due to confusion will be reduced. Placement should not be done on very cold and snowy days as it will be difficult to establish a colony order.

Two methods are applied in placing package bees in hives (Kaftanoğlu, 1990; Genç and Dodoloğlu, 2011). In the shaking method, the bees are shaken from the feeding hole of the package onto the frames (Figure 4) or a few frames are removed from the center of the hive and shaken into the gap opened and then the frames are put back in place. The queen can be released into the bees or placed in a cage between the frames. In the transfer method, several frames are removed from the hive. A package with the feeder removed is placed in the gap (Figure 5). The queen can be released into the package or placed between the frames in a cage. After the package is empty, it is removed and the frames are put back in place. After one day, if the queen bees have not come out of the cages, they are released. It is generally reported that bee losses in the transfer method are lower than in the shaking method (Jay, 1983). After placing the package bees to the prepared hives, bees should be given sugar syrup prepared at a ratio of 1:1 (Genç and Dodoloğlu, 2011).



Figure 4. Shaking method
(<https://www.indianahoney.org>)



Figure 5. Transfer method
(<https://www.honeybeesuite.com>)

5. DEVELOPMENT AND MANAGEMENT OF COLONIES

Beekeepers who aim to produce with package bees should pay attention to issues such as the main nectar flow period of the region, the colony entering this period strong in terms of adult bees and the appropriate harvest time. Since the period between the transfer of bees to the hive and the beginning of the nectar flow period is very short, this period should be entered with strong colonies.

After the package bees are transferred to the hives, their first checks are made 4-7 days later (Jay, 1983). If there is no queen bee, a new one is given. The nutritional status of the colony is examined, and the necessary feeding is done, taking into account the amount of food coming into the colony (Ambrose, 1993). After the bees are placed in the hives, there may be a 30-35% decrease in the bee population for three weeks (Genç and Dodoloğlu 2011). The population will start to increase again with the emergence of new offspring. Subsequently, colonies are checked every week and if necessary, honeycombs and honey boxes are added and necessary arrangements are made. The colony reaches its highest strength after 12 weeks (Szabo and Lefkovitch, 1989).

If honey production is targeted, colonies are killed after harvest. During this period the number of adult bees in the colony is very high and they consume more than they produce (Jay 1983). Hives and honeycombs are cleaned, ventilated and stored for reuse next year.

6. APPLICABILITY OF PACKAGE BEEKEEPING IN TÜRKİYE

Beekeeping is an important agricultural activity in Türkiye as well as in the world. Honey bees contribute to the pollination of natural and cultivated plants and contribute significantly to the increase in the quality and quantity of crop production. Türkiye has an important potential for beekeeping in terms of plant diversity, which is rich in nectar yield and most of which are endemic, topographical structure and climate differences (Doğaroğlu, 2007; Genç and Dodoloğlu, 2011).

According to TÜİK (2023) data, there are 9,224,881 honey bee colonies in 100,399 beekeeping enterprises in Türkiye and 114,886 tons of honey and 3,971 tons of beeswax were produced (TÜİK, 2024). According to FAO (2022) data, the 7 countries with the highest number of honey bee colonies in the world, the honey production of these countries and their shares in the world total in terms of honey production are given in Table 1 (FAO, 2024).

Table 1. Colony numbers, honey production, and honey production shares of some countries in the world in 2022 (FAO, 2024)

List	Countries	Number of Colonies (number)	Honey Production (tons)	Share in World Total Honey Production (%)
1.	India	12.614.760	74.204	4.05
2.	China	9.248.667	461.900	25.23
3.	Türkiye	8.984.476	118.297	6.46
4.	Iran	7.575.395	79.535	4.34
5.	Ethiopia	6.208.035	17.507	0.96
6.	Tanzania	3.077.056	31.345	1.71
7.	Argentina	2.975.530	70.437	3.85
	World Total	100.996.303	1.830.768	100

As can be seen in Table 1, Türkiye ranks 3rd in the world in terms of the number of colonies and 2nd in terms of honey production. While the average honey yield per colony is 18.127 kg in the world, it is calculated as 13.167 kg in Türkiye. This shows that Türkiye cannot utilize its beekeeping resources effectively. Beekeeping in Türkiye has not become a sector at the desired level. The main reasons for this deficiency are the insufficient production of breeding queens, beekeepers' lack of knowledge on the recognition and control of bee diseases and pests, and the intensive practice of migratory beekeeping (Kumova, 1995).

Since honeycombs are not used in package bee production and there are no brood bees, it is easier to combat diseases and the possibility of diseases being carried and spreading is reduced. Production with package bees makes a significant contribution especially in controlling the varroa parasite. Since there are no honeycombs in the packages, the possibility of the drugs used to leave residues in honey and beeswax will be eliminated. Enterprises producing honey with package bees will produce healthier honey and offer it to consumers (Fıratlı et al., 2004). In Türkiye, package beekeeping is a valid system for the South Aegean and Mediterranean Regions, where beekeeping activities start early and ecological conditions are suitable for bee production, and for the Northern and Eastern Anatolia Regions, where intense winter conditions are experienced (Köseoğlu et al., 2018).

With this system in Türkiye, beekeepers in warm regions will have a new source of additional income and may not have to change their location at all with migratory beekeeping, which is costly and laborious for honey production. Package bee colonies produced in these regions will be delivered to cold regions before the honey season. In regions with cold climatic conditions, beekeeping activities are carried out in a very short period of time, wintering losses are high and maintenance and feeding costs of colonies are higher. In this system, cold region beekeepers will be engaged in beekeeping activities only in certain periods and will not have to do migratory beekeeping to winter their colonies. Adanacioglu et al., (2019) determined in a study they conducted in Türkiye that beekeeping enterprises could save \$31.63 per hive if colonies were not wintered and reported that purchasing package bee prices below \$39.52 for Edirne province would be profitable for enterprises. In the same study, it was reported that package beekeeping was more advantageous for enterprises.

7. CONCLUSION AND RECOMMENDATIONS

In Türkiye, beekeeping is an important agricultural production area for reducing unemployment, developing landless forest villages, and providing healthy nutrition to society.

Package beekeeping can be a suitable system for utilizing beekeeping effectively. It is thought that implementing this system in the country's beekeeping will provide the following contributions. Especially in regions such as Northern and Eastern Anatolia, an increase in production will be achieved by taking the 15-20 kg of honey that should be left to the bees for the winter, and there will be no fall and spring maintenance-feeding and wintering losses. It will offer new opportunities to Mediterranean and South Aegean beekeepers, whose ecological conditions are suitable for package bee production, to increase their income. Since the colonies are transported without honeycomb, the fight against varroa parasite and some other bee diseases can be carried out more easily and the enterprises will produce healthier honey and offer it to consumers. With this system, queen bees suitable for the ecological conditions of the regions will be produced at least for package bee colonies and the negative effects of migratory beekeeping, which is being done more and more intensively day by day, will be reduced.

In traditional beekeeping, especially in cold regions, the value of honey left as winter food for colonies can be more than the value of a new colony purchased. Similarly, depending on the price of purchased package bees, production with package bees can be an economical system for Türkiye.

REFERENCES

1. Adanacioglu, H., Kosoglu, M., Saner, G., Topal, E. and Yucel, B. (2019). Economic feasibility of package beekeeping application in Turkey: A case study of Edirne province, Kafkas University Faculty of Veterinary Medicine Journal, 25(5).
2. Ambrose, J. T. (1993). Management for honey production, The hive and the honey bee, Edited by Joe M. Graham, Bookcrafters, Michigan, U.S.A., p. 601-655.
3. Cherevko, Y. A. and Gaidar V. A. (1984). Production and use of packaged Carpathian honeybees, Apicultural Abstract, 34(4): 239.
4. Doğaroğlu, M. (2004). Package beekeeping, Modern Beekeeping Techniques, Doğa Beekeeping Industry and Trade Limited Company, p. 227-236.
5. Doğaroğlu, M. (2007). The Beekeeping potential of Turkey. I. Balkan Countries Beekeeping Congress and Exhibition, 29 March- 1 April İstanbul, p. 28-29.
6. FAO (2024). Live animals and livestock primary statistics [online], Food and Agriculture Organization, <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>, [Access Date: 05 November 2024].
7. Fıratlı, Ç., Karacaoğlu, M. and Gençer, V. (2004). Possibilities of developing the package beekeeping system in Türkiye, Official Project Final Report. Project No: TOG TAG/TARP-1819, Ankara.
8. Genç, F. and Dodoloğlu, A. (2011). Fundamentals of beekeeping, Atatürk University Publications, No: 931, Erzurum, Türkiye, p. 1-386.
9. Jay, S. C. (1983). Studies on hiving package bees, effects on loss of bees of queenlessness, size of package, shaking packages during hiving and storage conditions, Journal of Apicultural Research, 22(2), 111-114.
10. Kaftanoğlu, O. (1990). General status of beekeeping in Türkiye and application possibilities of package beekeeping, Turkish Agricultural Engineering 3rd Technical Congress, 8-12 January, Ankara.
11. Kösöğlu, M., Karaca, Ü., Yücel, B., Topal, E. and Yıldızdal, İ. (2018). Performance comparison of constituted colonies by artificial swarm and packaged bees in different conditions, Journal of Animal Production, 59(2), 27-34.
12. Kumova, U. (1995). Structure, problems and solutions of beekeeping in Türkiye, Selçuk University Publications, Publication No: 132, p. 93-99.
13. Kumova, U. and Korkmaz, A. (1999). Package bee production system and its usage possibilities in terms of Türkiye beekeeping, Journal of Technical Beekeeping, 63, 2-10.
14. Laidlaw, H. H. (1997). Production of queens and package bees, The Hive and the Honey Bee, Edited by Joe M. Graham, Bookcrafters, Michigan, U.S.A., p. 989-1042.
15. Naumann, K., Winston, M. L., Wyborn, M. H. and Slessor, K. N. (1990). Effects of synthetic, honey bee (Hymenoptera: Apidae) queen mandibular-gland pheromone on workers in packages, Journal of Economic Entomology, 83(4), 1271-1275.
16. Nelson, D. L. and Jay, S. C. (1982). Producing honey in the Canadian prairies using package bees, Bee World, 63(3), 110-117.
17. Parlakay, O., Yılmaz, H., Yaşar, B., Seçer, A. and Bahadır, B. (2008). The situation of beekeeping in Turkey and the future expectations by the trend analysis method, Uludag University, Journal of Agricultural Faculty, 22(2), 17-24.
18. Somerville, D. (1992). Developing package bees in Australia, Australian Bee Journal, 73(8): 10-13.

19. Szabo, T. I. and Lefkovitch, L. P. (1989). Effect of brood production and population size on honey production of honeybee colonies in Alberta, Canada, *Apidologie*, 20(2), 157-163.
20. TÜİK (2024). Beekeeping statistics [online], Turkish Statistical Institute, <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=tarim-111&dil=1>, [Access Date: 05 November 2024].

**DETERMINATION OF YIELD POTENTIAL OF DRY GRAIN BEAN LINES AT
DIFFERENT LOCATIONS**

Lecturer, Serdar KARADAS (ORCID:0000-0001-8594-1288)

Selcuk University, Faculty of Agricultural, Department of Field Crops, Konya-Türkiye
Email:skaradas@selcuk.edu.tr

Prof. Dr., Ercan CEYHAN*(ORCID: 0000-0002-9154-9984)

Selcuk University, Faculty of Agricultural, Department of Field Crops, Konya-Türkiye
Email:eceyhan@selcuk.edu.tr

Abstract

This study aimed to evaluate the agronomic performance of seven advanced dry bean (*Phaseolus vulgaris* L.) genotypes (PV1224Ö, PV1224A2, PV424G, PV1224GN59, PV1224A, PV1224A2, PV124GN) alongside three registered varieties (Altay, Zirve, Nirvana) under varying environmental conditions in Konya and Sarayönü regions during the 2024 growing season. The experiment was conducted in a randomized complete block design with three replications in two locations. Key traits such as plant height, pod number per plant, seed number per pod, seed number per plant, and seed yield per unit area were evaluated. Results indicated significant differences ($p < 0.01$) among genotypes, locations, and their interactions for most traits. Sarayönü exhibited higher mean plant heights (58.78 cm) than Konya (38.84 cm), with genotypes such as PV1224Ö and Altay performing best. Similarly, pod number per plant averaged 17.02 in Konya and 16.08 in Sarayönü, with PV1224Ö and Nirvana standing out. Seed number per pod ranged from 4.83 to 6.25, with higher averages in Sarayönü. Seed yield and 100-seed weight also varied significantly between genotypes and locations, underlining the influence of environmental conditions. The study highlights specific genotypes' adaptability and yield potential in distinct ecological settings, with PV1224Ö, PV424G, and Nirvana demonstrating superior agronomic performance. These findings contribute to developing high-yielding, location-specific dry bean varieties.

Keywords: Dry bean, genotype, yield, environmental conditions, adaptation.

1. INTRODUCTION

Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) is one of the most widely cultivated legume species worldwide. It is essential in agricultural production due to its high nutritional value and economic return. Dry grain beans, in particular, play a critical role in human nutrition as they are a rich source of protein, carbohydrates, vitamins, and mineral content (Ceyhan, 2004). Türkiye has favorable ecological conditions for bean production and intensive production in Central Anatolia. However, bean yield may vary depending on many factors, such as environmental factors, cultivation techniques, and genetic diversity (Ceyhan, 2004).

Determining the yield potential of bean lines in different locations is crucial for evaluating the adaptation ability of genetic material and increasing agricultural productivity. Previous studies have emphasized the effects of environmental conditions, especially water limitation, temperature stresses, and soil properties, on bean yield (Bozoğlu, 1995). Examining the performance of new bean lines in different ecological regions aims to provide producers with high-yielding and high-quality varieties that can be regionally adapted.

This study aims to determine the yield potential of dry grain bean lines in different locations in Turkey. It also evaluates the selected lines' resistance to environmental stresses and their superior traits in agricultural production. Such studies are reported to provide critical information for sustainable agriculture and food security and shed light on regional production planning. Therefore, the study's results are expected to contribute significantly to the development of bean agriculture.

2. MATERIALS AND METHODS

Seven genotypes with essential traits that stand out in yield in dry bean production were identified in the F6 generation. These seven pure dry bean lines (PV1224Ö, PV1224A2, PV424G, PV1224GN59, PV1224A, PV1224A2, and PV124GN) and three registered dry bean varieties, Altay, Zirve, and Nirvana, were used as plant material in the study. The selected pure lines differed in at least one morphological trait, which is important for evaluating genetic diversity and developing varieties.

The year 2024 showed significant temperature, precipitation, and relative humidity differences in Konya and Sarayönü regions compared to the long-term averages. Temperatures were above the long-term averages in all months, with significant increases, especially in June, July, and August (e.g., 30.7°C in Sarayönü and 31.7°C in Konya in June). Precipitation amounts followed an uneven course, with a significant decrease in May and June in Sarayönü and an increase in May and July in Konya. In the summer, rainfall generally exceeded the long-term average, but drought was effective in some periods. Relative humidity typically increased, especially in April and May, but decreased in August and other summer months. These data reveal that 2024 was an unstable and unusual period in terms of heat and precipitation in the region.

This research was conducted in 2024 at the Faculty of Agriculture Prof. Dr. Abdülkadir AKÇİN Research and Application Station located at the Alaeddin Keykubat Campus of Selçuk University and Sarayönü farmers' field. The soils in both locations where the trials were carried out have a clay-loamy texture, rich in lime and potassium, poor in organic matter and phosphorus, slightly alkaline character, and no salinity problem.

The research was established according to the “Randomized Blocks Experimental Design” with three replications in locations in 2024. The sowing process was carried out on 5 x 2.5 m (12.5 m²) plots of 50 x 10 cm in rows (5 pieces) opened with a marker at a depth of 5-6 cm by hand on April 29, 2024, in Konya and May 05, 2024, in Sarayönü. In both experimental areas, 15 kg DAP (Diammonium phosphate 18-46%) fertilizer was applied uniformly. In both locations, weeding was done twice with hand hoe. Depending on the climatic conditions, irrigation was done 4 times in total: 1 time between emergence and flowering, 1 time during the flowering period, and 2 times during the pod and seed setting period in each location to meet the water requirement of the bean plant. Irrigations were carried out with micro-sprinklers. Harvesting was done manually, and the plants in the plots planted in Konya were harvested on August 15 and September 16, 2024. The plants planted in Sarayönü were harvested between August 25 and September 25, 2024.

Plant height (cm), pods per plant (no.), grains per pod (no.), grains per pod (no.), and grains per plant (no.) were determined in 10 randomly selected plants from each plot and their averages were taken, and values were calculated. 100-grain weight was determined in g. From each plot, 50 cm each at the beginning and end of the rows were removed as margin, the remaining area was harvested, and unit area grain yields were calculated as kg da⁻¹ (Ceyhan 2004).

The data obtained from this study were analyzed for variance in the “JUMP.18” statistical package program according to the randomized blocks experimental design. The means of the significant traits were grouped according to the LSD test.

3. RESULTS and DISCUSSION

The analysis for plant height, number of pods per plant, and number of grains per pod showed significant differences among lines and locations ($p < 0.01$). Especially lines and location x lines interaction caused a high variance in plant height and number of pods. Similarly, lines ($p < 0.01$) and location x lines interaction ($p < 0.01$) showed significant effects on the number of grains per pod and the number of grains per plant. In addition, significant differences were found among locations, lines, and interactions in traits such as hundred-grain weight and grain yield. The effects of location x lines interaction ($p < 0.05$) and lines ($p < 0.01$) on hundred-grain weight and grain yield were significant, while only the effect of lines on grain yield was significant ($p < 0.05$) (Table 1). These findings reveal that different lines and locations have various degrees of influence on bean traits.

Table 1. Mean squares of the analysis of variance of the studied

Variance Sources	DF	Plant Height	Number of Pods per Plant	Number of Grains per Pod
Total	79			
Location	1	7946,888**	18,041**	0,114
Replication [Location]	6	9,155	6,063	0,231
Lines	9	234,578**	12,621**	0,882**
Location x Lines Int.	9	106,841**	16,573**	1,736**
Error	54	8,913	2,197	0,263
Variance Sources	DF	Number of Grains per Plant	Hundred Grain Weight	Grain Yield
Total	79			
Location	1	314,028	506,672**	55211,660**
Replication [Location]	6	89,460	12,554	4937,790
Lines	9	802,105**	47,258**	3685,510*
Location x Lines Int.	9	1712,658**	10,967*	5428,270**
Error	54	143,928	4,811	1626,978

** : $p < 0,01$; * : $p < 0,05$

3.1. Plant Height

The mean plant height of bean lines at the Konya location varied between 30.17 cm and 55.00 cm. At this location, the line with the highest plant height was “PV1224Ö” (55.00 cm), and it is under the group “a.” Among the other lines, “Altay” (35.50 cm) and “PV1224A” (38.17 cm) had shorter heights, and the environmental conditions of this location may have caused these lines to grow shorter. The line with the lowest average plant height was “Zirve” (31.42 cm), and it was included in the “I” group (Table 2).

In Sarayönü, plant heights ranged between 50.75 cm and 64.25 cm. The line with the tallest plant height is “Altay” (64.25 cm), and it is under the “a” group. In Sarayönü, taller plants were generally observed, and lines such as “PV1224Ö” (62.25 cm) and “Nirvana” (61.50 cm) also obtained high averages (Table 2). This may indicate that the environmental conditions of Sarayönü are more suitable for these varieties.

The plant height differences between the Konya and Sarayönü locations are significantly different. While the average plant height at the Konya location was 38.84 cm, this value increased to 58.78 cm at the Sarayönü location. This indicates that environmental conditions in the two places are an essential factor affecting the growth performance of the bean lines. In both locations, the lines with the most extended plant heights were varieties such as “Altay” and “PV1224Ö”, while the lines with the shortest plant heights were varieties such as “Zirve” and “Nirvana” (Table 2).

Akçin (1974) reported that bean plant height varied between 17.67 and 49.71 cm in Erzurum ecological conditions. It is seen that the averages at the Konya location are pretty close to this range. On the other hand, in a study conducted by Bozoğlu (1995) under Samsun conditions, plant heights were determined between 31.48 cm and 81.71 cm. Although this wide variation in Samsun is higher than the range of values observed in our study, it can be said that the maximum plant height recorded at the Sarayönü location (64.25 cm) overlaps with these findings. Pekşen (2005) reported that the plant heights of bean lines in Samsun are between 24.55 cm and 72.28 cm. The data obtained, especially at the Sarayönü location, are compatible

with this study. Furthermore, Ülker and Ceyhan (2008) reported that plant height varied between 38.56 cm and 86.72 cm under Konya ecological conditions. These results largely overlap with the average plant height (38.84 cm) obtained for the Konya location in our study.

Table 2. Means and LSD groups of the studied traits of bean lines

Lines	Locations			Locations		
	Konya	Sarayönü	Mean	Konya	Sarayönü	Mean
	Plant Height			Number of Pods per Plant		
PV1224Ö	55,00 cde	62,25 ab	58,63 a	19,75 a	16,00 bf	17,88 ab
PV1224A2	33,34 hi	53,75 def	43,54 fg	17,92 ad	18,75 ab	18,33 a
PV424G	45,92 g	60,25 abc	53,08 bc	19,67 a	15,75 cf	17,71 ab
PV1224GN59	49,08 fg	61,00 ab	55,04 ab	17,50 ad	16,00 bf	16,75 ad
PV1224A	38,17 h	58,75 ad	48,46 de	17,00 ae	14,00 f	15,50 cd
PV1224A2	34,75 hi	57,75 bcd	46,25 def	17,00 ae	15,50 def	16,25 bcd
PV124GN	35,08 hi	57,50 bcd	46,29 def	18,34 abc	14,25 ef	16,29 bcd
Altay	35,50 hi	64,25 a	49,88 cd	13,59 f	16,00 bf	14,79 d
Zirve	31,42 i	50,75 efg	41,08 g	14,33 ef	15,25 def	14,79 d
Nirvana	30,17 i	61,50 ab	45,83 ef	15,17 def	19,25 a	17,21 abc
Mean	38,84	58,78	48,81	17,02	16,08	16,55
	Number of Grains per Pod			Number of Grains per Plant		
PV1224Ö	5,67 ad	4,75 de	5,21 bc	112,20 ab	75,50 eh	93,85 abc
PV1224A2	5,58 ad	6,00 ab	5,79 ab	99,80 ad	112,25 ab	106,03 a
PV424G	5,75 abc	5,25 bcd	5,50 ab	112,93 ab	83,50 cg	98,21 ab
PV1224GN59	5,84 ab	6,00 ab	5,92 a	101,95 abc	96,00 be	98,98 ab
PV1224A	5,33 ad	4,25 e	4,79 c	91,03 bf	60,00 h	75,51 d
PV1224A2	5,50 ad	4,75 de	5,12 bc	93,45 be	74,25 eh	83,85 bcd
PV124GN	5,58 ad	5,25 bcd	5,42 abc	102,48 abc	74,75 eh	88,61 bcd
Altay	4,83 cde	6,00 ab	5,42 abc	65,63 gh	94,50 be	80,06 cd
Zirve	4,83 cde	6,25 a	5,54 ab	69,13 fgh	95,25 be	82,19 cd
Nirvana	5,08 be	6,25 a	5,67 ab	77,30 dh	120,25 a	98,78 ab
Mean	5,40	5,48	5,44	92,59	88,63	90,61
	Hundred Grain Weight			Grain Yield		
PV1224Ö	39,00 abc	42,00 a	40,50 ab	342,58 ad	354,95 ad	348,76 ab
PV1224A2	39,00 abc	42,50 a	40,75 a	346,10 ad	406,48 a	376,29 a
PV424G	36,00 cde	41,25 a	38,63 abc	328,08 be	359,93 ad	344,00 ab
PV1224GN59	33,67 def	36,75 bcd	35,21 de	327,39 be	397,68 ab	362,53 ab
PV1224A	34,50 def	40,75 ab	37,63 bcd	317,38 cf	314,88 cf	316,13 b
PV1224A2	32,25 ef	42,75 a	37,50 cd	301,87 def	339,40 ad	320,64 b
PV124GN	36,75 bcd	40,75 ab	38,75 abc	335,24 ae	316,78 cf	326,01 ab
Altay	36,00 cde	40,00 abc	38,00 ad	259,94 ef	406,43 a	333,18 ab
Zirve	32,75 def	39,75 abc	36,25 cd	316,26 cf	382,70 abc	349,48 ab
Nirvana	30,75 f	34,50 def	32,63 e	248,30 f	369,35 ad	308,82 b
Mean	35,07	40,10	37,58	312,31	364,86	338,58

Means within the same column followed by different letters are significantly different according to LSD.

3.2. Number of Pods per Plant

The mean pods of bean lines at the Konya location varied between 13.59 and 19.75. The line with the highest number of pods was “PV1224Ö” (19.75 number /plant), and this line was evaluated under the group “a.” In contrast, the line with the lowest number of pods was “Altay” (13.59), and this line was evaluated under group “f” at the Konya location. At the Konya location, the varieties with higher pod numbers generally stand out, while lines such as “Altay” and “Zirve” show lower pod numbers (Table 2).

In Sarayönü, pods varied between 14.00 and 19.25 in number/plant. The line with the highest number of pods was “Nirvana” (19.25) and was evaluated under group “a,” while the line with the lowest number of pods was “PV1224A” (14.00) and was assessed under group “f.” At the Sarayönü location, lines such as “PV1224A” and “Zirve” exhibited lower pod numbers, while the “Nirvana” line produced significantly more pods than the other varieties (Table 2).

Some differences were observed between the Konya and Sarayönü locations regarding pod number averages. While the average number of pods in the Konya location was 17.02, this value was 16.08 in Sarayönü. In both places, lines such as “PV1224Ö” and “Nirvana” stand out with high pod numbers, while lines such as “Altay” and “Zirve” stand out with lower pod numbers. This indicates that the environmental factors of both regions have different effects on pod production of bean varieties (Table 2).

In this study, the average number of pods at the Konya location was 17.02. Önder and Sade (1996) reported 13.50, and Ülker and Ceyhan (2008) reported values between 11.61 and 25.17 pods/plant in Konya ecological conditions. The Konya location data in our study are consistent with these literature results. In Sarayönü location, the average number of pods was determined to be 16.08 pods/plant. This value is similar to the results of Önder and Şentürk (1996a, 1996b), who reported a range of 13.75 to 22.33 pods/plant under Karaman ecological conditions. In addition, Bozoğlu and Gülümser (1999) reported pod numbers between 9.43 and 15.73 and between 9.43 and 15.73 pods/plant under Samsun conditions. The Sarayönü data obtained in our study are close to the upper limit of these values and indicate more favorable environmental conditions.

Şehirali (1980) and Düzdemir (1998) reported that pod number is one of the most critical determinants of bean grain yield. In our study, the high pod number of “PV1224Ö” and “Nirvana” lines at Konya and Sarayönü locations indicates that these varieties may have high yield potential. Saraç (1989) reported 7.637 pods/plant under Ankara conditions, which is lower than our study's results but indicates that environmental conditions play an essential role.

3.3. Number of Grains per Pods

The mean number of grains in pods of bean lines at the Konya location varied between 4.83 and 5.84. The line with the highest number of grains was “PV1224GN59” (5.84) and was evaluated with the “ab” group. Other lines with high grain numbers were “PV424G” (5.75) and “PV1224A2” (5.58). At the Konya location, cultivars such as “Altay” and “Zirve” exhibited lower grain counts than the other lines and were included in the “code” group. In general, the grain numbers of the bean lines at the Konya location are pretty close to each other, and some lines, such as “PV1224A” (5.33), show slightly lower values compared to the others (Table 2). In Sarayönü location, the average number of grains per pod varied between 4.25 and 6.25. The lines with the highest number of grains were “Zirve” (6.25) and “Nirvana” (6.25) and were evaluated under the group “a.” Lines such as “PV1224GN59” and “PV1224A2” also obtained high values with 6.00 grains/pod. At Sarayönü location, the line “PV1224A” (4.25) had the lowest grain number and was included in the “e” group (Table 2). The bean lines at Sarayönü generally have higher grain numbers, and the environmental factors at this location may support this high yield.

There are some differences between the Konya and Sarayönü locations regarding the number of grains per pod. While the average number of grains in Konya was 5.40, this value was 5.48 in Sarayönü. In both locations, lines such as “PV1224GN59” and “PV1224A2” stand out with high grain numbers, while lines such as “Altay” and “Zirve” show lower values (Table 2). This indicates that the environmental conditions of both regions have different effects on grain production in pods of bean lines. The study determined that the mean number of grains per pod differed in Konya and Sarayönü locations. While the average number of grains was 5.40 in the Konya location, this value was 5.48 in Sarayönü. These results are primarily compatible with the values reported in the literature. Önder and Şentürk (1996b) reported that the number of grains per pod varied between 3.61 and 5.90 under Karaman conditions, and these values agreed with our findings in Konya. Likewise, the values determined by Ülker and Ceyhan (2008) between 3.53 and 4.89 under Konya ecological conditions are very close to the value ranges determined in our study. On the other hand, Anlarsal et al. (2000) reported the number of grains in pods between 1 and 9 under Çukurova conditions, emphasizing the effect of environmental factors. Especially in Sarayönü, lines such as “Zirve” and “Nirvana” showed higher grain numbers, indicating that ecological factors support grain production. In general, the findings of our study support that environmental conditions and genetic factors are determinants of the number of grains in pods.

3.4. Number of Grains per Plant

The mean number of grains per plant of bean lines at the Konya location varied between 65.63 and 112.93. The line with the highest number of grains was “PV424G” (112.93), and it was under the “ab” group. Other lines with the highest grain number were “PV1224Ö” (112.20) and “PV1224A2” (99.80). In the Konya location, lines such as “Altay” (65.63) and “Zirve” (69.13) are noteworthy with lower grain numbers. While high grain numbers were generally observed in Konya, the line “Altay” was in the lowest group with a lower average (Table 2). At Sarayönü location, the mean number of grains per plant varied between 60.00 and 120.25. The line with the highest grain number in Sarayönü was “Nirvana” (120.25), and this line was evaluated with “a” group. Other high values belong to the “PV1224A2” (112.25) and “PV1224Ö” (75.50) lines. In Sarayönü, lower grain numbers were observed in lines such as “PV1224A” (60.00) and “PV1224A2” (74.25). It can be said that the environmental factors at this location caused some lines to produce higher grains (Table 2). There are some differences between the Konya and Sarayönü locations regarding the average number of grains in pods. While the average number of grains was 92.59 at the Konya location, this value was 88.63 at the Sarayönü location. In Konya, lines such as “PV424G” and “PV1224Ö” stood out with high grain numbers, while in Sarayönü, lines such as “Nirvana” and “PV1224A2” obtained higher averages. These differences indicate that the environmental conditions in both locations had different effects on the grain production in pods of the bean lines (Table 2). These findings are consistent with some studies in the literature. For example, the 46.50 - 116.45 grains/plant reported by Ülker and Ceyhan (2008) in Konya ecological conditions support our findings in Konya. However, the values reported by Özçelik and Gülümser (1988) between 25.7 and 38.8 grains/plant under Samsun conditions are considerably lower than the averages in our study. This difference may be due to the genetic diversity and the markedly different environmental conditions of Samsun, Konya, and Sarayönü. In our research, lines such as “PV424G” and “Nirvana” stood out with high grain numbers, indicating that these varieties have both genetically high yield potential and are suitable for the location. Our results demonstrate the influence of environmental factors and genetic structure on the yield of bean varieties.

3.5. Hundred Grain Weight

In the Konya location, the average hundred-grain weight of bean lines varied between 30.75 and 39.00 grams. The lines with the highest weight were “PV1224Ö” and “PV1224A2” (39.00 grams) and both of them were evaluated under the “abc” group. At the Konya location, the lines with lower weights showed the lowest value with “Nirvana” (30.75 grams), while lines such as “PV1224GN59” (33.67 grams) and “PV1224A” (34.50 grams) also had lower weight averages than the others. At this location, lines such as “PV1224Ö” and “PV1224A2” obtained higher values, while lines with lower averages of hundred-grain weight in general (Table 2).

In Sarayönü location, the averages of facial grain weight varied between 34.50 and 42.75 grams. The lines with the highest weight in Sarayönü were “PV1224A2” (42.75 grams) and “PV1224A2” (42.50 grams), and both of them were under the group “a.” High values were also obtained among other lines; for example, varieties such as “PV424G” (41.25 grams) and “PV1224Ö” (42.00 grams) are in this group. The lines with lower weight at the Sarayönü location showed the lowest value with “Nirvana” (34.50 grams). In this location, it is seen that the lines with higher weight are in the majority (Table 2).

There are some differences between the Konya and Sarayönü locations regarding hundred-grain weight. While the average facial grain weight was 35.07 grams in Konya, this value was 40.10 grams in Sarayönü. In Sarayönü, lines such as “PV1224A2” and “PV1224Ö” have higher hundred-grain weight, while these lines show lower values in the Konya location (Table 2). This indicates that environmental conditions at both locations had different effects on the grain weight of bean lines.

The hundred-grain weights reported by Önder and Şentürk (1996a, 1996b) as 173.34 - 463.32 grams under Karaman conditions are pretty close to the lower limit of the values in our study, and this difference may be thought to be due to the genetic material used and environmental conditions. Similarly, the 249.07 - 455.00 grams reported by Ülker and Ceyhan (2008) under Konya conditions emphasize the effect of genetic material and agricultural practices. The fact that lines such as “PV1224A2” and “PV1224Ö” in our study showed higher weights in Sarayönü indicates the positive effect of environmental factors on these varieties. The results support that hundred-grain weight is a determining factor in yield and that genetic-environmental interactions should be considered.

3.6. Grain Yield

At the Konya location, the average grain yield was 312.31 kg da⁻¹, and the highest yield was observed in the “PV1224A2” (346.10 kg da⁻¹) and “PV1224Ö” (342.58 kg da⁻¹) lines. On the other hand, the Nirvana line (248.30 kg da⁻¹) yielded the lowest yield and was evaluated in the “f” group (Table 2). In general, Konya has environmental conditions that limit the yield potential of the lines, and there are significant differences between the varieties.

Sarayönü performed better than Konya, with an average grain yield of 364.86 kg da⁻¹. The highest yields were in the “PV1224A2” (406.48 kg da⁻¹) and Altay (406.43 kg da⁻¹) lines, which were in the “a” group. In Sarayönü, the Nirvana line (314.88 kg da⁻¹) performed better than Konya but remained relatively low (Table 2). These results indicate that the environmental conditions of Sarayönü favored more productive lines.

When the grain yield averages of the bean lines were analyzed, the line with the highest yield was “PV1224A2” (376.29 kg da⁻¹), and this line is under the “a” group. Other high-yielding lines include “PV1224GN59” (362.53 kg da⁻¹) and “PV424G” (344.00 kg da⁻¹), while “Nirvana” (308.82 kg da⁻¹) and “PV1224A” (316.13 kg da⁻¹) showed lower yields. Lines such as “PV1224Ö” and “Zirve” are in the middle, with yields around 340 kg da⁻¹. These results show that different lines show different performances in yield, and environmental factors may affect these differences.

The grain yield values reported by Önder and Şentürk (1996b) between 390.20 - 413.23 kg da⁻¹ under Karaman conditions are mainly overlapping with our Sarayönü results. Similarly, the yield of 231 kg da⁻¹ reported by Önder and Sade (1996) under Konya conditions was below the values obtained for the Konya location, emphasizing the importance of environmental conditions and genetic material. The low yield values reported by Özçelik and Gülümser (1988) in Samsun, between 115 and 226 kg da⁻¹, indicate that the ecological conditions of Samsun are more limiting. In general, the results of our study support that the genetic and environmental factors mentioned in the literature have significant effects on yield.

4. CONCLUSION

The differences in the performance of bean lines at different locations indicate that environmental conditions significantly affect plant growth, pod number, grain number, and yield. In this respect, it is understood that the lines with higher yield and plant height, especially in Sarayönü location, showed better performance compared to the environmental conditions in Konya. These findings suggest that to increase bean production in regions such as Sarayönü, it is essential to prefer varieties suitable for this location. In the Konya location, improving the environmental factors for some lines showing lower yields or trying different line varieties may be useful to increase the yield.

Lines with high grain yield such as “PV1224A2” and “PV1224GN59” can be preferred for producers who want to get high yield. These lines should be prioritized especially in agricultural regions where high yields are desired. On the other hand, lower yielding lines such as “Nirvana” and “PV1224A” can be made more productive by improving environmental conditions, genetic improvement studies or alternative planting techniques. In addition, lines such as “PV1224Ö” and “Summit” can be evaluated, especially in regions aiming for a more balanced production since they provide moderate yields.

REFERENCES

- Akçin, A. (1974). Erzurum şartlarında yetiştirilen kuru fasulye genotiplerinde gübreleme, ekim zamanı ve sıra aralığının tane verimine etkisi ile bu genotiplerin fenolojik, morfolojik ve teknolojik karakterleri üzerine bir araştırma. Atatürk Üniversitesi Yayınları No:157, Erzurum.
- Anlarsal, A.E., Yücel, C. & Özveren, D. (2000). Çukurova koşullarında bazı fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) çeşitlerinde tane verimi ve verimle ilgili özellikler ile bu özellikler arası ilişkilerin saptanması. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 24(1), 19-29.
- Bozoğlu, H. (1995). Kuru fasulyede (*Phaseolus vulgaris* L.) bazı tarımsal özelliklerin Genotip x çevre interaksyonu ve kalıtım derecelerinin belirlenmesi üzerine bir araştırma. Doktora Tezi, On Dokuz Mayıs Üniversitesi, Samsun.
- Bozoğlu, H. & Gülümser, A. (1999). Kuru fasulyede (*Phaseolus vulgaris* L.) bazı tarımsal özelliklerin korelasyonları ve kalıtım derecelerinin belirlenmesi. Türkiye 3. Tarla Bitkileri Kongresi, Adana. Cilt 3: 360-365.
- Ceyhan, E. (2004). Effect of sowing dates on some yield components and yield of dry bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars. Turkish Journal of Field Crops, 9 (2), 87-95.
- Düzdemir, O. (1998). Kuru fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) genotiplerinde verim ve diğer bazı özellikler üzerine bir araştırma. Yüksek Lisans Tezi, Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Tokat.
- Önder, M. & Şentürk, D. (1996). Ekim zamanlarının bodur kuru fasulye çeşitlerinde dane ve protein verimi ile verim unsurlarına etkisi. Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 10(13), 7-18.
- Önder M. & Sade A. (1996). "Yunus-90" bodur kuru fasulye çeşidinde farklı bitki sıklıklarının dane verimi ve verim unsurları üzerine etkileri. Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 9(11), 71-82.
- Özçelik, H. & Gülümser, A. (1988). Bazı Bodur Fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) Çeşitlerinde Verim ve Verim Öğeleri Üzerine Bir Araştırma, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 3 (1), 99-108.
- Pekşen, E. (2005). Samsun koşullarında bazı fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) genotiplerinin tane verimi ve verimle ilgili özellikler bakımından karşılaştırılması. Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi, 20(3), 88-95.
- Saraç, A. (1989). Fasulyede ekim zamanı ve sıra aralığının verim (dane) ve verim öğeleri üzerine etkileri. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Ankara.
- Şehirli, S. (1980). Bodur fasulyede ekim sıklığının verimle ilgili bazı karakterler üzerine etkisi. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi yayınları: 738, Bilimsel Araştırma ve İncelemeler: 429, Ankara.
- Ülker, M. & Ceyhan, E. (2008). Orta Anadolu ekolojik şartlarında yetiştirilen fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) genotiplerinin bazı tarımsal özelliklerinin belirlenmesi. Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 22 (46), 77-89.

**THE EFFECT OF DIFFERENT SOWING TIMES ON YIELD AND YIELD
COMPONENTS OF SECOND CROP MAIZE IN DALAMAN PLAIN**

Agri. Eng., Hasan POLAT (ORCID:0009-0003-9761-4841)

Selcuk University, Institute of Sciences, Department of Field Crops, Konya-Türkiye
Email:hpolat_42@hotmail.com

Prof. Dr., Ercan CEYHAN*(ORCID:0000-0002-9154-9984)

Selcuk University, Faculty of Agricultural, Department of Field Crops, Konya-Türkiye
Email:eceyhan@selcuk.edu.tr

Abstract

This study was conducted in Dalaman Agricultural Enterprise of the General Directorate of Agricultural Enterprises (TİGEM) in Dalaman district of Muğla, located in the Aegean Region of Turkey. The experiment aimed to determine the effects of planting time and maize variety on yield components. The experiment started on June 20, 2023, following the wheat harvest, and sowing was carried out on July 4, 14, and 24 using a Randomized Block Design with three replications. The study revealed that planting time and maize variety significantly affected plant height. The highest plant height was recorded at the third planting time (259.44 cm), while variety P.1551 had the most extended plant height (240.39 cm). However, planting time did not significantly affect cob height; the maize variety did, with variety 72 May 80 showing the highest cob height (104.09 cm). Also, the time to tassel emergence was significantly affected by variety and the interaction between planting time and variety, with 72 May 80 variety having the longest time (50.31 days). It was found that sowing time significantly affected the number of grains on the cob, and the first sowing date gave the highest average (553.81). However, grain weight on the cob was more affected by the maize variety, and variety P.1551 showed the highest average grain weight (186.86 g/cob). Also, maize variety significantly affected grain yield but not planting time. Overall, the results indicate that selecting the appropriate planting time and maize variety is very important to optimize maize yield components. Variety P.1551 is suitable for high-yielding maize production under these conditions, performing consistently well in several parameters.

Keywords: Maize, seed yield, sowing time, second crop.

1. Introduction

Maize (*Zea mays* L.) is an important cereal grain worldwide, dating back approximately 7,000 to 10,000 years to the Mexico-Guatemala region of Central America (Tollenaar 1989). Cultivated as a staple crop in Mexico and Guatemala for thousands of years, maize spread worldwide with the discovery of America. Columbus and his friends brought it to Spain in the late 15th century and reached West Africa, North Africa, Egypt, and Far East Asia in the 16th century. It entered Turkey via Egypt and Syria in the 17th century and was initially called “Egyptian wheat” or “Egyptian millet” (Kırtok 1998).

Although maize is a tropical plant, due to its genetic diversity, it can be successfully cultivated in subtropical and temperate regions. The ideal temperature range for maize is 24-32 °C, and areas with average daily temperatures below 19 °C are unsuitable for cultivation. During the pollination and fertilization period, temperatures above 32 °C reduce pollen viability, negatively affect grain set, and may cause yield losses. Generally, 120 to 140 days are required for maize's development and harvest period (Soylu 1995).

In recent years, climate change has led to significant changes in ecological conditions in the Dalaman region. Temperature increases, changes in precipitation patterns, and changes in general climate patterns in the region have a direct impact on agricultural productivity. In this context, understanding the effects of changes in regional ecology and developing appropriate strategies has become one of the priorities of scientific research. In line with the effects of climate change, research is being conducted on the timing of sowing of plant species and varieties suitable for the region. These studies aim to determine more resilient agricultural strategies against climate change by examining the developmental periods, yield potentials and adaptation capacities of plants. Determining the most appropriate sowing times according to the changing climatic conditions of the Dalaman region is critical for protecting and increasing agricultural productivity. Climate change may affect plant growth and development processes, so sowing times must be optimized for these new conditions.

In our country, maize production attracts attention, especially as a second crop, and has large cultivation areas due to the favorable climatic conditions of the Aegean Region. Dalaman Plain is a favorable region for maize cultivation, with a clay-loamy soil structure and available irrigation facilities. Compared to other cereals such as wheat and barley, sowing time significantly affects maize's yield and yield components. Understanding the effects of sowing time on plant development, cob formation, and grain yield is critical to improving the efficiency of maize production in Dalaman Plain. In this context, the goal is to determine the optimal sowing strategies by examining the effects of different sowing times on plant height, cob height, grain number, grain weight, cob length, leaf number, and grain/cob ratio of maize. The study's findings will contribute to developing strategies to increase yield and quality in maize cultivation in Dalaman Plain.

2. Materials and Methods

The research was carried out in the Dalaman Agricultural Enterprise of the General Directorate of Agricultural Enterprises (TİGEM) in the Dalaman district of Muğla province in the Aegean Region, some of which are located in the Western Mediterranean Region.

The climatic data for June, July, August, September, and October 2023 were compared with the long-term averages. In June 2023, the maximum temperature was 29.1 °C, the minimum temperature was 18.2 °C, and the average temperature was 24 °C. In July, the maximum temperature peaked at 36.8 °C, while the average temperature was 29.7 °C. In August, temperatures decreased slightly, with a maximum of 31.8 °C and an average of 27.3 °C. Temperatures in September and October were close to the long-term averages. Humidity was 71.8% in June, higher than the long-term average of 66.6%, and showed a significant decrease in July with 49.3%. While humidity increased to 73.8% in August, it remained generally stable in September and October. Precipitation was 3 mm in June, none in July, and none in August. In September and October, 2.4 mm and 32.0 mm of precipitation was recorded, but these values were also below the long-term averages. Overall, the climatic data in 2023 reveals significant drought conditions during the summer period and total rainfall amounts lower than the long-term averages.

The soil is clay-loamy, with medium water holding capacity and good air circulation, which makes it suitable for crops such as maize. The pH value is slightly alkaline at 7.91, which is generally ideal for agricultural crops. Organic matter content is moderate at 2.07%. It has a salt-free soil profile with a salinity of 0.043. Lime content is high with 21.11%, which may affect some plants' nutrient utilization. Phosphorus (0.0019%) and potassium (0.0323%) levels are adequate for plant growth, and calcium levels are high. The soil is generally suitable for crops such as maize, but high lime and alkaline pH should be considered.

The research area was cultivated after the June 20, 2023 wheat harvest. First, the soil was cultivated with a chisel at a depth of 30 cm. After this cultivation, the soil was brought up to the level with irrigation and made suitable before sowing. Due to the effect of the current temperature conditions, the soil was re-tilled using a combi cultivator before sowing and was fully prepared for sowing. Sowing was carried out in three stages: the first on July 4, the second on July 14, and the third on July 24. These processes were carefully planned and implemented to ensure optimal soil conditions for sowing.

The experiment was established using the “Randomized Block Design” with three replications. The sowing rows were 5 meters long, with an inter-row distance of 70 cm and an over-row distance of 16 cm; 5 rows were planted with 30 plants in each row. According to this arrangement, the area of each plot was calculated as 18 m². During sowing, Trimble® satellite steering technology was used to utilize precision farming technology.

Before sowing, the seeds were sprayed with 350 g/l Thiamethoxam active ingredient to protect the seeds from above- and below-ground pests (wireworm, bollworm, etc.). After sowing, the rows were checked regularly. In these controls, the number of plants in the rows was determined and machine errors such as double throwing were detected. When necessary, single trans sowing was carried out (Figure 3.4).

Fertilization was based on the soil analysis results of 2022. As the first fertilization, 50 kg of 13-24-12 fertilizer was applied to each decare, which contains on average 6.5 kg of nitrogen (N), 12 kg of phosphorus (P₂O₅), and 6 kg of potassium (K₂O) per decare. Then, a fertilized intermediate hoe was applied as top fertilization and a total of 25 kg of pure nitrogen was applied in two stages with drip irrigation. First, 25 kg of 46% urea was applied per decare and a total of 25 kg of 46% urea was used during the pollination period and grain filling period, 7.5

kg each. These treatments were carefully planned to meet the nutrient needs of the plants and increase yield.

Narrow broadleaf weed control was carried out in the 4-leaf stage, before the plants reached the 6-leaf stage. For this purpose, 220 g/l Dicamba and 50 g/l Nicosulfuron selective herbicides were used. The first hoeing process was carried out without fertilizer, and then the throat filling was carried out using fertilized intermediate hoeing. Pest control was carried out in every period due to the intensity of pests regionally. When the stem borer was detected, it was treated with 100 g/l Chlorantraniliprole and 50 g/l Lambda-cyhalothrin before the peak tassel emergence period. During the cob-filling period, 300 g/l Methoxyfenozide and 60 g/l Spinetoram were used against the cob borer. Irrigation was not carried out during the emergence period since sufficient soil moisture existed in the first two sowing periods. However, in the last sowing period, the soil temperature was insufficient with the increase in temperatures; therefore, irrigation was done with a tanker truck after sowing. After fertilization, drip pipes were installed as one drip pipe in 2 rows. During the growing period, 700 mm of water was applied to the effective root zone in 5 different irrigation periods. For each variety, the cobs were harvested when the black spot (Black Layer) appeared at the bottom of the grain. When the harvesting process reached the ripening level, two rows from the edge and 50 cm from the heads were discarded due to the edge effect. The remaining three rows in the middle were sampled for evaluation. Plant height (cm), cob height (cm), tassel emergence time (days), number of grains on the cob (number), grain weight on the cob (g), and grain yield (kg/ha) were analyzed (TTSM, 2018). The data obtained from the experiment were subjected to variance analysis according to the experimental design used in the research. In the analysis of variance, LSD grouping was made for the traits found to be significant, at least at a 5% significance level (TTSM, 2018).

3. RESULTS and DISCUSSION

3.1. Plant Height

Sowing time and cultivar factors had statistically significant effects on plant height, but the interaction between these two factors was not statistically significant (Table 1).

The mean plant height of the cultivars was 211.44 cm for the first sowing time (LSD group “c”), 232.78 cm for the second sowing time (LSD group “b”), and 259.44 cm for the third sowing time (LSD group “a”), for a total of 234.56 cm. These results revealed that sowing times were effective in determining plant height, and different cultivars showed significant differences in plant height. P.1551 variety had an average plant height of 215.33 cm for the first sowing time, 239.83 cm for the second, and 266.00 cm for the third. The mean of the sowing times was 240.39 cm and was in the first LSD group with “a” (Table 2), indicating that P.1551 presented the highest mean in plant height. 72 May 80 variety had a mean plant height of 209.17 cm for the first sowing time, 237.50 cm for the second, and 265.00 cm for the third sowing time. The mean of the sowing times was 237.22 cm and was in the LSD group with “c” (Table 2). This indicates that this variety had a significantly higher mean plant height than the other varieties. The Kefrancos variety's average plant height was 209.83 cm at the first sowing time, 221.00 cm at the second, and 247.33 cm at the third. The mean sowing time was 226.06 cm, and it was found in the LSD group with “b” (Table 2). This is lower than P.1551 and 72 May 80. Previous studies have indicated that the plant height of grain maize varieties should ideally be between 250 cm and 300 cm (Kaya, 2020). An increase in plant height leads to an increase in leaf area and number and affects yield positively (Vartanlı et al., 2007). Therefore, plant height is considered an essential criterion for yield. The results obtained in our research show

that the plant height of 72 May 80 and P.1551 varieties were determined as 237.22 cm and 240.39 cm, respectively. These findings are consistent with the results reported by Yalçın et al. (2009), Kardeşin and Sade (2012), İdikut and Kara (2013), Öztürk and Orak (2020), Sarikurt and Bengisu (2020). However, the data obtained by Ayrancı and Sade (2004), Vartanlı and Emeklier (2007), Coşkun et al. (2014), Kılınç et al. (2018), Çetin and Soylu (2021) present higher plant height averages. These differences may be due to the diversity of genotypes or environmental conditions. This suggests that the effects on plant height of maize plants are a combination of genetic and environmental factors, and more detailed investigations are required to understand the impact of these factors on yield.

3.2. Cob Height

The variance analysis revealed that the effect of sowing time on cob height was insignificant. However, the impact of the variety factor was quite significant, indicating that variety had a statistically significant impact on cob height. The interaction of sowing time and variety was also insignificant (Table 1). The average cob height for the first sowing time was 94.74 cm. For the second sowing time, this average increased to 101.89 cm. For the third sowing time, the average cob height was 98.11 cm. Considering these data, the average cob height was 98.25 cm (Table 2). These results show variations in cob height depending on the sowing time, and the overall average reflects these variations.

Tablo 1. Mean Squares of the Traits Studied in Maize Plant

Varyans Kaynakları	DF	Plant Height	Cob Height	Peak Tassel Emergence
Total	26			
Replication	2	24,194	73,483	2,724
Sowing Time (ST)	2	5205,330**	114,974	0,190
Error ₁	4	37,861	38,579	0,798
Varieties (V)	2	510,250**	230,785**	8,658**
ST x V Int.	4	85,542	47,553	7,078**
Error ₂	12	49,583	31,907	0,730
Varyans Kaynakları	DF	Number of Grains on the Cob	Cob Grain Weight	Grain Yield
Total	26			
Replication	2	1843,270	366,097	1150,240
Sowing Time (ST)	2	6577,040**	581,776	5579,160
Error ₁	4	407,343	109,903	1900,450
Varieties (V)	2	9012,930	1736,190**	130865,000**
ST x V Int.	4	1778,180	249,572	675,942
Error ₂	12	2889,260	123,266	3107,000

** : $p < 0,01$

72 May 80 cultivar showed an average cob height of 98.93 cm for the first sowing time, 104.33 cm for the second sowing time, and 109.00 cm for the third sowing time, and the total average was 104.09 cm. This variety was marked with LSD group “a”, indicating that it had the highest cob height (Table 2). On the other hand, Kefrancos and P.1551 varieties had a mean of 92.77 cm and 92.53 cm for the first sowing time, 101.93 cm and 99.40 cm for the second sowing time, 92.00 cm and 93.33 cm for the third sowing time, respectively. Their total means were 95.57 cm and 95.09 cm, respectively, and the LSD group was marked with “b” (Table 2). Cob height in maize is a critical parameter in yield and quality because the height of the cob above the soil

surface is an essential factor that facilitates mechanized harvesting (Kaya, 2020). In our study, cob height varied between 92 and 109 cm, averaging 98.25 cm. This result is compatible with the results obtained by Coşkun et al. (2014), Kılınç et al. (2018), and Sarikurt and Bengisu (2020) and shows similar average cob heights. On the other hand, studies by Ayrancı and Sade (2004), İdikut and Kara (2013), and Öztürk and Orak (2020) reported lower average cob heights.

3.3. Peak Tassel Emergence

Variety and sowing time x variety interactions statistically significantly affected the time to peak tassel emergence. In contrast, the effect of sowing time on this time was statistically insignificant. These findings emphasize that variety selection and sowing times should be considered together to optimize the time to peak tassel emergence in maize cultivation (Table 1). According to the averages of the varieties, the peak tassel emergence times were 49.28 days for the first sowing time, 49.54 days for the second sowing time, and 49.31 days for the third sowing time, and the total average was 49.38 days (Table 2). The short emergence time in the first sowing time is interpreted to be due to the exposure to high temperatures in the current period, while the shortening of the day length in the third sowing time is thought to be the reason. 72 May 80 variety had an average tassel emergence time of 48.90 days for the first sowing time, 49.90 days for the second, and 52.13 days for the third. The average of the sowing times was 50.31 days, and the LSD group was determined as “a.” This indicates that the cultivar 72 May 80 had a significantly longer time to peak tassel emergence for the third sowing time than the others (Table 2).

Table 2. Means and LSD Groups of the Traits Studied in Maize Varieties and Different Sowing Times

Varieties	Sowing Times			Mean	Sowing Times			Mean
	04 July	14 July	24 July		04 July	14 July	24 July	
	Plant Height				Cob Height			
72 May 80	209,17	237,50	265,00	237,22 ^a	98,93	104,33	109,00	104,09 ^a
Kefrancos	209,83	221,00	247,33	226,06 ^b	92,77	101,93	92,00	95,57 ^b
P.1551	215,33	239,83	266,00	240,39 ^a	92,53	99,40	93,33	95,09 ^b
Mean	211,44 ^c	232,78 ^b	259,44 ^a	234,56	94,74	101,89	98,11	98,25
	Peak Tassel Emergence				Number of Grains on the Cob			
72 May 80	48,90 ^{bc}	49,90 ^{bc}	52,13 ^a	50,31 ^a	548,13	531,00	532,67	537,27
Kefrancos	50,50 ^{ab}	49,97 ^{bc}	47,93 ^c	49,47 ^{ab}	533,87	526,33	440,00	500,07
P.1551	48,43 ^{bc}	48,77 ^{bc}	47,87 ^c	48,36 ^b	579,43	573,93	535,67	563,01
Mean	49,28	49,54	49,31	49,38	553,81 ^a	543,76 ^a	502,78 ^b	533,45
	Cob Grain Weight				Grain Yield			
72 May 80	173,05	164,51	165,00	167,52 ^b	1094,57	1043,13	1081,92	1073,21 ^a
Kefrancos	159,76	166,35	153,67	159,93 ^b	881,46	820,86	890,89	864,40 ^b
P.1551	188,98	202,94	168,67	186,86 ^a	1074,08	1060,80	1085,06	1073,31 ^a
Mean	173,93	177,93	162,44	171,44	1016,70	974,93	1019,29	1003,64

Means within the same column followed by different letters are significantly different according to LSD.

Kefrancos cultivar had an average tassel emergence time of 50.50 days for the first sowing time, 49.97 days for the second sowing time, and 47.93 days for the third sowing time. The average of the sowing times was 49.47 days, and the LSD group was determined as “ab”. This variety's peak tassel emergence time varied depending on the sowing time and was the longest for the first sowing time and the shortest for the third sowing time (Table 2).

P.1551 cultivar had an average tassel emergence time of 48.43 days for the first sowing time, 48.77 days for the second sowing time, and 47.87 days for the third sowing time. The average sowing times was 48.36 days, and the LSD group was determined as “b”. This cultivar's peak tassel emergence time was generally shorter than the other cultivars, showing similar durations at all sowing times (Table 2).

72 May 80 exhibited a different behavior from the other cultivars regarding peak tassel emergence time, requiring a longer time, especially at the third sowing time. The cultivars Kefrancos and P.1551 showed less variation depending on the sowing time, with P.1551 tending to produce a shorter period of tassel emergence in general.

The tassel emergence period is a critical stage for yield in maize because it marks the end of vegetative development and the beginning of the pollination and fertilization period. The formation and emergence of the tassel indicate that the plant should be minimally affected by internal and external stress factors and that environmental factors such as temperature are influential during this period. It is known that increasing air temperatures shorten the peak tassel emergence period (Soylu, 1995; Kırtok, 1998; Uçak et al., 2010; Zayim, 2020).

The results obtained in our research revealed that the peak tassel emergence time of 72 May 80, Kefrancos, and P.1551 varieties differed from the studies reported in the literature. In particular, shorter peak tassel emergence times were obtained in the studies conducted by Kılınç et al. (2018); Sarikurt and Bengisu (2020), while similar times were found in the studies conducted by Ayrancı and Sade (2004); İdikut and Kara (2013); Coşkun et al. (2014). These differences can be explained by the effect of sowing times, genotype differences and changes in environmental conditions. Our study provides essential information on how various environmental factors and cultivars affect maize tassel emergence time. It provides valuable data on factors that should be considered in future research.

3.4. Number of Grains on the Cob

It was determined that the effect of the sowing time factor on the number of grains on the cob was statistically significant. Still, the interaction between the variety and sowing time variety was not statistically significant (Table 1).

When the grain numbers on the cob and LSD groups were examined according to the average of the varieties, the first sowing time provided the highest average with 553.81 grains on the cob on average, and the LSD group was indicated with “a”, which shows that the measurements made at this sowing time were high and similar. The second sowing time came in second with 543.76 grains on the cob, and this was included in the “a” LSD group, which shows identical grains on the cob to the first sowing time. The third sowing time showed the lowest average, with 502.78 grains on the cob, and the LSD group was indicated with “b,” which shows that the grain number on the cob at this sowing time was lower than at other sowing times (Table 2).

When the yield trends of the varieties are examined, the grain numbers of the 72 May 80 variety vary according to the sowing times, and the highest average of 537.27 grains per cob was observed at the third sowing time. In the Kefrancos variety, the first sowing time provided the highest grain number per cob (533.87). Still, this value decreased significantly compared to

the second sowing time (526.33), and the third sowing time significantly reduced the grain number per cob (440.00). The P.1551 variety has the highest grain number per cob (563.01) at all sowing times and stands out mainly at the first sowing time with 579.43 grains/cob (Table 2).

The grain numbers of different corn varieties vary depending on the sowing times, and the sowing time with the highest grain number per cob is generally the first time. The study shows a significant decrease in the average grain number at the third sowing time. Temperature, water, and nutrient deficiencies experienced during the vegetative periods of plants, especially in the six and 8-leaf periods and in the V12 period, can significantly affect the number of grains per ear (Kaya, 2020; Zayim, 2020). This finding is consistent with the results observed in studies such as Ayrancı and Sade (2004), Kardeş and Sade (2012), İdikut and Kara (2013), Coşkun et al. (2014), Atasever et al. (2021); Çetin and Soylu (2021). These studies have obtained similar results on how the stress experienced by plants during these critical periods affects the number of grains per cob and have made significant contributions to the research conducted on this subject.

3.5. Cob Grain Weight

According to the analysis results, while the variety has a statistically significant effect on the cob grain weight on the top tassel removal time, the impact of sowing time and sowing time x variety interactions on this trait was statistically insignificant (Table 1).

When evaluated regarding sowing times, the second sowing time provides the highest average cob grain weight (177.93 g/cob). This result shows that the second sowing time offers optimal conditions for developing corn plants and can produce higher grain weight. On the other hand, the third sowing time showed the lowest grain weight according to the average of the varieties (162.44 g/cob), indicating that the third sowing time may be better for plant development and may reduce productivity (Table 2).

The study shows significant differences in cob grain weights among corn varieties. According to the average sowing times, the P.1551 variety has a higher cob grain weight (186.86 g/cob) than other varieties. The fact that this variety produced 188.98 g of grain on the cob at the first sowing time and 202.94 g of grain at the second sowing time shows that the productivity of this variety is high and that the grain weight does not change significantly depending on the sowing time. On the other hand, the grain weights of the 72 May 80 and Kefrancos varieties, according to the average of the sowing increases, remained significantly lower, especially at the third sowing time. This situation indicates the sensitivity of these varieties to certain sowing times and potential yield loss. According to the LSD groups, the P.1551 variety provided the highest cob grain weight with the “a” group, while the other varieties were in the “b” group. These differences necessitate a more detailed analysis of the effects of the variety on sowing times and grain weights and determining the appropriate sowing times (Table 2). Our study's findings reveal results consistent with those of other studies in the literature. In particular, the study of İdikut and Kara (2013) examined the effects of corn varieties and sowing times on grain weights on the cob.

Similarly, significant differences were found between the varieties. In the study of Sarikurt and Bengisu (2020), the effects of different sowing times on corn's productivity and grain weight

were evaluated, and the productivity-enhancing effects of certain sowing times were emphasized in this study. In the study of Çetin and Soylu (2021), the impact of corn varieties and environmental factors on the number and weight of grains on the cob were investigated, and the results obtained confirmed the yield differences between the varieties and the importance of sowing times. In addition, the study of Ayrancı and Sade (2004) comprehensively addressed the factors on grain weight in various growth periods of corn. Similarly, it showed the effect of sowing times on grain weight. These studies provide supporting data on the effects of sowing times and differences between varieties on grain weight and, in this context, create a scientific framework consistent with the results we obtained.

3.6. Grain Yield

Sowing time does not significantly affect this trait. However, varieties have a statistically significant impact on grain yield. Sowing time and variety interaction did not significantly affect grain yield. These analysis results show that the variety factor significantly affects grain yield in corn plants, but sowing time and variety interaction do not considerably affect this trait (Table 1).

The most important elements of increasing yield obtained from the unit area include selecting corn variety suitable for the region, applying practical and modern production techniques, and determining the correct sowing time (Kaya, 2020). These elements optimize the development process of corn plants, enable the plant to adapt better to environmental conditions, and consequently contribute to obtaining higher yields. Correct variety selection, sowing time, and production techniques, especially considering regional climate conditions and soil structure, are critical for a sustainable yield increase in corn agriculture.

Regarding variety averages, the highest grain yield was obtained from the third sowing time planted on July 20 with 1019.29 kg da⁻¹. This was followed by the first sowing time planted on July 10 with a grain yield of 1016.70 kg da⁻¹ and the second on July 10 with a 974.93 kg da⁻¹ grain yield. The difference between the highest grain yield obtained in the third sowing time and the lowest in the second sowing time is 44.36 kg da⁻¹ (Table 2).

Previous studies have thoroughly examined the effect of sowing time on yield in different corn varieties grown in various regions. According to the findings obtained from these studies, late corn varieties generally have higher yield potential (Kaya and Kuşaksız, 2012; Coşkun et al., 2014; Öztürk and Orak, 2020). This situation can be explained by the fact that late varieties benefit more from optimal growth conditions by undergoing a more extended vegetative period, thus providing more grain production. However, it has been determined that there is a significant decrease in the yield of these varieties in late sowings. This yield loss can be associated with the fact that late sowing shortens the plant's growth period. Therefore, it cannot benefit from optimal conditions such as less sunlight and suitable temperature during development. It has also been stated that late sowing increases the risk of encountering adverse climatic conditions during the harvest period by extending the maturation process of the plant. These findings emphasize the critical role of sowing time on variety productivity in corn production and reveal the importance of determining the appropriate sowing time for regional conditions.

The highest grain yield as an average of sowing times was obtained from the P.1551 variety with 1073.31 kg da⁻¹. This was followed by 72 May 80 (1073.21 kg da⁻¹) and Kefrancos (864.40 kg da⁻¹) varieties in decreasing order. The difference between the P.1551 variety, which obtained the highest grain yield as an average of sowing times, and the Kefrancos variety, which obtained the lowest grain yield, is 208.91 kg per decare. The average grain yield of the varieties was determined as 1003.64 kg da⁻¹ (Table 2). According to the Lsd test, P.1551 and 72 May 80 varieties were in the first group (a), and Kefrancos variety was in the second group (b) (Table 2). These results show that the contribution of varieties to the grain yield of corn plants varies and that correct variety selection is significant (Table 2).

In previous studies, Ayrancı and Sade (2004) found grain yield as 809-1703 kg da⁻¹ in Konya ecological conditions; Kaya and Kuşaksız (2012) found grain yield as 1144.1-1426.7 kg da⁻¹ in Alaşehir; İdikut and Kara (2013) found grain yield as 696-1290 kg da⁻¹ in Kahramanmaraş; Öz et al. (2013) reported that the grain yield in Samsun was 656-1112 kg da⁻¹; Kılınç et al. (2018) reported that the grain yield in Diyarbakır was 986.20-1676.36 kg da⁻¹; Atasever et al. (2021) reported that the grain yield in Hatay was 1248.00-1390.00 kg da⁻¹; Saruhan and Öktem (2021) reported that they found it to be between 1085.67 and 1239.33 kg da⁻¹ in Diyarbakır. While our research results are lower than those of Atasever et al. (2021); Saruhan and Öktem (2021), they are largely similar to the results of other researchers. It can be said that the difference in grain yield with some studies is due to the differences in the varieties used in the studies, the ecological conditions in which the studies were carried out, and whether the experiment was planted as the main or second crop. Indeed, Akgün et al. (2019) determined the grain yield in the second crop corn plant as 828.5-1012.5 kg da⁻¹ in Çukurova conditions. These results are very similar to our research results in the second crop.

In this study, regarding sowing times, the 72 Mayıs 80 variety gave the highest grain yield (1094.57 kg da⁻¹) at the first sowing time. Kefrancos (890.89 kg da⁻¹) and P.1551 (1085.06 kg da⁻¹) varieties gave the highest grain yield at the third sowing time. Interestingly, all varieties had the lowest grain yield when planted at the second sowing time (Table 2). While the P.1551 variety in the FAO 650 group showed the least sensitivity to sowing times, the Kefrancos variety in the FAO 670 group showed the highest sensitivity. In particular, the Kefrancos variety showed a significant difference of 69.11 kg da⁻¹ between the first and second sowing times, indicating that it responded strongly to sowing time. In the P.1551 variety, which was less affected by sowing time, only a 24.26 kg da⁻¹ difference was observed between the third and second sowing times (Table 2).

As in our study, a previous study reported that sowing time had no significant effect on grain yield. However, it was reported that grain yields decreased in late sowings (Table 2). It has been stated that the decrease in grain yield in corn varieties due to sowing time is caused by changes in vegetative development time caused by temperature changes (Soylu, 1995; Ayrancı and Sade, 2004; Kaya and Kuşaksız, 2012; Öz et al., 2013; Atasever et al., 2021; Çetin and Soyulu, 2021). These changes in our study are probably due to temperature changes. The results of this study reveal that variety selection and sowing time should be carefully planned to increase yield per unit area in corn cultivation. Proper management of these factors increases agricultural production efficiency and contributes to sustainable farming practices.

4. CONCLUSIONS

These research findings reveal the significant effects of variety selection and sowing time in corn cultivation. The impact of varieties on traits such as plant height, ear height, and grain weight are evident. In particular, the P.1551 variety performed well in grain weight, and the 72 May 80 variety performed well in ear height. However, sowing time significantly affects the number of grains on the ear and ear length. It was observed that early sowing times led to more grains on the cob and that ear length was obtained at the second-best sowing time. These findings can guide farmers to make more informed decisions both in variety selection and sowing time. It is recommended that farmers optimize sowing time by considering local climatic conditions and considering performance characteristics in variety selection.

The research results show how the variety factor and sowing time affect product productivity in corn cultivation. In particular, the effects of varieties on cob grain weight play an important role in determining the potential of varieties and the appropriate sowing time. The effects of sowing time on the number of grains per cob are another essential factor farmers should consider when determining sowing time. Farmers are advised to optimize their sowing time and variety selection by considering the specific conditions of each region. In addition, it was concluded that long-term and comprehensive studies should be conducted to evaluate the performance of the varieties identified in the survey at different sowing times based on their productivity and quality characteristics.

5. REFERENCES

- Akan, S. (2017) Muş ili ekolojik şartlarına uygun tane mısır (*Zea mays* L.) çeşitlerinin belirlenmesi. Yayınlanmamış, Yüksek Lisans Bingöl Üniversitesi, Bingöl
- Akgün, R., Dokuyucu, T. & Sevilmiş, U. (2019). Çukurova’da ikinci ürün koşullarında bazı tanelik mısır çeşitlerinin verim performansının belirlenmesi. *International Journal of Eastern Mediterranean Agricultural Research*, 2 (2), 166-175.
- Atasever, M., Yılmaz, Ş. & Ertekin, İ. (2021). Hatay ekolojik koşullarında yetiştirilen mısırdaki farklı çeşit ve ekim zamanlarının tohum verimi ve verim özelliklerine etkileri. *Trakya Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 22 (2), 51-56.
- Ayrancı, R. & Sade, B. (2004) Konya ekolojik şartlarında yetiştirilebilecek at dişi melez mısır (*Zea mays* L. *indentata* Sturt.) çeşitlerinin belirlenmesi. *Bitkisel Araştırma Dergisi*, 2, 6–14.
- Coşkun, Y., Coşkun, A. & Koşar, İ. (2014). Bazı at dişi mısır çeşitlerinin Harran ovası ikinci ürün koşullarına adaptasyonu. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi* 1(4), 454-461
- Çetin, A. & Soylu, S. (2021). Mısırdaki verim ve verim unsurları yönüyle genotip x çevre etkileşiminin belirlenmesi, *Bahri Dağdaş Bitkisel Araştırma Dergisi*, 10 (1), 40-56.
- İdikut, L. & Kara, S. (2013). Tane ürünü için yetiştirilen ikinci ürün mısır çeşitlerinin bazı verim özellikleri ile tane nişasta oranlarının belirlenmesi. *KSÜ Doğa Bilimleri Dergisi*, 16 (1), 8–15.
- Karavaşin, M. & Sade, B. (2012). Hibrit mısır çeşitlerinde (*Zea mays* L. *indentata* S.) tane verimi ve diğer verim unsurları üzerine olum gruplarının etkileri. *Selçuk Journal of Agriculture and Food Sciences*, 26 (2), 12-17
- Kaya, Ç. & Kuşaksız, T. (2012). Farklı ekim zamanlarında yetiştirilen mısır (*Zea Mays* L.) çeşitlerinde verim ve verimle ilgili bazı özelliklerin belirlenmesi. *ANADOLU Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 22 (2), 48-58
- Kaya, Y. (2020). Mısırdaki (*Zea mays* L.) büyüme ve gelişim, Siirt, Siirt Üniversitesi, p.
- Kılınç, S., Kandemir, Ç. & Ekin, Z. (2018). Bazı mısır (*Zea mays* L.) çeşitlerinde verim ve kalite özelliklerinin belirlenmesi. *KSÜ Tarım ve Doğa Dergisi*, 21 (6), 809-816.
- Kırtok, Y. (1998). Mısır üretimi ve kullanımı, İstanbul, Kocaelik Basın ve Yayınevi, p
- Öz, A., Özata, E. & Kapar, H. (2013). Hibrit mısır (*Zea mays indentata* Sturt) çeşidi ıslahı üzerine bir araştırma. *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*, 2, 19-23.
- Öztürk, Y. & Orak, A. (2020). Tekirdağ koşullarında ikinci ürün olarak yetiştirilen önemli bazı mısır çeşitlerinin verim ve verim unsurlarının belirlenmesi. *KSÜ Tarım ve Doğa Dergisi*, 23 (6), 1634-1646.
- Sarikurt, B. & Bengisu, G. (2020). Diyarbakır sulu koşullarında II. ürün olarak yetiştirilen bazı mısır çeşitlerinde verim ve bazı tarımsal karakterler ile karakterler arası ilişkilerin. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 18, 243 – 247.
- Saruhan, M. & Öktem, A. (2021). Diyarbakır koşullarında farklı ekim zamanlarının bazı tane mısır (*Zea mays* L.) çeşitlerinde morfolojik ve teknolojik özellikler ile tane verimine etkisi. *Bahri Dağdaş Bitkisel Araştırma Dergisi*, 10 (2), 145-154.
- Soylu, S. (1995). Melez at dişi mısırdaki farklı ekim zamanları ve azot dozlarının verim, verim unsurları, G.D.D. ve kalite üzerine etkileri. Yüksek Lisans, Selçuk Üniversitesi, Konya.
- Tollenaar, M. (1989). Response of dry matter accumulation in maize to temperature: II. Leaf photosynthesis. *Crop Science*, 29, 1275 – 1279.
- TTSM (2018). Mısır (*Zea mays* L.), Tarımsal değerleri ölçme denemeleri teknik talimatı, Ankara: Tohumluk Tescil ve Sertifikasyon Merkez Müdürlüğü, p. 1-14

- TÜİK (2024). Tarım istatistikleri, Ankara, <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=Tarim-111>:
- Uçak, A., Ertek, A., Güllü, M., Aykanat, S. & Akyol, A. (2010). Bazı iklim parametrelerinin Çukurova’da yetistirilen mısır bitkisi verim ve kalitesine etkileri. Journal of Agricultural Faculty of Gaziosmanpaşa University, 2010 (1), 9-19.
- Vartanlı, S. & Emeklier, H. (2007). Ankara koşullarında hibrit mısır çeşitlerinin verim ve kalite özelliklerinin belirlenmesi. Journal of Agricultural Sciences, 10 (3), 195-202.
- Yalçın, İ., Topuz, N., Yavaş, İ. & Ünay, A. (2009). İkinci ürün mısırdaki sırta ekim yönteminin uygulanabilirliğinin belirlenmesi. Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 6 (1), 35-40.
- Zayım, M. (2020). İkinci ürün koşullarında bitki sıklığının mısır (*Zea mays* L.) çeşitlerinde verim, verim öğeleri ve kalite özellikleri üzerine etkisi. Yüksek Lisans Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Aydın.

**EFFECTS OF VERMICOMPOST, LEONARDITE AND OLIVE POMACE
APPLICATIONS ON CHLOROPHYLL LEVELS IN ALMOND TREES**

Dr. İsmail BAYYIGIT* (ORCID: 0000-0001-9190-4985)

Mardin Artuklu University, Kızıltepe Vocational School, Department of Organic Agriculture,
Mardin-Türkiye

Email: ismailbayyigit@artuklu.edu.tr (Responsible Author)

Semra DEMİR KILIC (ORCID: 0009-0003-6587-7284)

Mardin Artuklu University, Kızıltepe Vocational School, Department of Organic Agriculture,
Mardin-Türkiye

Email: smr_dmr_1005@hotmail.com

Associate Professor. Abdullah EREN (ORCID: 0000-0003-1187-7978)

Mardin Artuklu University, Kızıltepe Vocational School, Department of Organic Agriculture,
Mardin-Türkiye

Email: abduallaheren@artuklu.edu.tr

Abstract

This study evaluated the effects of organic fertilizers such as vermicompost, leonardite, and olive pomace on the chlorophyll values of 8-year-old almond trees. Vermicompost applications significantly increased chlorophyll values. The chlorophyll value slightly increased to 39.6 SPAD with a 3 kg application, reaching significant increases of 41.0 and 42.8 SPAD with 6 kg and 9 kg applications, respectively. The high organic matter content and nutrient richness of vermicompost supported chlorophyll synthesis by enhancing the plants' photosynthetic capacity. Leonardite applications also increased chlorophyll values. Chlorophyll values reached 40.0 SPAD with a 1.5 kg application, 40.8 SPAD with a 3 kg application and 41.6 SPAD with a 4.5 kg application. The humic and fulvic acids in leonardite improved plant nutrition, thereby increasing chlorophyll production. Olive pomace applications initially increased chlorophyll values, but higher doses (12 kg) resulted in a decrease. The chlorophyll value was highest at 41.4 SPAD with a 4 kg olive pomace application, decreasing to 40.6 SPAD with an 8 kg application and 39.5 SPAD with a 12 kg application. These results indicate that olive pomace can be beneficial in certain amounts but may negatively affect chlorophyll synthesis at excessive doses. Overall, vermicompost and leonardite significantly increased chlorophyll values at higher doses, while the optimal dosage of olive pomace needs to be determined.

Keywords: Almond, chlorophyll, leonardite, olive pomace, vermicompost

Introduction

The excessive use of chemical inputs in agricultural areas leads to environmental problems, such as degradation of product quality, reduced resistance to diseases and pests in plants, and decreased soil fertility. This situation raises concerns about food safety and the quality of agricultural products in many human communities (Omidi & Abdolmohammadi, 2020). Almond (*Prunus dulcis* (Mill.) D.A.Webb.) is an important tree crop in the Mediterranean region due to its ability to adapt to harsh climatic conditions such as drought and high temperatures (Arrobas et al., 2019). Almond is a globally popular nut, recognized as a representative of nuts alongside peanuts, and is in high demand as a healthy food worldwide (Chen et al., 2006; Davis & Dean, 2016; Barreca et al., 2020; Kim et al., 2022). *Prunus amygdalus* L. belongs to the *Amygdalus* subgenus of the *Prunus* genus, the Rosaceae family, and the Rosales order. Almond is well adapted to the Mediterranean region, providing 28% of the world's production. Additionally, it is one of the most popular tree nuts globally, rich in protein, monounsaturated fatty acids, dietary fiber, vitamin E, riboflavin, and essential minerals (manganese (Mn), magnesium (Mg), copper (Cu), and phosphorus (P)) (Čolić et al., 2020; Barreca et al., 2020). Nutrient losses in fertilization lead to issues such as low efficiency and environmental pollution. Approximately 40-70% of the applied nitrogen (N), 80-90% of the phosphorus (P), and 50-70% of the potassium (K) fertilizers are lost to the environment and not absorbed by plants (Wu & Liu, 2008). Vermicompost is a process in which earthworms convert organic matter into a humus-like material known as vermicompost (Lim et al., 2015). Vermicompost not only acts as a source of nutrients and organic matter but also increases the size, biodiversity, and activity of the microbial population in the soil. Additionally, vermicompost can positively affect soil structure, nutrient transformation, and many other properties (Manivannan et al., 2009). The growth of earthworms in organic waste is called vermiculture, and the processing of organic waste by earthworms is known as vermicomposting (Edwards, 2004). This organic amendment is rich in macro and micronutrients, vitamins, growth hormones, and enzymes such as proteases, amylases, lipases, cellulases, and chitinases (Abad & Shafiqi, 2024). Leonardite is an organic matter formed by the atmospheric alteration of lignite near lignite deposits. Leonardite is an organic material that has not yet reached the coal stage and is distinguished from soft brown coal by its high oxidation and high humic acid content resulting from the coal formation process (Akinremi et al., 2000; Engin & Cöcen, 2012). Olive pomace is the solid part remaining after extracting oil from olives, consisting of olive pits and other solid parts (Amro, 2016). Olive pomace is rich in organic matter (Abu-Zreig & Al-Widyan, 2002).

The research was conducted in an 8-year-old almond orchard grafted onto seedling rootstock with the Ferragnes almond variety, located in the Deyrulzafaran Monastery almond orchard in Eski Kale Village, Artuklu district, Mardin province, covering an area of approximately 10 decares. Organic amendments such as vermicompost, leonardite, and olive pomace were applied twice, in 2019 and 2020.

Materials and Methods

The SPAD meter (Konica Minolta SPAD-502) used in the study is a device that measures the chlorophyll content in plant leaves. Chlorophyll is a pigment that determines the photosynthetic capacity of plants and is thus an important indicator of plant health. The SPAD meter sends light at a specific wavelength through the leaf and measures the amount of light

that passes through. Chlorophyll absorbs this light in a specific way; by measuring this absorption, the device estimates the leaf's chlorophyll content. Typically, red and near-infrared light is used to determine chlorophyll content.

In the study, vermicompost (3.0, 6.0, and 9.0 kg per tree), leonardite (1.5, 3.0, and 4.5 kg per tree), and olive pomace (4.0, 8.0, and 12.0 kg per tree) were applied to almond trees. Applications were made on February 15, 2019, and February 15, 2020 (for two years). Fertilizer applications were spread on the soil surface considering the tree's canopy projection and then mixed into the soil.

Climate Data for Mardin Province (1941-2023)

The average annual temperature in Mardin is 16.2°C, indicating a generally warm climate. Especially in the summer months, average temperatures range from 29.7°C to 29.8°C in July and August, respectively, which can be quite high. The average annual maximum temperature is 20.2°C, with summer temperatures ranging from 42.0°C to 42.5°C, indicating very hot summers. In winter, temperatures can drop to -14.0°C. The average annual sunshine duration is 8.1 hours, which can increase to 12.4 hours in the summer, providing ample sunlight for agricultural activities. The average annual rainfall is 674 mm, with most of this precipitation occurring in the winter months (Table 1).

Table 1. Climate Data for Mardin Province (1941-2023 Average)*

	Months												Yearly
	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	
Avg Tem (°C)	3,10	4,00	8,00	13,5	19,5	25,6	29,8	29,7	25,4	18,7	11,1	5,00	16,2
Avg Max Tem (°C)	5,90	7,40	11,6	17,4	24,0	30,6	35,0	34,8	30,2	22,0	14,6	8,20	20,2
Avg Minimum Tem (°C)	0,60	1,40	4,70	9,80	15,1	20,3	2,00	24,8	20,9	14,7	8,10	3,00	12,3
Avg Sunshine Duration (hours)	4,50	5,00	5,00	7,30	9,70	12,0	12,4	11,4	10,3	7,70	5,90	4,40	8,10
Avg Number of Rainy Days	12,0	10,0	11,7	10,3	7,34	1,50	0,00	0,24	0,71	5,13	7,71	10,8	78,5
Total Monthly Rainfall (mm)	115	103	97,6	80,7	46,8	6,50	3,20	2,30	3,90	33,4	72,8	109	674
Highest Tem (°C)	19,4	19,5	2,00	33,6	36,1	40,0	42,5	42,0	40,5	35,6	2,00	24,1	42,5
Lowest Tem (°C)	-13,0	-14,0	-11,7	-5,30	2,00	0,60	11,8	12,8	8,00	-2,50	-9,50	1,00	-14,0

(*): Mardin Meteorology General Directorate

Results and Discussion

Vermicompost applications resulted in significant increases in chlorophyll values compared to the control group. With a 3 kg application, the chlorophyll value slightly increased to 39.6 SPAD, and with 6 kg and 9 kg applications, the values reached 41.0 and 42.8 SPAD, respectively, showing substantial increases. Leonardite applications also led to noticeable increases in chlorophyll values compared to the control group. The chlorophyll value reached

40.0 SPAD with a 1.5 kg leonardite application, 40.8 SPAD with a 3.0 kg application, and 41.6 SPAD with a 4.5 kg application. Pomace applications initially increased chlorophyll values, but at higher doses (12 kg), a decrease was observed. The chlorophyll value increased to 41.4 SPAD with a 4 kg pomace application, decreased to 40.6 SPAD with an 8 kg application, and dropped to 39.5 SPAD with a 12 kg application. These results suggest that while pomace can be beneficial up to a certain amount, excessive amounts may negatively affect chlorophyll synthesis. Among the treatments, the highest chlorophyll (SPAD) content was obtained from the 9 kg vermicompost application (Table 2). Vermicompost enhances soil properties, leading to increased chlorophyll levels in spinach (*Spinacia oleracea* L.) (Xu & Mou, 2016). Kolay et al. (2016) reported that different amounts of leonardite applied to soil increased chlorophyll content in wheat plants at optimal levels. Vermicompost (1, 5, 10 and 20%) applications increased chlorophyll content in *Lactuca sativa* Var. *Capitata* Cv. Wismar plants compared to the control group (Dinçsoy, 2019). Lacolla et al. (2021) reported that pomace application did not cause significant changes in SPAD values at different growth stages in studies investigating its effects on grain yield and composition of emmer wheat (*Triticum dicoccum* Shrank).

Table 2. The Effect of Different Organic Matter Applications on Chlorophyll Content in Almond Trees

Applications	Per Tree (kg)	Chlorophyll (SPAD)
Control	0.0	39.0
	3.0	39.6
Vermicompost	6.0	41.0
	9.0	42.8
	1.5	40.0
Leonardite	3.0	40.8
	4.5	41.6
	4.0	41.4
Pomace	8.0	40.6
	12.0	39.5

Conclusion and Recommendations

This study clearly demonstrates the effects of different fertilizer applications on the chlorophyll content of 8-year-old almond trees. Vermicompost and leonardite applications significantly increased chlorophyll values, especially at higher dosages. In contrast, while pomace applications were beneficial at optimal doses, they reduced chlorophyll values at excessive doses. Vermicompost and leonardite, in particular, appear to be effective in enhancing chlorophyll synthesis and thereby improving plant health. However, it is evident that organic materials like pomace need to be applied at the correct dosage, as improper amounts can lead to adverse effects. Therefore, when developing fertilization strategies, the impacts of each fertilizer should be carefully evaluated.

Vermicompost provided the highest chlorophyll value with a 9 kg application, while leonardite also yielded similarly high chlorophyll values with a 4.5 kg application. These organic amendments can be effective in improving plant health and yield. On the other hand, pomace produced more variable results, indicating the need for further research to determine its optimal application rate. These findings support the beneficial effects of using organic amendments in agricultural practices on plant health and suggest that broader studies should be conducted.

References

- Abad, Q., & Shafiqi, S. (2024). Vermicompost: Significance and Benefits for Agriculture. *Journal for Research in Applied Sciences and Biotechnology*, 3(2), 202-207. <https://doi.org/10.55544/jrasb.3.2.36>
- Abu-Zreig, M., & Al-Widyan, M. (2002). Influence of olive mills solid waste on soil hydraulic properties. *Communications in soil science and plant analysis*, 33(3-4), 505-517. <https://doi.org/10.1081/CSS-120002760>
- Akinremi, O.O., Janzen, H.H., Lemke, R.L., & Larney, F.J. (2000). Response of canola, wheat and green beans to leonardite additions. *Canadian Journal of Soil Science*, 80(3), 437-443. <https://doi.org/10.4141/S99-058>
- Amro, M.A. (2016). Olives pomace as renewable energy source. *J. Multidiscip. Eng. Sci. Stud*, 2, 245-250.
- Arrobas, M., Ribeiro, A., Barreales, D., Pereira, E. L., & Rodrigues, M.Â. (2019). Soil and foliar nitrogen and boron fertilization of almond trees grown under rainfed conditions. *European Journal of Agronomy*, 106, 39-48. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2019.02.014>
- Barreca, D., Nabavi, S.M., Sureda, A., Rasekhian, M., Raciti, R., Silva, A.S., ... & Mandalari, G. (2020). Almonds (*Prunus dulcis* Mill. DA webb): A source of nutrients and health-promoting compounds. *Nutrients*, 12(3), 672. <https://doi.org/10.3390/nu12030672>
- Chen, C.Y., Lapsley, K., & Blumberg, J. (2006). A nutrition and health perspective on almonds. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 86(14), 2245-2250. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2659>
- Čolić, S., Bakić, I., Akšić, M. F., Rahović, D., & Zec, G. (2020). Nutrients and bioactive compounds of almonds. XI International Scientific Agriculture Symposium "AGROSYM 2020", Jahorina, Bosnia and Herzegovina, 8-9 October. *Book of Proceedings*, 170-179.
- Davis, J.P., & Dean, L.L. (2016). Peanut composition, flavor and nutrition. In *Peanuts* (pp. 289-345). AOCS Press. <https://doi.org/10.1016/B978-1-63067-038-2.00011-3>
- Dinçsoy, H. (2019). The effects of vermicompost and woodlouse manure (*Porcellio laevis*) applications on seedling development and yield of head lettuce (*Lactuca sativa* var. capitata cv. Wismar) (Master's thesis, Namık Kemal University).
- Edwards, C.A., & Arancon, N.Q. (2004). The use of earthworms in the breakdown of organic wastes to produce vermicomposts and animal feed protein. In *Earthworm ecology* (pp. 345-379). CRC press.
- Engin, V.T., & Cöcen, E.İ. (2012). Leonardite and humic substances. *MT Scientific Journal*, (2), 13-20.
- Kim, H.R., Suh, S.M., Kang, H.B., Shin, S.W., & Kim, H.Y. (2022). Duplex loop-mediated isothermal amplification assay for peanut (*Arachis hypogaea*) and almond (*Prunus dulcis*) detection of allergen coding genes. *Food Control*, 138, 109003. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2022.109003>
- Kolay, B., Gürsoy, S., Avşar, Ö., Bayram, N., Öztürkmen, A.R., Aydemir, S., & Aktaş, H. (2016). Effects of different amounts of leonardite applied to the soil on yield, yield components, and some quality characteristics of wheat plants. *Dicle University Journal of the Institute of Natural and Applied Sciences*, 5(3), 93-98.
- Lacolla, G., Rinaldi, M., Savino, M., Russo, M., Caranfa, D., & Cucci, G. (2021). Effects of organic fertilization from wet olive pomace on emmer wheat (*Triticum dicoccum* Shrank) grain yield and composition. *Journal of Cereal Science*, 102, 103369. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2021.103369>

- Lim, S. L., Wu, T.Y., Lim, P. N., & Shak, K.P.Y. (2015). The use of vermicompost in organic farming: overview, effects on soil and economics. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 95(6), 1143-1156. <https://doi.org/10.1002/jsfa.6849>
- Manivannan, S., Balamurugan, M., Parthasarathi, K., Gunasekaran, G., & Ranganathan, L.S. (2009). Effect of vermicompost on soil fertility and crop productivity-beans (*Phaseolus vulgaris*). *Journal of environmental biology*, 30(2), 275-281.
- Omidi, J., & Abdolmohammadi, S. (2020). Review of Research on Vermicompost Applications in Agriculture. *Land Management Journal*, 8(1), 69-81. <https://doi.org/10.22092/lmj.2020.122311>
- Wu, L., & Liu, M. (2008). Preparation and properties of chitosan-coated NPK compound fertilizer with controlled-release and water-retention. *Carbohydrate polymers*, 72(2), 240-247. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2007.08.020>
- Xu, C., & Mou, B. (2016). Vermicompost affects soil properties and spinach growth, physiology, and nutritional value. *HortScience*, 51(7), 847-855. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.51.7.847>

**DETERMINATION OF AGRICULTURAL PERFORMANCE OF DWARF FRESH
BEAN PURE LINES**

Agr. Eng., Khagani MAMMADOV (ORCID:0009-0008-6654-930X)

Selcuk University, Institute of Sciences, Department of Field Crops, Konya-Türkiye

Email:Xxagani.mammadov@list.zu

Prof. Dr., Ercan CEYHAN*(ORCID:0000-0002-9154-9984)

Selcuk University, Faculty of Agricultural, Department of Field Crops, Konya-Türkiye

Email:eceyhan@selcuk.edu.tr

Abstract

This study investigated the performance of nine pure fresh bean genotypes (PVT24AG, PVT24BG, PVT24BL, PVT24BR, PVT24GA, PVT24GB, PVT24GL, PVT24LR, and PVT24RB) and a registered variety, Lida, in terms of yield-related characteristics in the F6 generation. The field trials were conducted in 2024 at the Selçuk University Agricultural Research Station. The trial followed a randomized block design with three replications. During the growing season, 2024 experienced uneven weather conditions, with May, July, August, and September showing above-average rainfall, while June fell below the long-term averages. Similarly, temperatures were significantly higher than historical averages, impacting crop development. Significant genetic differences among genotypes were observed for plant height, pod number per plant, seed number per pod, seed number per plant, 100-seed weight, and yield. The highest-performing genotypes were PVT24BG (350 kg da⁻¹), PVT24GA (347.87 kg da⁻¹), and PVT24BR (331.8 kg da⁻¹), demonstrating the potential for high-yield cultivation. Plant height varied between 51.83 cm (Lida) and 69.37 cm (PVT24BR), with an overall average of 60.81 cm. Pod numbers per plant ranged from 15.04 (Lida) to 22.00 (PVT24GA), with a mean of 18.47 pods. Seed number per pod and plant averaged 5.93 and 109.49, respectively, with PVT24BL and PVT24GA showing the highest values. The 100-seed weight ranged from 35.88 g (PVT24GA) to 42.54 g (PVT24BG), averaging 39.25 g. This study highlights the genetic diversity among fresh bean genotypes and emphasizes the importance of selecting suitable lines for yield and quality optimization. High-performing genotypes, particularly PVT24BG, PVT24GA, and PVT24BR, are recommended for high-yield production. Further studies are suggested to evaluate the adaptability of these genotypes under various environmental conditions and stress factors.

Keywords: Fresh bean, genetic diversity, yield, agricultural traits.

1. INTRODUCTION

Fresh bean (*Phaseolus vulgaris* L.) is an important legume crop consumed fresh and dry globally due to its high nutritional value, including proteins, vitamins, and minerals. It is a critical component of human diets and holds significant economic value in agricultural production (Ceyhan, 2004). With its favorable climate and soil conditions, Turkey is a prominent producer of Fresh beans, particularly in the Mediterranean, Aegean, and Marmara regions, where it caters to domestic and export markets.

Increasing productivity, conserving genetic diversity, and ensuring environmental sustainability are key objectives in modern agricultural production. Agricultural research focuses on developing high-yielding, high-quality genotypes compatible with ecological conditions while examining their detailed agronomic characteristics. Growers prefer dwarf Fresh bean genotypes due to their ease of harvest, suitability for mechanization, and low production costs. However, studies evaluating their yield and quality potential remain limited (Ceyhan & Karadaş, 2023).

This study aims to assess the agricultural performance of dwarf Fresh bean genotypes, providing valuable insights for bean cultivation. It explores the relationships between genetic diversity and agronomic traits, enabling the selection of high yield and quality potential genotypes. Identifying genotypes suitable for mechanized agriculture and easier harvesting offers growers opportunities to reduce labor costs and improve efficiency. Evaluating their adaptation capabilities under various environmental conditions also increases production potential in diverse climates and soils.

This study evaluated the agricultural performance of nine pure Fresh bean lines in dwarf form, along with the registered cultivar Lida. The genotypes were assessed in detail for key agronomic traits such as plant height, the number of pods, seeds per pod, 100-seed weight, and total yield. Genetic differences among the genotypes were also identified, and their adaptation capabilities to environmental conditions were evaluated. The results provide a scientific basis for selecting superior genotypes and utilizing genetic resources more efficiently in Fresh bean cultivation.

2. MATERIALS AND METHODS

In the F6 generation, nine genotypes exhibiting critical yield-related traits in Fresh bean production were identified. The plant material consisted of these nine pure Fresh bean lines (PVT24AG, PVT24BG, PVT24BL, PVT24BR, PVT24GA, PVT24GB, PVT24GL, PVT24LR, and PVT24RB) and the registered cultivar Lida. Each pure line demonstrated at least one morphological difference, emphasizing the importance of genetic diversity in evaluation.

During the experimental year 2024, rainfall in May was recorded at 61.8 mm, significantly exceeding the long-term average of 43.4 mm. In contrast, June experienced a notable decrease in rainfall, with only 13.2 mm compared to the long-term average of 26.2 mm. Rainfall increased again in July to 37.2 mm, surpassing the long-term average of 7.6 mm, while in August and September, rainfall was 15.4 mm and 18.0 mm, respectively, exceeding the averages of 6.3 mm and 13.4 mm for those months. Temperatures in 2024 were also considerably higher than the long-term averages, with June reaching 31.7°C, July 31.3°C, and

August 32.7°C, compared to the averages of 20.1°C, 23.5°C, and 23.4°C, respectively. Relative humidity in May was 57.4% (long-term average: 49.3%), and in July was 42.5% (long-term average: 34.6%), while it was generally lower in other months. These data indicate that the 2024 growing season experienced irregular weather conditions regarding temperature and rainfall.

The experiment was conducted in 2023 at Prof. Dr. Abdülkadir Akçin Research and Application Station of the Faculty of Agriculture, Selçuk University Alaeddin Keykubat Campus. Soil analysis of the experimental site revealed high pH values (8.05), indicating an alkaline structure. The lime (CaCO₃) content was high (37%), which could limit the uptake of plant nutrients. The phosphorus (P₂O₅) content was low (1.79 kg da⁻¹), indicating a need for fertilization. Zinc (Zn) levels were inadequate (0.32 ppm), while iron (Fe) and copper (Cu) levels were sufficient at 14.74 ppm and 1.70 ppm, respectively. However, manganese (Mn) levels were relatively low at 7.50 ppm. The soil organic matter content was limited (2.25%). Electrical conductivity (EC) was low (0.85 mS/cm), indicating low salinity, which is favorable for plant growth. The soil texture was classified as clay-loam, with a saturation level of 65%, suggesting moderate water retention capacity (Karadaş and Ceyhan, 2023).

The experiment was established using a randomized complete block design with three replications. The plot size was set at 2 m × 5 m = 10 m², and each plot consisted of four rows. The experimental area was shallowly tilled in March, and the soil was prepared for sowing in April using a hand-hoeing machine with a rotavator. Sowing was conducted manually on May 3, 2024, with a row spacing of 50 cm and an intra-row spacing of 10 cm. Seeds were sown at a depth of 3 cm in rows and opened using a marker. Based on prior soil analysis, 15 kg of DAP fertilizer per decare was applied when sowing. Weed control was carried out twice manually using hoes.

To meet the water requirements of the bean plants, irrigation was performed four times: once between emergence and flowering, once during the flowering period, and twice during the pod and seed-setting stages. Irrigation was applied using micro-sprinklers. Harvesting was conducted manually on September 3, 2024.

From each plot, ten plants were randomly selected to measure plant height (cm), the number of pods per plant (pods/plant), the number of seeds per pod (seeds/pod), and the number of seeds per plant (seeds/plant). Averages of these values were calculated. The 100-seed weight was determined in grams. For yield assessment, 50 cm margins were excluded from the beginning and end of each row, and the remaining area was harvested to calculate seed yields per unit area (kg da⁻¹) (Ceyhan, 2004).

The data obtained from this research were analyzed using variance analysis in the “JUMP.18” statistical software, based on the randomized complete block design. Means of significant traits were grouped using the LSD test.

3. Results and Discussion

Variance analysis revealed statistically significant differences among the lines for plant height, the number of pods per plant, seeds per pod, seeds per plant, 100-seed weight, and seed yield

(Table 1). These results indicate the presence of genetic variation among the lines concerning these traits.

Table 1. Mean squares of traits studied in Fresh bean lines

Source of Variation	DF	Plant Height	Pods Per Plant	Seeds Per Pod
Total	29			
Replication	2	5,372	2,994	0,328
Lines	9	91,557**	16,338**	0,816**
Error	18	6,393	1,398	0,062
Source of Variation	SD	Seed per Plant	100-Seed Weight	Grain Yield
Total	29			
Replication	2	374,026	0,306	2936,289
Lines	9	702,822**	9,128**	4692,396**
Error	18	85,730	0,213	622,910

** : $p < 0,01$

3.1. Plant Height

Differences in plant height were observed among the lines. The lines with the highest plant height were PVT24BR (69.37 cm), PVT24AG (67.97 cm), and PVT24GA (66.43 cm), which were classified in the “a” group (Table 2). These lines were statistically significantly taller than the other lines. On the other hand, lines with moderate plant height included PVT24BG (60.12 cm), PVT24GL (59.01 cm), and PVT24LR (59.16 cm). These lines were categorized within the “b” and “bc” groups, placing them between the tallest and shortest groups in terms of plant height (Table 2). This suggests that these lines demonstrate adaptability to different environments or growing conditions. According to the LSD analysis, the lines with the shortest plant height were Lida (51.83 cm) in the “c” group and PVT24BL (56.19 cm) and PVT24GB (57.68 cm) in the “bc” group (Table 2). Lida was significantly shorter than the other lines, exhibiting distinct variability. The overall average plant height was 60.81 cm (Table 2). This average value reflects the overall differences in plant height measured among the lines. The distinct growth characteristics of various lines highlight the importance of selecting lines based on their intended use in fresh bean cultivation.

In this study, the plant height of fresh bean lines was found to range from 51.83 cm to 69.37 cm, with an overall average of 60.81 cm. These findings align with the values reported in the literature. Kepildek and Ceyhan (2021) noted that plant height in fresh beans can vary widely, depending on genetic structure and environmental conditions, ranging from 29.00 to 167.67 cm. This range corresponds to this study's maximum plant height of 69.37 cm. Additionally, the 19.67–56.00 cm range reported by Tamüsek and Ceyhan (2022) is comparable to the shorter plant heights observed in this study. Ceyhan and Karadaş (2022) also reported plant heights ranging from 37.00 to 53.00 cm, which aligns with shorter genotypes like the Lida line in this study. The significance of plant height as a critical trait for yield and cultivation emphasizes the importance of selecting lines with specific heights based on their intended use. Notably, the preference for dwarf-form beans highlighted by Kepildek and Ceyhan (2021) underscores the advantages of shorter lines, as observed in this study.

Table 2. Averages and LSD Groups for Traits Studied in Fresh Bean Lines

Lines	Plant Height (cm)	Pods per Plant (no.)	Seeds per Pod (no.)
PVT24AG	67,97a	21,10a	5,48d
PVT24BG	60,12b	19,67ab	5,98bcd
PVT24BL	56,19bc	16,81cd	7,20a
PVT24BR	69,37a	20,91a	5,58cd
PVT24GA	66,43a	22,00a	6,28b
PVT24GB	57,68bc	17,97bc	5,56cd
PVT24GL	59,01b	17,97bc	5,56cd
Lida	51,83c	15,04d	5,68cd
PVT24LR	59,16b	16,18cd	5,93bcd
PVT24RB	60,32b	17,07bcd	6,09bc
Mean	60,81	18,47	5,93
Lines	Seeds per Plant (no.)	100-Seed Weight (g)	Grain Yield (kg da ⁻¹)
PVT24AG	115,90bc	39,08cde	317,20a-d
PVT24BG	117,50abc	42,54a	350,00a
PVT24BL	121,03ab	38,99de	330,33abc
PVT24BR	116,77abc	40,63b	331,80ab
PVT24GA	138,50a	35,88f	347,87a
PVT24GB	100,20bcd	38,28e	272,17cde
PVT24GL	100,20bcd	38,28e	268,83de
Lida	85,40d	40,14bc	239,93e
PVT24LR	95,80cd	38,79de	260,17de
PVT24RB	103,57bcd	39,86bcd	288,90be
Mean	109,49	39,25	300,72

Means within the same column followed by different letters are significantly different according to LSD.

3.2. Number of Pods per Plant

In the study, the lines with the highest number of pods per plant were PVT24GA (22.00 pods), PVT24AG (21.10 pods), and PVT24BR (20.91 pods), classified in the “a” group (Table 2). These lines exhibited the highest number of pods per plant, a trait typically associated with yield potential. Lines with a moderate number of pods per plant included PVT24BG (19.67 pods) and PVT24RB (17.07 pods), categorized in the “ab,” “bcd,” and “bc” groups (Table 2). Although these lines did not achieve the highest pod numbers, they still possess traits that could contribute to good productivity. The differences among these lines were not statistically significant, suggesting that they could perform similarly under comparable growing conditions. Lines with a lower number of pods per plant included PVT24BL (16.81 pods), PVT24GB (17.97 pods), PVT24GL (17.70 pods), PVT24LR (16.18 pods), and Lida (15.04 pods), categorized in the “cd” and “d” groups (Table 2). While these lines exhibited fewer pods per plant, they might still be preferred based on other factors such as yield quality. Lida, the line with the lowest number of pods, indicated a potentially lower yield performance. The average number of pods per plant across all lines was 18.47 (Table 2). This average reflects significant variability in the number of pods per plant among the lines. Although noticeable differences were observed among the lines, it is essential to note that the number of pods per plant is not the sole determinant of yield; other factors also play crucial roles.

In this study, the number of pods per plant for fresh bean lines ranged between 15.04 and 22.00 pods. These values showed variation when compared with the findings reported by Kepildek and Ceyhan (2021), Tamüsek and Ceyhan (2022), and Küçük and Ceyhan (2022). The range of 10.33–26.67 pods per plant reported by Kepildek and Ceyhan (2021) aligns with the findings

of this study, indicating similar results depending on the varieties and environmental conditions. Tamüsek and Ceyhan (2022) reported a much broader range of 22.50–77.50 pods per plant, which, while consistent with the highest value of 22.00 pods in this study, did not show as wide a variation. Conversely, the range of 6.25–11.96 pods per plant reported by Küçük and Ceyhan (2022) was significantly lower than the lowest value of 15.04 pods per plant found in this study. These discrepancies are likely due to differences in the genetic makeup of the lines, cultivation methods, and environmental factors. Overall, while the observed values in this study are consistent with the literature, variety, environmental conditions, and cultivation techniques influence the number of pods per plant in fresh beans.

3.3. Number of Seeds per Pod

In the study, the line with the highest number of seeds per pod was PVT24BL (7.20 seeds), which was categorized in the “a” group (Table 2). Compared to other lines, PVT24BL contained significantly more seeds per pod, suggesting that it is more productive and has a higher yield potential. Lines with a moderate number of seeds per pod included PVT24BG (5.98 seeds), PVT24GA (6.28 seeds), and PVT24RB (6.09 seeds). These lines were classified in the “bcd” group, and their differences were not substantial (Table 2). These lines, with a moderate seed count, have the potential to enhance productivity while generally maintaining balanced production.

Lines with a lower number of seeds per pod included PVT24AG (5.48 seeds), PVT24BR (5.80 seeds), PVT24GB (5.56 seeds), PVT24GL (5.56 seeds), Lida (5.68 seeds), and PVT24LR (5.93 seeds). These lines were categorized in the “cd” group and contained fewer seeds per pod (Table 2). This might indicate a lower yield potential. The study revealed that the average number of seeds per pod across all lines ranged from 5.48 to 7.20, with an overall mean of 5.93. This indicates that the number of seeds per pod in fresh bean lines is relatively consistent (Table 2). These findings are similar to the data reported by Kepildek and Ceyhan (2021), Tamüsek and Ceyhan (2022), Küçük and Ceyhan (2022), and Ceyhan and Karadaş (2023). Such consistency with the literature highlights the influence of variety, environmental conditions, and cultivation techniques on seed count per pod.

3.4. Number of Seeds per Plant

The line with the highest number of seeds per plant was PVT24GA (138.50 seeds), categorized in the “a” group (Table 2). PVT24GA stood out as the line with the most seeds per plant, making it a significant indicator of yield potential. This line produced significantly more seeds than the others, indicating its potential for high productivity.

Lines with a moderate number of seeds per plant included PVT24BL (121.03 seeds), PVT24BR (116.77 seeds), and PVT24BG (117.50 seeds), categorized in the “ab” and “abc” groups (Table 2). These lines demonstrated high productivity and could serve as efficient alternatives for fresh bean cultivation. The differences among these lines were minimal, suggesting similar yield characteristics.

Lines with a lower number of seeds per plant included PVT24GB (100.20 seeds), PVT24GL (100.20 seeds), PVT24LR (95.80 seeds), and PVT24RB (103.57 seeds), categorized in the “bcd” group (Table 2). Although these lines produced fewer seeds on average, they may still be viable for cultivation based on other yield factors. Notably, despite producing fewer seeds, lines such as PVT24LR and PVT24GB could be preferred depending on additional performance indicators.

The line with the lowest number of seeds per plant was Lida (85.40 seeds), categorized in the “d” group (Table 2). Lida showed a significantly lower seed count than other lines, suggesting a much lower yield potential. The average number of seeds per plant across all lines was calculated as 109.49 (Table 2), highlighting significant differences among the lines, with some showing superior yield potential.

In this study, the number of seeds per plant among fresh bean lines ranged from 85.40 to 138.50, with an overall average of 109.49 seeds (Table 2). These results are largely consistent with findings reported in the literature. For instance, Kepildek and Ceyhan (2021), Tamüsek and Ceyhan (2022), Küçük and Ceyhan (2022), and Ceyhan and Karadaş (2023) noted that the number of seeds per plant can vary widely depending on genotype and environmental conditions. The line with the highest seed count, PVT24GA, demonstrated its high yield potential, while lines with lower seed counts highlighted the role of genetic variation and environmental factors in yield determination. Considering the genotypic differences and environmental effects reported in the literature, the findings of this study reaffirm the importance of evaluating the performance of different genotypes for fresh bean cultivation.

3.5. Hundred-Seed Weight

In the study, the line with the highest hundred-seed weight was PVT24BG (42.54 grams), categorized in the “a” group (Table 2). PVT24BG showed the most significant weight per hundred seeds, indicating its potential for superior yield and quality traits. Other lines with high hundred-seed weights included PVT24BR (40.63 grams) and Lida (40.14 grams), which were classified in the “b” and “bc” groups, respectively (Table 2). These lines had significantly higher weight values than others and could be considered productive. PVT24BR, the second-highest line after PVT24BG in terms of hundred-seed weight, is another noteworthy alternative for yield potential.

Lines with moderate hundred-seed weights included PVT24AG (39.08 grams), PVT24RB (39.86 grams), PVT24BL (38.99 grams), and PVT24LR (38.79 grams). These lines were categorized in the “cde” and “bcd” groups and displayed relatively similar weight values (Table 2). Although these lines may show average productivity, they performed slightly lower in seed weight compared to the top-performing lines.

The line with the lowest hundred-seed weight was PVT24GA (35.88 grams), categorized in the “f” group (Table 2). This line exhibited the lowest seed weight, potentially reflecting weaker performance in terms of yield. The average hundred-seed weight across all lines was 39.25 grams (Table 2). This average highlights significant weight differences among the lines, with some lines producing larger and heavier seeds than others.

In this study, the hundred-seed weight of fresh bean lines ranged from 35.88 grams to 42.54 grams, with an average of 39.25 grams (Table 2). Similar studies in the literature generally align with these results. For example, Iqbal et al. (2010), Ceyhan et al. (2014), and Senbetay et al. (2015) reported that hundred-seed weight in fresh beans can vary depending on genotype and identified significant genetic variations. Additionally, studies by Kepildek and Ceyhan (2021) and Mutari et al. (2022) emphasized that genetic structure, environmental conditions, and cultivation techniques influence hundred-seed weight. Ceyhan and Karadaş (2023) reported a range of 27.50–39.67 grams for hundred-seed weight, which is quite close to the range identified in this study. In this context, lines with higher hundred-seed weights, such as PVT24BG, can indicate superior quality and yield potential. These findings reaffirm the importance of hundred-seed weight as a critical criterion for fresh bean production genotype selection.

3.4. Seed Yield

The lines with the highest seed yield were PVT24BG (350.00 kg da⁻¹), PVT24GA (347.87 kg da⁻¹), and PVT24BR (331.80 kg da⁻¹), categorized in the “a” and “ab” groups (Table 2). PVT24BG stood out with the highest yield, while PVT24GA and PVT24BR emerged as highly productive lines. Due to their high yield potential, these lines are excellent options for fresh bean producers.

Lines with moderate seed yield included PVT24BL (330.33 kg da⁻¹), PVT24RB (288.90 kg da⁻¹), and PVT24GB (272.17 kg da⁻¹), categorized in the “abc,” “be,” and “cde” groups (Table 2). While these lines showed slightly lower yields than the highest-performing lines, they still possess traits that could provide sufficient productivity. Lines such as PVT24BL and PVT24RB may adapt well to various cultivation conditions with moderate yield levels.

Lines with lower seed yield included PVT24GB (272.17 kg da⁻¹), PVT24GL (268.83 kg da⁻¹), PVT24LR (260.17 kg da⁻¹), and Lida (239.93 kg da⁻¹), categorized in the “de” and “e” groups (Table 2). These lines demonstrated lower productivity in fresh bean production, which might pose a disadvantage in terms of yield. Lida, in particular, exhibited the lowest seed yield among the lines, significantly underperforming compared to others.

The average seed yield across all lines was determined to be 300.72 kg da⁻¹ (Table 2). This average reflects a considerable diversity in yield among the lines, with some lines achieving very high yields while others performed at lower levels. This diversity emphasizes the importance of selecting appropriate lines for fresh bean production based on their yield potential.

In this study, the seed yield of fresh bean lines ranged from 239.93 kg/da to 350.00 kg/da, with an overall average of 300.72 kg da⁻¹ (Table 2). These results show some differences when compared to findings reported in the literature. For instance, Küçük and Ceyhan (2022) reported seed yields ranging from 155.39 to 181.14 kg da⁻¹, which are lower than the values observed in this study. In contrast, the range of 195.77 to 352.57 kg da⁻¹ reported by Ceyhan and Karadaş

(2023) aligns more closely with the values obtained here. These discrepancies may be attributed to genetic structure, cultivation techniques, soil properties, and environmental conditions.

Notably, the high yields observed in PVT24BG, PVT24GA, and PVT24BR lines highlight their superior yield potential. Understanding the adaptability of these genotypes and their interaction with environmental factors is crucial for explaining the variability in seed yield. Overall, cultivation conditions, climate, and soil factors can influence seed yield in fresh bean lines. While high-yielding lines have the potential for more efficient production, lower-yielding lines may be preferred under specific production conditions or for other desirable traits.

4. CONCLUSIONS

The findings of this study emphasize the critical role of genotypes in fresh bean production and highlight the need for proper evaluation of genetic diversity. High-performing lines, such as PVT24BG, PVT24GA, and PVT24BR, should be prioritized in cultivation systems aiming for high-yield production. These lines stand out due to their suitability for large-scale production and practices like mechanical harvesting. However, further studies are recommended to test the adaptability of these genotypes in different geographical regions and to evaluate their resilience under environmental stress conditions.

Medium- and low-yielding lines, such as Lida, PVT24GB, and PVT24GL, should be assessed for suitability under specific environmental conditions. These lines may be valuable for objectives such as preserving genetic diversity, optimizing the use of soil and water resources, or catering to specific market demands. Detailed analyses of pod and seed quality characteristics in these lower-yielding lines could reveal their potential for alternative production systems, such as organic farming.

Finally, the hybridization of different genotypes is recommended to enhance the adaptability and resilience of high-yielding lines to environmental conditions and stress factors. Breeding programs should aim not only to improve yield but also to promote environmentally friendly farming practices. Strengthening collaboration among producers, breeders, and researchers is crucial for developing strategies to ensure sustainable fresh bean production at both local and national levels.

5. REFERENCES

- Ceyhan, E. (2004). Effect of sowing dates on some yield components and yield of dry bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars. *Turkish Journal of Field Crops*, 9 (2), 87-95.
- Ceyhan, E., Kahraman, A., Avci, M. & Dalgic, H. (2014). Combining ability of bean genotypes estimated by line X tester analysis under highly-calcareous soils. *The Journal of Animal and Plant Sciences*, 24, 579-584.
- Ceyhan, E. & Karadaş, S. (2023). Green bean pure lines: High grain yield and superior agricultural traits. Sivas II. International Conference on Scientific and Innovation Research 15-17 September - Sivas / Türkiye, 962-969.
- Iqbal, A.M., Nehvi, F., Wani, S. A., Qadri, H., Dar, Z. & Lone, A. A. (2010). Combining ability studies over environments in Rajmash (*Phaseolus vulgaris* L.) in Jammu and Kashmir, India. *Journal of Plant Breeding and Crop Science*, 2 (11), 333-338.
- Karadaş, S. & Ceyhan, E. (2023). Determination of the effects of organic and chemical fertilization on grain yield and some agricultural characteristics of pea. *Selcuk Journal of Agriculture and Food Sciences*, 37(2), 419-429. DOI: 10.15316/SJAFS.2023.040
- Kepildek, R. & Ceyhan, E. (2021). Determination of some agronomic traits of fresh bean parents and hybrids and their heritability with diallel analysis method. *Selcuk Journal of Agriculture and Food Sciences*, 35(2), 71-82. DOI:10.15316/SJAFS.2021.231
- Küçük, M. & Ceyhan, E. (2022). Determination of chemical fertilizer and various organic fertilizers on some agricultural characteristics of green bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Selcuk Journal of Agriculture and Food Sciences*, 36(3),501-506. DOI:10.15316/SJAFS.2022.065
- Mutari, B., Sibiya, J., Gasura, E., Matova, P.M., Simango, K. & Kondwakwenda, A. (2022). Genetic analysis of grain yield and yield-attributing traits in navy bean (*Phaseolus vulgaris* L.) under drought stress. *Euphytica*, 218 (5), 1-20.
- Senbetay, T. Tesfaye, A. & Jimma, E. (2015). Diallel analysis of white pea bean (*Phaseolus vulgaris* L.) varieties for yield and yield components. *J Biol Agric Healthcare*, 15, 2224-3208.
- Tamüksek, Ş. & Ceyhan, E. (2022). Genetic variability studies in F₂ generations of determinate high yield fresh bean lines for seed yield and yield components. *Selcuk Journal of Agriculture and Food Sciences*, 36(3), 331-341. DOI:10.15316/SJAFS.2022.042

**DETERMINATION OF GRAIN YIELD POTENTIAL AND SOME AGRICULTURAL
CHARACTERISTICS OF COWPEA PURE LINES IN HIGH CALCAREOUS SOILS**

Agric. Eng., Melih POLAT (ORCID:0009-0000-4357-1493)

Selcuk University, Institute of Sciences, Department of Field Crops, Konya-Türkiye
Email:melihpolat980@gmail.com

Prof. Dr., Ercan CEYHAN*(ORCID:0000-0002-9154-9984)

Selcuk University, Faculty of Agricultural, Department of Field Crops, Konya-Türkiye
Email:eceyhan@selcuk.edu.tr

Abstract

This study assesses key yield-related characteristics of nine cowpeas (*Vigna unguiculata* L. Walp.) genotypes and one registered variety (Amazon) under field conditions. The trial was conducted in 2024 at the Research and Application Station of Selçuk University Faculty of Agriculture. The study material comprised advanced F6 pure lines known for their superior traits, including VS24AP, VS24AÜ, VS24MA, VS24MP, VS24PM, VS24SÜ, VS24ÜA, VS24ÜM, and VS24ÜS, alongside the registered variety Amazon. The experimental design employed was a randomized block design with three replicates. Analysis of variance revealed statistically significant differences ($p < 0.01$) among the genotypes for all traits examined, indicating genetic diversity within the sample. Genotypes VS24MA and VS24ÜS produced the highest seed yields, at $153.50 \text{ kg da}^{-1}$ and $155.16 \text{ kg da}^{-1}$, respectively, while Amazon and VS24AP yielded the lowest. Plant height ranged from 38.33 cm (VS24SÜ) to 88.66 cm (Amazon), and the number of pods per plant varied from 12.56 (Amazon) to 18.33 (VS24AÜ). The highest seed number per pod was recorded in VS24MA (11.22), and the hundred-seed weight was also greatest in VS24MA (24.00 g). These results underscore the significance of genotypic differences in improving yield in cowpeas. The findings suggest that high-yielding genotypes such as VS24MA and VS24ÜS are promising candidates for future breeding programs and sustainable agricultural practices. Further research is recommended to assess the stress tolerance of these genotypes under various environmental conditions, ensuring their adaptability and stability for broader cultivation.

Keywords: Cowpea, genetic diversity, yield, agricultural traits.

1. INTRODUCTION

Cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp.) is a globally significant legume crop, valued for its nutritional content, adaptability, and nitrogen fixation capabilities, which make it widely applicable in agricultural systems. Its role as a high-protein source for human consumption and its use as animal fodder makes cowpeas an economically important crop (Harmankaya et al., 2016; Karadaş and Ceyhan, 2023a). However, the agricultural yield and quality traits of cowpeas are significantly influenced by environmental stress factors. Among these, calcareous soils pose one of the most critical constraints, limiting plant growth and seed yield (Jou-Nteufa and Ceyhan, 2024).

The high pH and calcium carbonate content of calcareous soils reduce the bioavailability of micronutrients such as iron and zinc, adversely affecting plant development. Although cowpea has a broad genetic capacity for adaptation, this potential remains underutilized in highly calcareous soils (Jou-Nteufa and Ceyhan, 2024). Consequently, identifying high-yielding cowpea lines suitable for cultivation in calcareous soils is essential to ensure the crop's agricultural sustainability and expand its production areas.

Studies aiming to enhance the yield potential of cowpea emphasize the influence of genetic diversity and environmental factors. Pekşen and Artık (2004) noted that the grain yield and other agronomic traits of cowpea are significantly affected by the growing environment and its genetic composition. Similarly, Toğay et al. (2014) highlighted the variability in yield and quality traits among cowpea lines grown in calcareous soils, underlining the importance of genotype selection. Furthermore, studies such as Akdağ (1995) have demonstrated cowpea's high potential for adaptation to diverse environmental conditions, which can be further enhanced through genetic improvement.

This study aims to determine the grain yield potential and certain agronomic traits of pure cowpea lines in highly calcareous soils. The findings will contribute to selecting lines suitable for cultivation in calcareous conditions and provide a foundation for developing new varieties resilient to such stress factors. Within this scope, the study aims to evaluate various cowpea lines based on traits such as plant height, pod and seed number, 100-seed weight, and grain yield to identify genetic materials adaptable to calcareous soils.

2. MATERIALS AND METHODS

In the F6 generation of cowpea production, nine genotypes exhibiting significant yield-related traits were identified. The plant material used in this study consisted of these nine superior pure cowpea lines (VS24AP, VS24AÜ, VS24MA, VS24MP, VS24PM, VS24SÜ, VS24ÜA, VS24ÜM, and VS24ÜS) along with a registered cowpea variety, Amazon. Each selected pure line displayed at least one distinct morphological trait, highlighting the importance of genetic diversity assessment.

In 2024, the trials were conducted under varying weather conditions. In May, rainfall reached 61.8 mm, significantly exceeding the long-term average of 43.4 mm. In contrast, June saw a sharp decline in rainfall, recording 13.2 mm compared to the long-term average of 26.2 mm. July rainfall increased to 37.2 mm, surpassing the long-term average of 7.6 mm. August and September recorded 15.4 mm and 18.0 mm of rainfall, respectively, exceeding the long-term

averages of 6.3 mm and 13.4 mm. Temperatures were considerably higher than average, with June, July, and August temperatures recorded at 31.7°C, 31.3°C, and 32.7°C, respectively, compared to long-term averages of 20.1°C, 23.5°C, and 23.4°C. Relative humidity in 2024 was also higher in some months, reaching 57.4% in May (long-term: 49.3%) and 42.5% in July (long-term: 34.6%), though it remained generally low in other months. These data indicate an unstable growing season in terms of temperature and rainfall.

The research was conducted in 2024 at the Selçuk University Alaeddin Keykubat Campus, Faculty of Agriculture, Prof. Dr. Abdülkadir Akçin Research and Application Station. The soil properties of the experimental site revealed a high pH value (8.05), indicating alkaline characteristics. The lime (CaCO_3) content was significantly high (37%), which could limit nutrient uptake. Available phosphorus (P_2O_5) was low (1.79 kg da^{-1}), indicating the need for fertilization. Zinc (Zn) levels were insufficient (0.32 ppm), while iron (Fe) and copper (Cu) levels were 14.74 ppm and 1.70 ppm, respectively, and deemed sufficient. However, manganese (Mn) levels (7.50 ppm) were relatively low. The organic matter content was limited (2.25%). The soil had low salinity with an electrical conductivity (EC) of 0.85 mS/cm, indicating favorable conditions for plant growth. The soil texture was classified as clay-loam with a 65% saturation level, suggesting moderate water-holding capacity (Karadaş and Ceyhan, 2023b).

The experiment was established using a randomized block design with three replications. Each plot measured 2 m x 5.0 m = 10 m² and consisted of four rows. The field was plowed superficially in March and prepared for sowing in April using a hand-operated rototiller. Sowing was performed manually on May 3, 2024, with seeds placed at a depth of 3 cm in rows spaced 50 cm apart and 10 cm apart within the rows, using a marker. Based on prior soil analysis, 15 kg/da of DAP fertilizer was applied during sowing. Weed control was performed manually twice. Irrigation was conducted four times during the growth cycle: once between emergence and flowering, once during flowering, and twice during the pod and seed-setting stages, using micro-sprinklers. Harvesting was performed manually on September 16, 2024. For each plot, ten plants were randomly selected to measure plant height (cm), the number of pods per plant (pods/plant), the number of seeds per pod (seeds/pod), the number of seeds per plant (seeds/plant), and their averages were calculated. The weight of 100 seeds was determined in grams. Edge effects were minimized by discarding 50 cm from the ends of each row, and the remaining area was harvested to calculate grain yield per unit area (kg da^{-1}) (Karadaş and Ceyhan, 2023a).

Data obtained from the study were analyzed using variance analysis through the “JUMP.13” statistical software by the randomized block design. Significant traits were grouped using the LSD test.

3. RESULTS AND DISCUSSION

The traits investigated in this study included plant height, the number of pods per plant, the number of seeds per pod, the number of seeds per plant, the weight of 100 seeds, and grain yield. The results indicated statistically significant differences among the lines for all the traits studied (Table 1). These findings demonstrate the presence of genetic variability among the lines in terms of these characteristics.

Table 1. Mean Squares of Traits Investigated in Cowpea Lines

Source of Variance	DF	Plant Height	Pods per Plant	Seeds per Pod
General	29			
Replication	2	160.318	0.103	0.580
Lines	9	781.483**	11.718**	2.829**
Error	18	57.142	1.230	0.404
Source of Variance	DF	Seeds per Plant	100-Seed Weight	Grain Yield
General	29			
Replication	2	132,371	0,833	497,616
Lines	9	2769,477**	18,374**	2502,368**
Error	18	271,100	0,796	172,780

** : $p < 0,01$

3.1. Plant Height

The average plant height in the study was calculated as 56.03 cm. The Amazon line, with the highest plant height of 88.66 cm, was classified in the group “a” and distinctly separated from other lines (Table 2). This indicates that the Amazon line has a higher potential in terms of plant height. On the other hand, the VS24AÜ and VS24ÜM lines, with heights of 67.22 cm and 73.89 cm, respectively, were included in group “b,” ranking among the relatively taller lines. These lines exhibited greater plant heights than groups “c” and “d.” Lines such as VS24PM, VS24ÜA, and VS24ÜS, with plant heights ranging from 52.44 cm to 55.22 cm, were classified in group “c” and exhibited moderate plant height levels (Table 2). The shortest lines were VS24AP, VS24MA, VS24MP, and VS24SÜ, grouped in “d” with plant heights between 38.33 cm and 46.78 cm (Table 2). These findings suggest that these lines can be considered as shorter cowpea plants.

The grouping of lines into different LSD categories for plant height highlights genetic or environmental variability and indicates that these traits can be utilized for various yield objectives. The results obtained were higher than those reported by Toğay et al. (2014) and Karasu (1999) but lower than the findings of Pekşen and Artık (2004), Başaran et al. (2011), İdikut et al. (2015, 2019). Additionally, they were consistent with the findings of Sert and Ceyhan (2012) and Özçelebi (2021).

Table 2. Means and LSD Groupings of Traits Investigated in Cowpea Lines

Lines	Plant Height (cm)	Pods per Plant (no.)	Seeds per Pod (no.)
Amazon	88,66a	12,56 c	9,33bcd
VS24AP	40,55d	12,67 c	8,89cd
VS24AÜ	67,22b	18,33 a	10,66ab
VS24MA	46,78cd	14,78 bc	11,22a
VS24MP	42,55d	13,00 c	8,78d
VS24PM	54,67c	16,11 ab	9,00cd
VS24SÜ	38,33d	14,55 bc	8,55d
VS24ÜA	52,44c	15,78 ab	10,56ab
VS24ÜM	73,89b	14,89 bc	10,33abc
VS24ÜS	55,22c	17,56 a	10,56ab
Mean	56,03	15,02	9,79
Lines	Seeds per Plant (no.)	100-Seed Weight (g)	Grain Yield (kg da ⁻¹)
Amazon	117,22de	16,67e	87,83e
VS24AP	112,15e	19,00d	84,66e
VS24AÜ	195,78a	22,67ab	148,50ab
VS24MA	165,81abc	24,00a	153,50a
VS24MP	114,33e	22,33ab	81,78e
VS24PM	145,00cde	20,00cd	111,56cde
VS24SÜ	124,48de	18,00de	97,17de
VS24ÜA	166,70abc	23,67ab	129,50abc
VS24ÜM	154,74bcd	21,67bc	120,11bcd
VS24ÜS	185,22ab	19,67cd	155,16a
Mean	148,14	20,77	116,98

Means within the same column followed by different letters are significantly different according to LSD.

3.2. Number of Pods per Plant

The average number of pods per plant across all lines was 15.02. The lines with the highest number of pods were VS24AÜ, 18.33 pods, and VS24ÜS, with 17.56 pods categorized in the group “a” (Table 2). These results indicate that VS24AÜ and VS24ÜS lines outperformed the others regarding the number of pods. Lines with moderate pod numbers, ranging between 16.11 and 15.78 pods, were identified as VS24PM and VS24ÜA and classified in group “ab.” These lines demonstrated relatively good performance in pod number following the high-yielding lines in group “a” (Table 2). Their favorable performance in pod count suggests they could be considered for yield-focused production.

The lines with the lowest pod numbers were Amazon, VS24AP, and VS24MP, with 12.56, 12.67, and 13.00 pods, respectively, placing them in the group “c” (Table 2). These results show that these lines have lower pod numbers than others. Grouping lines into different LSD categories for pod number indicates genetic or environmental variability among cowpea lines, which could be evaluated for yield potential and other specific purposes.

In this study, the average pod number per plant was determined to be 15.02, with the highest values recorded for VS24AÜ (18.33) and VS24ÜS (17.56). These results were significantly higher than those reported by Gülümser et al. (1989), who reported 6.67-10.00 pods, and Pekşen (2007), who reported 3.2-8.0 pods. However, they were consistent with the values reported by Pekşen and Artık (2004) (8.20-16.06 pods), and Sert and Ceyhan (2012) (2.0-14.59 pods). Moreover, the studies of Pekşen and Artık (2004), Pekşen (2007), and Sert and Ceyhan (2012) emphasized that the genetic structure of the varieties dramatically influences the number of

Pods. The genetic diversity and placement of different lines in distinct LSD categories in this study support these findings in the literature.

3.3. Number of Seeds per Pod

The overall average number of seeds per pod across the lines was determined to be 9.79. The highest number of seeds per pod was observed in the VS24MA line, with 11.22 seeds classified in the group “a.” This result indicates that the VS24MA line has a superior yield potential regarding the number of seeds per pod compared to other lines (Table 2). The VS24AÜ, VS24ÜA, and VS24ÜS lines, with seed numbers ranging from 10.56 to 10.66, were placed in group “ab,” ranking among the high-yielding lines. These lines, following the VS24MA line in the group “a” show promise for increasing the number of seeds per pod (Table 2). Their performance suggests they could be valuable in production systems that maximize seeds per pod.

The lines with lower seed numbers per pod, including Amazon, VS24AP, VS24PM, VS24MP, and VS24SÜ, were classified “bcd” and “d” (Table 2). These lines exhibited significantly fewer seeds per pod than the higher-performing groups. This diversity among lines, grouped into distinct LSD categories, highlights genetic or environmental variability. This suggests that the lines could be evaluated for different production objectives based on the number of seeds per pod.

Özkorkmaz (2020) emphasized the importance of implementing methods and techniques to increase the number of seeds per pod. In this context, the average number of seeds per pod in this study was 9.79, with the highest number observed in the VS24MA line (11.22 seeds in the group “a”). These findings were significantly higher than those reported by Sert and Ceyhan (2012) (4.87–5.67 seeds) and Ceylan and Sepetoğlu (1983) (2.27–8.57 seeds). However, the results are consistent with the findings of Pekşen and Artık (2004) (9–12 seeds), Başaran et al. (2011) (9 seeds), and Ünlü and Padem (2005) (5.9–11.1 seeds).

3.4. Number of Seeds per Plant

The overall average number of seeds per plant was calculated as 148.14. The VS24AÜ line, with 195.78 seeds per plant, was classified in the group “a” (Table 2). This indicates that the VS24AÜ line is distinctly superior in the number of seeds per plant, offering high-yield potential. Meanwhile, lines such as VS24ÜS and VS24MA, with 185.22 and 165.81 seeds per plant, were classified “ab” and “ABC” and ranked among the relatively high-yielding lines. These lines are potential candidates for production systems that achieve high seed yields. Their performance, particularly in groups “ab” and “abc,” highlights their suitability for yield-focused agricultural practices (Table 2).

Lines with lower numbers of seeds per plant, including Amazon, VS24AP, and VS24MP, recorded 117.22, 112.15, and 114.33 seeds, respectively, and were classified in groups “de” and “e” (Table 2). This indicates that these lines are less productive in terms of the number of seeds per plant than others. The grouping of lines into different LSD categories demonstrates genetic or environmental variability, suggesting that these traits can be utilized for different production goals based on yield targets.

The average number of seeds per plant in this study was 148.14, with the highest count recorded in the VS24AÜ line (195.78 seeds in group “a”). These findings are significantly higher than those reported in some studies, such as Toğay et al. (2014) (19.8–32.8 seeds), Aremu (2014) (5–9 seeds), and Erdoğan (2019) (82.2–113.5 seeds). However, they align closely with the results reported by Akdağ (1995), who recorded 73.3–231.3 seeds per plant under the conditions in Tokat.

3.5. 100-Seed Weight

The overall average 100-seed weight across all lines was 20.77 grams. The highest 100-seed weight was observed in the VS24MA line, with 24.00 grams, placing it in group “a” (Table 2). This indicates that the VS24MA line is superior to other lines regarding seed weight and could be considered in breeding programs focused on increasing seed weight. Additionally, the VS24AÜ, VS24MP, and VS24ÜA lines, with weights of 22.67, 22.33, and 23.67 grams, respectively, were classified in group “ab” and stood out among the high-seed-weight group. These lines show potential for high-quality and high-yield production systems (Table 2).

Lines with lower seed weights, such as Amazon, VS24AP, and VS24SÜ, recorded 16.67, 19.00, and 18.00 grams, respectively, and were classified “e” and “d.” While these lines offer lower seed weights, they may serve specific production objectives that require smaller seed sizes (Table 2). The diversity among lines regarding 100-seed weight highlights genetic variability and the potential for breeding programs aimed at specific quality and yield goals.

The average 100-seed weight of 20.77 grams in this study aligns with the findings of Atış (2000) and Başaran et al. (2011), who reported values ranging from 12.93 to 21.94 grams and 13.87 to 23.32 grams, respectively.

3.6. Grain Yield

The grain yield results show that the VS24MA (153.50 kg da⁻¹) and VS24ÜS (155.16 kg da⁻¹) lines had the highest yields, placing them in the group “a” according to the LSD test results. These lines are statistically among the highest-yielding and should be prioritized in breeding programs focused on high-yield cowpea development. Other high-yielding lines, including VS24AÜ (148.50 kg da⁻¹) and VS24ÜA (129.50 kg da⁻¹), were placed in groups “ab” and “abc,” respectively, although their yields were slightly lower than the top-performing lines (Table 2). This highlights the significant potential of VS24MA and VS24ÜS for high-yield breeding programs.

Lines with lower yields, such as Amazon (87.83 kg da⁻¹), VS24AP (84.66 kg da⁻¹), and VS24MP (81.78 kg da⁻¹), were classified in the group “e” and demonstrated significantly lower performance in terms of grain yield. Moderately yielding lines, including VS24PM (111.56 kg da⁻¹) and VS24SÜ (97.17 kg da⁻¹), were distributed across groups “de” and “cde.” The overall average grain yield was determined to be 116.98 kg da⁻¹, with some lines (particularly those in group “a”) exhibiting superior performance, while those in group “e” fell below average (Table 2).

The grain yield values obtained in this study, compared to those reported by Pekşen and Artık (2004) (75.1–680.2 kg da⁻¹), fall within this broad spectrum's lower to middle range. The values

also align closely with the findings of Özkorkmaz (2020) (97.66–165.3 kg da⁻¹) and Polat (2017) (53–226.5 kg da⁻¹). Similarly, Başaran (2011) (101–142 kg da⁻¹), Toğay et al. (2014) (96.6–129.6 kg da⁻¹), and Ünlü and Padem (2005) (112.4–136.4 kg da⁻¹) reported values comparable to the results of this study. High-yield values observed in the current research, particularly for the VS24MA and VS24ÜS lines, are consistent with Gülümser et al. (1989), who reported yields between 129.00 and 169.41 kg da⁻¹.

The variability in yield values reported in the literature can be attributed to genetic factors, environmental conditions, agricultural practices, and cultivation techniques. The high-yield performance of the VS24MA and VS24ÜS lines suggests that these lines have significant potential for high-yield breeding programs. Lines with lower yields may be suitable for specific environmental conditions or low-yield production objectives.

4. CONCLUSIONS

These findings emphasize the importance of high-yield cowpea lines for future breeding programs and agricultural applications. High-performing lines, such as VS24MA and VS24ÜS, demonstrate great promise for productivity-enhancing studies due to their genetic potential. Additionally, research into their resistance to environmental stressors (e.g., drought, soil conditions, diseases) could help develop cowpea varieties that enable sustainable high yields in diverse farming conditions. Developing higher-yielding and stress-tolerant cowpea varieties could enhance farmer income and contribute to food security.

5. REFERENCES

- Akdağ, C. (1995). Sıra aralıklarının Tokat Kazova şartlarında börülce (*Vigna sinensis* (L.) savi)'nin verim ve verim unsurlarına etkileri. *Gaziosmanpaşa üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 12 (1), 141-146.
- Aremu, C.O. (2014). Trait response to early-generation selection using a common parent in two crosses of Cowpea (*Vigna unguiculata*) for humid environment performance. *Advances in Applied Science Research*, 2(6), 33- 37.
- Başaran, U., Ayan, I., Acar, Z., Mut, H. & Onal-Asci, O. (2011). Seed yield and agronomic parameters of cowpea (*Vigna unguiculata* L.) genotypes grown in the black sea region of Turkey. *African Journal of Biotechnology*, 10(62), 13461-13464.
- Ceylan, A. & Sepetoğlu, H. 1983. Börülce (*Vigna unguiculata* (L.) walp) çeşit-ekim zamanı üzerinde araştırma. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 20 (1), 25-40.
- Davis, D. W., Oelke, E. A., Oplinger, E. S., Doll, J. D., Hanson, C. V. & Putnam, D. H. (1991). *Cowpea: Alternative Field Crops Manual*. University of Wisconsin-Extension, Cooperative Extension University of Minnesota: Center for Alternative Plant and Animal Products and the Minnesota Extension Service.
- Erdoğan, C. (2019). Amik ovası koşullarında börülce (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) çeşitlerinin tarımsal özelliklerinin belirlenmesi. *Türk Tarım- Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 7(7), 1046- 1051.
- Gülümser, A., Tosun, F. & Bozoğlu, H., 1989. Samsun ekolojik şartlarında börülce yetiştirilmesi üzerinde bir araştırma. *O.M.Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi*, 4(1-2), 49-65.
- Harmankaya, M., Ceyhan, E., Çelik, A. S., Sert, H., Kahraman, A. & Özcan, M. M. (2016). Some chemical properties, mineral content and amino acid composition of cowpeas [*Vigna sinensis* (L.) Savi]", *Quality Assurance and Safety of Crops & Foods*, 8(1), 111-116.
- İdikut, L., Beycioğlu, T., Zulkadir, G., & Çölkesen, M. (2015). İkinci ürün olarak yetiştirilen yerel börülce genotiplerinde bitki sağlığının araştırılması. *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*, 8(2), 62-67.
- İdikut, L., Zulkadir, G., Polat, C., Çiftçi, S. & Önem, A. B. (2019). Farklı lokasyonlarda ve ekim zamanlarında yetiştirilen börülcenin agromorfolojik özellikleri. *KSÜ Tarım ve Doğa Dergisi*, 22(2), 164-169. DOI:10.18016/ksutarimdog.vi. 447677
- Jou-Nteufa C, Ceyhan E (2024). Genetic analysis of seed yield and some traits in cowpea using diallel analysis. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 48(2), 278-293.
- Karadaş, S. & Ceyhan, E. (2023a). Determination of grain yield and some agronomic characteristics of newly developed cowpea pure lines. *Sivas II. International Conference on Scientific and Innovation Research 15-17 September - Sivas / Türkiye*, 932-941.
- Karadaş, S. & Ceyhan, E. (2023b). Determination of the effects of organic and chemical fertilization on grain yield and some agricultural characteristics of pea. *Selçuk Journal of Agriculture and Food Sciences*, 37(2), 419-429. DOI: 10. 15316/SJAFS.2023.040
- Karasu, A. (1999). Isparta ekolojik koşullarında bazı börülce (*Vigna unguiculata* L.) çeşit ve ekotiplerinin agronomik karakterlerinde araştırmalar. *Türkiye III. Tarla Bitkileri Kongresi 15-18 Kasım 1999, Cilt:371-376, Adana*.
- Özçelebi, H.Ş. (2021). Bazı börülce (*Vigna unguiculata*(L.) Walp.) yerel popülasyonlarının ve tescilli çeşitlerinin Siirt ekolojik koşullarına adaptasyonunun belirlenmesi. *Yüksek Lisans Tezi, Siirt Üniversitesi, Siirt*.

- Özkorkmaz, F. (2020). Bor ve demir uygulamalarının farklı zamanlarda ekilen börülcenin (*Vigna sinensis* L.) verim, verim unsurları ve tane kalitesine etkisi. Doktora Tezi, Ordu Üniversitesi, Ordu.
- Pekşen, E. & Artık, C. (2004). Comparison of some cowpea (*Vigna unguiculata*, L.) genotypes from Turkey for seed yield and yield related characters. *Journal of Agronomy*, 3(2): 137-140.
- Peksen, E. (2007). Yield performance of cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp.) cultivars under rainfed and irrigated conditions. *International Journal of Agricultural Research*, 2: 391-396.
- Sert, H. & Ceyhan, E. (2012). Hatay ili ekolojik şartlarında börülce (*Vigna sinensis* (L.) Savi) çeşitlerinin tane verimi ve bazı tarımsal özellikleri üzerine farklı bitki sıklıklarının etkileri. *Selçuk Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 26 (1): 34-43.
- Toğay, Y., Toğay, N. & Doğan, Y. (2014). Effect of cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) sowing times applications on the yield and yield components. *Turkish Journal of Agricultural and Natural Sciences*, 1 (Özel sayı): 1147-1151.
- Ünlü, Ö. & Padem, H. 2005. Börülce (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) çeşitlerinde farklı ekim zamanlarının sulu ve kurak koşullarda verim ve kalite özelliklerine etkisi. *Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitü Dergisi*, 9(3), 83-91.

**DETERMINATION OF GRAIN YIELD AND SOME AGRICULTURAL
CHARACTERISTICS OF BEAN PURE LINES IN HIGH CALCAREOUS SOILS**

Agric. Eng., Osman YILMAZ (ORCID:0009-0004-8192-9280)

Selcuk University, Institute of Sciences, Department of Field Crops, Konya-Türkiye

Email:osmnylmaz.42@gmail.com

Prof. Dr., Ercan CEYHAN*(ORCID:0000-0002-9154-9984)

Selcuk University, Faculty of Agricultural, Department of Field Crops, Konya-Türkiye

Email:eceyhan@selcuk.edu.tr

Abstract

This study was conducted to evaluate the yield and yield-related traits of nine dry bean lines (PV24AGN, PV24AK, PV24AÖ, PV24GK, PV24GNK, PV24KG, PV24KA, PV24ÖG, and PV24ÖPV042) along with a registered variety, “Alberto,” under field conditions. The research was carried out in 2024 at Selçuk University Faculty of Agriculture Research and Application Station using a randomized block design with three replications. Traits such as plant height, number of pods per plant, number of seeds per pod, number of seeds per plant, 100-seed weight, and seed yield were investigated. The results showed statistically significant differences (** $p < 0.01$) among the lines for all traits, indicating genetic diversity among the genotypes. The highest plant height was observed in the “Alberto” variety (79.67 cm), while the shortest plant height was recorded in the “PV24ÖG” line (36.55 cm). Regarding the number of pods per plant, the highest value was 22.33 in the “PV24KA” line, and the lowest was 14.00 in the “PV24AK” line. For the number of seeds per pod, the “PV24ÖG” line showed the highest value (6.56), while the “PV24GK” line had the lowest (5.56). Regarding seed yield, the highest yield was obtained from the “PV24KA” line (229.61 g), making it a superior genotype for yield improvement studies. Genotypes such as “PV24KA” and “PV24ÖG” emerged as promising candidates for breeding programs due to their exceptional performance, while low-yielding lines were suggested to be optimized for specific agronomic purposes. The findings provide valuable insights for improving dry bean yield in similar agro-ecological regions.

Keywords: Dry bean, genetic diversity, yield, agricultural traits.

1. INTRODUCTION

Common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) is one of the most important legume crops worldwide due to its high nutritional value and adaptability to diverse agro-ecological conditions. Beans are a significant source of protein, dietary fiber, vitamins, and minerals, making them a vital component of the human diet, particularly in developing countries (Bozoğlu, 1995). However, the production of beans faces several challenges, including the effects of genetic variation, soil properties, and environmental factors, which greatly influence yield and agronomic characteristics.

Grain yield in beans is a complex trait determined by multiple components, such as plant height, number of pods per plant, number of seeds per pod, and 100-seed weight. These characteristics are influenced by both genetic factors and environmental conditions, including soil fertility, water availability, and temperature fluctuations during the growing season (Ceyhan, 2004; Bozoğlu and Gülümser, 1999). Identifying high-yielding and well-adapted genotypes is crucial for breeding programs to enhance bean production in challenging environments, such as high-calcareous soils.

Soil properties play a critical role in determining crop productivity. High-calcareous soils, characterized by high pH levels and excessive calcium carbonate (CaCO₃) content, often limit the availability of essential nutrients such as phosphorus (P), zinc (Zn), and manganese (Mn). These deficiencies can negatively impact plant growth and yield unless addressed through appropriate soil amendments and crop management practices (Karadaş and Ceyhan, 2023). Understanding the performance of bean genotypes in such soils is essential for developing sustainable cropping systems in regions where calcareous soils predominate.

Several studies have documented the effects of genetic and environmental factors on yield-related traits in beans. Bozoğlu (1995) and Özçelik and Gülümser (1988) reported significant variation in bean yields across different ecological conditions, ranging from 115 to 237 kg da⁻¹. Similarly, lker and Ceyhan (2008) observed yield variations between 249.07 and 455.00 kg da⁻¹ under Konya's calcareous soil conditions. These findings highlight the importance of selecting genotypes with superior performance under specific environmental constraints.

In addition to grain yield, plant height, and pod characteristics are closely associated with overall productivity. Akin (1974) and Pekşen (2005) emphasized the significant influence of ecological conditions on plant height, reporting variations between 17.67 and 81.71 cm. Similarly, the number of pods per plant and seeds per pod, as well as 100-seed weight, have been identified as critical yield components in beans (Sara, 1989; nder and şentrk, 1996).

This study aims to evaluate advanced dry bean pure lines' grain yield and agronomic traits under high-calcareous soil conditions. This research seeks to identify superior genotypes suitable for breeding programs and sustainable cultivation in challenging environments by investigating the performance of nine pure lines and one registered variety. The findings will contribute to a better understanding the interactions between genetic diversity, soil properties, and environmental factors, offering valuable insights for improving bean productivity in high-calcareous soils.

2. MATERIALS AND METHODS

This study identified nine advanced dry bean (*Phaseolus vulgaris* L.) genotypes with significant yield potential in the F6 generation. These pure lines (PV24AGN, PV24AK, PV24AÖ, PV24GK, PV24GNK, PV24KG, PV24KA, PV24ÖG, and PV24ÖPV042), along with a registered dry bean variety (Alberto), were used as plant material. Each selected genotype exhibited at least one distinct morphological trait, reflecting the genetic diversity critical for evaluation and selection.

The experiment was conducted in 2024, characterized by irregular rainfall and high temperatures. In May, the total rainfall was 61.8 mm, exceeding the long-term average of 43.4 mm. Conversely, June recorded only 13.2 mm of rainfall, significantly below the long-term average of 26.2 mm. Rainfall increased to 37.2 mm in July, exceeding the long-term average of 7.6 mm. August and September recorded 15.4 mm and 18.0 mm of rainfall, respectively, which were higher than their long-term averages of 6.3 mm and 13.4 mm. Temperatures were significantly higher than the long-term averages, with June, July, and August reaching 31.7°C, 31.3°C, and 32.7°C, compared to long-term averages of 20.1°C, 23.5°C, and 23.4°C, respectively. Relative humidity was also elevated in some months, such as May (57.4% vs. 49.3%) and July (42.5% vs. 34.6%), while remaining lower during other periods. These data indicate that the 2024 growing season experienced inconsistent weather patterns, particularly rainfall and temperature.

The field trials were conducted at Selçuk University Alaeddin Keykubat Campus, at the Agricultural Faculty Prof. Dr. Abdülkadir Akçin Research and Application Station. The soil in the experimental area exhibited a high pH (8.05) and alkaline properties, with a high lime (CaCO₃) content of 37%, which can limit nutrient uptake. Phosphorus (P₂O₅) levels were low (1.79 kg da⁻¹), indicating a need for fertilization, while zinc (Zn) levels were insufficient (0.32 ppm). Iron (Fe) and copper (Cu) levels, at 14.74 ppm and 1.70 ppm, respectively, were adequate, but manganese (Mn) levels (7.50 ppm) were relatively low. Organic matter content was limited (2.25%), and the soil showed low salinity with an electrical conductivity (EC) of 0.85 mS/cm. The soil texture was classified as clay loam with a 65% saturation rate, indicating moderate water-holding capacity (Karadaş and Ceyhan, 2023).

The experiment was designed as a randomized complete block design with three replications. Each plot measured 2 m x 5.0 m = 10 m² and consisted of four rows. The experimental area was shallowly plowed in March and prepared for planting in April using a rotary tiller. Seeds were sown manually on May 3, 2024, at a depth of 3 cm in rows spaced 50 cm apart, with 10 cm between plants. Based on soil analysis, 15 kg da⁻¹ of DAP fertilizer was applied at planting. Weed control was performed manually twice. The crop was irrigated four times using micro-sprinklers: once during emergence, once during flowering, and twice during pod and seed development. Harvesting was conducted manually between September 3 and September 16, 2024.

From each plot, ten randomly selected plants were measured for plant height (cm), the number of pods per plant, the number of seeds per pod, and the total number of seeds per plant. These averages were calculated, and 100-seed weight was recorded in grams. For yield determination, 50 cm from the edges of each row were excluded as border effects, and the remaining area was harvested to calculate seed yield in kg da⁻¹ (Ceyhan, 2004).

The data were analyzed using JUMP.18 statistical software packages were used, and variance analysis was performed according to the randomized block design. Means of significant traits were grouped using the LSD test.

3. Results and Discussion

Variance analysis revealed significant differences (** $p < 0.01$) for all traits across the genotypes, indicating substantial genetic variability among the studied dry bean lines. These differences were observed for characteristics such as plant height, the number of pods per plant, the number of seeds per pod, the total number of seeds per plant, 100-seed weight, and grain yield (Table 1).

Table 1. Mean Squares for Traits Evaluated in Dry Bean Lines

Source of Variation	DF	Plant Height	Pods Per Plant	Seeds Per Pod
Total	29			
Replication	2	2,483	1,667	0,232
Lines	9	515,853**	23,756**	0,269**
Error	18	42,125	2,568	0,072
Source of Variation	SD	Seed per Plant	100-Seed Weight	Grain Yield
Total	29			
Replication	2	159,590	0,700	64,742
Lines	9	1118,681**	98,182**	1307,091**
Error	18	109,229	4,848	154,620

** $: p < 0,01$

3.1. Plant Height

The study observed the highest plant height in the “Alberto” dry bean line, with a value of 79.67 cm. This indicates that “Alberto” is significantly taller than the other lines. On the other hand, the shortest plant height was recorded for the “PV24ÖG” line, with a value of 36.55 cm, placing it in the “f” group (Table 2). This suggests that the “PV24ÖG” line might have developed a shorter structure due to better adaptation to environmental conditions or due to its genetic makeup.

LSD groupings revealed statistically significant differences in plant height among the lines. For instance, the “Alberto” line was placed in the “a” group. In contrast, lines such as “PV24AGN” (56.11 cm) and “PV24GK” (58.89 cm) were categorized into the “b” and “bc” groups, respectively, showing significant differences between them. Lines like “PV24GNK” and “PV24ÖG,” both in the “f” group, displayed more distinct differences compared to other groups (Table 2). These findings highlight the importance of genetic factors and environmental responses in determining plant height.

Table 2. Means and LSD Groups for Traits Evaluated in Dry Bean Lines

Lines	Plant Height (cm)	Pods per Plant (no.)	Seeds per Pod (no.)
Alberto	79,67a	19,78ab	5,89bcd
PV24AGN	56,11bc	14,68de	5,67cd
PV24AK	40,56def	14,00e	6,11ad
PV24AÖ	53,78be	20,34ab	6,00ad
PV24GK	58,89b	15,55cde	5,56d
PV24GNK	38,78ef	15,44cde	6,33ab
PV24KG	44,55bf	15,44cde	6,00ad
PV24KA	55,78bcd	22,33a	6,22abc
PV24ÖG	36,55f	18,89abc	6,56a
PV24ÖPV042	41,00cf	18,00bcd	5,89bcd
Mean	50,57	17,45	6,02
Lines	Seeds per Plant (no.)	100-Seed Weight (g)	Grain Yield (kg da ⁻¹)
Alberto	116,15ad	37,33ab	216,39ab
PV24AGN	83,11e	34,67bc	176,00d
PV24AK	85,67e	29,67cd	197,89bcd
PV24AÖ	121,78abc	31,67c	216,44ab
PV24GK	86,45e	41,33a	182,95cd
PV24GNK	97,78cde	24,67de	183,28cd
PV24KG	92,30de	24,00e	171,00d
PV24KA	139,44a	31,00c	229,61a
PV24ÖG	123,78ab	38,67ab	219,56ab
PV24ÖPV042	106,07be	30,00c	211,55abc
Mean	105,25	32,30	200,47

The average plant height across all lines was calculated as 50.57 cm (Table 2), representing a moderate height level for the bean plants. Previous studies have demonstrated the significant impact of ecological conditions and genetic differences on plant height. Akçin (1974) reported that bean plant height ranged from 17.67 to 49.71 cm under Erzurum ecological conditions. In comparison, the shortest plant height in this study (36.55 cm) falls within this range, while the tallest (79.67 cm) exceeds it. This indicates the genetic diversity of the evaluated lines and the influence of varying ecological conditions.

Bozoğlu (1995) reported plant heights ranging from 31.48 to 81.71 cm under Samsun ecological conditions. The tallest plant height observed in this study (79.67 cm) aligns with this range, suggesting that bean varieties in regions with similar climate and soil conditions exhibit comparable growth characteristics. Similarly, Önder and Şentürk (1996a, 1996b) found 35.23-51.68 cm plant heights under Karaman ecological conditions. The average plant height in this study (50.57 cm) approaches the upper limit of that range.

Pekşen (2005) documented plant heights ranging from 24.55 to 72.28 cm in Samsun, while Sözen (2006) reported a broader range of 20-310 cm under Samsun conditions. These wide ranges explain the genetic diversity and environmental responses of the lines in this study, such as the taller “Alberto” and shorter “PV24ÖG” lines. The plant height of “Alberto” (79.67 cm) reflects its genetic potential and capacity for environmental adaptation within these ranges.

Ülker and Ceyhan (2008) found plant heights between 38.56 and 86.72 cm under Konya ecological conditions. The tallest plant in this study aligns with this range. At the same time, the shortest (PV24ÖG) is close to the lower limit, further emphasizing the combined influence of genetic factors and ecological conditions.

3.2. Number of Pods Per Plant

The data reveal significant differences in the number of pods per plant among the dry bean lines. The highest number of pods per plant was recorded for the “PV24KA” line, with 22.33 pods, placing it in the “a” group and statistically distinguishing it from the other lines. Conversely, the lowest number of pods per plant was observed in the “PV24AK” line, with 14.00 pods categorized in the “e” group (Table 2). These differences highlight the significant impact of genetic factors on pod production in dry bean lines.

LSD groupings have grouped lines with similar pod numbers. For instance, the “Alberto” and “PV24AÖ” lines showed identical values of approximately 19–20 pods and were placed in the “ab” group. This indicates that certain lines possess comparable pod production potential. On the other hand, lines such as “PV24AGN” and “PV24AK,” which had lower pod numbers, were categorized in the “de” and “e” groups, indicating a lower yield potential (Table 2). These groupings provide insights into the varying pod production capacities of the lines under different conditions.

The average number of pods per plant was 17.45, showing a moderate trend across the studied lines (Table 2). The wide variation in the number of pods per plant highlights the genetic diversity among the dry bean lines and their potential for use in breeding programs. High pod-producing lines, such as “PV24KA,” could be prioritized for improving agricultural productivity. Conversely, lines with lower pod numbers may perform better under specific environmental conditions or management practices.

As highlighted by several studies, the number of pods per plant is one of the dry beans' most critical yield components (Şehirali, 1980; Düzdemir, 1998). Saraç (1989) reported an average of 7.637 pods per plant under Ankara ecological conditions, which is significantly lower than the lowest value in this study (14.00 pods, “PV24AK”). This discrepancy may be attributed to the genetic potential of the genotypes used in this study and the influence of ecological conditions and cultivation practices.

Önder and Sade (1996) observed an average of 13.50 pods per plant in Konya, similar to the pod number of the “PV24AK” line in this study. Önder and Şentürk (1996a, 1996b) reported pod numbers ranging from 21.02–22.93 and 13.75–22.33 in Karaman ecological conditions. The “PV24KA” line in this study, with 22.33 pods, closely aligns with the upper range of these findings, demonstrating the consistency of the results with the literature.

In Samsun ecological conditions, Bozoğlu and Gülümser (1999) reported 9.43–15.73 pods per plant. The lower-performing line in this study (PV24AK) falls within this range, highlighting the influence of environmental and genetic interactions. Ülker and Ceyhan (2008) reported pod numbers ranging from 11.61 to 25.17 in Konya, and the values obtained in this study are consistent with this range for both low- and high-performing lines.

The number of pods per plant is a crucial yield component in legume breeding, and transferring high pod-producing lines to subsequent breeding stages is critically important (Öcal, 2021).

High pod-producing lines like “PV24KA” should be prioritized in breeding programs to enhance yield potential. Meanwhile, lines with lower pod numbers, such as “PV24AK,” could have their yield potential improved through optimized environmental conditions or cultivation methods.

3.3. Number of Seeds per Pod

Differences in the number of seeds per pod among the dry bean lines were observed. The highest number of seeds per pod was recorded for the “PV24ÖG” line, with 6.56 seeds placed in the “a” group and statistically distinguished from the other lines. This indicates that “PV24ÖG” has a higher seed production potential than other lines and is genetically more productive. Conversely, the lowest number of seeds per pod was recorded for the “PV24GK” line, with 5.56 seeds, placing it in the “d” group (Table 2).

LSD groupings categorized lines with similar seed numbers together. For example, the “PV24AK” and “PV24AÖ” lines, with averages of 6.11 and 6.00 seeds, were placed in the “ad” group, showing similar values. Similarly, the “Alberto” and “PV24ÖPV042” lines, with an average of 5.89 seeds, were placed in the “bcd” group, indicating no significant difference between them (Table 2). These differences among groups highlight the importance of genetic factors in determining the number of seeds per pod and the potential of some lines to achieve higher seed productivity.

The average number of seeds per pod was 6.02, indicating a moderate seed production potential across the studied lines (Table 2). Lines with higher seed numbers, such as “PV24ÖG,” may appeal to producers aiming to increase yield. These findings demonstrate the diversity in the number of seeds per pod among the lines, reflecting their varying productivity potentials. Such data provide a valuable guide for selecting high-yielding lines in dry bean production.

The number of seeds per pod is considered one of the most important yield-determining traits in beans (Bozoğlu, 1995). The seed counts recorded in this study are largely consistent with previous research. Önder and Sade (1996) reported an average of 2.67 seeds per pod under Konya ecological conditions, which is significantly lower than the lowest value in this study (5.56 seeds for the “PV24GK” line). This indicates the influence of both genetic differences and environmental conditions.

Önder and Şentürk (1996b) reported seed counts ranging from 3.61 to 5.90 under Karaman ecological conditions. The values recorded in this study fall within this range, with the highest count (6.56 seeds for “PV24ÖG”) exceeding the upper limit, reflecting the genetic superiority of this line. Anlarsal et al. (2000) observed seed counts ranging from 1 to 9 under Çukurova conditions, encompassing the values recorded in this study. This highlights the genetic diversity and adaptability of the lines evaluated in this study.

Ülker and Ceyhan (2008) reported seed counts ranging from 3.53 to 4.89 under Konya ecological conditions. The values recorded in this study exceed this range, demonstrating the influence of genetic traits and ecological conditions on this characteristic. Bozoğlu (1995) also

emphasized that the number of seeds per pod varies depending on genetic differences and environmental factors.

In this study, the “PV24ÖG” line demonstrated the highest seed count, indicating its genetic strength and adaptability to the environmental conditions of the study. Conversely, the “PV24GK” line exhibited the lowest seed count, reflecting limited performance influenced by genetic and environmental factors. The number of seeds per pod is critical in breeding programs aimed at increasing yield. High seed-producing lines should be prioritized for subsequent breeding stages. Meanwhile, lines with moderate or low seed counts could benefit from improved environmental conditions or genetic enhancement to increase their yield potential.

3.4. Number of Seeds Per Plant

Significant differences were observed in the number of seeds per plant among the dry bean lines. The highest number of seeds per plant was recorded for the “PV24KA” line, with 139.44 seeds placed in the “a” group and statistically distinguished from the other lines. This finding highlights the high seed production potential of the “PV24KA” line, making it a promising candidate for high-yield breeding programs. On the other hand, the lowest seed numbers were recorded for the “PV24AGN” and “PV24AK” lines, with averages of 83.11 and 85.67 seeds, respectively, both placed in the “e” group, indicating their comparatively lower yield potential (Table 2).

LSD groupings revealed that lines with similar seed numbers were clustered, reflecting statistical similarities. For instance, the “PV24AÖ” and “PV24ÖG” lines, with 121.78 and 123.78 seeds, respectively, were grouped in the “ab” category, indicating no significant difference between them. These lines show comparable seed production capacity, suggesting they could be viable options for high yield under certain environmental conditions. Meanwhile, lines like “PV24GNK” and “PV24KG,” with 97.78 and 92.30 seeds, respectively, were categorized in the “cde” and “de” groups, reflecting lower but moderate yield potential (Table 2). This grouping underscores the varying yield potential of each line and highlights the potential suitability of certain lines to specific environmental conditions.

The average number of seeds per plant was calculated as 105.25, indicating that most lines demonstrated a moderate seed production capacity. The genetic differences among the lines significantly influenced the number of seeds per plant, demonstrating the potential for varying performance under different conditions. This variability provides valuable guidance for selecting suitable lines in breeding programs aimed at increasing yield. Lines with high seed counts, such as “PV24KA” and “PV24ÖG,” emerge as strong candidates for productive cultivation. In contrast, lines with lower seed counts may show potential for adaptation and development under alternative conditions (Table 2).

Özçelik and Gülümser (1988) reported that the number of seeds per plant ranged from 25.7 to 38.8 under Samsun ecological conditions. The lowest value recorded in this study (83.11 seeds for “PV24AGN”) is significantly higher than this range. This suggests that the genetic potential of the lines in this study and the environmental conditions was more favorable.

Ülker and Ceyhan (2008) documented seed counts ranging from 46.50 to 116.45 under Konya ecological conditions. The lowest value in this study (83.11 seeds) falls above this range, while the highest value (139.44 seeds for “PV24KA”) exceeds the upper limit. This demonstrates the critical role of genetic diversity and environmental conditions in determining seed-related traits. The results suggest that the genotypes used in this study possess a higher seed production capacity than those reported in the literature.

3.5. 100-Seed Weight

The study revealed significant differences in 100-seed weight among the bean lines. The highest number of seeds per plant was recorded for the “PV24KA” line, with 139.44 seeds placed in the “a” group and statistically distinguished from the other lines. This indicates that the “PV24KA” line has a high seed production potential, making it a promising candidate for high-yield breeding programs. Conversely, the lowest seed numbers were observed in the “PV24AGN” and “PV24AK” lines, with averages of 83.11 and 85.67 seeds, respectively, both categorized in the “e” group, highlighting their lower yield potential compared to other lines (Table 2).

LSD groupings revealed that lines with similar seed counts were clustered, reflecting statistical similarities. For example, “PV24AÖ” and “PV24ÖG,” with seed counts of 121.78 and 123.78, respectively, were placed in the “ab” group, indicating no significant difference between them. These lines exhibit similar seed production capacities, making them viable options for high-yield cultivation under favorable conditions. Meanwhile, “PV24GNK” and “PV24KG,” with 97.78 and 92.30 seeds, respectively, were placed in the “cde” and “de” groups, reflecting moderate yield potential (Table 2). These results demonstrate the diverse yield potentials of the studied lines, emphasizing the influence of genetic and environmental factors.

The average number of seeds per plant was calculated as 105.25, indicating moderate seed production capacity for most lines. This further highlights the role of genetic diversity in influencing seed production across the lines. The findings underline the importance of selecting high seed-producing lines, such as “PV24KA” and “PV24ÖG,” as potential candidates for efficient production, while lower seed-yielding lines may have potential for improvement under different environmental conditions (Table 2).

The 100-seed weight, one of the critical yield components in beans, aligns with the findings reported in the literature. In Samsun conditions, Bozoğlu (1995) recorded 100-seed weights ranging from 159.58 to 520.93 g. The “PV24KA” line in this study, with its high seed count, is expected to fall within this range due to its genetic potential.

Önder and Sade (1996) reported a 100-seed weight of 403.3 g in Konya conditions, while Önder and Şentürk (1996a, 1996b) observed a range of 168.33–463.32 g in Karaman conditions. The average number of seeds per plant (105.25) observed in this study supports the ranges reported in the literature and underscores the influence of genetic traits on this characteristic.

Ülker and Ceyhan (2008) recorded 100-seed weights ranging from 249.07 to 455.00 g under Konya conditions. These values suggest that high seed-producing lines such as “PV24KA” and “PV24ÖG” may produce larger seeds genetically, resulting in higher seed weights. Conversely, lines with lower seed counts, such as “PV24AGN” and “PV24AK,” may exhibit variability in seed weight due to environmental factors, suggesting room for further improvement.

3.6. Grain Yield

Significant variations in grain yield were observed among the dry bean lines. The highest grain yield was recorded for the “PV24KA” line at 229.61 kg da⁻¹, significantly higher than the other lines. This suggests that the “PV24KA” line could be an ideal choice for farmers aiming to improve grain yield in agricultural production. On the other hand, the lowest grain yield was observed for the “PV24KG” line at 171.00 kg da⁻¹, distinguishing it as a less productive option in terms of grain yield (Table 2).

LSD groupings revealed significant differences in grain yield among the lines. For instance, the “Alberto” and “PV24AÖ” lines produced 216.39 kg da⁻¹ and 216.44 kg da⁻¹ of grain yield, respectively, placing them in the “ab” group with similar high yield potentials. Similarly, the “PV24ÖG” line, with a grain yield of 219.56 kg da⁻¹, was also included in the “ab” group, indicating its high productivity (Table 2). The comparable performance of these three lines highlights their potential as high-yield candidates, particularly under favorable environmental conditions.

Lines with moderate grain yield included “PV24ÖPV042” (211.55 kg da⁻¹) and “PV24AK” (197.89 kg da⁻¹). These lines, placed in the “abc” and “bcd” groups, respectively, demonstrated stable grain yield under certain conditions. It can be inferred that lines like “PV24AK,” which exhibit moderate yield, could be evaluated alongside other traits for balanced performance (Table 2). Moderate-yielding lines might hold potential in breeding programs when their additional advantageous characteristics are considered.

Lines with lower grain yields included “PV24AGN” (176.00 kg da⁻¹) and “PV24GK” (182.95 kg da⁻¹). These lines, categorized in the “d” and “cd” groups, demonstrated low yield potential (Table 2). However, these lines may exhibit resilience under environmental stress conditions or possess other agronomic traits that make them valuable. Therefore, evaluating lower-yielding lines for alternative uses and traits that could benefit agricultural objectives is essential.

The average grain yield across the lines was calculated as 200.47 kg da⁻¹, indicating that most lines displayed moderate performance in terms of grain yield. The data suggest that high-yielding lines could be prioritized, while lower-yielding lines might be improved by considering their other features and specific environmental requirements. These findings provide valuable guidance for breeding programs to enhance grain yield and identify productive lines for agricultural use (Table 2).

Grain yield in beans is influenced by genetic, physiological, and morphological traits and environmental conditions (Ceyhan and Tekin, 2022). In this context, Özçelik and Gülümser (1988) reported grain yields ranging from 115 to 226 kg da⁻¹ under Samsun ecological conditions. The values observed in this study are broadly consistent with these findings, with the “PV24KA” line showing a grain yield close to the highest reported values. Similarly, Bozoğlu (1995) reported yields ranging from 162.7 to 237.7 kg da⁻¹ in Samsun conditions. The grain yield of the “PV24KA” line at 229.61 kg da⁻¹ aligns with the upper limit of this range, suggesting that its genetic superiority and favorable environmental conditions could enhance its yield potential further.

Önder and Sade (1996) reported grain yields of 231 kg da⁻¹ in Konya conditions, while Önder and Şentürk (1996a) recorded higher yields ranging from 377.69 to 389.41 kg da⁻¹ in Karaman conditions. The average yield in this study (200.47 kg da⁻¹) was lower than the highest values reported in the literature. However, these genotypes could achieve higher yields with appropriate breeding and environmental optimization. Önder and Şentürk (1996b) reported grain yields ranging from 390.20 to 413.23 kg da⁻¹, further emphasizing how environmental factors and agricultural practices influence yield outcomes.

4. Conclusion

This study compared different dry bean genotypes in terms of yield and yield components. The results demonstrated significant genetic and environmental differences among the examined genotypes. Specifically, the “PV24KA” line exhibited superior performance in various traits, including plant height, number of pods per plant, number of seeds per pod, number of seeds per plant, 100-seed weight, and seed yield. The “PV24ÖG” line also stood out in terms of the number of seeds per pod and seed yield, establishing itself as a strong candidate for breeding programs. The study emphasized the impact of genetic diversity and environmental factors on yield, highlighting potential constraints such as high soil pH and low phosphorus levels.

Considering these findings, focusing on high-yielding lines like “PV24KA” and “PV24ÖG” in dry bean breeding programs is recommended. Furthermore, low-performing lines could be enhanced through genetic improvement and optimization of environmental conditions. Introducing high-yielding lines into agricultural production is expected to increase dry bean yields. Future research should evaluate the genotypes tested in this study under different ecological conditions to assess their adaptability and performance in varied environments.

REFERENCES

- Akçin, A. (1974). *Erzurum şartlarında yetiştirilen kuru fasulye genotiplerinde gübreleme, ekim zamanı ve sıra aralığının tane verimine etkisi ile bu genotiplerin fenolojik, morfolojik ve teknolojik karakterleri üzerine bir araştırma*. Atatürk Üniversitesi Yayınları No:157, Erzurum.
- Anlarsal, A.E., Yücel, C. & Özveren, D. (2000). Çukurova koşullarında bazı fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) çeşitlerinde tane verimi ve verimle ilgili özellikler ile bu özellikler arası ilişkilerin saptanması. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 24(1), 19-29.
- Bozoğlu, H. (1995). *Kuru fasulyede (Phaseolus vulgaris L.) bazı tarımsal özelliklerin Genotip x çevre interaksiyonu ve kalıtım derecelerinin belirlenmesi üzerine bir araştırma*. Doktora Tezi, On Dokuz Mayıs Üniversitesi, Samsun.
- Bozoğlu, H. & Gülümser, A. (1999). Kuru fasulyede (*Phaseolus vulgaris* L.) bazı tarımsal özelliklerin korelasyonları ve kalıtım derecelerinin belirlenmesi. *Türkiye 3. Tarla Bitkileri Kongresi*, Adana. Cilt 3: 360-365.
- Ceyhan, E. (2004). Effect of sowing dates on some yield components and yield of dry bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars. *Turkish Journal of Field Crops*, 9 (2), 87-95.
- Düzdemir, O. (1998). *Kuru fasulye (Phaseolus vulgaris L.) genotiplerinde verim ve diğer bazı özellikler üzerine bir araştırma*. Yüksek Lisans Tezi, Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Tokat.
- Karadaş, S. & Ceyhan, E. (2023). Determination of the effects of organic and chemical fertilization on grain yield and some agricultural characteristics of pea. *Selçuk Journal of Agriculture and Food Sciences*, 37(2), 419-429. DOI: 10.15316/SJAFS.2023.040
- Öcal, M. (2021). *Aksaray ekolojik koşullarında bazı kuru fasulye (Phaseolus vulgaris L.) çeşit/hatların morfo-agronomik özellikleri ile özellikler arası ilişkilerin belirlenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi, Kırşehir.
- Önder, M. & Şentürk, D. (1996). Ekim zamanlarının bodur kuru fasulye çeşitlerinde dane ve protein verimi ile verim unsurlarına etkisi. *Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 10(13), 7-18.
- Önder M. & Sade A. (1996). “Yunus-90” bodur kuru fasulye çeşidinde farklı bitki sıklıklarının dane verimi ve verim unsurları üzerine etkileri. *Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 9(11), 71-82.
- Özçelik, H. & Gülümser, A. (1988). Bazı Bodur Fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) Çeşitlerinde Verim ve Verim Öğeleri Üzerine Bir Araştırma, *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 3 (1), 99-108.
- Pekşen, E. (2005). Samsun koşullarında bazı fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) genotiplerinin tane verimi ve verimle ilgili özellikler bakımından karşılaştırılması. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 20(3), 88-95.
- Saraç, A. (1989). Fasulyede ekim zamanı ve sıra aralığının verim (dane) ve verim öğeleri üzerine etkileri. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Ankara.
- Sözen, Ö. (2006). *Artvin ili yerel fasulye (Phaseolus vulgaris L.) populasyonlarının toplanması, tanımlanması ve morfolojik varyabilitesinin belirlenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Samsun.
- Şehirli, S. (1980). *Bodur fasulyede ekim sıklığının verimle ilgili bazı karakterler üzerine etkisi*. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi yayınları: 738, Bilimsel Araştırma ve İncelemeler: 429, Ankara.
- Tekin, N. B. & Ceyhan E. (2022). Genetic variability studies in F₂ generations of determinate high yield dry bean lines for seed yield and yield components. *Selçuk Journal of Agriculture and Food Sciences*, 36 (3), 320-330. DOI:10.15316/SJAFS.2022.041

Ülker, M. & Ceyhan, E. (2008). Orta Anadolu ekolojik şartlarında yetiştirilen fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) genotiplerinin bazı tarımsal özelliklerinin belirlenmesi. *Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 22 (46), 77-89.

PELEMİR BİTKİSİ (cephalaria syriaca l.) VE KULLANIM ALANLARI

Nizamettin TURAN (ORCID:0000-0002-4026-6781)
Siirt Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü
Email: nturan49@siirt.edu.tr

Özet

Dipsacacea familyasına ait olan pelemir (*Cephalaria syriaca* L.) bitkisi tek yıllık olup, doğal şartlarda 40-100 cm arasında boylanmaktadır. Kazık kök sistemine sahip olan pelemir bitkisinin kökleri toprağın 60-120 cm kadar derine inebilmektedir. İçi boş ve kuvvetli bir sapa sahip olan bitki, dik gelişir ve gövde boğum ve boğum aralarından oluşur. Yabancı döllenmiş pelemir bitkisinin polen üretimi oldukça fazla olup, çiçeklerinde 4 adet erkek ve bir adet dişi organ bulunmaktadır. Doğal tozlaşma, başta arılar olmak üzere rüzgar ve farklı böceklerin etkisiyle gerçekleşmektedir. Pelemir bitkisi hayvan beslemede kaba yem olarak, un katkı maddesi olarak ve hastalık tedavilerinde bitkisel ilaç olarak kullanılmaktadır.

Anahtar kelimeler: Pelemir (*Cephalaria syriaca* L.), bitkisel özellikleri, kullanım alanları

CEPHALARIA (*cephalaria syriaca* L.) PLANT AND AREAS OF USE

Abstract

Cephalaria (*Cephalaria syriaca*) plant, which belongs to the Dipsacacea family, is an annual and grows between 40-100 cm in natural conditions. The storage area of the cephalaria plant, which has a pile root system, can be stored at a depth of 60-120 cm. The plant, which has a hollow and strong stem, grows upright and the stem consists of nodes and internodes. The pollen production of the foreign pollinated cephalaria plant is quite high and there are 4 male and one female organs in its flowers. Natural pollination takes place through the combination of wind and different particles, primarily bees. Cephalaria plant is used as roughage in animal nutrition, as an additive and as herbal medicine in disease treatments.

Keywords: Cephalaria (*Cephalaria syriaca* L.), herbal properties, areas of use

Giriş

Pelemir (*Cephalaria syriaca* L.), tek yıllık, dik gelişen, içi boş ve kuvvetli sapa sahip, mavimsi-mor renkte çiçekleri olan bir bitkidir (Ertuğ, 2016; Atalan, 2019). Halk arasında “acımık”, “belemir” olarak da bilinen ve Türkiye’de yaygın olarak yetişen Pelemir (*Cephalaria syriaca*), buğday tarlalarında yabancı ot olarak çıkan, iklim ve toprak isteği bakımından fazla seçici olmayan, soğuğa oldukça dayanıklı, bu özelliği nedeniyle toprak derinliği fazla olmayan eğimli ve erozyona maruz marjinal alanlarda sonbaharda ekilerek tatmin edici bir verimle tarımı yapılabilecek önemli bir bitkidir (Çiller, 1977; Öndere, 2021). Dünyada, *Dipsacaceae* familyasına ait teşhis edilmiş 7 Pelemir cinsi bulunmaktadır. Bu cinslerden biri olan *Cephalaria* ise 29 türe sahiptir. Ülkemizde *Cephalaria* cinsinin 12 kadar türü mevcut olduğu bilinmektedir. Fakat bu türlerden sadece *Cephalaria syriaca* L. türü tüm Anadolu’da yaygın olarak bulunmaktadır (Davis, 1972). Ayrıca Çiller (1977) tarafından, Dünyada en çok Akdeniz Bölgesi’nde ve Batı Asya’da yayılış gösteren ve aynı zamanda Avrupa’nın diğer ülkelerinde rastlanan Pelemir (*Cephalaria syriaca* L.), Türkiye, Güney Fransa, Güney İspanya ve Kuzey Afrika’da bulunduğunu ifade etmektedir.

Pelemirin Un Katkı Maddesi Olarak Kullanımı

Pelemir (*Cephalaria syriaca* L.), içerdiği bileşikler açısından zengin bir besin kaynağı olmasının yanı sıra, ekmeğin reolojik özelliklerini de iyileştirmek amacıyla kullanılan, özellikle zayıf unlarda güçlü bir glüten ağı kurarak hamurun güçlendirilmesi için oksidasyon ajanı olabilecek iyi bir katkı maddesidir (Yazıcıoğlu ve ark., 1978; Karaoğlu, 2006; Karaoğlu, 2012). Pelemir tohumları öğütülerek (%0.5-3.0) una katıldığında, bu karışımdan yapılan ekmeklerin hacminin arttığı, daha yumuşak olduğu ve bayatlamasının geciktiği bildirilmiştir (Karaoğlu, 2006; Karaoğlu, 2011; Başar ve ark., 2016). Bu karışımdan hazırlanan unlarda acımsı bir tat oluşturmaktadır (Altunbaş, 2015; Sezgin, ve ark., 2017; Atalan, 2019). Ayrıca pelemir, ekmek yapımında olduğu gibi diyet lif içeriğinin artırılması amacıyla buğday kepeği un bileşimine katılmakta ve unun reolojik özelliklerini olumlu yönde etkilemektedir (Karaoğlu, 2012). Karaoğlu (2012), buğday ununa farklı oranlarda yağı alınmış ve normal pelemir katkısının (% 0.25, % 0.75, % 1.25, % 1.75 ve % 2.25), hamurun gaz tutma, hacim, oran sayısı, elastikiyet, uzamaya karşı direnç, elastikiyet, fermantasyon, hacim kaybı gibi reolojik özelliklerini olumlu etkilediğini tespit etmiş, *Cephalaria syriaca*’daki yüksek proteinin hamurdaki bu iyileşmeye sebep olabileceğini ifade etmiştir.

Pelemirin İnsan Sağlığına Etkisi

Ülkemizde her ne kadar 1970’li yıllara kadar pelemir (*Cephalaria syriaca* L.) yağı gerek tek başına gerekse diğer yağlarla karışık olarak kendisinden yemeklik yağ olarak faydalanılmış ise de pelemir yağında bulunan % 7-8 dolayındaki epoksi asit, bu yağın bu haliyle yemeklik yağ olarak kullanılmaması gerektiğini, yağ asit bileşenleri ise; %36.9 linoleik asit, %23.0 oleik asit, %19.5 miristik asit, %9.4 palmitik asit, %2.0 stearik asit ve %1.5 laurik asit (Yazıcıoğlu ve ark., 1978; Baytop, 1999) olduğunu ifade edilmektedir. Yapılan çalışmalar, pelemirin özellikle linoleik asit daha fazla olmak üzere linolenik yağ asidini de içerdiğini göstermektedir (Sarıkahya ve ark., 2018). Pelemir bitkisinde ayrıca; gallik asit, p-hidroksi benzoik asit, protokatekuik asit, vanilik asit, syringic asit, sinapik asit, floroglusinol, klorogenik asit, ksantoksin ve klorokatekol fenolik bileşikleri bulunmaktadır (Ali ve ark., 2012). Aynı zamanda

yapısında toksik olmayan şeker esterlerinden oluşan glikozitler de bulundurmaktadır (Musselman, 2000). Yapılan araştırmalar, bitkinin tohumlarında sabit yağ oranı % 21- 26, protein oranı ise % 14-20 arasında değiştiği ortaya koymuştur (Çiller, 1977; Çaęlar, 1968; Baytop, 1999). Nitekim Karaoęlu (2012) pelemir tohumu % 22-28 yağ, % 14-21 protein, % 3-10 kül ve % 9-30 ham lif ile besin değeri açısından oldukça zengin bir kaynak olduğunu ifade etmektedir. Bazı araştırmacılar (Anderson, ve ark., 2009; Karaoęlu, 2012) da pelemir bitkisi, bileşiminde % 9-30 oranında ham lif bulundurduğu ve diyet lif tüketimi ise; koroner kalp rahatsızlığı, hipertansiyon, diyabet, obezite, gastrointestinal rahatsızlıkların gelişme riskini azaltmanın yanı sıra kan şekeri kontrolünü iyileştirdiği, kan basıncını dūřürdüęü, serum yağ konsantrasyonlarını ve bağışıklığı iyileştirdiği ve aynı zamanda kilo vermeye de yardımcı olduğunu ifade etmektedirler.

Pelemirin Hayvan Yemi Olarak Kullanımı

Pelemir (*Cephalaria syriaca* L.) bitkisi hem tohum hem de ot elde etmek amacıyla yetiştirilmektedir. Kışlık ve yazlık olarak ekilebilir. Kışlık ekimler bōlgelere gōre değişmekle birlikte genellikle Ekim ve Kasım aylarında, yazlık ekimler ise Mart ve Nisan aylarında yapılmalıdır. İklım ve toprak bakımından fazla seçici olmayan, soğuğa ve kurağa oldukça dayanıklı olan Pelemir (*Cephalaria syriaca* L.), değişen evre koşullarından az etkilenir, kurak ve kışları sert geçen bōlgelerde dahi yetişmesi mōmkōn olan bir bitkidir. Pelemir bitkisi sıcağı sever ve bol gōneřli yerlerde daha iyi gelişir. Taban ve bitki besin maddelerince zengin alanlarda ot ve tohum verimi artar. Killi ve tınlı topraklarda vejetatif aksamı iyi gelişir. Pelemir, hayvan beslenmesinde kullanılmak üzere hem tane üretimi ve hem de ot üretimi amacıyla yetiştiriciliği yapılabilir.



Foto: Yozgat İl Tarım ve Orman Mōdōrlōęü, 2020.

Tohum (tane) üretimi: Tohum elde etmek amacıyla yapılan ekimlerde dekara 2-3 kg tohumluk kullanılır. Ekim derinliği 2-3 cm geçmemelidir. Temiz tane elde etmek için yabancı ot kontrolō, çapalama ve gerekirse sulama gibi bakım işleri yapılmalıdır. Genellikle Temmuz ayında hasat olgunluğuna gelen pelemir bitkisinin sap ve yapraklar sararır, taneler sertleşir ve olgunlaşır. Zamanında yapılan hasatlarda tane dōkōlmesi olmaz, ancak geç kalınırsa bōyōk oranda tane dōkōlmesi olur. Hasat bierdōęerle kolaylıkla yapılabilir. Hasat ve harmanı yapılan pelemir bitkisinin dekara tane verimi kuru şartlarda 80-120 kg, sulu şartlarda ise 200-300 kg arasında değişir.



Foto: Yozgat İl Tarım ve Orman Müdürlüğü, 2020.

Ot üretimi: Kuru ot elde etmek amacıyla yapılan ekimlerde dekara 4-5 kg tohumluk kullanılır. Pelemir, Haziran ayında ve tam çiçeklenme döneminde iken biçilmelidir. Biçim gecikirse saplar sertleşir, selüloz oranı artar ve ham protein oranı düşer. Pelemir bitkisinin biçimi çayır biçme makineleri ile yapılmalıdır. Biçilen pelemir otları olduğu yerde 1 gün bırakılarak soldurulur. Daha sonra soldurulan pelemir otu akrobat tırmık kullanılarak namlu haline getirilir. Namlu haline getirilen pelemir otu 3-4 gün güneş altında kurumaya bırakılır. Otun nem oranı %16-18 civarında iken balyalanmalı veya saman haline getirilmelidir. Güneş altında ve farklı yöntemlerle fazla kurutulursa yapraklar dökülür ve mineral madde kaybı artar, az kurutulursa kızılaşma, küflenme ve çürüme meydana gelir. Pelemirin dekara kuru ot verimi 400 ila 600 kg arasında değişir.



Foto: Yozgat İl Tarım ve Orman Müdürlüğü, 2020.

Aynı zamanda pelemir bitkisinin tohumları da büyükbaş ve küçükbaş hayvan beslenmesinde yem rasyonlarında kullanılabilir. Nitekim bazı araştırmacılar (Çiller, 1977; Yazıcıoğlu ve ark., 1978; Sezgin ve ark., 2017) da pelemir tohumundan yağ çıkarıldıktan sonra arta kalan küspesi de hayvan beslemede kullanılabilir bir kesif yem kaynağı olduğunu ifade etmektedirler. Yazıcıoğlu ve ark. (1977) tarafından yapılan çalışmalarda, pelemir küspelerinde % 7.5 kadar saponin olduğunu, pelemir saponini bir pentasiklik tritenpenoitten meydana geldiğini ve bu saponin nedeniyle küspelerin acı olduğunu ifade edilmektedir.

Sonuç ve Öneriler

Ülkemizdeki kaliteli kaba yem açığının kapatılması veya azaltılması amacıyla özellikle ot verimi yüksek yem bitkisi türlerinin yetiştiriciliği teşvik edilmeli, yetiştirilen yem bitkisi türleri çeşitlendirilmeli, farklı ekolojiler ve marjinal alanlar için yeni yem bitkisi

türleri üzerinde durulmalıdır. Taşlı arazilerde ya da yaygın hastalık nedeniyle buğday ve arpa veriminin düşük olduğu yerlerde ve aynı zamanda nadasa bırakılan arazilerde pelemir bitkisi yetiştirilebilir. Ayrıca sulama olanağı olmayan gerek taşlı gerekse meyilli arazilerde kaba yem amacıyla pelemir yetiştirilmesi önerilmektedir.

Kaynaklar

- Ali, K. A., Sakri, F. Q., Li, Q. X. 2012. Isolation and purification of allelochemicals from *Cephalaria syriaca* plant. *Int. J. Bio. sci*, 2, 90-103.
- Altunbaş, O. 2016. Pelemir bitkisinin pirolizi (Doctoral dissertation). Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Anderson, J. W., Baird, P., Davis, R. H., Ferreri, S., Knudtson, M., Koraym, A., Williams, C. L. 2009. Health benefits of dietary fiber. *Nutrition reviews*, 67(4), 188-205.
- Atalan, E. 2019. Türkiye’de yetiştirilen pelemir bitkisinin [*cephalaria syriaca* (L.)] antioksidan, antimikrobiyal, antifungal, antibiyofilm özelliklerinin ve tohum morfolojisinin araştırılması (Master's thesis). Bartın Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bartın.
- Başar, Ş., Karaoğlu, M. M., Boz, H. 2016. The effects of *cephalaria syriaca* flour on the quality of sunn pest (*Eurygaster Integriceps*)-Damaged Wheat. *Journal of Food Quality*, 39(1), 13-24.
- Baytop T. 1999. Türkiye’de Bitkiler ile Tedavi, s:313, İstanbul.
- Çağlar, H. 1968. Pelemir. Güven Matbaası, Ankara.
- Çiller, M. 1977. “Pelemir Tohumu Yağı Üzerine Bir Araştırma”.
- Davis, P.H. 1972. Flora of Turkey and the East Aegean Islands. Vol. 5. Edinburgh.
- Ertuğ, F. 2016. Anadolu'nun Önemli Yağ Bitkilerinden Keten/Linum ve Izgın/Eruca Orta Anadolu'da Beziryağı Üretimi ve Bezirhaneler. *TUBA-AR*, 1(1).
- Karaoğlu, M. M., 2006. *Cephalaria syriaca* addition to wheat flour dough and effect on rheological properties International Journal of Food Science & Technology Volume 41, Issue Supplement s2, pages 37–46.
- Karaoğlu, M. M. 2011. Influence of *Cephalaria syriaca* Addition on Physical and Sensorial Properties of Wheat Bran Bread. *International Journal of Food Properties*, 14:124–133.
- Karaoğlu, M. M. 2012. Effect of *Cephalaria syriaca* addition on rheological properties of composite flour. *International Agrophysics*, 26(4).
- Musselman, L. J. 2000. Zawan and Tares in the Bible. *Economic Botany*, 54(4), 537-542.
- Öndere, E. 2021. Pelemir (*Cephalaria syriaca*) Unu Katkısının Unlu Mamullerde Protein Kompozisyonuna Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, 2021.
- Sarikahya, N. B., Nalbantsoy, A., Top, H., Gokturk, R. S., Sumbul, H., & Kirmizigul, S. 2018. Immunomodulatory, hemolytic and cytotoxic activity potentials of triterpenoid saponins from eight *Cephalaria species*. *Phytomedicine*, 38, 135-144.
- Sezgin, M., Tezcan, H., Şahin, M., Arslan, Y., Subaşı, İ., Demir, İ., Koç, H. 2017. Bazı Pelemir (*Cephalaria syriaca* L.) Çeşitlerinin Türkiye’nin Farklı Ekolojik Koşullarında Verim ve Kalite Değerlerinin Belirlenmesi. *Tarım ve Doga Dergisi*, 20, 192.
- Yazıcıoğlu, T., Karaali, A., Gökçen, J. 1977. Pelemir tohumu, yağı ve küspesi üzerinde bir araştırma. Marmara Bilimsel ve Endüstriyel Araştırma Enstitüsü, Beslenme ve Gıda Teknolojileri Ünitesi, proje no:2807
- Yazıcıoğlu, T., Karaali, A., Gökçen, J. 1978. *Cephalaria syriaca* seed oil. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 55(4), 412-415.

**DETERMINATION OF YIELD POTENTIAL OF NEWLY DEVELOPED FORAGE
PEA LINES**

Lecturer, Serdar KARADAS (ORCID:0000-0001-8594-1288)

Selcuk University, Faculty of Agricultural, Department of Field Crops, Konya-Türkiye
Email:skaradas@selcuk.edu.tr

Prof. Dr., Ercan CEYHAN (ORCID:0000-0002-9154-9984)

Selcuk University, Faculty of Agricultural, Department of Field Crops, Konya-Türkiye
Email:eceyhan@selcuk.edu.tr

Abstract

This study investigates the effects of forage pea (*Pisum sativum* L. ssp. *arvense*) lines on agronomic yield and quality. The study examined how genetic and environmental factors among different fodder pea lines create differences in important agronomic traits such as plant height, pod number, grain yield, biological yield, shear yield, and harvest index. The research was carried out using ten different forage pea lines in the designated experimental area during the growing period of 2023-2024. The experiment was established according to the randomized block design, and plots with four replications were formed for each line. The analysis of variance showed that there were statistically significant differences in agronomic traits among the lines. In terms of plant height, the Emirbey line showed the highest value (104.48 cm), while PS1842442 (84.44 cm) and PS1842941 (81.74 cm) lines had shorter plant heights. In terms of number of pods, PS1842231 (17.95) and PS1842121 (17.83) lines had the highest number of pods. The seed yield, line PS1842754 (148.20 kg da⁻¹), provided the highest yield, while lines such as Melrose and PS18422121 also obtained high yields. Regarding biological yield, Emirbey (669.19 kg da⁻¹) showed the highest value, while the average biological yield was 585.48 kg da⁻¹. The straw yield was highest with the Emirbey line (559.97 kg da⁻¹). These findings indicate genetic diversity among forage pea lines and environmental factors significantly affect agronomic yield and quality. The results shed light on future breeding efforts to increase the productivity of forage pea production. This study provides essential information evaluating the agronomic potential and production efficiency of forage pea lines.

Keywords: Forage pea, agronomic traits, biological yield, grain yield, straw yield.

1. INTRODUCTION

The agricultural sector needs continuous innovation and development to meet these demands at a time when the world's population is growing rapidly, and the demand for food is increasing significantly. Agricultural production ensures food security and fulfills many important objectives, such as economic development, job creation, and environmental sustainability. In this context, the productivity of the various plant resources used in agriculture is vital for producers. Especially for sectors engaged in animal husbandry, producing fodder crops has been a determining factor in both animal health and economics.

Forage crops are products that play a fundamental role in animal nutrition and directly affect the feed costs of producers. These plants provide protein, energy, vitamins, and minerals that animals need for healthy growth and high productivity. Feed pea (*Pisum sativum* L. ssp. *arvense*) has an important place among the feed crops used in the livestock sector with its high protein content and nutritional properties. Peas provide a high-quality protein source especially for ruminants (dairy and meat animals), thus increasing the productivity of livestock farms (Ceyhan and Karadas, 2023).

The use of peas as feed is not limited to its nutritional value. Fodder peas also offer an efficient alternative to agricultural production. Forage peas positively affect soil health, supporting the nitrogen cycle and thus contributing to the cultivation of other farm products. Storing nitrogen compounds such as nitrate and ammonium more efficiently in the soil can increase soil fertility. This helps to reduce the use of nitrogen fertilizers, which is one of the requirements of sustainable agriculture (Geren and Alan, 2012).

In recent years, yield enhancement strategies and the development of new varieties have been investigated in fodder pea production to make this crop more productive. Under the influence of environmental factors such as climate change, soil structure, and sustainable use of water resources, increasing the adaptability of forage pea lines is essential. Newly developed varieties are characterized by shorter growth periods, disease resistance, and adaptability to climatic conditions. Such improvements make fodder peas more productive and reduce producer costs (Ceyhan, 2006).

These improvements in fodder pea production also contribute significantly to the economic sustainability of the livestock sector. The productivity of fodder crops and the healthier feeding of animals increase the quality of the products and allow for higher yields. Thus, while the producer obtains more product with less input, the overall productivity of the livestock sector also increases.

In this context, innovations in fodder pea production are essential not only for the agriculture and livestock sectors but also for environmental sustainability. Increasing the productivity of forage crops used in agriculture also contributes to more efficient and sustainable use of natural resources such as water and soil. These developments have great potential for future food security and environmentally friendly agricultural practices.

2. MATERIALS AND METHODS

The present study was carried out to determine the herbage yield and various agronomic traits of different forage pea (*Pisum sativum* L. ssp. *arvense*) lines. In the study, genotypes representing genetic diversity and having high herbage yield potential were carefully selected and used in previous breeding studies. PS1842442, PS1842941, PS1842121, PS1842231, PS1842444, PS1842754, and PS1842906 lines developed by Prof. Dr. Ercan CEYHAN were examined in the study. These genotypes were evaluated due to their genetic diversity and high yield potential. In addition, registered varieties such as Emirbey, Granger, and Melrose were used as a control group.

In the 2023/2024, temperatures were higher than the long-term averages. For example, in February, the temperature was 11.1°C compared to the long-term average of 3.0°C. Similarly, in April, the temperature was 22.8°C, significantly exceeding the long-term average of 14.4°C. Regarding precipitation, 47.0 mm of rainfall was recorded in November, surpassing the long-term average of 31.3 mm. However, in December, precipitation was 18.2 mm, considerably lower than the long-term average of 47.2 mm. Humidity levels generally decreased; for instance, in December, the humidity was 70.9% compared to the long-term average of 82.3%. During the summer months, temperatures were also high, with June reaching 31.7°C (long-term average: 24.3°C) and July at 31.3°C (long-term average: 26.5°C). Rainfall in July also exceeded expectations, recording 37.2 mm compared to the long-term average of 10.1 mm.

When the soil characteristics of the research site were analyzed, it was observed that the soil generally had a high pH value (8.05) and showed alkaline characteristics. The lime (CaCO_3) content in the soil is relatively high (37%), which may limit plant nutrient uptake. Phosphorus (P_2O_5) content is low (1.79 kg da^{-1}), indicating the need for fertilization. Zinc (Zn) levels are insufficient (0.32 ppm), and iron (Fe) and copper (Cu) levels are 14.74 ppm and 1.70 ppm, respectively, which seem adequate, but manganese (Mn) levels (7.50 ppm) are relatively low. Soil organic matter content (2.25%) is limited. The electrical conductivity (EC) was 0.85 mS/cm, indicating low salinity, which suggests that the soil is suitable for plant growth. The soil texture was classified as clayey-loamy, and the water holding capacity was moderate, with 65% saturation (Küçük and Ceyhan, 2023).

This study was conducted in the experimental field of Selçuk University Prof. Dr. Abdulkadir AKÇİN Research Station during the growing season of 2023-2024. The experiment was established according to a randomized block design with four replications. Fodder pea sowing was carried out when the climatic conditions and soil temperature were favorable, and the soil was at the right temperature. The sowing was done on October 27, 2024; the sowing depth was set as 4 cm, and six rows were sown in each plot with a row spacing of 25 cm. The row length of the plot was 5 m, and the area of each plot was determined as 7.5 m² during sowing. Sowing was carried out by hand row sowing method under conditions where the seedbed was fine, clod-free, pressed, and cleaned from weeds, as well as adequate in terms of moisture and nutrients. Considering the soil analysis before the experiment was established, 5 kg nitrogen (N) and 10 kg phosphorus (P_2O_5) were applied to each decare with sowing. Weed control was started after the emergence of fodder pea seedlings, and necessary precautions were taken during this process. According to the climate and soil conditions, irrigation was carried out to ensure the healthy emergence of the seedlings, and rain irrigation provided the water needed by the plants during the experiment. Seed harvests were made when the fodder pea pods were complete, and the seeds hardened.

In the study, the plant height (cm), number of pods per plant (no.), seed yield (kg da⁻¹), biological yield (kg da⁻¹), straw yield (kg da⁻¹), and harvest index (%) were measured according to the methods described by Ceyhan et al. (2005), Ceyhan and Karadas (2023), and TTSM (2023).

The data obtained from the study were analyzed using JMP (18) Statistical Package Programmed (JMP 18) in a yearly replicated random blocks experimental design. The significant means were grouped according to the LSD test.

3. RESULTS AND DISCUSSION

The results of the variance analysis revealed the effects of forage pea lines on different traits. According to the analysis, statistically significant differences were found among the lines regarding plant height, number of pods per plant, grain yield, biological yield, straw yield, and harvest index ($p < 0.01$) (Table 1). It was determined that forage pea lines showed significant differences in yield and quality, which were statistically significant.

Table 1. Mean squares of the analysis of variance of the examined traits of forage pea lines

Sources of Variance	DF	Plant Height	Number of Pods per Plant	Seed Yield
Total	39			
Replication	3	85,101	4,256	25,339
Lines	9	259,088**	31,968**	1151,114**
Error	27	33,555	2,751	259,575
Sources of Variance	DF	Biological Yield	Straw Yield	Harvest Index
Total	39			
Replication	3	5895,480	6092,570	9,814
Lines	9	11557,600**	8668,361**	22,047**
Error	27	3718,500	3275,770	7,972

** : $p < 0,01$

4.1. Plant Height

According to the statistical evaluations among the lines, Emirbey (104.48 cm) had the highest plant height, followed by Melrose (102.93 cm). These two lines are statistically close to each other and are in the “a” group, while lines such as Granger (92.08 cm), PS1842121 (99.01 cm), and PS1842754 (96.98 cm) are in the “abc” group. On the other hand, lines such as PS1842442 (84.44 cm), PS1842941 (81.74 cm), PS1842231 (83.73 cm), and PS1842906 (89.48 cm) have the shortest plant height, and they are in the “d” group. The average plant height of the lines was 92.61 cm. This shows that there is a significant difference in height between the lines and some lines are shorter than others. The high plant height values of Emirbey and Melrose are consistent with the 88.6-102.8 cm range reported by Temel et al. (2021). At the same time, the general range in our study (81.74-104.48 cm) shows a distribution close to the upper limit of 50-114 cm values reported by Tan et al. (2013). However, it was well above the 35.4-56.3 cm values reported by Önder and Ceyhan (2001a). This difference is probably due to the effects of different genotypes and environmental factors. According to the range of 96.85-122.58 cm reported by Erkovan et al. (2020), although our tall varieties, such as Emirbey and Melrose, approached this limit, the values in our study generally show a lower upper limit. This situation emphasizes the effect of environmental factors (climate and soil characteristics) and cultivation techniques used in the area.

Table 2. Means and LSD groups for the studied traits of fodder pea lines

Lines	Plant Height (cm)	Pods per Plant (no.)	Seed Yield (kg da ⁻¹)
Melrose	102,93 ab	11,32 b	130,73 ab
Emirbey	104,48 a	10,48 b	109,22 bcd
Granger	92,08 bcd	11,23 b	97,17 cd
PS1842442	84,44 d	11,15 b	123,94 abc
PS1842941	81,74 d	11,32 b	115,36 bcd
PS1842231	83,73 d	17,95 a	118,39 ad
PS1842121	99,01 abc	17,83 a	126,53 abc
PS1842906	89,48 cd	10,88 b	90,92 d
PS1842754	96,98 abc	12,03 b	148,20 a
PS1842444	91,27 cd	11,69 b	104,64 bcd
Mean	92,61	12,59	116,51
Lsd	11.35	3.25	31.56
Lines	Biological Yield (kg da ⁻¹)	Straw Yield (kg da ⁻¹)	Harvest Index (%)
Melrose	613,94 ab	483,22 ab	21,56 ab
Emirbey	669,19 a	559,97 a	16,34 bc
Granger	487,10 c	389,93 b	20,33 abc
PS1842442	594,69 abc	470,75 ab	21,05 abc
PS1842941	553,69 abc	438,33 b	21,01 abc
PS1842231	538,44 bc	420,05 b	22,07 a
PS1842121	614,82 ab	488,29 ab	20,66 abc
PS1842906	571,35 abc	480,43 ab	15,93 c
PS1842754	646,50 ab	498,31 ab	22,87 a
PS1842444	565,10 abc	460,46 ab	18,59 abc
Mean	585,48	468,97	20,04
Lsd	119.5	112.10	5.53

Means within the same column followed by different letters are significantly different according to LSD.

4.2. Number of Pods per Plant

PS1842231 (17.95) and PS1842121 (17.83) are statistically close to each other and are in group “a” as the lines with the highest number of pods. On the other hand, Melrose (11.32), Emirbey (10.48), Granger (11.23 number/plant), PS1842442 (11.15), PS1842941 (11.32), PS1842906 (10, 88), PS1842754 (12.03) and PS1842444 (11.69) had a lower number of pods and were in group “b”. The average number of pods per plant of the lines was 12.59. This indicates that some lines can produce significantly more pods, especially PS1842231 and PS18422121, which are superior in this area. These results are consistent with the findings of previous studies on peas. When compared with the range of 7.6-18.5 pods/plant reported by Uzun et al. (2012), and Sayar et al. (2009), PS1842231 and PS1842121 lines approached the upper limit of this range. Our study's average shows a slightly higher value compared to the general range of these studies.

These differences may be due to the genotypes' genetic structure and the environmental conditions of the experimental locations. It is frequently emphasized in the literature that the number of pods in pea plants varies depending on genotypic and environmental factors (Önder and Ceyhan, 2001a; Ceyhan et al., 2005; Sayar et al., 2009; Savur and Ceyhan, 2011; Kadioğlu and Tan, 2018; Konuk and Tamkoç, 2018; Yerlikakaya, 2022; Ceyhan and Karadaş, 2023). The significant differences observed between genotypes in our study once again revealed the effect of genotype-environment interaction. In particular, lines such as PS1842231 and PS1842121 have the potential to produce higher pod numbers, indicating that these genotypes can increase yield under favorable environmental conditions.

4.3. Seed Yield

Line PS1842754 (148.20 kg da⁻¹) had the highest seed yield in the group “a”. This is followed by Melrose (130.73 kg da⁻¹), PS1842121 (126.53 kg da⁻¹), and PS1842442 (123.94 kg da⁻¹), and these lines are in the “abc” group. These lines show higher yields than the others. On the other hand, lines such as PS1842231 (118.39 kg da⁻¹) and PS1842941 (115.36 kg da⁻¹) belong to the “ad” and “bcd” groups with lower seed yields, but still yield above average. Lines such as Emirbey (109.22 kg da⁻¹) and Granger (97.17 kg da⁻¹) have lower yields and belong to “bcd” and “cd” groups. The average grain yield of the lines was 116.51 kg/da. This value shows significant differences among the lines, but some yield exceptionally high.

The results of this research are in general agreement with the intervals obtained in different studies reported in the literature. The 112-161 kg da⁻¹ range reported by Önder and Ceyhan (2001a) overlaps mostly with the values in our research and reflects the effect of genotypes and growing conditions. The upper limit of the 113-243 kg da⁻¹ range reported by Ceyhan et al. (2005) overlaps with the data in our study; however, this wide range reveals the effects of the genotypes used and environmental conditions more clearly. On the other hand, the range of 219-285 kg da⁻¹ reported by Geren and Alan (2012) and Uzun et al. (2012) is higher than the values in our study. This difference is probably due to different cultivation techniques and the use of more productive genotypes. The wide range (95-310 kg da⁻¹) reported by Kavut et al. (2016) covers the values in our study and shows the effect of genotypic diversity and growing conditions on yield. The high yield values (196.5-314.7 kg da⁻¹ and 182-286 kg da⁻¹) reported by Kadioğlu and Tan (2018) and Keskin et al. (2021) show a higher upper limit when compared to the data in our study, once again demonstrating the effect of different cultivation areas and conditions on yield. In conclusion, the high grain yield provided by genotypes such as line PS1842754 in our study reflects the genetic potential and the suitability of growing conditions. Compared to the higher or lower ranges in the literature, the results obtained in our study show that the genotypes used in our study largely fulfill their potential under favorable ecological conditions.

4.4. Biological Yield

Emirbey (669.19 kg da⁻¹) was the line with the highest biological yield and was in the “a” group. This line obtained the highest value in biological yield compared to all other lines. In addition, Melrose (613.94 kg da⁻¹), PS1842121 (614.82 kg da⁻¹), and PS1842754 (646.50 kg da⁻¹) were also in the “ab” group and showed very high biological yield. Lines such as PS1842442 (594.69 kg da⁻¹), PS1842941 (553.69 kg da⁻¹), PS1842906 (571.35 kg da⁻¹) and PS1842444 (565.10 kg da⁻¹) were in the “abc” group and had biological yields slightly below or equal to the average. Although these lines provide high biological yields, significant differences exist between them and those with the highest values. On the other hand, PS1842231 (538.44 kg da⁻¹) and Granger (487.10 kg da⁻¹) lines show lower biological yield and are in “bc” and “c” groups. These lines exhibited lower performance than the others in terms of biological yield. The average biological yield of the lines was 585.48 kg da⁻¹. This value shows significant yield differences among forage pea lines, and some lines are superior in biological yield.

The biological yield values obtained in our research were relatively high, especially in genotypes such as Emirbey (669.19 kg da⁻¹), and the average biological yield was determined

to be 585.48 kg da⁻¹. These findings show remarkable differences and similarities when compared with the wide yield ranges reported in the literature. For example, the 234.8-1359.2 kg da⁻¹ range reported by Konuk and Tamkoç (2018) overlaps with the values in our study and emphasizes the essential effects of genotype and environmental conditions on biological yield. Compared to the range of 391-496 kg da⁻¹ reported by Timurağaoğlu et al. (2004), our findings are well above these values; this difference may be due to the superior characteristics of the genotypes used or more favorable growing conditions.

When the range of 432.5-570.5 kg da⁻¹ reported by Keskin et al. (2021) is compared with the values in our study, it is observed that the yield obtained is higher, and this situation reveals the potential of the selected genotypes. The range of 204.0-540.4 kg da⁻¹ reported by Sayar et al. (2009) is well below the yield values in our study. It again shows the determining effects of genetic structure and environmental conditions on biological yield. The range of 609.1-942.6 kg da⁻¹ reported by Kadioğlu and Tan (2018) overlaps with the values in our study and confirms the effect of genotype-environment compatibility on yield. A higher biological yield was obtained in our study compared to the range of 257-417 kg da⁻¹ reported by Ceyhan and Karadaş (2023). This can be attributed to the optimal selection of genetic structure and growing conditions. In general, the findings of our study indicate that genotype selection and appropriate environmental conditions can significantly increase biological yield.

4.5. Straw Yield

The Emirbey (559.97 kg da⁻¹) was the line with the highest straw yield and was in the “a” group. This line obtained the highest value regarding straw yield compared to all other lines. Melrose (483.22 kg da⁻¹), PS1842121 (488.29 kg da⁻¹), PS1842754 (498.31 kg da⁻¹), and PS1842442 (470.75 kg da⁻¹) are in the “ab” group, and these lines also show very high straw yields. Lines such as PS1842941 (438.33 kg da⁻¹), PS1842231 (420.05 kg da⁻¹), and Granger (389.93 kg da⁻¹) are in the “b” group with lower straw yields. These lines exhibit lower performance compared to the other lines, but it can be said that they still provide a medium level of straw yield. The average straw yield of the lines was determined as 468.97 kg da⁻¹. This value shows significant differences among forage pea lines; some lines have exceptionally high straw yields. However, except for Emirbey, the other lines were around the average straw yield, and similar general yield results were obtained.

The straw yield results obtained in our study exhibit remarkable differences and similarities when compared with different studies in the literature. The straw yield of 358.6 kg da⁻¹ reported by Çakmakçı et al. (1999) is well below the average straw yield of 468.97 kg da⁻¹ obtained in our study. This may be attributed to the superior yield potential of the genotypes used in our research and more favorable environmental conditions in the cultivation area. Similarly, the straw yield values determined by Keskin et al. (2021) as 264.7 kg da⁻¹ and 284.0 kg da⁻¹ in 2018 and 2019, respectively, are considerably lower than the straw yield range in our study. This difference points to the effect of breeding techniques and environmental factors.

On the other hand, the 160-887 kg da⁻¹ forage pea straw yield range reported by Çağan et al. (2018) covers the straw yield range in our study. However, the fact that a narrower and more distinct range was observed in our study suggests that the genotypes and growing conditions used were more homogeneous. The straw yield values of 335-453 kg da⁻¹ obtained by Tan et al.

(2013) are also below the results of our study. This indicates that the genotypes used in our research have high yield potential, and the growing conditions provided are optimal.

In conclusion, the straw yield results obtained in our study are generally higher than those of various studies in the literature, revealing the effect of genetic factors and environmental conditions on yield. The superior straw yield potential of the Emirbey genotype especially emphasizes the importance of appropriate genotype selection.

4.6. Harvest Index

In the study, PS1842754 (22.87 %) and PS1842231 (22.07 %) had the highest harvest index and were in the “a” group. These lines show superior performance by exhibiting higher harvest indices than other lines. In addition, Melrose (21.56 %), PS1842442 (21.05 %), PS1842941 (21.01 %), and PS1842121 (20.66 %) were also in the “ab” and “abc” groups and were observed to have a good harvest index value. On the other hand, lines such as Emirbey (16.34 %) and PS1842906 (15.93 %) have lower harvest index values and belong to the “bc” and “c” groups. These lines are among the lines that generally show low harvest efficiency. Lines such as Granger (20.33 %) and PS1842444 (18.59 %) have a harvest index slightly above or below the average and belong to the “abc” group. These lines exhibit a performance close to the average harvest index values.

The average harvest index of the lines was determined as 20.04. This value shows significant differences among the forage pea lines, and some lines obtained exceptionally high harvest index. Similar results were reported by Ceyhan et al. (2005).

4. CONCLUSIONS

The variance analysis revealed significant differences among forage pea lines for traits such as plant height, number of pods per plant, grain yield, biological yield, straw yield, and harvest index ($p < 0.01$). Lines Emirbey and Melrose exhibited superior plant height, while PS1842231 and PS1842121 stood out in the number of pods per plant. Line PS1842754 demonstrated the highest grain yield, and Emirbey excelled in biological and straw yields. PS1842754 also achieved the highest harvest index, showcasing its efficiency in resource allocation. These findings highlight the potential of specific lines to enhance yield and quality under optimal conditions.

The results emphasize the significant impact of genetic and environmental interactions on forage pea yield and quality. While genotypes like Emirbey and PS1842754 showcased superior performance in several traits, the variability among lines indicates the importance of selecting suitable genotypes for specific ecological conditions. The study also corroborates findings in existing literature, reflecting the influence of both genetic potential and cultivation techniques in maximizing the productivity of forage pea lines.

5. REFERENCES

- Ceyhan E, Avcı MA, Mcphee KE (2005). The determination of grain yield and some agronomical characters as winter cultivation of pea genotypes in Konya ecological conditions. *The University of Selcuk Journal of Faculty of Agriculture* 19 (37): 6-1.
- Ceyhan, E (2006). Genetic analysis of cold hardiness in peas (*Pisum sativum* L.). *Journal of Plant Sciences* 1 (2): 138-143.
- Ceyhan E, Avcı MA (2005). Combining ability and heterosis for grain yield and some yield components in pea (*Pisum sativum* L.). *Pakistan Journal of Biological Sciences* 8 (10):1447-1452.
- Ceyhan E., Karadaş S (2023). Forage pea pure pines: Winter hardiness, high seed and biological yield. *Selcuk Journal of Agriculture and Food Sciences*, 37 (3), 487–496.
- Erkovan Ş, İleri O, Erkovan H, Koç A (2020). Eskişehir ekolojisinde uygun ekim zamanı ve ekim sıklığının yem bezelyesinin yaş ot verimi ve bazı özelliklerine etkisi. *ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 8 (1), 225–232.
- Çaçan E, Kaplan M, Kökten K, Tutar H (2018) Bazı yem bezelyesi hat ve çeşitlerinin (*Pisum sativum* ssp. *arvense* L.) tohum verimi ve kes kalitesi açısından değerlendirilmesi. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 8 (2), 275-284
- Çakmakçı S, Çeçen S; Aydınoglu B (1999). Antalya’da sonbahar ekimlerinde bazı tek yıllık baklagil yem bitkilerinin tane ve kes verimleri yönünden ekim nöbetine girebilme olanakları. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 23, 679-684
- Geren H, Alan Ö (2012). Farklı ekim zamanlarının iki bezelye (*Pisum sativum* L.) çeşidinde ot verimi ve diğer bazı özellikler üzerine etkileri. *ANADOLU Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Dergisi* 22 (2): 37-47.
- Kadıoğlu S, Tan M (2018). Erzurum şartlarında bazı yem bezelyesi hat ve çeşitlerinin tohum verimleri ile bazı özelliklerinin belirlenmesi. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 49 (2): 143-149.
- Kavut YT, Çelen AE, Çıbık ŞE, Urtekin MA (2016). Ege Bölgesi koşullarında farklı sıra arası mesafelerinde yetiştirilen bazı yem bezelyesi (*Pisum arvense* L.) çeşitlerinin verim ve diğer bazı özellikleri üzerine bir araştırma. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi* 25 (Özel sayı-2): 225-229.
- Keskin B, Temel S, Eren B (2021). Effects on yield components and seed yield of some feed pea (*Pisum sativum* ssp. *arvense* L.) varieties at different sowing time. *KSÜ Tarım ve Doğa Dergisi* 24 (6): 1315-1326. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdogavi.870115>
- Konuk A, Tamkoç A (2018). Yem bezelyesinde kışlık ve yazlık ekimin bazı tarımsal özellikler üzerine etkisi. *Bahri Dağdaş Bitkisel Araştırma Dergisi*, 7 (1), 39-50.
- Küçük M, Ceyhan E (2023). Determination of chemical fertilizer and various organic fertilizers on some agricultural characteristics of green bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Selcuk Journal of Agriculture and Food Sciences* 36 (3): 501-506. <https://doi.org/10.15316/SJAFS.2022.065>
- Önder M, Ceyhan E (2001). Relations among seed yield and some morphological characteristics of pea cultivars sown in various sowing dates under Central Anatolian. *The University of Selcuk Journal of Faculty of Agriculture* 15 (25): 173-183.
- Savur O, Ceyhan E (2011). Determination of some agricultural characters of edible pea (*Pisum sativum* l.) lines developed by crossing method. *Selcuk Journal of Agriculture and Food Sciences* 25 (2): 17-23.

- Sayar M, Anlarsal A, Açıkgöz E, Başbağ M, Gül İ (2009) Diyarbakır koşullarında bazı yem bezelyesi (*Pisum arvense* L.) hatlarının verim ve verim unsurlarının belirlenmesi. *Türkiye 8. Tarla Bitkileri Kongresi*, Hatay, Türkiye. 1: 646-650.
- Tan M, Koc A, Dumlu Gul Z (2013). Morphological characteristics and seed yield of East Anatolian local forage pea (*Pisum sativum* ssp. *arvense* L.) ecotypes. *Turkish Journal of Field Crops* 17 (1): 24-30.
- Temel S, Keskin B, Çakmakçı S, Tosun R (2022). Determination of suitable forage pea varieties and winter sowing dates in terms of herbage yield and quality characteristics in Iğdır conditions. *KSÜ Tarım ve Doğa Dergisi* 25 (4): 745-756. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.870379>
- Timurağaoğlu K, Genç A, Altınok S (2004). Ankara koşullarında yem bezelyesi hatlarında yem ve tane verimleri. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 10 (4), 457-461.
- TTSM (2023). Baklagil Yem Bitkileri Tarımsal Değerleri Ölçme Denemeleri Teknik Talimatı. <https://www.tarimorman.gov.tr/BUGEM/TTSM/Belgeler/Duyuru%20Belgeleri/2019/%C3%A7ay%C4%B1r%20mera/baklagil%20yem%20bitkileri.pdf>, (Access date: 02.01.2023).
- Uzun A, Gün H, Açıkgöz E (2012). Farklı gelişme dönemlerinde biçilen bazı yem bezelyesi çeşitlerinin ot, tohum ve ham protein verimlerinin belirlenmesi. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 26(1): 27-38.
- Yerlikakaya D. (2022). Farklı ekim yöntemlerinin bazı yem bezelyesi (*Pisum Sativum* L.) çeşitlerinin tarımsal ve kalite özellikleri üzerine etkisi. Yüksek Lisans Tezi, *Bursa Uludağ Üniversitesi*, Bursa.

DRY BEAN CULTIVATION: AN ANALYSIS OF TURKIYE TRENDS

Lecturer, Serdar KARADAS (ORCID:0000-0001-8594-1288)

Selcuk University, Faculty of Agricultural, Department of Field Crops, Konya-Türkiye
Email:skaradas@selcuk.edu.tr

Prof. Dr., Ercan CEYHAN* (ORCID:0000-0002-9154-9984)

Selcuk University, Faculty of Agricultural, Department of Field Crops, Konya-Türkiye
Email:eceyhan@selcuk.edu.tr

Abstract

This study explores the current state of dry bean production and trade in Türkiye, highlighting its significance within the agricultural sector. Dry beans are a staple crop grown predominantly in the Central Anatolia Region, with notable contributions from provinces such as Niğde, Nevşehir, and Bitlis. Between 2018 and 2023, the area allocated for dry bean cultivation exhibited fluctuations, with increases recorded in some provinces and declines in others. Similarly, production trends mirrored these changes, reflecting the combined impact of agricultural policies, climatic conditions, and shifts in land-use priorities. Niğde, Nevşehir, and Bitlis have consistently demonstrated an upward trend in production volumes, solidifying their roles as critical contributors to the national supply. Conversely, provinces like Konya, Karaman, and Kayseri have experienced significant declines, raising concerns about sustainability in these regions. The observed disparities underline the need for region-specific strategies to address local challenges and leverage strengths. Türkiye's dry bean trade has shown remarkable growth, particularly in exports, where Iraq stands out as a primary market. Import data, however, indicate a reliance on neighboring countries, with quantities varying due to domestic production gaps and global price trends. These dynamic underscores the need for balanced trade policies to ensure market stability while supporting domestic production. Consumption analysis reveals that per capita consumption has remained relatively stable, but fluctuations in self-sufficiency ratios point to vulnerabilities in meeting internal demand. Addressing these issues requires a holistic approach involving improved agricultural practices, robust supply chain management, and responsive policymaking. The findings emphasize the importance of enhancing Türkiye's dry bean sector through sustainable practices, innovation, and strategic planning to maintain its economic and agricultural significance. Future efforts should mitigate production volatility, strengthen export capacities, and achieve greater self-sufficiency.

Keywords: Dry beans, Türkiye production, trade.

1. INTRODUCTION

Dry beans are a vital agricultural product and food source worldwide. Their rich protein, fiber, vitamin, and mineral content make them a nutritious staple food consumed in many cultures. Due to their high demand in both domestic and international markets, dry beans hold strategic importance in agricultural production and trade. Particularly in developing countries, dry bean farming contributes significantly to local economies and is a crucial livelihood source. Furthermore, the health benefits of dry beans and their long shelf life make them a critical factor in food security and nutrition. Given their impact on agriculture, food security, and economic development, dry beans are of substantial global importance (Ceyhan, 2006).

Türkiye has significant potential in legume production, and dry bean cultivation occupies a unique position in this sector. As agriculture is a strategic field in the country, dry bean cultivation areas, and production quantities have fluctuated over the years. Especially in the Central Anatolia Region, dry bean farming stands out as a leading production area. This study examines Türkiye's current status in dry bean production and foreign trade (Ceyhan, 2004).

There have been notable fluctuations in Türkiye's dry bean cultivation areas in recent years. Despite a general increase since 2018, certain provinces saw declines in 2021 and 2022. Conversely, provinces such as Niğde, Nevşehir, and Bitlis experienced consistent growth in cultivation areas, enhancing their importance in dry bean production. However, decreased cultivation areas in provinces like Konya, Karaman, and Kayseri have raised concerns (TÜİK, 2024).

Türkiye's dry bean production has also followed a fluctuating trend. While some provinces showed production increases, others experienced declines. Niğde, Nevşehir, and Bitlis have emerged as critical players with rising production volumes, whereas declining production in Konya is troubling. These variations can be attributed to agricultural policies, climate conditions, and the reallocation of agricultural lands to other crops.

Examining Türkiye's foreign trade of dry beans reveals significant volatility in export and import data. Iraq has become a crucial market for Türkiye's dry bean exports, alongside Lebanon and Syria, which are prominent among Middle Eastern markets. There have been irregular trends on the import side, particularly in purchases from neighboring countries.

In terms of consumption, Türkiye's per capita dry bean consumption rates remain relatively stable, though self-sufficiency levels have seen periodic changes. Despite production increases, losses, domestic demand, and foreign trade balances are the primary factors affecting sustainability in the sector. During increased imports, reduced stocks, and insufficient local production have been observed.

Dry beans are essential for Türkiye's agricultural production and foreign trade. As a product with high domestic consumption and significant international demand, dry beans are critical for imports and exports. While imports help meet domestic demand and offer consumers a variety of dry bean types, exports contribute substantially to Türkiye's agricultural export revenues. Exports to countries, particularly in the Middle East, boost Türkiye's agricultural economy and bring in foreign currency, benefiting the national economy. Thus, dry beans' role in domestic and international trade is strategically significant.

This study highlights the importance of developing strategies for the future of dry bean production and trade in Türkiye. Climate change, agricultural policies, and market dynamics will be critical factors in the dry bean sector decision-making. Specifically, supporting domestic production and implementing balanced foreign trade policies are essential for sustainability.

2. DRY BEAN CULTIVATION AREAS IN TÜRKİYE

Among legumes, dry beans rank after chickpeas and lentils in terms of cultivation area in Türkiye. Türkiye's dry bean cultivation areas have shown variability from 2018 to 2023. From 2018 to 2020, a general increase was observed in dry bean cultivation areas. However, some provinces experienced declines in 2021 and 2022 (Table 1).

As of 2023, Niğde accounts for approximately 15,000 hectares, representing 17.0% of Türkiye's total dry bean cultivation area of 88,400 hectares, making it the leading province. Nevşehir follows with 12,000 hectares (13.4%), Bitlis with 10,000 hectares (11.0%), and Konya with 9,000 hectares (10.3%) (Table 1). Together, these four provinces constitute 51.7% of Türkiye's dry bean cultivation area (Graph 1).

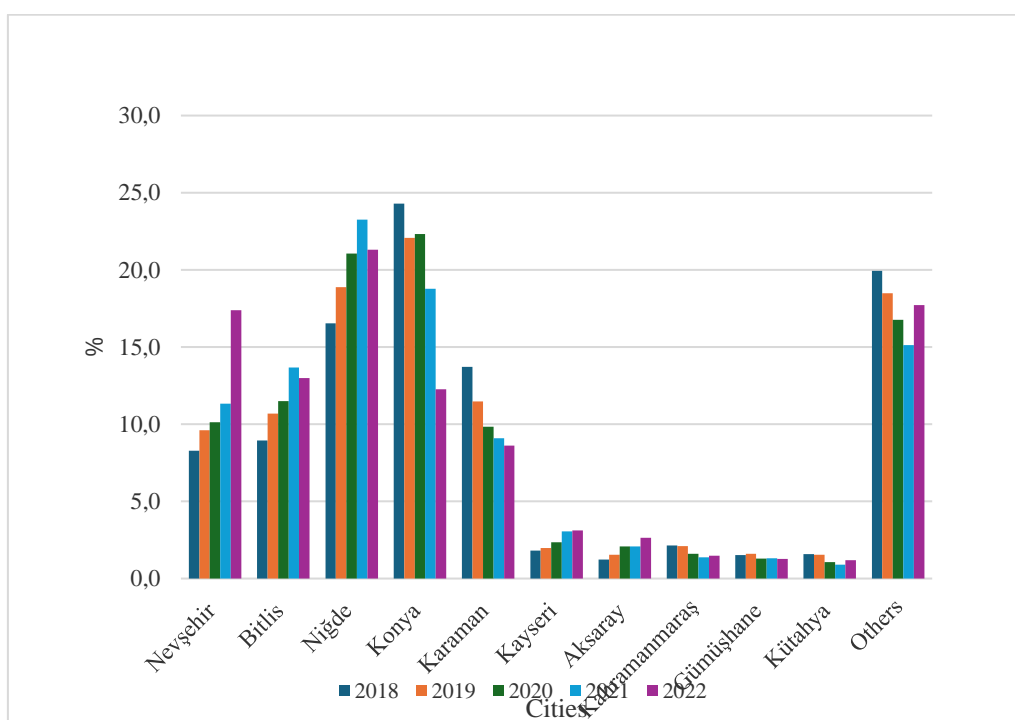
Significant increases in dry bean cultivation areas have been observed in provinces such as Niğde, Nevşehir, and Bitlis. For instance, Niğde's cultivation areas have steadily grown from 2018 to 2023, with only a slight decrease in 2021 and 2022, underlining its importance and potential in dry bean production. Similarly, Nevşehir and Bitlis have shown growth trends, with Nevşehir recording notable increases in 2019 and 2020. However, these provinces experienced slight declines in 2022 and 2023 (Table 1).

Table 1. Dry Bean Cultivation Areas in Türkiye (ha)

Cities	Years					
	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Niğde	10.349	12.458	17.075	19.095	17.307	15.056
Nevşehir	6.872	7.326	9.225	10.309	13.554	11.866
Bitlis	6.262	8.835	10.474	12.698	11.229	9.723
Konya	14.811	14.833	18.590	17.399	9.928	9.077
Karaman	10.135	8.958	8.463	8.692	6.749	5.475
Kayseri	1.562	1.725	2.410	3.590	2.980	3.338
Aksaray	993	1.280	1.776	2.176	2.298	2.490
Kahramanmaraş	2.287	2.259	2.142	1.996	1.846	1.804
Gümüşhane	1.714	1.899	1.665	1.770	1.617	1.799
Kütahya	2.045	2.127	1.844	1.820	1.823	1.423
Others	27.775	27.239	29.322	28.251	27.721	26.406
Total	84.805	88.939	102.986	107.796	97.052	88.457

(TÜİK, 2024)

In Konya, dry bean cultivation areas declined from 2019 to 2022 (Table 1). This trend may have been influenced by agricultural policies, climate conditions, farmers shifting to other crops, or other factors during the relevant years.



Graph 3. Distribution of Dry Bean Cultivation Areas in Türkiye by Province (%)

Similarly, decreases in dry bean cultivation areas were noted in provinces such as Karaman, Kayseri, Aksaray, Kahramanmaraş, Gümüşhane, and Kütahya (Table 1). These declines are likely due to factors such as the reallocation of agricultural lands to other crops or structural changes in agriculture.

Dry bean cultivation in Türkiye is predominantly concentrated in the Central Anatolia Region (Table 1). Although there was an overall increase in dry bean cultivation areas across Türkiye from 2018 to 2023, a downward trend has been observed over the past two years. This may reflect the effects of fluctuations in dry bean production and agricultural policies.

3. DRY BEAN PRODUCTION IN TÜRKİYE

Dry bean production volumes in Türkiye have shown variability over time. As of 2023, Niğde ranks first in dry bean production, accounting for approximately 42,000 tons (17.6%) of Türkiye's total dry bean production of 240,000 tons. Bitlis follows with 35,000 tons (14.6%), Nevşehir with 34,000 tons (14.1%), and Konya with 32,000 tons (13.2%) (Table 2). These four provinces contribute 59.5% of Türkiye's total dry bean production (Graph 2).

Provinces like Nevşehir, Bitlis, and Niğde are key production centers for dry beans in Türkiye. Notably, Nevşehir has experienced a significant increase in production volumes from 2018 to 2023. Similarly, Bitlis and Niğde have also shown production growth, highlighting their importance and potential in dry bean production (Table 2).

In contrast, provinces such as Konya, Karaman, and Kayseri have seen declines in dry bean production after 2020. Konya, in particular, has experienced a notable decrease (Table 2). Agricultural policies, climate conditions, or other factors likely influence these declines.

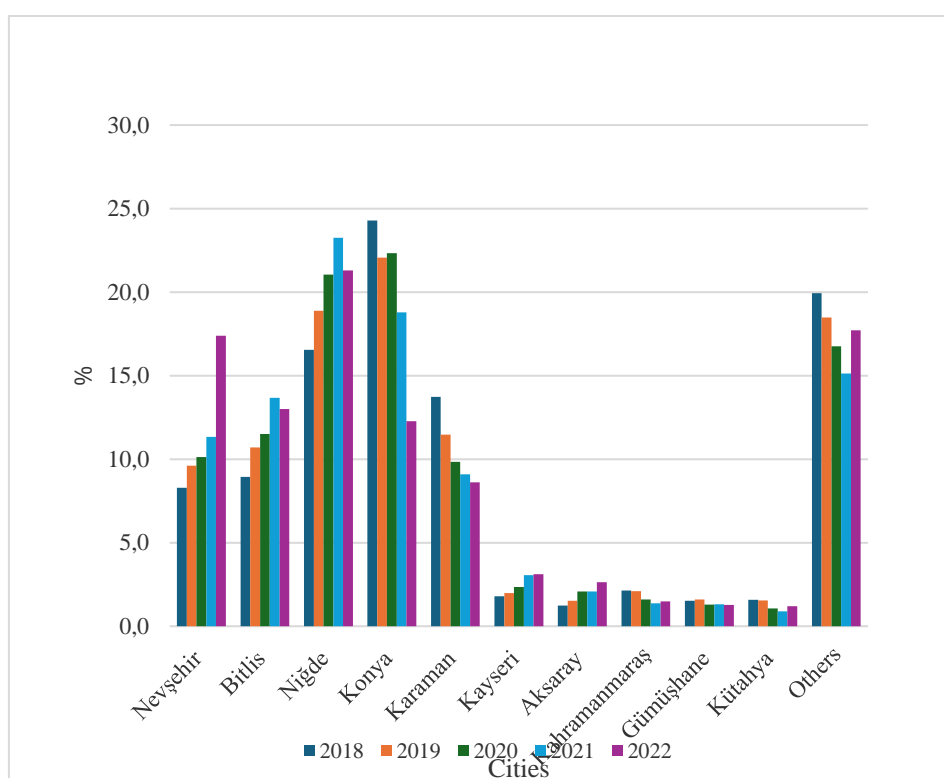
Table 2. Dry Bean Production in Türkiye (tons)

Cities	Years					
	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Neşehir	18.232	21.637	28.303	34.589	46.930	42.205
Bitlis	19.685	24.071	32.143	41.703	35.085	34.971
Niğde	36.398	42.503	58.835	70.905	57.505	33.855
Konya	53.439	49.664	62.408	57.285	33.128	31.743
Karaman	30.193	25.826	27.518	27.724	23.278	17.735
Kayseri	3.965	4.455	6.551	9.343	8.418	11.574
Aksaray	2.709	3.449	5.811	6.337	7.142	8.200
Kahramanmaraş	4.695	4.736	4.482	4.206	4.019	4.293
Gümüşhane	3.348	3.601	3.635	4.023	3.441	3.794
Kütahya	3.477	3.460	2.984	2.751	3.230	2.458
Others	43.859	41.598	46.848	46.134	47.824	49.172
Total	220.000	225.000	279.518	305.000	270.000	240.000

(TÜİK, 2024)

In provinces such as Aksaray, Kahramanmaraş, Gümüşhane, and Kütahya, fluctuations in dry bean production volumes have been observed. While some provinces experienced increases, others saw declines (Table 9).

Overall, dry bean production in Türkiye increased from 2018 to 2023, but a downward trend has been evident in the past two years. This reflects the impact of fluctuations in production and agricultural policies. Additionally, these data are crucial for shaping agricultural policies and managing the agricultural sector.



Graph 4. Distribution of Dry Bean Production in Türkiye by Province (%)

4. DRY BEAN YIELD IN TÜRKIYE

According to Table 3, provinces such as Bitlis, Nevşehir, and Konya generally have high productivity levels. Notably, Bitlis and Nevşehir showed an increasing trend in yield up to 2023, while Konya's productivity levels have remained relatively stable.

Table 3. Dry Bean Yield in Türkiye (kg da⁻¹)

Cities	Years					
	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Bitlis	314	272	307	328	312	360
Nevşehir	265	295	307	336	346	356
Konya	361	335	336	329	334	350
Kayseri	254	258	272	260	283	347
Aksaray	273	269	327	291	311	329
Karaman	298	288	325	319	345	324
Kahramanmaraş	205	210	209	211	218	238
Niğde	352	341	345	371	332	225
Gümüşhane	195	190	218	227	213	211
Kütahya	170	163	162	151	177	173
Türkiye Mean	259	253	271	283	278	271

(TÜİK, 2024)

Provinces like Kayseri, Aksaray, and Karaman typically have moderate productivity levels. While their yield levels fluctuate slightly yearly, they generally follow a stable trend (Table 3). In contrast, provinces such as Kahramanmaraş, Niğde, Gümüşhane, and Kütahya exhibit lower productivity levels for dry beans. Although yield levels in these provinces vary yearly, they generally remain at lower levels (Table 3).

From 2018 to 2023, dry bean yields in Türkiye varied. Some provinces experienced increases or decreases, while others maintained stable trends. This variability highlights the influence of climate conditions, agricultural techniques, and soil quality on dry bean productivity.

5. DRY BEAN EXPORTS IN TÜRKIYE

Türkiye's dry bean exports have grown significantly over the years, with a notable increase during the 2020/21 and 2021/22 periods. During this time, exports more than doubled compared to previous years. Iraq emerged as a critical market for Türkiye's dry bean exports during this period. Exports to Iraq nearly tripled compared to 2020/21, reaching 90,936 tons, making Iraq the largest market for Türkiye's dry beans (Table 4).

Middle Eastern countries such as Syria and Lebanon have also gained importance in Türkiye's dry bean exports. Notably, exports to Syria increased significantly during the 2018/19 and 2019/20 periods. However, a decline was observed in 2020/21, followed by a rebound in 2021/22. Similarly, exports to Lebanon have steadily increased, albeit at lower volumes (Table 4).

Table 4. Countries Importing Dry Beans from Türkiye (tons)

Countries	Years				
	2017/18	2018/19	2019/20	2020/21	2021/22
Iraq	23.873	32.363	29.812	28.734	90.936
Lebanon	3.057	2.203	2.683	2.643	4.214
Syria	2.833	7.664	15.293	2.425	3.989
Germany	2.822	2.712	4.211	3.735	3.389
Kosovo	369	234	167	221	3.165
Bulgaria	100	8	988	933	2.471
Greece	739	1.034	2.554	1.124	2.323
India	361	4.377	2.473	3.277	2.236
Algeria	1.574	138	1.623	1.636	1.961
Romania	47	0	252	483	1.570
Others	17.510	40.041	42.013	14.316	12.238
Total	53.285	90.774	102.069	59.527	128.492

(TÜİK, 2024)

Türkiye's trade with its European neighbors, including Bulgaria, Greece, and Romania, has also increased. The growth in trade with Bulgaria is particularly notable (Table 11). This diversity and growth in Türkiye's dry bean exports highlight the country's agricultural and foreign trade potential.

6. DRY BEAN IMPORTS IN TÜRKIYE

Türkiye's dry bean imports have shown significant variability over the years, with Argentina consistently dominating as the primary supplier. Import volumes from Argentina have fluctuated, peaking at 46,062 tons in 2019/20, dropping to 23,004 tons in 2020/21, and rising again to 35,282 tons in 2021/22. Egypt has emerged as a key player, with a dramatic increase in exports to Türkiye, rising from 2,665 tons in 2020/21 to 16,601 tons in 2021/22, indicating its growing importance. Kyrgyzstan, another major supplier, has seen a steady decline in export volumes, from 31,008 tons in 2018/19 to 13,163 tons in 2021/22. Similarly, imports from Canada and Russia have significantly decreased over the years, with Canada falling from 13,532 tons in 2017/18 to 6,563 tons in 2021/22, and Russia dropping sharply from 7,192 tons in 2018/19 to just 876 tons in 2021/22 (Table 5).

Emerging suppliers such as Egypt and Ethiopia have gained prominence, while others like Uzbekistan and the USA have seen notable declines. Smaller suppliers like Peru and China contribute relatively lower volumes, but their export patterns are variable. The "Others" category reflects a declining trend, suggesting a consolidation of imports among larger suppliers. Total import volumes have also been volatile, peaking at 122,449 tons in 2019/20 before dropping to 65,189 tons in 2020/21 and increasing again to 75,616 tons in 2021/22. These fluctuations likely reflect changes in domestic production, demand, and international trade dynamics (Table 5).

Table 5. Countries Exporting Dry Beans to Türkiye (tons)

Countries	Years				
	2017/18	2018/19	2019/20	2020/21	2021/22
Argentina	31.096	19.231	46.062	23.004	35.282
Egypt	3.917	4.365	5.002	2.665	16.601
Kirgizia	20.987	31.008	18.121	15.976	13.163
Canada	13.532	6.656	12.683	8.914	6.563
Russia	4.984	7.192	6.496	2.272	876
USA	23	215	1.168	835	853
Uzbeki	4.367	27.618	22.451	7.407	821
Ethiopia	188	940	1.029	1310	678
Peru	47	408	1.728	282	306
China	782	49	0	86	182
Others	8.528	8.892	7.709	2.438	291
Total	88.451	106.574	122.449	65.189	75.616

(TÜİK, 2024)

This data highlights the need for strategic diversification of suppliers and strengthened trade partnerships, particularly with emerging markets like Egypt and Ethiopia, to ensure stable and reliable sources of dry beans. Such insights are crucial for policymakers and stakeholders in agriculture and trade to address supply trends and adapt strategies effectively.

7. DRY BEAN CONSUMPTION IN TÜRKIYE

Türkiye's dry bean balance, including production, consumption, exports, imports, and stock data over five years, is presented in Table 6. According to the data, dry bean production in Türkiye has steadily increased, rising from 220,000 tons in 2018/19 to 270,000 tons in 2022/23. However, product losses have also increased despite this production growth, affecting the net quantity available.

Since the 2019/20 season, the balance between Türkiye's dry bean supply and usage has become unstable. During the 2020/21 and 2021/22 seasons, supply exceeded usage, leading to increased imports. During this period, stock levels declined, indicating that imports were necessary to meet domestic demand (Table 6).

Finally, examining dry bean consumption and self-sufficiency data reveals that consumption has remained relatively stable while self-sufficiency levels have fluctuated. Notably, the self-sufficiency rate reached 106.7% in the 2021/22 season, encouraging exports. However, the self-sufficiency rate declined in the 2022/23 season, and export volumes decreased accordingly (Table 6).

Table 6. Dry Bean Balance in Türkiye

	Years				
	2018/19	2019/20	2020/21	2021/22	2022/23
Production (tons)	220.000	225.000	279.518	305.000	270.000
Product Losses (tons)	2.420	2.475	3.075	3.355	2.970
Supply = Usage (tons)	335.501	250.757	351.531	389.531	393.037
Usable Production (tons)	217.580	222.525	276.443	301.645	267.030
Imports (tons)	117.921	28.232	75.088	87.886	126.007
Domestic Use (tons)	301.856	292.900	300.365	282.706	292.005
Human Consumption (tons)	284.981	275.794	281.528	264.859	275.000
Seed Use (tons)	9.329	9.783	11.328	10.780	9.705
Losses (tons)	7.546	7.323	7.509	7.068	7.300
Exports (tons)	103 129	10.064	73.934	149.771	105.654
Stock (tons)	-69.484	-52.207	-22.768	-42.946	-4.622
Consumption Per Person (kg)	3,5	3,3	3,4	3,1	3,2
Self-Sufficiency (%)	72,1	76,0	92,0	106,7	91,4

(TÜİK, 2024)

In conclusion, the dry bean sector in Türkiye has a complex structure with unbalanced supply and demand, fluctuations in the degree of sufficiency, and the impact of foreign trade despite the increase in production. This situation shows that stakeholders in the sector need to be carefully managed, and future policy decisions must be balanced.

8. REFERENCES

- Ceyhan E. (2004). Effect of Sowing dates on some yield components and yield of dry bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars, *Turkish Journal of Field Crops*, 9 (2), 87-95.
- Ceyhan E. (2006). Variations in grain properties of dry bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *International Journal of Agricultural Research*, 1 (2), 116-121.
- TÜİK (2024). *Türkiye İstatistik Kurumu*,
<https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=Tarim-111>

DRY BEANS: WORLD PRODUCTION AND SITUATION

Lecturer, Serdar KARADAS (ORCID:0000-0001-8594-1288)

Selcuk University, Faculty of Agricultural, Department of Field Crops, Konya-Türkiye
Email:skaradas@selcuk.edu.tr

Prof. Dr., Ercan CEYHAN* (ORCID:0000-0002-9154-9984)

Selcuk University, Faculty of Agricultural, Department of Field Crops, Konya-Türkiye
Email:eceyhan@selcuk.edu.tr

Abstract

Dry beans are among the most widely cultivated and consumed legumes globally, playing a crucial role in food security and rural economic development, particularly in developing countries. As a cost-effective and protein-rich food source, they are a staple in many diets and hold significant cultural importance in traditional cuisines worldwide. Beyond their nutritional value, dry beans are a vital commodity in international agricultural trade, reflecting their economic and strategic significance. According to FAO data, global dry bean cultivation covered 36.9 million hectares in 2018, which declined by 6.8% to 34.4 million hectares in 2019. However, a gradual recovery followed, reaching 36.8 million hectares by 2022, with India consistently leading in cultivation area and production. Other significant producers include Myanmar, Brazil, and Tanzania, while countries like Kenya and Mexico have experienced notable declines in cultivation. Despite these fluctuations, global dry bean production exhibited a mixed trend, peaking at 28.8 million tons in 2020 but slightly decreasing to 28.3 million tons by 2022. India maintained its dominance with 6.6 million tons of production in 2022, followed by Myanmar and Brazil. The export and import dynamics of dry beans further highlight the complexities of global trade. Significant exporters, including Argentina, the United States, and Canada, saw variable export volumes during this period, impacted by climate challenges, policy changes, and shifting global demand. Conversely, importers like China and India showed significant growth in demand, with China's imports rising sharply from 140,000 tons in 2018 to 764,000 tons in 2022. Despite its limited production, Turkey has consistently performed in exports and imports, showcasing the potential for growth with strategic policies. This study examines global dry bean production, cultivation, trade, and productivity trends, focusing on key players such as India, Brazil, and Myanmar, while evaluating Turkey's role in the global context. The findings emphasize the critical role of dry beans in addressing global nutritional needs and economic development, identifying opportunities for sustainable production and trade amidst emerging challenges.

Keywords: Dry beans, production, trade.

1. INTRODUCTION

Beans are a globally significant agricultural product that is strategically important economically and nutritionally. Due to their high protein content, affordability, and broad consumer appeal, beans are a staple food in many developing countries. They play a critical role in addressing the nutritional needs of rural populations and providing livelihoods for those reliant on the agricultural sector. Furthermore, beans are a vital component of traditional culinary cultures in many regions, serving as a key ingredient in local cuisines worldwide (Ceyhan, 2004;2006; Ceyhan et al. 2014).

As one of the most widely produced legume crops globally, beans also command a substantial share of international trade. FAO data shows recent fluctuations in bean production, cultivation areas, productivity levels, and trade volumes. Asia, the Americas, and Africa stand out as critical regions for bean production, with India, Brazil, and Myanmar leading in global output. These countries, equipped with extensive agricultural lands and high production capacities, play a pivotal role in shaping the international market. However, climate change, shifts in agricultural policies, technological advancements, and the balance of global supply and demand have led to periodic changes in bean production and trade dynamics (FAO, 2024a).

An analysis of global cultivation areas and production volumes reveals that while some countries have steadily increased their bean production, others have experienced declines. For instance, India has maintained its production leadership and expanded its cultivation areas. Brazil, Myanmar, and Tanzania have demonstrated consistent production performance, whereas Kenya and Mexico have seen both cultivation and output declines. Although Turkey has a relatively small share in global bean production, it remains notable for its domestic consumption and export potential (FAO, 2024a).

Regarding international trade, fluctuations in bean exports and imports highlight the dynamic nature of the global market. Despite declines in trade volumes during the pandemic years of 2020 and 2021, the market began to recover in 2022. The increasing demand from China and India is particularly noteworthy among importing countries, while major exporters such as Argentina, the United States, and Canada continue to play significant roles. With its growing export potential, Turkey has also shown resilience in bean trade, although its import trends reflect the impacts of changing agricultural and trade policies (FAO, 2024b).

This paper leverages comprehensive FAO data to analyze the current state of global bean production, trade, and productivity levels. It examines the performance of leading countries and Turkey's position and potential in this sector. Based on the findings, the paper identifies critical opportunities and challenges for the future of bean production and trade, offering more profound insights into the role of this strategic crop in the global agricultural system.

2. World Dry Bean Production

2.1. Dry Bean Cultivation Areas

Among pulses, dry beans are the most widely produced legume type globally. While dry bean production is spread worldwide, it is predominantly concentrated in Asia and the Americas. FAO data shows dry bean cultivation areas covered 36.9 million hectares in 2018 but decreased

by 6.8% to 34.4 million in 2019. From 2019 onward, global dry bean cultivation areas have slightly increased, reaching 36.8 million hectares in 2022, representing a 6.7% increase compared to 2019 (Table 1). India has maintained the largest cultivation area for dry beans during this period and continues to expand its planting areas. Myanmar and Brazil are also notable for their extensive cultivation areas, although Brazil has experienced a slight decrease. Countries like Mexico and Kenya have shown reductions in their cultivation areas. Conversely, Tanzania and Burundi have reported increases, while Uganda's cultivation areas have fluctuated. China's cultivation areas have remained relatively stable. Overall, global dry bean cultivation areas have slightly increased from 2018 to 2022. However, this growth has been limited due to the balance between decreases in some countries and increases in others (Table 1). In 2022, India accounted for 43.1% of the global dry bean cultivation areas, followed by Myanmar with 7.8% and Brazil with 7.1%. The top ten countries collectively represented 75.7% of the total world cultivation areas, while the remaining countries accounted for only 24.3% of the dry bean cultivation areas. Turkey ranked 39th, contributing just 0.3% to the world's cultivation areas (Figure 1).

Table 1. World Dry Bean Cultivation Areas (1000 hectares)

Countries	Years				
	2018	2019	2020	2021	2022
India	14.877	12.675	13.007	14.703	15.853
Myanmar	2.918	3.248	3.349	2.870	2.861
Brazil	2.838	2.608	2.687	2.614	2.608
Mexico	1.596	1.207	1.567	1.670	1.453
Kenya	1.177	1.189	1.148	1.172	1.043
Tanzania	897	894	943	1.027	1.004
Burundi	599	973	746	820	859
China	763	767	742	741	734
Uganda	544	257	454	804	731
Angola	812	897	915	699	701
Others	9.960	9.735	9.986	9.403	8.946
World	36.981	34.450	35.544	36.523	36.793

(FAO, 2024a)

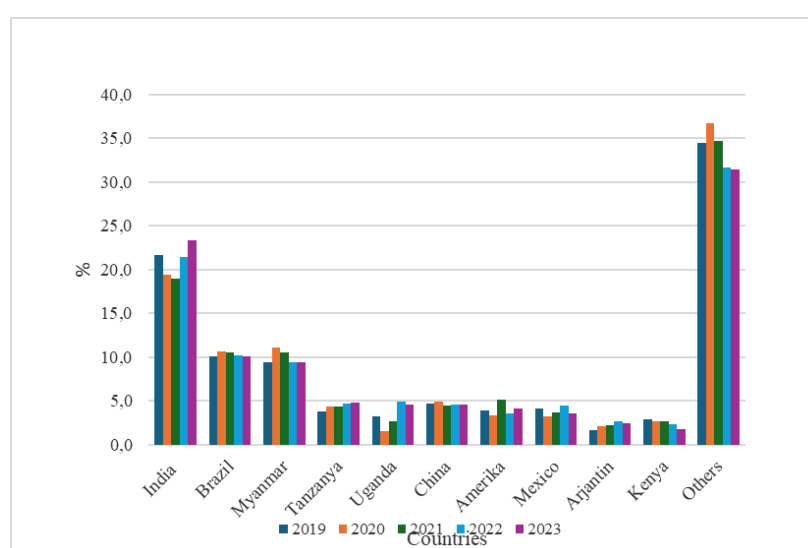


Figure 1. Distribution of World Dry Bean Cultivation Areas by Country (%)

2.2. Dry Bean Production

Dry beans are produced in many countries due to their affordability as a protein source, their role in meeting nutritional needs in developing countries, supporting the livelihood of rural populations, their importance in the traditional cuisines of Latin American countries, and their relevance in international trade. Global dry bean production, which was 28.7 million tons in 2018, decreased by 4.7% to 27.4 million tons in 2019. In 2020, production rebounded to 28.8 million tons, marking a 5.1% increase compared to 2019. However, production declined over the next two years, amounting to 28.3 million tons in 2022.

India has remained the global leader in dry bean production, with an upward production trend from 2018 to 2022. Brazil, Myanmar, and Tanzania are also among the leading producers of dry beans. While Brazil's production has generally been stable, it has shown a slight downward trend. Myanmar's production fluctuated between 2018 and 2022 but has increased overall. Tanzania's production also followed an upward trend. Uganda experienced a sharp decline in production from 2018 to 2019 but appeared to recover in subsequent years. China's production has remained relatively stable, whereas production in the United States and Mexico has been inconsistent. Argentina showed an increasing trend in production from 2018 to 2022, though it experienced a slight decline in recent years. On the other hand, Kenya's production appeared to decrease over time.

The production in countries classified under the "Other" category generally declined, contributing to an overall reduction in global production. This indicates that decreases in production in certain countries have been reflected in the total worldwide dry bean production. As of 2022, India ranked first in global dry bean production with 6.6 million tons, followed by Myanmar with 2.8 million tons, and Brazil with approximately 2.7 million tons (Table 2). Turkey, with a production of 280,000 tons, ranked 19th.

Table 2. World Dry Bean Production by Country (1000 tons)

Countries	Years				
	2018	2019	2020	2021	2022
India	6.220	5.310	5.460	6.120	6.610
Brazil	2.916	2.908	3.035	2.901	2.843
Myanmar	2.721	3.030	3.053	2.694	2.663
Tanzania	1.097	1.197	1.268	1.337	1.348
Uganda	940	437	786	1.415	1.305
China	1.338	1.335	1.294	1.299	1.296
Amerika	1.108	932	1.495	1.025	1.173
Mexico	1.196	879	1.056	1.289	1.003
Arjantin	473	579	634	759	680
Kenya	837	747	774	666	513
Others	9.928	10.075	9.985	9.033	8.912
World	28.774	27.429	28.840	28.538	28.346

(FAO, 2024a)

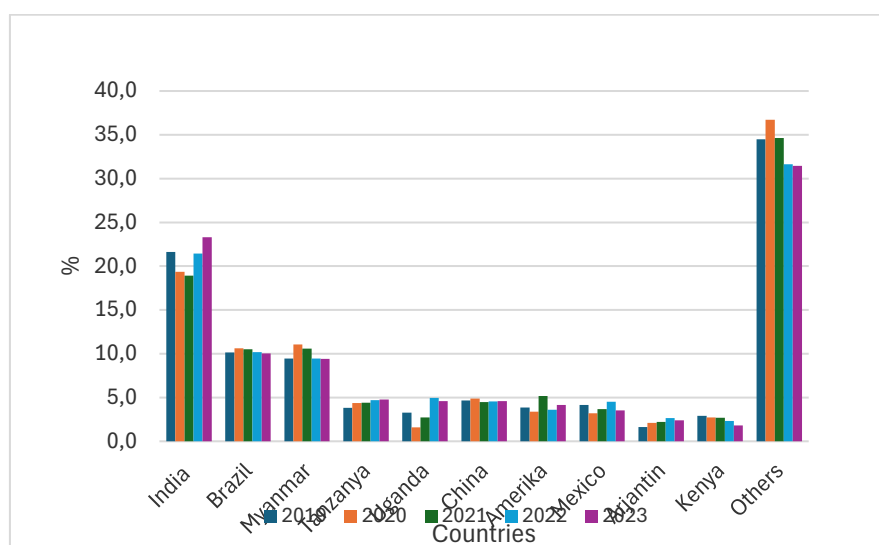


Figure 2. Distribution of World Dry Bean Production by Country (%)

In 2022, India led global dry bean production, accounting for 23.3% of the total global output. Over the past five years, the key contributors to global dry bean production have been India (23.3%), Brazil (10.0%), and Myanmar (9.4%) (Figure 2). The top ten dry bean-producing countries collectively accounted for 68.6% of the world's total production.

2.3. Dry Bean Yields

Overall, in the past five years, the yield of dry beans in the United States has fluctuated but increased between 2018 and 2022. Similarly, countries such as Uganda, China, and Tanzania have also seen slight increases in their dry bean yields. Argentina's yield peaked in 2019 but declined in subsequent years. Likewise, Brazil's yield has shown a downward trend. Myanmar and Mexico's yields have remained relatively stable, while Kenya's yield significantly decreased from 2018 to 2022. India's yield has generally remained low and almost unchanged over the years.

The average dry bean yield was 758 kg/ha in 2018 and increased to 771 kg/ha in 2022, reflecting an upward trend in global dry bean production yields (Table 3).

Table 3. World Dry Bean Yields (kg/ha)

Countries	Years				
	2018	2019	2020	2021	2022
USA	2.377	1.976	2.200	1.926	2.387
Uganda	1.730	1.703	1.733	1.759	1.785
China	1.772	1.739	1.743	1.754	1.765
Tanzania	1.223	1.340	1.342	1.301	1.343
Arjantin	1.137	1.378	1.298	1.450	1.269
Brasilia	1.027	1.115	1.129	1.109	1.090
Myanmar	932	933	931	938	931
Mexico	749	728	673	772	689
Kenya	711	628	674	568	492
India	413	414	415	416	417
World	758	775	792	782	771

(FAO, 2024a)

3. World Dry Bean Trade

3.1. Exports

Dry bean export volumes have shown fluctuations between 2018 and 2022. Notably, exports declined during 2020 and 2021, likely due to the impact of the COVID-19 pandemic, but showed signs of recovery in 2022. During this period, significant decreases in export volumes were observed among major dry bean-producing countries such as Argentina, the United States, and Canada. Argentina's exports, for instance, dropped from 457,000 tons in 2018 to 350,000 tons in 2022. Similarly, the United States and Canada also experienced reductions in their export volumes (Table 4). These declines could include climate change, changes in agricultural policies, and fluctuations in global supply and demand dynamics.

On the other hand, increases in dry bean export volumes were notable for countries such as Egypt, China, and Turkey. The significant rise in exports from Egypt and China in 2022 reflects their growing competitiveness in the dry bean market. Turkey also demonstrated stable performance with an export volume of 91,000 tons in 2022, showcasing its sustained role as a critical player in dry bean exports (Table 4).

Overall, while global dry bean export volumes increased in 2022, this growth did not fully offset previous years' declines. This indicates ongoing uncertainties and volatility in the dry bean export sector.

Table 4. World Dry Bean Export Volumes (1000 tons)

Countries	Years				
	2018	2019	2020	2021	2022
Argentina	424	411	423	457	350
USA	438	452	445	421	347
Canada	347	343	382	375	322
Egypt	116	105	134	171	213
China	390	352	304	180	152
Türkiye	21	118	96	117	91
Nicaragua	78	75	97	81	91
Brazil	117	123	143	154	90
India	24	28	44	87	55
Mexico	51	44	48	40	48
Others	2.372	2.352	2.432	2.186	2.793
World	4.378	4.403	4.548	4.269	4.552

(FAO, 2024b)

3.2. Dry Bean Export Values

Fluctuations were observed in global dry bean export values between 2018 and 2022. During 2020 and 2021, the effects of the COVID-19 pandemic appeared to cause declines, but a recovery was noted in 2022. During this period, major dry bean-exporting countries such as the United States, Canada, China, and Argentina experienced variations in their export values. For example, the export value of the United States generally decreased from 2019 to 2022, though it saw a slight increase in 2022. Similarly, Canada's export value rose in 2020 and 2021 but declined in 2022 (Table 5). These changes can be attributed to factors such as international trade policies, currency fluctuations, and shifts in supply-demand dynamics.

On the other hand, increases in export values were notable for countries such as Turkey, Egypt, and Nicaragua. Turkey's export value mainly saw significant growth in 2021, reflecting the enhanced competitiveness of these countries in the dry bean market. Conversely, countries such as Brazil and India experienced decreased export values (Table 5), likely due to specific domestic and external factors impacting their export revenues.

Table 5. World Dry Bean Export Values (1000 USD)

Countries	Years				
	2018	2019	2020	2021	2022
USA	388.893	393.715	413.191	428.338	400.861
Canada	306.321	306.024	375.082	378.681	348.893
China	515.233	464.666	426.838	326.228	299.169
Arjantin	316.993	359.917	365.613	380.337	289.495
Mısır	119.734	78.854	115.130	149.990	181.191
Nikaragua	80.424	76.011	114.015	88.180	114.160
Türkiye	25.272	115.942	111.880	135.152	105.210
Brasilia	72.043	89.451	123.049	153.344	82.482
India	24.564	30.861	53.443	87.042	63.133
Mexico	49.856	49.859	66.152	57.323	59.623
Others	1.581.717	1.704.558	2.158.814	2.427.398	2.839.384
World	3.481.050	3.669.858	4.323.207	4.612.013	4.783.601

(FAO, 2024b)

Overall, while global dry bean export values increased in 2022, this did not fully compensate for the declines observed in previous years. This reflects ongoing uncertainties and volatility in the dry bean trade sector.

3.3. Imports

Significant changes were observed in global dry bean import volumes between 2018 and 2022. Notably, substantial increases in demand were seen from major importing countries such as China and India. China's import volume grew rapidly, rising from 140,000 tons in 2018 to 764,000 tons in 2022. Similarly, India's imports increased during the same period, though a slight decline was noted in 2022 (Table 6). These increases may be attributed to population growth, changing consumer preferences, and local production shortages in these countries.

On the other hand, Turkey's dry bean import volumes fluctuated during this period. A significant increase was observed in 2019, and while there were variations in subsequent years, imports rose again in 2022 (Table 6). These fluctuations can be linked to changes in domestic demand, shifts in agricultural policies, and currency fluctuations. Such variability in Turkey's import volumes can affect the competitiveness of local producers, trade balance, and the effectiveness of agricultural policies.

Although there was a slight decline in global dry bean import volumes in 2022, the general trend has been upward. This underscores the importance of the international dry bean trade and reflects the complexity of trade relationships between countries.

**ISPEC 16th INTERNATIONAL CONFERENCE ON AGRICULTURE, ANIMAL
SCIENCE & RURAL DEVELOPMENT
November 15-17, 2024 / Konya, Türkiye**

Table 6. World Dry Bean Import Volumes (1000 tons)

Countries	Years				
	2018	2019	2020	2021	2022
China	140	172	263	379	764
India	608	521	510	867	745
USA	146	140	209	192	199
Pakistan	100	104	169	118	135
Italy	136	132	144	137	125
UK	110	117	124	115	117
Türkiye	39	145	115	69	108
Mexico	166	123	144	175	83
Brasilia	81	151	114	83	76
Iraq	35	71	58	111	74
Others	2.160	1.873	2.128	2.729	2.191
World	3.721	3.549	3.978	4.975	4.617

(FAO, 2024a)

Dry bean import values significantly changed between 2018 and 2022. Notably, major importing countries such as China and India experienced substantial increases in their import values. China's import value rose sharply from 117,998 thousand USD in 2018 to 706,824 thousand USD in 2022. Similarly, India also saw a significant increase in its import value during this period (Table 7). These increases can be attributed to population growth, shifting consumer preferences, and insufficient local production in these countries. Turkey's dry bean import value also showed a significant rise during the same period. Notable increases were observed in 2019 and 2020, although a decline occurred in 2022 (Table 7). These changes may stem from fluctuations in domestic supply-demand balances, exchange rate volatility, and shifts in trade policies. The variability in Turkey's import values can influence the country's trade policies, the competitiveness of its agricultural sector, and the economic impact of imports. Overall, while there was a decline in global dry bean import values in 2022, the general trend remains upward. This reflects the importance of the international dry bean trade and the complexity of trade relationships between countries. The variability in import values is driven by a combination of factors, including global trade policies, consumer preferences, and changes in supply-demand dynamics.

Table 7. World Dry Bean Import Values (1000 USD)

Countries	Years				
	2018	2019	2020	2021	2022
China	117.998	142.985	238.437	370.033	706.824
India	382.366	377.189	440.904	824.754	692.531
USA	160.877	153.146	260.343	254.336	278.288
Italy	153.942	146.015	173.205	170.064	169.848
UK	108665	115.438	130.764	122.731	126.272
Türkiye	4.242	134.214	120.362	77.469	118.095
Mexico	139.158	104.906	134.594	175.379	107.878
Pakistan	69.357	70.524	132.813	93.410	95.309
Canada	77.234	84.497	88.374	83.618	87.402
Iraq	39.961	72.694	64.920	129.411	82.857
Others	1.952.186	1.908.799	2.299.539	2.420.517	1.895.402
World	3.205.986	3.310.407	4.084.255	4.721.722	4.360.706

(FAO, 2024a)

4. CONCLUSION

Beans stand out as a product of strategic importance globally in terms of nutrition and economics. Over the past five years, while there has been a general upward trend in cultivation areas and production, fluctuations and declines in certain regions have limited this growth. Countries such as India, Brazil, and Myanmar maintain their leading positions in production and cultivation areas, whereas notable decreases in Kenya and Mexico have drawn attention. With its limited cultivation areas and production capacity, Turkey ranks lower globally; however, it needs to demonstrate consistent export performance.

Despite the post-pandemic recovery process, international trade data reveals ongoing uncertainties in export and import figures. The increasing demand in major importing countries like China and India has significantly influenced global trade dynamics. To strengthen its position in exports and reduce import fluctuations, Turkey must more effectively manage its agricultural policies and trade strategies.

In conclusion, beans remain a critical product for agricultural production and trade in Turkey and worldwide. Strategies that enhance productivity and competitiveness will help capitalize on opportunities in this sector, improving the welfare of local producers while strengthening Turkey's position in the international market.

5. REFERENCES

- Ceyhan E. (2004). Effect of Sowing dates on some yield components and yield of dry bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars, *Turkish Journal of Field Crops*, 9 (2), 87-95.
- Ceyhan E. (2006). Variations in grain properties of dry bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *International Journal of Agricultural Research*, 1 (2), 116-121.
- Ceyhan E., Harmankaya M. & Kahraman A. (2014). Combining ability and heterosis for the concentration of mineral elements and protein in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 38 (5), 581-590.
- FAO (2004a). Food and Agriculture Organization of the United Nations, <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL> [05.11.2024]
- FAO (2004b). Food and Agriculture Organization of the United Nations, <https://www.fao.org/faostat/en/#data/TCL> [05.11.2024]

TÜRKİYE'DE ANASON (*pimpinella anisum* L.) TARIMI VE POTANSİYELİ

İrem AYRAN ÇOLAK (ORCID:0000-0002-8005-8231)

Selçuk University, Faculty of Agriculture, Department of Field Crops, Konya, Türkiye.
Email: irem.ayran@selcuk.edu.tr

Veysel TOKUR (ORCID:0009-0005-9481-0462)

Selçuk University, Faculty of Agriculture, Department of Field Crops, Konya, Türkiye.

Şerife Nur AVŞAR (ORCID:0009-0005-0923-019X)

Selçuk University, Faculty of Agriculture, Department of Field Crops, Konya, Türkiye.

Meryem SARIKAYA (ORCID:0009-0009-3418-8834)

Selçuk University, Faculty of Agriculture, Department of Field Crops, Konya, Türkiye.

Özet

Anason (*Pimpinella anisum* L.), kendine özgü tat, aroma ve farmakolojik özellikleriyle tıbbi ve aromatik bitkiler arasında yer alan, geniş kullanım alanına sahip bir bitkidir. Anasonun tohumları antik çağlardan beri geleneksel tıpta, eczacılıkta, mutfakta ve alkol sanayisinde yaygın olarak kullanılmakta ve böylece ülke ekonomisine önemli katkı sağlamaktadır. Ekonomik açıdan önemli bir bitki olan anason, özellikle Türkiye gibi Akdeniz havzasındaki ülkelerde yoğun olarak üretilmekte ve ihraç edilmektedir. Ancak, anason tarımı; sertifikalı tohum eksikliği, modern tarım teknikleri konusundaki bilgi yetersizliği, etkili gübreleme ve zararlılarla mücadele yöntemlerine erişimin sınırlı olması gibi sorunlarla karşı karşıyadır. Bunlara ek olarak, düşük alım fiyatları ve karlılığın yıllara göre değişkenlik göstermesi, anason tarımının gelişimini engelleyen diğer faktörlerdir. Bu çalışmada, anason bitkisi, tarımı, ekonomik analizi hakkında bilgiler incelenmiş olup anason tarımının geliştirilmesi ve Türkiye'nin küresel pazardaki rekabet gücünün artırılması için öneriler verilmiştir.

Anahtar kelimeler: Anason, *Pimpinella anisum* L., anason tarımı

CULTIVATION AND POTENTIAL OF ANISE (*pimpinella anisum* l.) IN TURKIYE

Abstract

Anise (*Pimpinella anisum* L.), with its distinctive taste, aroma, and pharmacological properties, is a medicinal and aromatic plant with a wide range of applications. Since ancient times, anise seeds have been widely used in traditional medicine, pharmacy, culinary arts, and the alcohol industry, thereby making significant contributions to the national economy. Economically important, anise is predominantly produced and exported in Mediterranean basin countries, particularly in Türkiye. However, anise cultivation faces challenges such as the lack of certified seeds, insufficient knowledge of modern agricultural techniques, and limited access to effective fertilization and pest control methods. Additionally, low purchase prices and fluctuating profitability over the years are other factors hindering the development of anise farming. This study examines the anise plant, its cultivation, and its economic analysis, providing recommendations for improving anise farming and enhancing Türkiye's competitiveness in the global market.

Keywords: Anise, *Pimpinella anisum* L., anise cultivation

1. Introduction

Anise (*Pimpinella anisum* L.) is an annual herbaceous plant, reaching a height of 30-60 cm, and belonging to the Apiaceae family (Sönmez, 2018). In Türkiye, there are 31 taxa of the genus *Pimpinella*, comprising 26 species, 5 subspecies and 4 varieties. Of these, 8 are endemic (Cinbilgel et al., 2015; Boztaş and Bayram, 2021). Anise is a species that is native to warm and temperate climates, particularly in the Mediterranean basin and the Middle East. Countries in the Mediterranean basin, such as Türkiye, Syria, Egypt, Morocco, Italy, and Spain, are prominent in anise production. Notably, Türkiye meets more than 50% of the United States' anise needs through its exports (Baydar, 2016).

The leaves of the anise plant are glabrous, with an upright and slender morphology. The flowers are small and white, exhibiting an umbrella-shaped arrangement. Anise seeds are ovate, measuring 4-6 mm in length, and grey-brown in colour (Baytop, 1999; Baydar, 2016). The parts of the anise plant that are used are its seeds (fruits) which are classified among medicinal and aromatic plants due to their unique aroma and fragrance. In addition to being used as a spice and flavoring agent, anise is also considered one of the important drugs in pharmacology due to its active compounds (Boztaş ve Bayram, 2021). The aromatic structure of this substance is primarily derived from the essential oils abundantly present in the fruit. Anise fruits contain 1.5-5% essential oil, with its main component being trans-anethole, which provides its characteristic aroma and sweet flavor. Trans-anethole constitutes 80-90% of the essential oil components (Akgül, 1993). Another significant compound in the volatile oil is methyl chavicol (estragole), which imparts a distinct aroma and a bitter taste (Ceylan, 1997).

Anise has been used in pharmacy and medicine since ancient times due to its pharmacological properties. Pliny referred to this plant as 'Anison,' while Dioscorides called it 'Anneson,' emphasizing its use both as a medicinal remedy and a spice in their works. Additionally, Avicenna highlighted the calming effects of anise on restless and crying children in his work *The Canon of Medicine (Al-Qanun fi't-Tibb)* (Anonim, 2022b).

In the modern era, anise has found extensive use as a spice (Akgül, 1993), particularly in liqueurs, confectionery, and baked goods. In Türkiye, its most well-known application is as a key ingredient in the production of raki. Additionally, due to its high trans-anethole content, anise oil is valuable in the pharmaceutical and cosmetic industries (Özcan and Chalchat, 2006). In the pharmaceutical sector, it is used in cough syrups, pain relievers, and digestive regulators, while in cosmetics, it is preferred in soaps, perfumes, and aromatherapy products (Akgül, 1993; Blumenthal, 1999; Haşimi et al., 2014). The diversity of its medicinal, gastronomic, and industrial applications highlights the sustained economic and cultural significance of anise from past to present.

The aim of this study is to evaluate the current status, economic potential, and challenges of anise (*Pimpinella anisum* L.) cultivation in Türkiye. Türkiye holds a significant share in global anise production, making it a strategic product for both domestic markets and exports. However, various challenges are encountered in the production process, including issues related to efficiency, marketing, and sustainability. This study examines the uses, cultivation practices, and economic analysis of anise.

2. Medicinal and Industrial Uses of Anise

Anise (*Pimpinella anisum* L.) possesses a broad spectrum of applications in both medicinal and industrial fields due to its high essential oil content and active components. The primary constituent of the essential oil derived from anise fruits, trans-anethole, exhibits antimicrobial, antioxidant, and anti-inflammatory properties (Özcan and Chalchat, 2006). These properties have made anise a prominent ingredient in pharmaceutical products. Its medicinal uses include cough syrups, pain relievers, preparations for alleviating stomach disorders and digestive regulators (Akgül, 1993; Acimović and Dojčinović, 2014; Haşimi, 2014). In traditional medicine, it has been widely used to treat respiratory ailments, indigestion, and flatulence. From an industrial perspective, anise oil is employed as a flavoring agent in the food sector, particularly in confectionery, baked goods, beverages, and especially in liqueur production (Çelik and Ayran Çolak, 2023). In Türkiye, anise holds cultural significance as a key ingredient in the production of rakı, a traditional alcoholic beverage (Baydar, 2016). These versatile applications underline the economic and scientific value of anise, showcasing its importance as a medicinal and industrially significant plant.

3. Anise Cultivation and Problems in Türkiye

Anise thrives in warm and sunny climates and can adapt to various regions. However, high humidity and rainfall during the flowering period can damage the plant. It grows best in nutrient-rich, slightly calcareous, and well-drained soils (Özcan and Chalchat, 2006). The planting season varies based on the climate; it is sown in February-March in temperate regions and during autumn or suitable winter months in warmer regions. For anise cultivation, fields are prepared in autumn, and sowing is done in March-April when the soil conditions are optimal. When sowing with a seed drill, the row spacing should be 25-45 cm, the seed rate should be 1.5-2 kg per decare, and the sowing depth should be 2-4 cm (Anonymous, 2024a). The vegetative period of anise is approximately 120 days. Determining the correct harvest time is crucial due to the uneven and gradual maturation of the umbels and the ease with which seeds shed. Harvesting should be carried out before the seeds fully mature, when the fruits have turned a grayish color. After harvesting, the plants should be dried in the sun for one day, bagged, and stored to maintain seed quality and prevent losses. Harvesting can be done manually, with sickle machines, or combine harvesters. The harvested seeds should be dried in an environment where the temperature does not exceed 35-40°C. Yield varies between 50-100 kg/da, depending on ecological conditions, cultivation techniques, and seed quality (Baydar, 2016). Türkiye holds a significant position in global anise production. The Mediterranean and Aegean regions, with their favorable climate and soil conditions, stand out as prime areas for anise cultivation. However, anise farming in Türkiye faces various challenges in both production processes and marketing stages. Firstly, climate change and irregular rainfall directly affect anise-growing conditions, causing fluctuations in productivity. Soil degradation over time, including the depletion of organic matter, is another factor limiting yields. In addition, insufficient measures against diseases and pests lead to significant crop losses. Since agricultural practices are often carried out using traditional methods, the limited use of modern techniques restricts productivity, quality, and cost efficiency. Anise is primarily used in the production of rakı, a traditional Turkish alcoholic beverage, ensuring consistent domestic demand. Therefore, improving anise farming is of strategic importance for increasing both domestic consumption and export revenues. Farmers, however, are often forced to sell their products at low prices due

to the pressure from intermediaries, making economically sustainable production challenging. Furthermore, limited export opportunities and insufficient development of value-added products weaken the sector's global competitiveness. In this context, promoting sustainable agricultural practices, expanding the adoption of modern farming techniques, and increasing educational programs for farmers are necessary to address these issues. Such measures would enhance the long-term viability of anise cultivation and contribute to the economic growth of the sector.

4. General Status of Anise in Türkiye

The majority of anise produced in Türkiye is purchased by rakı factories, while the remainder is bought by traders in production regions. These traders sell the anise to exporting companies or to spice merchants in the domestic market (Yıldırım, 2010). In 1993 and 1994, Türkiye ranked second in global anise production after India, with approximately 28,000 tons of production, accounting for 8.4% of the world's total. However, over time, Türkiye's anise production has decreased by about 35%, and as of 2019, it accounted for only 2.3% of global production, dropping to the 6th position worldwide (Anonymous, 2022a; Anonymous, 2022b). According to TÜİK data (Table 1), the area cultivated for anise has fluctuated over the years. In 2004, the cultivated area was 175.300 decares, but by 2023, it had decreased to 60.244 decares (Anonymous, 2024a). While the yield of anise increased from 63 kg/da in 2004, producing a total of 11.000 tons, to 75 kg/da in 2023, total production declined to 4.521 tons (Anonymous, 2024b). Although production quantities have fluctuated over the years, a decreasing trend has been observed in the past four years. In 2023, Türkiye produced a total of 4.521 tons of anise, with 1.691 tons from Burdur, 853 tons from Denizli, 472 tons from Antalya, 447 tons from Konya, 375 tons from Afyonkarahisar, 296 tons from Uşak, 182 tons from Ankara, 120 tons from Muğla, and 69 tons from other provinces (Anonymous, 2024b). There is no consistent increase or decrease in anise production or cultivation areas in Türkiye. Anise farming was carried out in 19 provinces in 2023, primarily in Burdur, Denizli, Antalya, Muğla, Afyon, and Bursa (Boztaş and Bayram, 2021).

Table 1. Anise cultivation area, production amount and yield values in Türkiye (Anonymous, 2024b)

Year	Cultivation Area (da)	Yield (kg/da)	Production Amount (tonnes)
2010	186450	75	13992
2011	211542	70	14879
2012	194430	57	11023
2013	152431	66	10046
2014	140506	66	9309
2015	138118	66	9050
2016	136552	70	9491
2017	121833	69	8418
2018	124455	70	8664
2019	239171	74	17589
2020	155317	69	10716
2021	110712	63	6936
2022	87616	67	5878
2023	60244	75	4521

5. Conclusion and Recommendations

The diverse applications of anise seeds contribute to the development and branding of its industry. However, despite its high export potential, anise cultivation in Türkiye has not yet reached the desired level. The main problems in anise farming include the inability of farmers to access high-quality and productive certified seeds, the predominance of small-scale family farming, insufficient knowledge among farmers regarding production techniques, fertilization, and pest control, low purchase prices for anise, and fluctuating profitability over the years.

To address these challenges, sustainable agricultural practices should be promoted, modern farming techniques should be disseminated, farmer education programs should be expanded, the marketing chain should be improved, and government support should be increased. Such measures can enhance both the sustainability of anise production and Türkiye's competitiveness in this sector.

Conflict of interest: There is no conflict of interest between the authors.

Authors' acknowledgement of contribution: All authors worked together during the study

References

- Aćimović, M., & Dojčinović, N. (2014). A Review of Pharmacological Properties of Anise *Pimpinella anisum* L.). *Lekovite Sirovine*, 34(1), 3–17. <https://doi.org/10.5937/leksir1434003A>
- Akgül, A. 1993. *Baharat Bilim ve Teknolojisi*. Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları No.15. Ankara.
- Anonymous (2022a). *Anason Fizibilite Raporu ve Yatırımcı Rehberi*. Tarım ve Orman Bakanlığı Bitkisel Üretim Genel Müdürlüğü. Ankara, Türkiye.
- Anonymous (2022b). *Anason Tarımı ve Endüstrisi Fizibilite Raporu*. Batı Akdeniz Kalkınma Ajansı. Isparta, Türkiye.
- Anonymous (2024a). *Anason yetiştiriciliği*. T.C. Konya Valiliği İl Tarım ve Orman Müdürlüğü. (Erişim Tarihi: 11.10.2024, Erişim adresi: <https://konya.tarimorman.gov.tr/Belgeler/liflet/anason.pdf>)
- Anonymous (2024b). TÜİK Bitkisel Üretim İstatistikleri, Türkiye İstatistik Kurumu (www.tuik.gov.tr. Erişim Tarihi 21.11.2024).
- Baydar, H. (2016). *Tıbbi ve Aromatik Bitkiler Bilimi ve Teknolojisi*. (Genişletilmiş 5. Baskı). Isparta, Türkiye.
- Baytop, T. (1999). *Türkçe Bitkilerle Tedavi: Geçmişte ve Bugün*. Nobel Tıp Kitabevleri.
- Boztaş, G. and Bayram E. (2021). Geliştirilmiş Anason Hatlarında Verim ve Kaliteyi Etkileyen Agronomik Morfolojik ve Fizyolojik Farklılıkların Belirlenmesi. *Bursa Uludağ Üniv. Ziraat Fak. Derg.*, 35(1), 55 - 74.
- Blumenthal M (1999). *The Complete German Commission E Monographs, therapeutic guide to herbal medicines*. American Botanical Council, Austin, Texas
- Ceylan, A. (1997). *Tıbbi Bitkiler II*. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü Yayını No: 481, 305 s, Bornova İzmir.
- Cinbilgel, I., Eren, Ö., Duman, H. and Gökçeoğlu, M. (2015). *Pimpinella ibradiensis* (Apiaceae): an unusual new species from Turkey. *Phytotaxa*. 217 (2), 164–172pp.
- Çelik, S.A. & Ayran Çolak, İ. (2023). *Baharatlar ve Etkin Maddeleri, Tarım Bilimleri Alanında Multidisipliner Güncel Çalışmalar II*, sf 47-70, (Editörler: Doç. Dr. Hülya DOĞAN, Doç. Dr. Kübra YAZICI), Iksad Publications, Ankara / Türkiye. ISBN: 978-625-367-159-4.
- Haşimi, N., Tolun, V., Kızıl, S., & Kılınç, E. (2014). Anason (*Pimpinella anisum* L.) ve kimyon (*Cuminum cyminum*) tohumlarının uçucu yağ içeriği, antimikrobiyal ve antioksidan özelliklerinin belirlenmesi. *Journal of Agricultural Sciences*, 20(1), 19-26.
- Özcan, M.M. and Chalchat, J.C. (2006). Chemical composition and antifungal effect of anise (*Pimpinella anisum* L.) fruit oil at ripening stage. *Ann. Microbiol.* 56, 353–358. <https://doi.org/10.1007/BF03175031>
- Sönmez, Ç. (2018). Effect of phosphorus fertilizer on some yield components and quality of different anise (*Pimpinella anisum* L.) populations. *Turk J. Field Crops* 23 (2): 100-106.
- Yıldırım, V. (2010). *Türk Anason Genotiplerinin (Pimpinella anisum L.) Tekirdağ Koşullarında Tohum Verimi ve Bazı Bitkisel Özellikleri Üzerinde Bir Çalışma*, Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 2010.

**YENİ GELİŞTİRİLEN ÇEREZLİK AYÇİÇEĞİ HİBRİTLERİNDE VERİM ve
KALİTE ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ**

Rahim ADA (ORCID:0000-0002-7705-3675)

Selçuk University Faculty of Agriculture Department of Field Crops, Konya/Türkiye

Hasan POLAT (0009-0003-1972-6987)

Selçuk University Faculty of Agriculture Department of Field Crops, Konya/Türkiye

Himmet ÖZCAN (0009-0008-4271-4171)

Selçuk University Faculty of Agriculture Department of Field Crops, Konya/Türkiye

Feyzullah KUL (0009-0004-9999-3950)

S.S. Beet Cultivators Cooperatives Union, Ankara/ Türkiye

Sadiye Ayşe ÇELİK*(0000-0002-0765-642X)

S.S. Beet Cultivators Cooperatives Union, Ankara/ Türkiye

Email: sacelik@selcuk.edu.tr

Nursel ÇÖL KESKİN (0000-0002-0089-8442)

Strong Agriculture Inc. Gölbaşı, Ankara

Veysel TOKUR (0009-0005-9481-0462)

Strong Agriculture Inc. Gölbaşı, Ankara

Remzi KAYA (0009-0001-9817-5022)

S. S. Akşehir-Ilgın Beet Planters Cooperative

Özet

Ayçiçeği, dünyada ve ülkemizde önemli yağ bitkilerinden biri olup, ülkemizde çoğunlukla yağlık olarak yetiştirilmektedir. Görüldüğü gibi ülkemiz açısından önemi yüksek olan ayçiçeğinde yağlık hibritlerin yanısıra çerezlik hibritlerinde geliştirilerek kullanımının arttırılması gerekmekte ve ekolojik koşullara, bölgelere uygun olarak üretilmeleri sağlanmalıdır. Tohum verimi ve iç oranı yüksek yeni çerezlik hibrit çeşitlerin geliştirilmesi, çerezlik ayçiçeğinde de üretimin artması için oldukça önemlidir. Araştırmada kullanılan çerezlik ayçiçeği hibritlerinin tescil başvuru öncesi deneme sonuçları verilmiştir. Araştırma Tohumluk Tescil ve Sertifikasyon Merkez Müdürlüğü'nün ayçiçeği teknik talimatları uyarınca; her parsel dört sıra, sıra arası 70 cm, parsel uzunluğu 7,5 metre ve dört tekerrür halinde Konya Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü Deneme Alanında 2022 ve 2023 yıllarında olmak üzere iki farklı yılda bu çalışma gerçekleştirilmiştir. Çalışma tesadüf blokları deneme desenine göre kurulmuştur. Çalışmada tescile uygun çeşit elde etmek için tescilli olanlar dahil 5 farklı çerezlik ayçiçeği hibridi kullanılmıştır. Araştırmada, bitki boyu (cm), tabla çapı (cm), 1000 dane ağırlığı (gr), hasat nemi (%), hektolitreye ağırlığı (g/lt), tane eni (mm), tane boyu (mm), iç oranı (%), kabuk oranı (%), yağ oranı (%) ve tohum verimi (kg/da) incelenmiştir. Elde edilen veriler istatistiki olarak değerlendirilmiştir (JMP). Çerezlik ayçiçeği hibritlerinden

*ISPEC 16th INTERNATIONAL CONFERENCE ON AGRICULTURE, ANIMAL
SCIENCE & RURAL DEVELOPMENT
November 15-17, 2024 / Konya, Türkiye*

her iki yılın sonuçlarına göre en iyi verim SS991 ve ADA42 hibritlerinden elde edilmiştir. Araştırmada elde edilen sonuçlar neticesinde SS991 ve ADA42 kodlu hibritlerin üretim izinleri ve tescil başvuruları Tohumluk Tescil ve Sertifikasyon Merkez Müdürlüğü'ne Bala Metinler Tarım adına Üniversite-Sanayi İşbirliği Projeleri Kapsamında gerçekleştirilmiştir.

Anahtar kelimeler: Çerezlik ayçiçeği, yağ oranı, iç oranı, tohum verimi.

**DETERMINATION of YIELD and QUALITY CHARACTERISTICS in NEWLY
DEVELOPED CONFECTIONERY SUNFLOWER HYBRIDS**

Abstract

Sunflower (*Helianthus annuus* L.) is one of the most important oilseed crops globally and in Türkiye, predominantly cultivated for oil production. However, considering its significant role, the development and increased utilization of confectionery sunflower hybrids alongside oilseed varieties are crucial. These hybrids should be adapted to local ecological conditions and regions. The development of new confectionery sunflower hybrids with high seed yield and kernel ratio is essential for increasing production in this segment. This study presents the pre-registration trial results of confectionery sunflower hybrids used in the research. Conducted in accordance with the sunflower technical guidelines of the Seed Registration and Certification Center Directorate, the experiments were carried out over two years (2022 and 2023) at the Selçuk University, Faculty of Agriculture, Department of Field Crops Experiment Field, following a randomized complete block design. Each plot consisted of four rows with a row spacing of 70 cm, a plot length of 7.5 meters, and four replications. Five different confectionery sunflower hybrids, including registered ones, were used to obtain varieties suitable for registration. The study evaluated plant height (cm), head diameter (cm), 1000-seed weight (g), harvest moisture (%), test weight (g/L), seed width (mm), seed length (mm), kernel ratio (%), shell ratio (%), oil content (%), and seed yield (kg/da). The obtained data were statistically analyzed using JMP software. Among the confectionery sunflower hybrids, the highest yield was recorded for the SS991 and ADA42 hybrids in both years. Based on these results, the production permits and registration applications for these hybrids were submitted to the Seed Registration and Certification Center Directorate within the scope of University-Industry Collaboration Projects on behalf of Bala Metinler Agriculture.

Keywords: confectionery sunflower, oil content, kernel ratio, seed yield

Introduction

Sunflower (*Helianthus annuus L.*) is a strategically important agricultural crop cultivated globally for both oilseed and confectionery purposes. While oilseed sunflower production plays a vital role in the oil industry due to its high oil content, confectionery sunflower varieties offer large, plump seeds with thin shells, low hull-to-kernel ratios, and appealing flavors, making them ideal for direct human consumption. In recent years, increasing consumer awareness and changing dietary habits have driven higher demand for confectionery sunflower products, highlighting the need for more focused breeding efforts in this segment (Yazıcı, 2020).

Although Türkiye is a significant producer of sunflower, it lacks a sufficient number of local confectionery varieties and hybrids. This reliance on imported varieties limits local producers' competitiveness in terms of yield and quality in international markets. Furthermore, imported hybrids often struggle to adapt to Türkiye's unique environmental and agricultural conditions. Developing confectionery sunflower hybrids with high yield potential and superior quality traits suited to local conditions is crucial not only for enhancing production but also for reducing costs and supporting sustainable growth in the sector.

Currently, confectionery sunflower production in Türkiye constitutes approximately 10–15% of total sunflower production, with significant growth observed in recent years. This expansion reflects increased farmer interest and broader adoption of confectionery sunflower cultivation. Notable developments include:

- **Konya:** Offering a price advantage 2–3 times higher than oilseed sunflower, confectionery sunflower cultivation has expanded to 250,000 hectares out of 750,000 hectares of total sunflower production area by 2024.
- **Edirne:** Efforts to promote local and national seed production are ongoing, with emphasis on varieties like "Karaduman," aiming to position Edirne as a leading brand for confectionery sunflower.
- **Bayburt:** This region has emerged as a notable area for confectionery sunflower production, achieving yields of 300 kg/ha (Tarım Dünyası, 2024; Yenihaberden, 2024; Tarım Sitesi, 2024).

Key goals in confectionery sunflower breeding include enhancing both yield potential and quality traits. Traits such as seed size, shell ratio, kernel fullness, shell color, and flavor significantly influence variety preferences. Moreover, resistance to environmental stresses, diseases, and pests is essential for ensuring stability across the production and supply chain. Comprehensive evaluations of newly developed confectionery sunflower hybrids are, therefore, necessary to meet both agricultural and commercial requirements.

The general characteristics of confectionery sunflower hybrids include:

- *Seed Size:* Large and full seeds are ideal for snack consumption.
- *Shell Color and Thickness:* Typically striped black-and-white or gray shells with medium thickness for ease of consumption.
- *Flavor and Aroma:* Hybrids with a slightly sweet taste and pleasant aroma are preferred.
- *Kernel Ratio:* A high kernel-to-seed ratio is desirable.

- *Roasting and Cooking Durability:* Resistance to cracking during roasting and preservation of flavor is critical.
- *Germination and Growth Capacity:* High germination rates and vigorous early growth are advantageous in field conditions.
- *Disease and Pest Resistance:* Resistance to common sunflower diseases like downy mildew and rust is essential.
- *Yield Potential:* Satisfactory yield and quality of seeds per unit area are necessary.
- *Climate and Soil Adaptability:* Hybrids should thrive across diverse climatic and soil conditions.

This study aims to determine the yield and quality characteristics of newly developed confectionery sunflower hybrids. It evaluates the field performance, seed yield, quality parameters, and suitability of various hybrids for the confectionery sector. The findings are expected to provide valuable insights for enhancing local agricultural capacity and guiding sunflower breeding programs, contributing to both academic research and practical agricultural advancements.

Material and Method

Experimental Field

The study was conducted in accordance with the sunflower technical guidelines of the Seed Registration and Certification Center Directorate. The trials were performed in the experimental field of the Department of Field Crops, Faculty of Agriculture, Selçuk University, over two years (2022 and 2023). Each plot consisted of four rows with a row spacing of 70 cm and a plot length of 7.5 meters. The experiments were arranged in a randomized complete block design with four replications.

Hybrid Varieties

Five different confectionery sunflower hybrids, including registered varieties, were utilized to obtain varieties suitable for registration. These included the hybrids H1922 (SS991), H1943 (ADA42), S400 (st), Palancı (st), and Ahmetbey (st).

Sowing and Management

The trials were established in 2022 and 2023 using a randomized complete block design in the experimental field of Selçuk University. Sowing dates were April 30, 2022, and May 5, 2023. Each plot area was 21 m², with irrigation applied six times in 2022 and five times in 2023. At harvest, the plot area was reduced to 9.38 m² for yield assessments.

Yield and Quality Analysis

In this study, various agronomic and quality traits were evaluated, including plant height (cm), head diameter (cm), 1000-seed weight (g), harvest moisture (%), test weight (g/L), seed width (mm), seed length (mm), kernel ratio (%), shell ratio (%), oil content (%), and seed yield (kg/da). Harvests were conducted on October 7, 2022, and October 6, 2023.

Data Evaluation

The data obtained were statistically analyzed using JMP software.

Results and Discussion

Agronomic results: Agronomic traits such as plant height (cm), head diameter (cm), 1000-seed weight (g), harvest moisture (%), test weight (g/L), seed width (mm), seed length (mm), and seed yield (kg/da) were evaluated for confectionery sunflower hybrids. The values and averages for all traits are presented in respective tables. Particular focus was given to plant height, head diameter, seed length, seed width, and seed yield, as these traits are crucial for confectionery sunflower production.

Plant height data are presented in Table 1. The highest plant height was obtained from the standard variety S400 in both years and according to the averages, the highest plant height was measured as 200.375 cm in the standard variety S400.

Table 1. Plant height (cm) of sunflower hybrid varieties

Hybrid Varieties	Plant Height (cm)		
	2022	2023	Mean
H1922 (SS 991)	178 ^b	182 ^c	180 ^c
H1943 (ADA 42)	181 ^b	191.75 ^b	186.375 ^b
S400 (st)	196.75 ^a	204 ^a	200.375 ^a
Palancı (st)	175 ^b	186 ^c	180.5 ^c
Ahmetbey (st)	181.75 ^b	194 ^b	187.875 ^b
LSD	3.89658	2.0392	2.30104

If the data for the years 2022 and 2023 are analysed as the diameter of the table (Table 2). SS 991 with 22.25 cm in 2022 and S400 with 25.25 cm in 2023. On average, the SS991 and S400 hybrids had the highest table diameter.

Table 2. Table Diameter (cm) of Sunflower hybrid varieties

Hybrid Varieties	Table Diameter (cm)		
	2022	2023	Mean
H1922 (SS 991)	22.25 ^a	24.25 ^a	23.25 ^a
H1943 (ADA 42)	20.25 ^{ab}	21.75 ^b	21 ^b
S400 (st)	22 ^{ab}	25.25 ^a	23.625 ^a
Palancı (st)	20 ^b	21.5 ^b	20.75 ^b
Ahmetbey (st)	20 ^b	21 ^b	20.5 ^b
LSD	0.99163	0.91742	0.72457

The dimensions of the sunflower grain, specifically its width and length, are significant quality indicators. In accordance with the aforementioned criteria, the dimensions of the grains are presented in Tables 3 and 4. An examination of the grain width in 2022 reveals that the S400 variety exhibits the greatest width, with a measurement of 6.275 mm. The lowest value was observed in the Palancı variety, with a measurement of 4.95 mm. In 2023, the highest and lowest values were obtained from the S400 (6.35 mm) and Palancı (5.125 mm) varieties, respectively. The mean value for the SS991 variety is 6.425 mm, which represents the highest value. The lowest value was observed in the Palancı variety, with a measurement of 5.0375 mm. In both years, the highest value for grain length was observed in the ADA 42 hybrid variety (26.5 mm-25.1 mm). In 2022, the lowest recorded values were observed in the Ahmetbey and Palancı varieties, with measurements of 20.9 mm and 19.05 mm, respectively. The mean value

for the ADA 42 variety is 25.8 mm. The lowest value was observed in the Palancı variety, with an average measurement of 18.2875 mm.

Table 3. Grain width (mm) of sunflower hybrid varieties

Hybrid Varieties	Grain Width (mm)		
	2022	2023	Mean
H1922 (SS 991)	6.25 ^a	6.6 ^a	6.425 ^a
H1943 (ADA 42)	5.375 ^b	6.125 ^a	5.75 ^b
S400 (st)	6.275 ^a	6.425 ^a	6.35 ^a
Palancı (st)	4.95 ^b	5.125 ^b	5.0375 ^c
Ahmetbey (st)	5.025 ^a	5.275 ^b	5.15 ^c
LSD	0.2934	0.39285	0.22539

Table 4. Grain length (mm) of sunflower hybrid varieties

Hybrid Varieties	Grain length (mm)		
	2022	2023	Mean
H1922 (SS 991)	23.425 ^b	21.375 ^b	22.4 ^c
H1943 (ADA 42)	26.5 ^a	25.1 ^a	25.8 ^a
S400 (st)	23.675 ^b	24.4 ^a	24.0375 ^b
Palancı (st)	17.525 ^d	19.05 ^c	18.2875 ^c
Ahmetbey (st)	20.9 ^c	20.775 ^{bc}	20.8375 ^d
LSD	0.78406	1.08174	0.68892

A comparison of the mean data from both years in terms of seed yield reveals that the hybrid variety ADA 42 (293.75 kg/da) had the highest yield in both years. The lowest-performing hybrid variety was Palancı (249.75 kg/da) (Table 5).

Table 5. Seed yield (kg/ha) of sunflower hybrid varieties

Hybrid Varieties	Seed yield (kg/da)		
	2022	2023	Mean
H1922 (SS 991)	267.75 ^a	288.25 ^a	278 ^{ab}
H1943 (ADA 42)	299.5 ^a	288 ^a	293.75 ^a
S400 (st)	267 ^a	288.5 ^a	277.75 ^{ab}
Palancı (st)	216.75 ^b	282.75 ^a	249.75 ^c
Ahmetbey (st)	264 ^a	247.75 ^b	255.875 ^{bc}
LSD	17.7881	15.0502	11.1099

Other agronomic traits such as thousand grain weight (g), harvest moisture (%), hectolitre weight (g/l) are given in the following tables (Table 6, 7, 8).

Table 6. 1000 grain weight (g) of sunflower hybrid varieties

Hybrid Varieties	1000 grain weight (gr)		
	2022	2023	Mean
H1922 (SS 991)	155.5 ^b	161.5 ^a	158.5 ^a
H1943 (ADA 42)	173.5 ^a	186 ^a	179.75 ^a
S400 (st)	170.5 ^a	184.5 ^a	177.5 ^a
Palancı (st)	141.5 ^c	212.5 ^a	177 ^a
Ahmetbey (st)	152.25 ^{bc}	150.25 ^a	151.25 ^a
LSD	5.17285	47.3356	24.1895

Table 7. Harvest moisture (%) of sunflower hybrid varieties

Hybrid Varieties	Harvest moisture (%)		
	2022	2023	Mean
H1922 (SS 991)	10.5 ^a	9 ^b	9.75 ^b
H1943 (ADA 42)	10 ^a	9 ^b	9.5 ^b
S400 (st)	11 ^a	11 ^a	11 ^a
Palancı (st)	7.5 ^b	8.25 ^b	7.875 ^c
Ahmetbey (st)	7.75 ^b	8.25 ^b	8 ^c
LSD	0.97895	0.5	0.5391

Table 8. Hectoliter weight (g/l) of sunflower hybrid varieties

Hybrid Varieties	Hectoliter weight (g/lt)		
	2022	2023	Mean
H1922 (SS 991)	288.25 ^a	277 ^a	282.625 ^a
H1943 (ADA 42)	282.25 ^{ab}	276 ^a	279.125 ^{ab}
S400 (st)	279.5 ^{ab}	281.5 ^a	280.5 ^{ab}
Palancı (st)	225.75 ^c	242.25 ^b	234 ^c
Ahmetbey (st)	271.5 ^b	272 ^a	271.75 ^b
LSD	6.23498	6.83557	4.87222

2. Quality Characteristics:

As quality parameters, oil ratio (%), internal ratio (%) and shell ratio (%) were also analysed in sunflower hybrid varieties.

Considering the average data of both years, the highest oil content was obtained from Palancı with 23.4625% and the lowest was obtained from Ahmetbey variety with 21.3625% (Table 9).

Table 9. Oil content (%) of sunflower hybrid varieties

Hybrid Varieties	Oil content (%)		
	2022	2023	Mean
H1922 (SS 991)	22,5 ^a	22,85 ^a	22,675 ^{ab}
H1943 (ADA 42)	21,25 ^a	22,375 ^a	21,8125 ^{ab}
S400 (st)	21 ^a	23,1 ^a	22,05 ^{ab}
Palancı (st)	23 ^a	23,925 ^a	23,4625 ^a
Ahmetbey (st)	21,25 ^a	21,475 ^a	21,3625 ^b
LSD	1,13284	1,46302	0,96172

The Palancı hybrid variety exhibited the highest value at 55.0375%, while the ADA 42 hybrid variety demonstrated the lowest value at 50.375% (Table 10). With regard to hull ratio, the SS 991, ADA 42 and S400 varieties exhibited the highest values on average over both years, while the Palancı variety demonstrated the lowest value (Table 11).

Table 10. Internal rate (%) of sunflower hybrid varieties

Hybrid Varieties	Internal rate (%)		
	2022	2023	Mean
H1922 (SS 991)	50,875 ^b	50,4 ^b	50,6375 ^{bc}
H1943 (ADA 42)	50,025 ^b	50,725 ^b	50,375 ^c
S400 (st)	49,525 ^b	51,75 ^{ab}	50,6375 ^{bc}
Palancı (st)	55,4 ^a	54,675 ^a	55,0375 ^a
Ahmetbey (st)	52,125 ^{ab}	52,975 ^{ab}	52,55 ^b
LSD	1,66703	1,60554	1,05033

Table 11. Shell ratio (%) of sunflower hybrid varieties

Hybrid Varieties	Shell Ratio (%)		
	2022	2023	Mean
H1922 (SS 991)	49,425 ^a	49,6 ^a	49,5125 ^a
H1943 (ADA 42)	49,975 ^a	49,275 ^a	49,625 ^a
S400 (st)	50,475 ^a	48,25 ^{ab}	49,3625 ^a
Palancı (st)	47,1 ^a	45,325 ^b	46,2125 ^b
Ahmetbey (st)	47,875 ^a	47,275 ^{ab}	47,575 ^{ab}
LSD	2,23987	1,62719	1,28739

The SS991 and ADA42 varieties were deemed suitable for registration in accordance with the criteria stipulated for sunflower in the sunflower instructions of the Central Directorate of Seed Registration and Certification.

Upon examination of all data from both years, it was determined that the values obtained from other studies conducted with sunflower and hybrid varieties were in accordance with the criteria set forth by the Central Directorate of Seed Registration and Certification (Karadoğan & Özgödek 1994, El Hossary et al 1999, De la Vega et al 2000, Ergen & Sağlam 2005, Polath 2013, Yazıcı 2020).

Conclusion

As a result of the evaluations, high levels of yield were obtained in terms of the traits examined in sunflower hybrid varieties. In this context, the studies carried out in both years will provide an important convenience to researchers in future breeding studies, especially in variety development processes. As a result, it is of great importance to continue breeding studies on these populations in order to preserve and transfer local genetic resources to future generations and to develop sunflower varieties suitable for market demands.

In view of the findings of the research, the production permits and registration applications for SS991 and ADA42 coded hybrids were submitted to the Seed Registration and Certification Center Directorate on behalf of Bala Metinler Agriculture as part of the University-Industry Cooperation Projects.

References

- De la Vega, A.J., and Chapman, S.C. 2000. Environmental attributes underlying environmental main-effects and genotype by environment in sunflower. In Proc. Of the 15th Int. Sunflower Conf. Toulouse, France. June 12-15, D:112-116.
- El-Hosary A., El-Ahmar, B., and El-Kasaby, A.E. 1999. Association studies in sunflower. *Helia*. 22. (Special Issue): 561-567.
- Ergen, Y., Sağlam, C. 2005. Bazı Çerezlik Ayçiçeği (*Helianthus Annuus L.*) Çeşitlerinin Tekirdağ Koşullarında Verim ve Verim Unsurları. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi* 2(3):221-227.
- Karadoğan, T. and Z. Özgödek, 1994. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, Erzurum 25(2), 188-201.
- Polatlı O. 2013. Çerezlik Ayçiçeği (*Helianthus annuus L.*) Populasyonlarında Dane Özellikleri ve Özellikler Arası İlişkiler. Adnan Menderes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, 53 pg. Aydın.
- Tarım dünyası, 2024. <https://www.tarimdunyasi.net/2024/03/27/abd-tarim-bakanligina-gore-turkiyenin-yagli-tohum-ithalati-artacak/>
- Tarım sitesi, 2024. <https://tarimsitesi.com/edirnede-karaduman-cerezlik-aycicegi-hasadi-yapildi.html>
- Yazıcı, L. 2020. Bazı Yerel Çerezlik Ayçiçeği (*Helianthus annuus L.*) Populasyonlarında Verim ve Verim Öğelerinin Belirlenmesi. *ISPEC Journal of Agr. Sciences* 4(4):940-951.
- Yenihaberden, 2024. <https://www.yenihaberden.com/uretimi-de-fiyati-da-artti-konyada-ciftcilerin-yeni-gozdesi-1802566h.htm>

**FABACEAE FAMILİYASINDAN ELDE EDİLEN EKSTRAKTLARIN ANTİFUNGAL
AKTİVİTESİNİN DEĞERLENDİRMESİ ÜZERİNE BİR DERLEME**

AHMET ŞİMŞEK

Mardin Artuklu Üniversitesi
Email:ahmet_simsek47@hotmail.com

Dr. Öğr. İNCİ GÜLER GÜNEY

Üyesi, Mardin Artuklu Üniversitesi
Email:incigulerguney@artuklu.edu.tr

Özet

Bu derlemede, baklagiller familyasına ait nohut (*Cicer arietinum* L.), bezelye (*Pisum sativum* L.), fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.), *Lupinus* spp. gibi ürünlerin belli başlı patojenlere karşı antifungal potansiyelinin araştırılması değerlendirilmiştir. Baklagiller hastalıkların kontrolü için alternatif olarak tarımda izole edilebilen ve kullanılabilen ikincil metabolitler sentezlemektedir. Çok çeşitli tohumları içeren baklagiller, protein içerikleriyle ayırt edilmektedir. Baklagiller, fungal patojenlere karşı savunma bileşikleri üretir ve bu bileşikler antimikrobiyal kullanım için çıkarılabilir veya izole edilebilir. Bu derleme, antifungal aktiviteye sahip baklagiller özütlerinin patojenlere karşı uygulamaları tartışılmaktadır. Antifungal peptitler/proteinler, *Rizhoctonia solani*, *Alternaria*, *Botrytis cinerea*, *Macrophomina phaseolina*, *Phytophthora infestans*, *Sclerotinia*, *Aspergillus* ve *Fusarium* gibi bitki patojenlerine karşı test edilmiştir (Mani-López ve ark., 2021). Fenolik, toplam flavonoid ve toplam alkaloid analizlerine bakılarak etkili bulunan ekstraktlar değerlendirilmiştir.

Anahtar kelime: Fabaceae, *Cicer arietinum*, antifungal

**A REVIEW ON THE EVALUATION OF ANTIFUNGAL ACTIVITY OF EXTRACTS
OBTAINED FROM FAMILY FABACEAE**

Abstract

In this review, the antifungal potential of legume products such as chickpea (*Cicer arietinum* L.), pea (*Pisum sativum* L.), bean (*Phaseolus vulgaris* L.), *Lupinus* spp. against certain pathogens was evaluated. Legumes synthesize secondary metabolites that can be isolated and used in agriculture as an alternative for disease control. Legumes, which include a wide variety of seeds, are distinguished by their protein content. Legumes produce defense compounds against fungal pathogens and these compounds can be extracted or isolated for antimicrobial use. This review discusses the applications of legume extracts with antifungal activity against pathogens. Antifungal peptides/proteins have been tested against plant pathogens such as *Rizhoctonia solani*, *Alternaria*, *Botrytis cinerea*, *Macrophomina phaseolina*, *Phytophthora infestans*, *Sclerotinia*, *Aspergillus*, and *Fusarium* (Mani-López et al., 2021). The extracts found to be effective were evaluated by looking at phenolic, total flavonoid, and total alkaloid analyses.

Keywords: Fabaceae, *Cicer arietinum*, antifungal

GİRİŞ

Fabaceae (Leguminosae) familyası üçüncü en geniş angiosperm familyasını oluşturmaktadır (Mabberley, 2017). Protein içeriği bakımından legümen tohumları yüksek kalitede olup besin değeri de yüksektir. Nohut bezelye, mercimek ve bakla ekonomik değeri yüksek olan türlere örnek verilebilir. Bakla, yonca ve üçgül gibi birçok türü hayvan yemi ve gübre olarak da kullanılmaktadır (Yılmaz, 2007). Fasulye, bakla, nohut, mercimek, bezelye gibi insan gıdası olarak kullanılan türler bu familyadandır. Baklagiller hem otsu hem de odunsu yapıya sahiptirler. Yalancı akasya, yabani keçiboynuzu ve akasya gibi türler odunsu yapıya sahiptir.

Fungal patojenler bitki hastalığına neden olan en önemli biyotik faktördür. Fungisitlerin yanlış kullanımıyla çevreye, mikrobiyotaya ve toprak verimliliğine olumsuz etkileri (Walia ve ark., 2014) alternatif savaşım yöntemlerini ve yeni yöntemler geliştirme gerekliliğini ortaya koymuştur. Bu nedenle fitopatojenleri kontrol etmek için sentetik pestisitlere alternatifler olarak biyopestisitler incelenmiştir. Bitkisel sekonder metabolitler ekonomik, hızlı ve etkili olmaları yönüyle ekstraksiyon protokollerine olan ihtiyacı beraberinde getirmiştir. Çevreye zarar vermeden, sürdürülebilir tarıma ulaşmanın bir çaresi olarak nanoteknoloji gibi teknolojilerin kullanımı da önem kazanmıştır (Faizan ve ark., 2024). Birçok çalışma, çeşitli bitki ekstraktlarının gümüş nanopartiküllerin sentezindeki etkinliğini göstermiştir (Eren ve Baran, 2019a).

Fabaceae familyasına ait nohut, bezelye, fasulye, bakla gibi bitkilerin ekstraktlarının sekonder metabolitlerinin antifungal aktiviteye sahip özelliklerinden dolayı çalışmalar arasında yer almaktadır. Örneğin; acı bakla türleri (*Lupinus sp.*)'ndeki fenolik bileşikler ve alkaloidler, taş yoncası (*Melilotus sp.*)'ndeki kumarin, *Medicago sativa* L. bitkisindeki fenolik asitler ve flavonoidler, üçgül (*Trifolium repens* L.)'de siyanojenik glikozitler, yonca ve üçgül türlerindeki bitki östrojenleri çemen (*Trigonella foenum-graecum* L.) bitkisindeki trigonellin sekonder metabolitlere sahiptirler (Bajkacz ve ark., 2018; Sowa ve ark., 2019; Ferchichi ve ark., 2021; Iqbal ve ark., 2021; Özyazıcı, 2022).

Son yıllarda yapılan çalışmalar insan sağlığına, çevreye ve ekolojik dengeye herhangi bir zararı olmayan, kolay elde edilebilen, bitkilerdeki antimikrobiyal etkilere sahip bitki ekstraktlarının kullanımı çalışmalarına ağırlık vermiştir (Eren ve Baran, 2019b). Genel olarak sekonder metabolitlerden flavonoidler, alkaloidler ve terpenoidler sınıfında yer alanların bitki savunmasındaki işlevi iyi bilinmektedir (Özyazıcı, 2023). Baklagillerdeki diğer önemli proteinler: Kitinazlar, peroksidazlar, kitin bağlayıcı proteinler, proteaz inhibitörleri, ribozom inaktive edici proteinler, siklofilin benzeri proteinler, taumatin benzeri proteinler, α -amilazlar ve glukanazlardır. Baklagillerdeki yaygın peptitler arasında defensinler ve ribozom inaktive edici ve defensin benzeri peptitler bulunmaktadır (Ma ve ark., 2009). Bu protein ve peptitlerin bazıları fungal patojenlere karşı koruyucu ajanlar olarak etki ederek bunların çoğalmasını önlemekte veya sınırlandırmaktadır. Ancak bu protein ve peptitlerin çok azı depolama ve çimlenme sırasında tohumun korunmasıyla ilgilidir. Bitki kitinazlarının, kitin içeren fungal patojenlere karşı bir savunma mekanizması oluşturduğu, bunların da patojeniteyle ilişkili proteinler olduğu ve fungal patojen üzerinde gelişimlerini arttırdığı düşünülmektedir (Wang ve ark., 2004).

Baklagil yem bitkilerinin, biyolojik azot (N) fiksasyon kapasitesine sahip olması, diğer bitkilere göre; sürdürülebilir tarım açısından sera gazı salınımı daha az olması nedeniyle ve toprak verimliliğini iyileştirmesi, ekim nöbeti sistemlerinde en önemli bileşenleri arasında olması, hayvansal üretim için kaba yem kaynaklarını oluşturması gibi birçok tarımsal açıdan faydaları bulunmaktadır. Bunun yanında baklagil yem bitkilerinin sekonder metabolit üretmeleri, ayrıca protein, mineral ve vitamince zengin olmasından dolayı antifungal çalışmalar için tercih edilmektedir (Özyazıcı, 2022).

2. MATERYAL VE BULGULAR

2.1. Fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.)

Sürdürülebilir tarım için önemli familya olan baklagiller, havanın serbest azotunu toprağa bağlama özelliğine sahiptirler. Baklagiller, yılda ortalama azotu 5-20 kg/da toprağa bağlayabilmektedirler. Sağlık açısından organik tarımın yaygınlaşması, artan dünya nüfusuna gıda temin edebilme, sürdürülebilir tarımın önemini ve doğal gübrelere olan ilgiyi giderek artırmaktadır. (Adak, 2021).

Fusarium oxysporum. f.sp. *phaseoli*'nin neden olduğu fasulyelerde yaygın olarak görülen *Fusarium* solgunluğu, toprakta yaşamını sürdürmesi, fasulyelerde fizyolojik ve patolojik olarak adapte olmuş bir patojeni oluşturmaktadır (CIAT, 1989). Patojen, tohum çimlenme aşamasında bitkiyi etkileyerek su ve besin emiliminin azalması nedeniyle bitki büyümesinde ciddi bozulmaya neden olmakta ve bitkilerin belirgin şekilde bodurlaşmasına ve solmasına neden olmaktadır (Valenciano ve ark., 2006). *Fusarium* solgunluğu patojenezi, %70 ile %100 arasında ürün veriminde kayba sebep olabilmektedir (Papias ve ark., 2016; Mwaipopo ve ark., 2017; Benchimol-Reis ve ark., 2023). Benzer şekilde, sentetik fungusitlerle tohum ve toprak uygulamaları ve fümigasyon *Fusarium* solgunluğunu yönetmek için kullanılabilmektedir (Buruchara ve ark., 2010).

Yaygın fasulye üretimi, küresel olarak tropikal ve subtropikal tarım sistemlerinde *Fusarium* solgunluğu da dahil olmak üzere çok sayıda biyotik faktörler etki etmektedir. Bu hastalıklar ürüne saldırdıkça, bunların kontrolü için sentetik pestisitler aşırı uygulanmaktadır. Aşırı uygulama yerine bitki bazlı pestisitlerin kullanımı daha sürdürülebilir bir mücadele yöntemini gerektirebilir. Bitki özütleriyle yapılan çalışmalarda, *Azadirachta indica*, *Tephrosia vogelii*, *Tagetes minuta*, *Lippia javanica*, *Cymbopogon citratus* ve *Ocimum gratissimum*'un özütlerini *Fusarium* solgunluğunu (*Fusarium* spp.) kontrol etmek için değerlendirilmiştir. *T. vogelii* fabaceae familyasına ait bir bitki olup *T. vogelii* ile kaplanmış sıradan fasulye tohumlarının diğer pestisitli bitkilerden ve sentetik pestisitli kontrol uygulamasından daha yüksek verim sağladığı görülmüştür. Bu çalışma, sentetik pestisit girdileri olmadan etkili bir şekilde yönetilebileceğini, bitki bazlı biyopestisitlerin maliyet açısından daha avantajlı ekolojik tarım sistemleri kullanılarak ürün verimini artırabileceğini göstermektedir (Ngoya ve ark., 2024).

Yüksek miktarda fosfor (P), toprak kaynaklı hastalıkların (Kato ve ark., 2012) popülasyon yoğunluklarının azalmasına neden olabilir. Bazı araştırmalar, toprak kaynaklı patojenlerin (Eke ve ark., 2020) kontrolü için toprak verimliliği yönetiminin diğer kültürel uygulamalarla entegre edilmesini önermektedir.

2.2. Bitki Ekstraktlarından Elde Edilen Nanopartiküllerin Antimikrobiyal Aktiviteleri

Birçok çalışma, çeşitli bitki ekstraktlarının gümüş nanopartiküllerin sentezindeki etkinliğini göstermiştir. Bitki ekstraktlarının fitokimyasal bileşenleri, nanopartiküllerin stabilizasyonu ve sentezi için gerekli olan biyolojik olarak parçalanabilen ajanlar içermektedir (Linima ve ark., 2023; Acay ve ark., 2019).

Nanopartikül (NP) sentezi için yeşil aksamın kullanılması, çevre dostu olması, maliyeti düşük ve kimyasalların toksik oranının azaltılması için önemli görülmektedir. Yeşil sentezlenmiş NP'lerin daha yüksek antimikrobiyal aktiviteye sahip olduğu bilinmektedir (Roy ve ark., 2019). *Phaseolus vulgaris* L. bitkisinin fito-nano teknolojik yöntemle hazırlanmış gümüş Nanopartikül (AgNP)'lerin, hedef bitkide *Fusarium oxysporum*, *F. acuminatum*, *F. tricinctum*, *F. graminearum*, *F. incarnatum*, *F. culvarum*, *Rhizoctonia solani*, *Sclerotinia sclerotiorum*, *Alternaria alternata* ve *Sclerotium rolfsii* türlerine karşı antifungal etkinlikleri incelenmiştir. *Colletotrichum sp.*, *F. oxysporum*, *F. acuminatum*, *F. tricinctum*, *F. graminearum*, *F. incarnatum*, *F. culvarum*, *Colletotrichum sp.*, *R. solani*, *S. sclerotiorum*, *A. alternata* ve *S. rolfsii* fungal patojenlerinden *F. tricinctum* ve *Colletotrichum sp.* patojenik funguslarına karşı etkinlikleri incelenmiştir. Fungal patojenlerin gelişimlerinin baskılanmasında AgNP'lerin 200 µg/mL konsantrasyonun % 100 etkili olduğu rapor edilmiştir. Ekonomik açıdan önem taşıyan tarla bitkilerinin korunmasında nanopartiküllerin fungisidal bir solüsyon halinde uygulama alanı bulması olanaklı görüldüğü belirtilmiştir (Ediz, 2018).

2.3. Nohut (*Cicer arietinum* L.) Çalışmaları

Nohut (*Cicer arietinum* L.), Güney Asya'daki en önemli gıdalarından birini oluşturmaktadır ve kuru fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) ve kuru bezelye (*Pisum sativum* L.)'den sonra üçüncü en önemli bakliyat ürünü olduğu düşünülmektedir (Saxena, 1990). Nohut, pH'ı 1'e yakın olan oldukça asidik eksüdatlar salgılar (Rembold, 1981). Bunlar çoğunlukla baklalar da dahil olmak üzere tüm bitkide bulunan trikomlar aracılığıyla salınır. Bu eksüdatların toprak patojenlerine karşı savunma kimyasalları olarak rol oynadığı bildirilmektedir (Pimbert, 1990; Li ve Copeland, 2000). Bu organik asitler arasında, nodüllerde ve köklerde en çok bulunan organik asit malonik asittir, buna karşın yapraklarda ve gövdede en fazla bulunan asit malik asittir (Lazzaro ve Thomson, 1995; Li ve Copeland, 2000).

Flavonoidler, çiçeklenme için en önemli bitki pigmentleri olup tozlanmaya yardımcı olarak hayvanları çekmek için tasarlanmış yapraklarda sarı veya kırmızı-mavi pigmentleri üretmektedir. Flavonoidler, simbiyotik N fiksasyonu, UV filtrasyonu ve çiçek pigmentasyonu gibi işlevlerde daha gelişmiş bitkilerde rol oynamaktadır. Bitkinin kökü tarafından salgılanan flavonoidler, yonca, bezelye, fasulye ve soya gibi baklagillerle simbiyotik ilişki kuran *Rhizobium*'lara yardımcı olmaktadır. Bazı flavonoidler, bitki hastalıklarına neden olan örneğin *Fusarium oxysporum* gibi fungal patojene karşı inhibitör aktiviteye sahip olduğu bilinmektedir (Zeyad ve ark., 2022).

İzoflavonoidler, flavonoidlerin ana grubudur ve bunların varlığı esas olarak Leguminosae ailesiyle sınırlıdır. Aromatik bileşikler arasında, izoflavonoidler antifungal bileşiklerin ana gruplarından biridir ve bunların büyük bir kısmı fitoaleksinler olarak oluşmaktadır (Stevenson ve ark., 1998). Ancak birçoğu önceden oluşturulmuş maddeler olarak da bulunabilmektedir (Grayer ve Harborne, 1994). Nohutta izoflavonoidlerin varlığı ilk olarak Bose ve Siddiqui (1945) tarafından bildirilmiştir. Bundan sonra, birkaç yapısal flavonoid ve

izoflavonoid türevi *C. arietinum*'un köklerinden, yapraklarından ve çimlenen tohumlarından izole edilmiştir (Bose ve Siddiqui, 1945; Hösel ve Barz 1970; Barz ve ark, 1970; Wong, 1975). Mevcut çalışmada, *Cicer arietinum* L.'nin toprak üstü kısımlarından elde edilen farklı özütlerin *Drechslera tetramera* (Mikinney) Subram ve Jain ve *Drechslera hawaiiensis*'e (M. B. Ellis) karşı antifungal potansiyeli olduğunu tespit etmişlerdir (Rukhsana, 2006).

Kerem ve ark. (2005), nohuttan (*Cicer arietinum*) saponinlerin antifungal aktivitesini incelemişlerdir. Saf nohut saponini, *Penicillium digitatum* ve *Fusarium* fungal patojenlere karşı önemli inhibitör aktivite gösterdiğini belirtmişlerdir. Doğal ürünlerin etkili bir şekilde bu tür bileşiklerin kimyasal analizini ve biyolojik aktivitelerinin karakterizasyonunu hızlandırmaya yardımcı olabildiği belirtilmiştir.

2.4. *Lupinus* Cinsinin Çalışmaları:

Lüpen (*Lupinus* sp.), organik tarım uygulamalarının doğal ve sağlıklı beslenme amacıyla yürütülmesinde bitki koruyucu (biyoinsektisit), toprak iyileştirici, ve büyümeyi teşvik edici (biyostimülator) özelliklerinden dolayı seçilmektedir (Güloğlu, 2023).

Lizin türevi olan piperidin, indolizidin ve kinolizidin gibi gerçek alkaloidler bitkilerde oldukça yaygın bulunmakta çeşitli amaçlar için kullanılmaktadır. Kinolizidin alkaloidleri (QA), çeşitli biyolojik aktivitelere sahip doğal olarak oluşan bileşiklerdir. Kinolizidinlerin yapısal çeşitliliği esas olarak Fabaceae familyasının türleri, özellikle *Lupinus* cinsi tarafından sağlanmaktadır. Fitopatojenleri kontrol etmek için sentetik pestisitlere karşı alternatifler olarak, *Lupinus* cinsinin türleri araştırılmıştır. *Lupinus* yapraklarındaki yapısal çeşitliliğe katkıda bulunduğu ve kinolizidin alkaloidleri (QA)'ların biyolojik olarak aktif özel metabolitler ve bitki savunma ürünleri olduğu düşünüldüğünde (Wink, 2013), doğal olarak sağlanan QA karışımları, *F. oxysporum* üzerinde uygulanmasında umutvar sonuçların incelenebilirliğini rapor etmiştir. *Fusarium oxysporum*, çeşitli bitki türlerini etkileyen kapsamlı yerel ve küresel ekonomik kayıplara neden olan agresif bir fitopatojendir. Bu nedenle, alternatif mücadele arayışı önem arz etmektedir. *Lupinus* türünün yapraklarından elde edilen kinolizidin açısından zengin özütlerin (QRE'ler) antifungal aktivitesi, *F. oxysporum*'a karşı umut verici olarak değerlendirilmiştir. Kantitatif analiz, *Lupinus* bitkisine bağlı olarak kinolizidin başına farklı içerikler ortaya koymuş ve 0,003 ile 32,8 mg/g taze yaprak arasında değişiklik göstermiştir. Biyootografi, tüm özütlerin maksimum konsantrasyonda (5 g/L) aktif olduğunu göstermiştir. Ayrıca %50'den fazla miselyum büyüme inhibisyonu göstermişlerdir. Angustifolin, matrin, 13-hidroksilupanin ve 17-oksolupaninin fitopatojene karşı birlikte etki ettiği belirlenmiştir. Bitkilerden doğal olarak elde edilen QA karışımlarının antifungal aktivitesini daha iyi anlamak için referans bilgi oluşturmuştur (Cely-Velozza ve ark., 2022).

Lupinus mexicanus tohumlarındaki alkaloidlerin bileşimi gaz kromatografisi-kütle spektrometrisi (CG-MS) ile analiz edilmiş, ham alkaloid özütünün antifungal ve allelopatik aktivitesinin *in vitro* çalışması incelenmiştir. Özütün antifungal etkisi, fitopatojenik funguslardan *Sclerotium rolfsii*, *Rhizoctonia solani* ve *Fusarium oxysporum*'un miselyal büyümesinin inhibisyonuna dayanarak değerlendirilirken, allelopatik aktivite *Amaranthus hybridus* ve *Echinochloa crus-galli* tohumlarının çimlenmesine göre değerlendirilmiştir. Ekstrakttaki alkaloidlerin analizi, lupanin, 3 β -hidroksilupanin, multiflorin afilin, epiafilin ve α -izolupaninin çoğunluk bileşikler olarak varlığı ortaya koyulmuştur. Ekstrakt, 3 mg mL⁻¹ konsantrasyonunda, *R. solani*'nin miselyal büyümesini %87,7 oranında önemli ölçüde

engellediği, buna karşın *S. rolf sii*'nin miselyal büyümesi en yüksek konsantrasyonda yalnızca %72,5 oranında engellendiğini rapor etmişlerdir (Zamora-Natera ve ark., 2008).

2.5. Bezelye (*Pisum sativum* L.) Çalışması

Bezelye, atmosferdeki serbest N'yi fikse etme yeteneğine sahip olmasından dolayı düşük girdili tarım sistemlerinin geliştirilmesinde kullanılabilecek baklagil bitkilerinin başında gelmektedir (Lewis ve ark., 2005). Baklagiller köklerinde oluşan nodüller içerisinde *Rhizobium* bakterileri ile oluşturdukları ortak yaşam sayesinde havadaki N'yi fiske edebilme ve gereksinim duydukları N'nin yaklaşık %70'ini bu yolla karşılayabilmektedirler. Havadaki serbest N'yi bağlayabilen bir bitki olan bezelye de, N bağlama çimlenmeden bir ay sonra başlayıp ve çeşitlerin erkenci veya geç olma durumlarına göre çiçeklenmeye veya tohum olgunlaşmasına kadar devam etmektedir (Cousin, 1997).

Doğal antioksidanların en önemli grubunu fenolik maddeler oluşturmaktadır. Doğal antioksidanların başlıca kaynağı olan bitkilerin tüm kısımları polifenolik komponentlerden oluşmaktadır. En yaygın bitkisel fenolik antioksidanları başlıca flavonoidler, tokoferoller, sinnamik asit türevleri, kumarinler ve fenolik asitler oluşturmaktadır (Harborne ve Williams, 2000). Bu bileşiklere örnek olarak, *Lotus uliginosus* (cvs. Trojan ve Serrano), *L. tenuis* (cv. Larrañaga) ve *L. corniculatus*'un (cv. São Gabriel) kültür özütlerinin fitokimyasal profili ve antimikrobiyal aktivitesi araştırılmıştır. Fitokimyasal analiz, genotipik değişkenlik gösteren kültürler arasında farklılıklarla birlikte tüm özütlerde tanen, kumarin ve flavonoidler olduğu ortaya koyulmuştur. Bu genotiplerin antifungal aktivite gösterdiği belirtilmiştir. *L. tenuis*'in *Alternaria* sp. ve *Fusarium graminearum*'un miselyum büyümesini engellediği, *L. corniculatus*'un yalnızca *Alternaria* sp.'ye karşı etkili olduğu rapor edilmiştir (Girardi ve ark., 2014).

3. SONUÇ

Bu derlemede, fabaceae familyasına ait bitki özütlerinin fitopatojenik funguslara karşı antifungal etkisi ele alınmıştır. Bu familyadaki bitkilerin fenolik antioksidanlar, flavonoidler, alkaloidler gibi bileşiklere sahip olmasından dolayı antifungal aktivite gösterdikleri görülmüştür. Fabaceae familyasındaki bitki özütler ile ekonomik açıdan önem taşıyan tarla bitkilerini korumak için uygulama alanı bulması olanaklı görülmektedir. Ayrıca, çevreye zarar vermeden sürdürülebilir tarıma ulaşmanın bir çaresi olarak nanoteknoloji gibi teknolojilerin kullanımında da etkili olduğu belirlenmiştir.

KAYNAKÇA

- Acay, H., Baran, M. F., & Eren, A. (2019). Investigating antimicrobial activity of silver nanoparticles produced through green synthesis using leaf extract of common grape (*Vitis vinifera*). *Applied Ecology & Environmental Research*, 17(2): 4539-4546.
- Adak, M. S. (2021). Yemeklik baklagiller. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Yayın No: 1652, Ders Kitabı: 603, Birinci Baskı, 312 s, Ankara.
- Adhikari, K. N., Buirchell, B. J. & Sweetingham, M. W. (2012). Length of vernalization period affects flowering time in three lupin species. *Plant Breed.*, 131, 631–636.
- Bajkacz, S., Baranowska, I., Buszewski, B., Kowalski, B. & Ligor, M. (2018). Determination of flavonoids and phenolic acids in plant materials using SLE-SPE-UHPLC-MS/MS method. *Food Analytical Methods*, 11: 3563-3575.
- Benchimol-Reis, L. L., Bueno, C. J. Carbonell, S. A. M. & Chiorato, A. F. (2023). *Fusarium Wilt–Common Bean Pathosystem: Pathogen Variability and Genetic Control*. *Crop Sci.*, 63, 2609–2622.
- Buruchara, R., Ampofo, K. & Mukankusi, C. (2010). Bean Disease and Pest Identification and Management. *Int. Cent. Trop. Agric.*, 371, 6–8.
- Cely-Veloza, W., Quiroga, D. & Coy-Barrera, E. (2022). Quinolizidine-Based Variations and Antifungal Activity of Eight Lupinus Species Grown under Greenhouse Conditions. *Molecules*, 27, 305. <https://doi.org/10.3390/molecules27010305>.
- CIAT, (1989). Bean Production Problems in the Tropics, 2nd ed.; Schwartz, H.F., Pastor-Corrales, M., Eds.; Press Run: Cali, Columbia, ISBN 9589183042.
- Cousin, R. 1997. Peas (*Pisum sativum* L.) Field Crops Research, 53: 111-130.
- Ediz, E. (2018). *Phaseolus vulgaris* L.'den gümüş nanopartiküllerin biyosentezi ve antifungal etkinliklerinin incelenmesi Alternate title: Biosynthesis of Silver Nanoparticles From *Phaseolus vulgaris* L. and Investigation of Their Antifungal Activities Ankara Üniversitesi (Turkey) ProQuest Dissertations & Theses. 31158981.
- Eke, P., Nana Wakam, L., Fokom, R., Ekounda, T.V., Bedine Boat, M.A., Keumoe, R. & Fekam Boyom, F. (2020). Common Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) Root Rot in Humid Lowland: Occurrence, and Assessment of Biotic and Agronomic Factors for Mitigation Prospects. *Rhizosphere*, 16.
- Eren, A., & Baran, M. F. (2019a). Green synthesis, characterization and antimicrobial activity of silver nanoparticles (AgNPs) from maize (*Zea mays* L.). *Applied Ecology & Environmental Research*, 17(2): 4097-4105.
- Eren, A., & Baran, M.F. (2019b). Synthesis, Characterization and Investigation of Antimicrobial Activity of Silver Nanoparticles (AgNP) from Pistachio (*Pistacia vera* L.) Leaf. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 6(2): 165-173
- Faizan, M., Singh, A., Eren, A., Sultan, H., Sharma, M., Djalovic, I., & Trivan, G. (2024). Small molecule, big impacts: Nano-nutrients for sustainable agriculture and food security. *Journal of Plant Physiology*, 154305.
- Ferchichi, N., Toukabri, W., Vrhovsek, U., Nouairi, I., Angeli, A., Masuero, D., Mhamdi, R. & Trabelsi, D. (2021). Proximate composition, lipid and phenolic profiles, and antioxidant activity of different ecotypes of *Lupinus albus*, *Lupinus luteus* and *Lupinus angustifolius*. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 15: 1241-1257.
- Girardi, F. A., Toial, F., Chini, S. O., Sobottka, A. M., Schefferbasso, S. M. & Bertol, C. D. (2014). Phytochemical profile and antimicrobial properties of *Lotus* spp. (Fabaceae) *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, vol. 86, núm. 3, enero-septiembre, pp. 1295-1302.

- Güloğlu, D. (2023). Acı Bakla (*Lupinus angustifolius* L.) Bitkisinin Kullanım Olanakları. *Türk Bilim ve Mühendislik Dergisi*, 5(1): 50-53, 2023.
- Harborne, J. B., Williams, C. A. (2000). Advances in Flavonoid Research Since 1992. *Phytochem*, 55: 481.
- Iqbal, Y., Ponnampalam, E. N., Suleria, H. A. R., Cottrell, J. J. & Dunshea, F. R. (2021). LC-ESI/QTOF-MS profiling of chicory and lucerne polyphenols and their antioxidant activities. *Antioxidants*, 10: 932.
- Kato, F., Lwehabura, J., Seenga, R. O., Kabungo, D., Kilango, M., Mukankusi, C. M. & Rubyogo, J. C. (2021). Effects of Seed Dressing and Fertilizer on the Common Bean Yields, Bean Stem Maggot and Root Rot Diseases in Southern Highlands of Tanzania. *Afr. J. Rural Dev.*, 6, 128–149.
- Kerem, Z., German-Shashoua, H. & Yarden, O. (2005), Microwave-assisted extraction of bioactive saponins from chickpea (*Cicer arietinum* L). *J. Sci. Food Agric.*, 85: 406-412. <https://doi.org/10.1002/jsfa.1989>.
- Lock, M., Mackinder, B., Schirer, B. & Lewis, G. (2005). *Legumes of the World*, Royal Botanical Gardens: Kew, UK.
- Ma, D. Z., Wang, H. X. & Ng, T. B. (2009). A peptide with potent antifungal and antiproliferative activities from Nepalese large red beans. *Peptides*, 30(12):2089-2094. <https://doi.org/10.1016/j.peptides.2009.08.017>.
- Mabberley, D. J. (2017) Mabberley's Plant-Book, A portable dictionary of plants, their classification and uses, Fourth Edition. Cambridge University Press, Cambridge, 1102.
- Mani-López, E., Palou, E. & López-Malo, A. (2021). Legume proteins, peptides, water extracts, and crude protein extracts as antifungals for food applications. *Trends in Food Science & Technology*, 112: 16-24.
- Mwaipopo, B., Nchimbi-Msolla, S., Njau, P., Tairo, F., William, M., Binagwa, P., Kweka, E., Kilango, M. & Mbanzibwa, D. (2017). Viruses Infecting Common Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in Tanzania: A Review on Molecular Characterization, Detection and Disease Management Options. *Afr. J. Agric. Res.*, 12, 1486-1500.
- Ngoya, Z. J., Mkindi, A.G., Vanek, S. J., Stevenson, P. C., Ndakidemi, P. A. & Belmain, S. R. (2024). Pesticidal Plant Treatments Combined with Improved Soil Fertility Can Reduce Damage Caused by *Fusarium* Wilt (*Fusarium oxysporum* f.sp. *phaseoli*) and Bean Fly (*Ophiomyia phaseoli*) in Common Bean Production (*Phaseolus vulgaris* L.). *Sustainability*, 16, 4866. <https://doi.org/10.3390/su16114866>.
- Özyazıcı, M. A. (2023). Baklagil yem bitkilerinde sekonder metabolitlerin tozlaşmadaki etkileri. *Ege Univ. Ziraat Fak. Derg.*, 60 (3): 539-552, <https://doi.org/10.20289/zfdergi.1338227>
- Özyazıcı, M. A. (2022). "Legume forage crops with medicinal value and their secondary metabolite contents: *Medicago* sp., *Onobrychis* sp., *Melilotus* sp., and *Lupinus* sp., 33-70". In: New Development on Medicinal and Aromatic Plants-II. (Ed. G. Özyazıcı), Iksad Publishing House, Ankara, Türkiye.
- Papias, H. B., Conrad, K. B., Susan, N. M. & Inocent, I. R. (2016). Morphological and Molecular Identification of *Pythium* spp. Isolated from Common Beans (*Phaseolus vulgaris*) Infected with Root Rot Disease. *Afr. J. Plant Sci.*, 10, 1–9.
- Rukhsana, B., Tehmina, A., Sobiya, S. & Shazia, S. (2006). Evaluation Of Antifungal Activity of *Cicer arietinum* L. *Pak. J. Bot.*, 38(1): 175-184.
- Sowa, P., Tarapatsky, M., Puchalski, C., Jarecki, W. & Dżugan, M. (2019). A novel honey-based product enriched with coumarin from *Melilotus* flowers. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 13: 1748-1754.

- Valenciano, J. B., Casquero, P. A., Boto, J. A. & Marcelo, V. (2006). Evaluation of the Occurrence of Root Rots on Bean Plants (*Phaseolus vulgaris*) Using Different Sowing Methods and with Different Techniques of Pesticide Application. *N. Z. J. Crop Hortic. Sci.*, 6, 34, 291–298.
- Walia, A., Mehta, P., Guleria, S., Chauhan, A. & Shirkot, C. K. (2014). Impact of fungicide mancozeb at different application rates on soil microbial populations, soil biological processes, and enzyme activities in soil. *Sci. World J.*, 702909.
- Wink, M. (2013). Evolution of secondary metabolites in legumes (Fabaceae). *S. Afr. J. Bot.*, 89, 164–175.
- Wang, S. Y., Wu, J. H., Ng, T.B., Ye, X. Y. & Rao, P. F. (2004). A non-specific lipid transfer protein with antifungal and antibacterial activities from the mung bean. *Peptides*, 25(8): 1235-1242.
- Yılmaz, S. (2007). Ankara üniversitesi eczacılık fakültesi herbaryumu'ndaki (AEF) Leguminosae familyasına ait örneklere in değerlendirilmesi (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 182s.
- Zamora-Natera, F., García-López, P., Ruiz-López, M. A. A. & Salcedo-Pérez, E. (2008). Composition of alkaloids in seeds of *Lupinus mexicanus* (Fabaceae) and antifungal and allelopathic evaluation of the alkaloid extract. *Agrociencia*. 42(2): 185-192.
- Zeyad, M. T., Tiwari, P., Ansari, W. A., Kumar, S. C., Kumar, M., Chakdar, H., Srivastava, A. K., Singh, U. B. & Saxena, A. K. (2022). Bio-priming with a consortium of strains modulates defense response in chickpea against wilt. *Frontiers in Microbiology*, 13, 998546.

BUĞDAYGİLLERDE (*gramineae*) DORMANSİ VE KIRILMA YÖNTEMLERİ

Nizamettin TURAN (ORCID:0000-0002-4026-6781)
Siirt Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü
Email: nturan49@siirt.edu.tr

Özet

Çimlenme için su, oksijen ya da sıcaklık gibi faktörler uygun olduğu halde yaşama kabiliyetine sahip olan tohumların bazı iç ve dış faktörler nedeniyle çimlenememesine "*Dormansi (Durgunluk, Dinlenme)*" denir. Uyuma, dinlenme gibi anlamlara da gelen dormansi bitkilerde tohumların veya tomurcukların bir süre dinlenme veya uyku haline geçmesidir. Metabolizmanın minimum düzeyde olduğu bu dönem, bitkinin diğer birçok metabolik aktivitelerinin durdurulduğu bir uyku halidir. Böylece bitki neslini devam ettirmek için olumsuz koşullarda kendini koruma altına alır ve hayatta kalma şansını artırır. Dormansi odunlu, soğanlı, otsu ve tohumlu bitkilerde ve aynı zamanda yumrularında, tohumlarında ve sporlarda da yaygın bir şekilde görülebilir. Bu çalışmada dormansinin çok yıllık buğdaygil bitkilerinin yetiştiriciliği açısından önemi ve kırılma yöntemleri ele alınmıştır.

Anahtar Kelimeler: Buğdaygiller, yem bitkileri, dormansi çeşitleri, kırılma yöntemleri

DORMANCY AND BREAKING METHODS IN GRAMINEAE

Abstract

The fact that plants that are capable of living, although they are suitable for factors such as water, oxygen or temperature for germination, do not germinate due to some internal and external factors is called "Dormancy (Stillness, Rest)". Dormancy, which also means sleeping or resting, is the resting or dormancy of plants or buds in plants for a while. This period, when metabolism is at a minimum, is a state of sleep in which many other metabolic activities in the center are stopped. Thus, for the continuation of the plant generation, the negativity is taken for the sake of self-preservation and increases the survival time. Dormancy can occur widely in woody, bulbous, herbaceous and seed plants, but also in tubers, seeds and spores. The importance of the proportions and module methods of this flower dormancy perennial forage grasses were taken.

Keywords: Gramineae, forage crops, dormancy types, breaking methods

Giriş

Dormansi, tohumların çevre koşulları uygun olduğu halde iç (tohum kabuğunun su ve gaz geçirmemesi, tohumlarda bulunan kimyasal maddeler) ve dış (sıcaklık, oksijen, ışık) faktörlere bağlı olarak tohumların çimlenememesi olayı şeklinde tanımlanmaktadır (Günçan, 1976; Baskin ve Baskin, 2014). Dormansi genel olarak “meristem doku içeren herhangi bir bitki yapısının gözle görülür büyümesini geçici olarak durdurması” olarak da ifade edilmektedir (Gillespie ve Voltaire, 2017). Dormansi, canlılar dünyasındaki tüm yaşam formlarında meydana gelen ve gelişmenin durdurulduğu doğal bir olaydır (Willis ve ark., 2014).

Şehirli (2002), dormansi ve tohum fizyolojisi açısından tohum türüne uygun aydınlanma süresi, ışıklanma yoğunluğu, nem ve sıcaklık çimlenme için gerekli ortam koşullarının olduğu, tohumun canlılığını yitirmesi ve dormansi durumu ise hasıl üretimini kısıtlayan en önemli iki sorun olduğunu, hasıl üretimi amacıyla kullanılacak tohumlarda dormansi oranı yüksek türlerden uzak durulması gerektiğini, dormansiyi ortadan kaldırmak için gerekli önlemlerin alınması ya da stratifikasyon başarısı yüksek bitki türlerinin tercih edilmesi gerektiğini, bitkilerin farklı genotip özellikleri, gelişim safhası ve olumsuz çevre şartları, hedeflenen yeknesak, istikrarlı ve hızlı çimlenmeyi önleyen en önemli faktörler olduğunu, tohum tür ve çeşit özelliğiyle belirlenen dane büyüklüğü, depo madde türev ve miktarları ve büyüme düzenleyici düzeyleri tohumun genetik karakterizasyonu ile ilişkili olduğunu ifade etmektedir.

Dormansi Çeşitleri

Dormansiyi uyanan sinyallerin kaynağına göre, dormansinin temelde üç kategoride (para-dormansi, endo-dormansi ve eko-dormansi) incelendiği bildirilmiştir (Lang, 1987; Voltaire ve Norton, 2006; Shim ve ark., 2014).

1- Eko-dormansi (ilkbahar dinlenmesi): Eko-dormansi’de bitki gelişimi çevresel faktörlerle kontrol edilir. İlkbahar dinlenmesi olarak da ifade edilen eko-dormansi’de büyüme için uygun olmayan dış koşullar (sıcaklık, gün uzunluğu gibi) nedeniyle tomurcukların dinlenmede olmasıdır. İlkbahar dinlenmesi doğrudan doğruya dış şartlarla ilgilidir. Eko-dormansi, tomurcukların büyüme yeteneğini sürdürdüğü ancak olumsuz hava koşulları tarafından engellendiği son uyku aşaması olduğuna işaret eder. Eko-dormansi tomurcuk kırılmasına doğru ısı birikimi ile ilerler.

2- Para-dormansi (yaz dinlenmesi): Dış orjinli etkiler sonucu oluşan özel biyokimyasal sinyaller ile bitki yapısının düzenlenmesidir. Örneğin, bitkilerde görülen apikal dormansi. Yaz Dinlenmesi olarak da ifade edilen para-dormansi’de ilkbaharda yeni meydana gelmiş tomurcukların bir kış dinlenmesi geçirmeden yazın sürmemeleridir. Dinlenmeye sebep olan tepe tomurcuğudur. Ilıman iklim kuşağına uyumlu bir bitki, yaz aylarının birinci yarısında hızlı bir büyüme gösterir. Bitkilerde yüksek oksin konsantrasyonu sonucu, uç kısımlarda büyümenin hızlı olduğu dönemlerde alt kısımlardaki tomurcukların uyanmaları engellenmekte ve dolayısıyla bu tomurcuklar uyanmamaktadır. Buna “Apikal Dormansi” veya “Tepe Tomurcuğu Baskısı” adı verilmektedir.

Yapılan bazı çalışmalarda, çok yıllık serin mevsim buğdaygil bitkisi olan *Poa scabrella* (Thurb.) Benth. ex Vasey, *Poa bulbosa* L., *Hordeum bulbosum* L., *Dactylis glomerata* L. ssp.

hispanica (Roth) Nyman (Volaire ve Norton, 2006); *Festuca arundinacea* Schreb., *Phalaris aquatica* L. (Bhamidimarri ve ark., 2012); *Poa secunda* J. Presl., *Melica californica* Scribn. (Balachowski ve ark., 2016); *Lolium perenne* L. (Anonymous, 2017) türlerinde yaz dormansisi yaşandığı tespit edilmiştir. Yaz dormansisi, uzun süren sıcak ve kurak yaz döneminde bitkinin hayatta kalma gücünü artıran bir özelliktir (Norton ve ark., 2006a, 2006b). Yumrulu salkım otu (*Poa bulbosa* L.) ile yapılan bir çalışmada, gün uzunluğunun yaz dormansisini teşvik eden ana faktör olduğu belirtilmiştir (Ofir ve Kigel, 1999). Yumrulu salkım otu (*Poa bulbosa* L.) ve domuz ayrığı (*Dactylis glomerata* L.) ile yapılan başka bir çalışmada ise bitkiler sulandığında dahi geç ilkbaharda 13.5 saatten uzun aydınlanma veya kontrollü şartlarda 16 saat gün uzunluğunun yaz dormansisini tetiklediği bildirilmiştir (Volaire ve ark., 2009).

Çok yıllık serin mevsim buğdaygil yem bitkilerinin yaz dormansi özelliklerini bilmek verim ve bitki ile kaplı alan bakımından meraların sürdürülebilir olmasını sağlayacağı, Akdeniz ikliminin hâkim olduğu bölgelerde oluşturulacak yapay kurak meralarda dormant ve yarı dormant bitkiler uygun oranlarda karışıma dâhil edildiğinde, tamamen dormant bitkilerle oluşturulmuş meraya göre yaz mevsiminde biraz daha yüksek verim alınabileceği, bununla birlikte merada bitki ile kaplı alan daha uzun süre arzu edilen düzeylerde tutulabileceği, bu durum Akdeniz ikliminin yaşandığı bölgelerin doğal meralarının ıslahında da büyük önem taşıdığı bildirilmiştir (Önal Aşçı ve Eğritaş, 2018).

3- Endo-dormansi (kış dinlenmesi): Endo-dormansi’de fizyolojik etkiler sonucu bitki yapısı düzenlenir. Kış dinlenmesi olarak da ifade edilen endo-dormansi’de içsel fizyolojik engeller nedeniyle tomurcukların dinlenmede olmasıdır. Bu fizyolojik engeller sonucu, çevre şartları büyüme için ideal olsa bile büyüme engellenmektedir. Endo-dormansi bitkilerin kışa direncini artırdığından dolayı faydalı ve gereklidir.

Dormansinin başlamasında bazı bitkilerde absisik asit (ABA) etkili olurken, sona ermesinde etkisinin kalmadığı, dormant ve dormant olmayan tomurcuklarda ABA miktarı kıyaslandığında, dormant olmayan tomurcuklarda daha az düzeyde ABA bulunduğu saptanmıştır (Ofir ve Kigel, 1998). Ayrıca olumsuz çevre koşullarına maruz kalan bitkilerde oksin (indol asetik asit) seviyesinin kademeli olarak azaldığı, buna paralel olarak endo-dormansi seviyesinin arttığı (Olsen ve ark., 1997), büyümenin başlamasından önce kök ve gövde tomurcuklarında oksin seviyesinin yeniden arttığı (Chao ve ark., 2006) bildirilmiştir. Nitekim ER ve Başalma (2020) tarafından, tohumların yapısında bulunan absisik asit (ABA) dinlenmeye neden olarak çimlenmeyi engellemekte (dormansi olan tohumlarda ABA yüksek), ABA azalması çimlenmeyi teşvik eder ve giberellik asit (GA3) ise tohumlarda dinlenmeyi ortadan kaldırarak çimlenmeyi artırdığı ifade edilmektedir. Ayrıca Suttle (1998), bitki bünyesinde bulunan etilenin de endo-dormansinin başlamasını kısıtlayabileceğini ifade etmektedir.

Dormansi Kırılma Yöntemler

Kimyasal aşındırma, fiziksel aşındırma, hormon uygulamaları, dalgalı ışık ve sıcaklık uygulamaları, morötesi ışın (ultraviyole: UV) uygulamaları gibi bir çok yöntem kullanılmaktadır (Günçan, 1980; Uludağ ve Özer 1999; Obalı, 2009; Karaca, 2010; Serim ve Sözeri, 2011; Yazlık ve Üremiş, 2015; Ozaslan ve ark., 2017; Bozdoğan ve ark., 2019; Özkil ve Üremiş, 2019; Tursun, 2020). Ayrıca Şin ve ark. (2018), sülfürik asit (H₂SO₄) uygulamaları, zımparalama yöntemi, durgun suda bekletme yöntemi, sıcak su uygulaması, katlama yöntemi

gibi yöntemler kullanılarak dormansi ortadan kaldırılabileceğini ifade etmektedir. Nitekim Chuanren ve ark. (2004), echinacea angustifolia bitki tohumlarının dormansi durumu 1000 Hz frekans ve 100 db şiddetteki günlük 1 saat ses uygulaması ile %100'e yakın oranda ortadan kaldırıldığı bildirilmektedir.

Sonuç

Ülkemizde de belirgin bir şekilde hissedilen küresel ısınmanın etkisiyle daha uzun süren yüksek sıcaklık ve kuraklık dönemlerinin olabileceği tahmin edilmektedir. Uzun süre kuraklığa ve sıcaklığa maruz kalan bitkilerin verim ve kalitesi etkilenebilir. Bu nedenle olumsuz çevre ve ekolojik koşullara karşı bitkinin hayatta kalmasını ve devamlılığını sağlayan, yaşamasını garanti altına alan doğal bir sigorta olan dormansi, gelecekte kritik bir faktör olabilir. Öncelikle çok yıllık buğdaygil yem bitkilerinde dormansi seviyesinin tespit edilmesi büyük önem arz etmektedir. Çünkü dormansi seviyesi bitkinin kalitesi, ömrü, verim performansı ile yakından ilişkili ve özellikle adaptasyon alanının belirlenmesinde önemli bir kriter olduğu kanısındayım.

Kaynaklar

- Anonymous, 2017. Summer-dormant cool-season perennial grasses - new productive and persistent forages for semi-arid environments of the southern great plains. <http://agriflife.org/vernon/files/2012/11/Summer-dormant-grasses.pdf> (Erişim tarihi:28.11.2024).
- Balachowski, J.A., Bristiel, P.M., Voltaire, F.A. 2016. Summer dormancy, drought survival and functional resource acquisition strategies in California perennial grasses. *Annals of Botany*, 118(2): 357- 368.
- Baskin, J.M., Baskin, C.C. 2014. What kind of seed dormancy might palms have? *Seed Sci. Res.*, 24(2014): 17-22
- Bhamidimarri, S., Saha, M.C., Payton, M.E., Hopkins, A.A. 2012. Phenotyping summer dormancy in tall fescue. *Crop Science*, 52(1): 413-421.
- Bozdoğan, O., Uyar, F., Karaman, Y., Demirtaş, Ç., Uçar, K., Tursun, N. 2019. *Myagrum perfoliatum* L. (gönül hardalı) tohumlarında dormansi kırma üzerine araştırmalar. *Turkish Journal of Weed Science*, 22(1): 45-52 .
- Er, C., Başalma, D. 2020. Tohumluk ve Tohumculuk. Temel İlkeler ve Teknoloji. Gözden Geçirilmiş 2. Basım . Nobel.,
- Chao, W.S., Serpe, M.D., Anderson, J.V., Gesch, R.W., Horvath, D.P. 2006. Sugars, hormones and environment effect the dormancy status in underground adventitious buds of leafy spurge (*Euphorbia esula*). *Weed Science*, 54(1): 59-68.
- Chuanren, D., Bochu, W., Wanqian, L., Jing, C., Jie, L., Huan, Z. 2004. Effect of chemical and physical factors to improve the Germination Rate of *Echinacea angustifolia* Seeds. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*. 37: 101-105.
- Gillespie, L.M., Voltaire, F.A. 2017. Are winter and summer dormancy symmetrical seasonal adaptive strategies? The case of temperate herbaceous perennials. *Annals of Botany*, 119(3): 311-323.
- Güncan, A. 1976. Erzurum çevresinde bulunan yabancı otlar ve önemlilerinden bazılarının yazlık hububatta mücadele imkanları üzerinde araştırmalar. *Atatürk Üni. Yayınları No. 446*. Erzurum.
- Güncan, A. 1980. Anadolu'nun doğusunda buğday ürününe karışan yabancı ot tohumları, bunların yoğunlukları ve önemlilerinin oluşturdukları bitki toplulukları üzerinde bir araştırma. *Atatürk Üniversitesi Yayınları*, 48s., Erzurum.
- Karaca, M. 2010. Yatık gökbaş (*Centaurea depressa* Bieb.) ve kokarot (*Bifora radians* Bieb.)'un bazı biyolojik özellikleri ve Konya yöresinde buğdayda ekonomik zarar eşiklerinin tespiti. *Doktora tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya*.
- Lang, G.A. 1987. Dormancy: a new universal terminology. *Hort. Science*, 22: 817-820.
- Norton, M.R., Lelievre, F., Voltaire, F. 2006a. Summer dormancy in *Dactylis glomerata* L.: the influence of season of sowing and a simulated mid-summer storm on two contrasting cultivars. *Australian Journal of Agricultural Research*, 57(5): 565-575.
- Norton, M.R., Voltaire, F., Lelievre, F. 2006b. Summer dormancy in *Festuca arundinacea* Schreb.; the influence of season of sowing and a simulated midsummer storm on two contrasting cultivars. *Australian Journal of Agricultural Research*, 57(12): 1267-1277.
- Obalı, A. 2009. Adi soda otu (*Salsola kali* subsp. *ruthenica* (Iljin) Soo.) tohumlarının çimlenme biyolojisi üzerinde araştırmalar. *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Konya*.
- Ofir, M., Kigel, J., 1998. Abscisic acid involvement in the induction of summer-dormancy in *Poa bulbosa*, a grass geophyte. *Physiologia Plantarum*, 102(2): 163-170.

- Ofir, M., Kigel, J., 1999. Photothermal control of the imposition of summer dormancy in *Poa bulbosa*, a perennial grass geophyte. *Physiologia Plantarum*, 105(4): 633-647.
- Olsen, J.E., Junttila, O., Moritz, T., 1997. Long-day induced bud break in *Salix pentandra* is associated with transiently elevated levels of GA1. *Plant and Cell Physiology*, 38(5): 536-540.
- Ozaslan, C., Farooq, S., Onen, H., Ozcan, S., Bukun, B., Gunal, H. 2017. Germination biology of two invasive *Physalis* species and implications for their management in arid and semi-arid regions. *Scientific Reports*, 7(1): 1-12.
- Önal Aşçı, Ö., Eğritaş, Ö. 2018. Çok yıllık serin mevsim buğdaygil yem bitkilerinde yaz dormansisi. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 5(1): 86-91
- Özkil, M., Üremiş, İ. 2019. Tarla sarmaşığı (*Convolvulus arvensis* L.) ve pembe çiçekli akşam sefası (*Ipomoea triloba* L.)'nın çimlenme biyolojisi üzerinde araştırmalar. *Bitki Koruma Bülteni*, 59(4): 3-10.
- Serim, T., Sözeri, S. 2011. Doğu hazeranı [*Consolida orientalis* (Gay.) Schröd. (Ran.)] tohumlarının çimlenme biyolojisi üzerine araştırmalar. *Türkiye IV. Bitki Koruma Kongresi* (28-30 Haziran, Kahramanmaraş) 492.
- Shim, D., Ko, J.H., Kim, W.C., Wang, Q., Keathley, D.E., Han, K.H. 2014. A molecular framework for seasonal growth-dormancy regulation in perennial plants. *Nanjing Agricultural University, Horticulture Research*. pp: 59.
- Suttle, J.C. 1998. Involvement of ethylene in potato microtuber dormancy. *Plant Physiology*, 118(3): 843-848.
- Şehirli, S. 2002. Tohumluk ve Teknolojisi. Fakülteler Matbaası Vefa İstanbul S:464. 3.Baskı ISBN: 975-94559:1-9.
- Şin, B., Kadioğlu, İ., Altuntaş, G., Kekeç, M., Kazankıran, T. 2018. Çeti [*Prosopis farcta* (Banks&Sol.) J.F.Mac.]'nin tohum çimlenme biyolojisinin araştırılması, *Turkish Journal of Weed Science*, 21(1): 53-60
- Tursun, A.Ö. 2020. *Salvia verticillata* L. (Dadıрак)'nın tohum dormansisinin kırılmasında farklı uygulamaların etkileri. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 2(Suppl 1): 30-37.
- Uludağ, A., Özer, Z. 1999. Farklı sıcaklıklarda bazı mekanik işlem ve kimyasal madde uygulamalarının boynuz otu (*Cerastium dichotomum* L.), boynuzlu yoğurt otu (*Galium tricornutum* Dandy), çoban tarağı (*Scandix pecten-veneris* L.) ve yapışkan otu (*Asperula arvensis* L.)'nun çimlenmelerine etkisi. *Türkiye Herboloji Dergisi*, 2(1): 6-16.
- Voltaire, F., Norton, M.R., 2006. Summer dormancy in perennial temperate grasses. *Annals of Botany*, 98(5): 927-933.
- Voltaire, F., Seddaiu, G., Ledda, L., Lelievre, O.F. 2009. Water deficit and induction of summer dormancy in perennial Mediterranean grasses. *Annals of Botany*, 103(8): 1337-1346.
- Yazlık, A. 2015. Kanyaş [*Sorghum halepense* (L.) Pers.]'in Marmara Bölgesindeki yaygınlığı, yoğunluğu, biyolojisi ve alternatif mücadele olanaklarının belirlenmesi. *Mustafa Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi*, Hatay.
- Willis, C.G., Baskin, C.C., Baskin, J.M., Auld, J.R., Venable, D.L., Cavender-Bares, J., NESCent Germination Working Group. 2014. The evolution of seed dormancy: environmental cues, evolutionary hubs, and diversification of the seed plants. *New Phytol*, 203: 300-309.

**KEKİK VE ÇÖREK OTU YAĞININ BROYLER BESLEMEDE KULLANIMININ
BAZI İÇ ORGAN AĞIRLIKLARI, BAZI KARKAS PARAMETRELERİ VE DIŞKI
AMONYAK SEVİYESİ ÜZERİNE ETKİSİ**

Özlem DURNA*(ORCID:0000-0003-4532-6795)

Dicle Üniversitesi Veterinerlik Fakültesi, Hayvan Beslenmesi ve Beslenme Hastalıkları
Anabilim Dalı, Diyarbakır, Türkiye,
Email:odurna36@gmail.com

Gültekin YILDIZ

Ankara Üniversitesi Veterinerlik Fakültesi, Hayvan Beslenmesi ve Beslenme Hastalıkları
Anabilim Dalı, Ankara, Türkiye

Giriş

Antibiyotikler; mantarlar ve algler tarafından üretilen düşük molekül ağırlığına sahip, düşük konsantrasyonlarında dahi diğer mikroorganizmaların gelişimini inhibe eden mikrobiyal metabolitlerdir Tarımın en önemli kolu olan hayvancılık sektörü içerisinde önemli bir yer tutan kanatlı endüstrisinde de büyüme ve gelişmeyi teşvik etmek amacıyla uzun yıllar antibiyotikler kullanılmıştır. Üstelik bu miktar tedavi amaçlı kullanılan antibiyotiklerin yaklaşık olarak beş katıdır (Nir ve Şenköylü, 2000). AB tarafından 2002 yılında alınan bir kararla 2006 yılı başından itibaren bütün antibiyotiklerin yem katkı maddesi olarak yemlere katılması yasaklanmıştır (Ceylan ve ark., 1996, Çetin ve Yıldız, 2004). Antibiyotiklerin ve büyütme faktörü olarak kullanılan diğer bazı kimyasal maddelerin kullanımının yasaklanmasıyla bu maddelere alternatif olabilecek diğer yem katkı maddeleri arayışı gündeme gelmiştir. Avrupa Birliği hayvan yemlerinde büyüme uyarıcı olarak antibiyotik kullanımını, 01 Ocak 2006 tarihinden itibaren (70/524/EEC Direktif ve 1831/2003/EC sayılı yönetmelikle) tamamen yasaklamıştır (Anonymous, 2003). Hayvan beslemede performansı arttırmak, hayvan sağlığını korumak ve hayvansal ürünlerin miktar ve kalitesini olumlu yönde etkilemek için çeşitli yem katkı maddeleri kullanılmaktadır. Bu yem katkı maddeleri probiyotikler, prebiyotikler, enzimler ve organik asitler dışında çeşitli aromatik bitkiler ve bu bitkilerden elde edilen ekstraktlardır. Bu amaçla aromatik bitkilerden elde edilen bitkisel ekstraktlar antifungal, antibakteriyel, antiviral, antioksidan ve antilipidemik özellikleri (Lambert ve ark., 2001) ile ön plana çıkmaktadır. Türkiye’de “kekik” olarak tanımlanan Lamiaceae familyasına ait pek çok hoş kokulu bitki türü bulunmasına rağmen, özellikle uçucu yağı karvakrol ve timol içeren türler “kekik” olarak kabul edilmektedir. Bu türler arasında Thymus, Origanum, Satureja, Thymbra ve Coridothymus cinsleri hem yayılış olarak hem de ekonomik olarak büyük önem taşımaktadır. Türkiyede Thymus, Origanum, Satureja, Thymbra cinslerine giren türlerden faydalanılır (Çakmakçı ve ark., 2009). Kekik *Origanum* türlerinin genel ticari ismidir ve başta karvakrol ve az oranda da timol olmak üzere fenolik monoterpeneoidlerden zengindir (D’antuono ve ark., 2000). Karvakrol metil eter, *p*-cymene; γ -terpinene, timol metil eter, karvakrol asetat, timol asetat, *p*-cymenene, *p*-cymen-8-ol, *p*-cymen-7-ol, timokinon ve timohidrokinon gibi bir dizi kimyasal kompozisyon kekiğin yağında bulunmaktadır. Çörek otu, *Ranunculaceae* (*Düğünçiçeğigiller*) familyasının *Nigella sativa* türü olup, bitki çeşitliliği bakımından oldukça zengin olan ülkemizde siyah tohum, siyah kimyon veya bereket tanesi olarak ifade

edilmektedir. Bölgenin iklimine bağılı olarak farklılık göstermekle birlikte çörek otutohumlarının yapısında, uçucu yağlar (% 0.4-0.45), sabit yağlar (% 32-40) proteinler (% 16-19.9), amino asitler, alkaloidler, tanenler, saponinler, lifler (5.5%), karbonhidratlar (% 33.9), mineraller (% 1.79-3.44), askorbik asit, tiamin, niasin, pridoksin ve folik asit bulunmaktadır. Sabit yağın yapısında doymamış yağ asitlerinden oleik asit, linoleik asit, eikozadienoik, araşdonik asit ve linolenik asit bulunurken, doymuş yağ asitlerinden ise miristik asit, palmitik asit ve stearik asit bulunmaktadır. Uçucu yağın yapısında ise nigellon, karvakrol, p-cymene, d-limonen, α ve β -pinen'in yanı sıra farmakolojik olarak aktif temel bileşenlerden başlıca timokinon, ditimokinon, timohidrokinon ve timol yer aldığı bildirilmiştir (Randhawa ve Al-Ghamdi 2002).

1. Materyal ve Metod

Hayvan Materyali

Araştırmada hayvan materyali olarak 216 adet günlük Ross 308 erkek broyler civciv kullanıldı. Her biri 54 civcivden oluşan 4 grup düzenlendi. Her bir grup 6 civcivden oluşan 9 alt gruba ayrıldı. Deneme, her biri 90 cm uzunluğunda, 80 cm genişliğinde ve 80 cm yüksekliğindeki toplamda 36 bölmede bir kontrol (K) üç deneme (T, B ve BT) grubu olacak şekilde yürütüldü. Bu çalışma Ankara Üniversitesi Hayvan Deneyleri Yerel Etik Kurulu (AÜ-HAYDEK/ 2014-16-98) raporunun izni ile gerçekleştirilmiştir.

Yem Materyali

Her bir gruba civciv döneminde (0-10 gün) etlik civciv başlangıç yemi (% 23,00 HP ve 3000 kcal/kg ME), 11-24 Gün % 21,50 HP ve 3100 kcal/kg ME) büyütme yemi, 25-42. gün ise (%19,50 HP ve 3200 kcal/kg ME) etlik piliç bitirme yemi verildi. Araştırma rasyonlarının temelini mısır, soya küspesi ve tam yağlı soya oluşturmuştur. Kontrol grubu temel rasyon ile beslenirken, deneme grupları ise temel (K) rasyona sırasıyla 250 mg/kg kekik ekstraktı (T), 100 mg/ kg çörek otu ekstraktı (B), 250 mg/kg kekik ekstraktı ile 100 mg/ kg çörek otu ekstraktı (BT) birlikte kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan konsantre yem karmalarının ham besin madde miktarları AOAC (2000)'de bildirilen metotlara göre belirlenmiştir. Rasyon bileşimleri NRC (1994) verilerine göre hazırlandı. Rasyon Tablo 1'de verimiştir.

Tablo 1. Denemede kullanılan rasyon bileşimi (%) ve analiz sonuçları			
Hammadde, %	0-11	11-25	25-42
Mısır	40	35	40
Buğday	0	13,85	11
Kırık pirinç	9,3	5	5
Soya küspesi	23,42	22,5	20
Tam yağlı soya	15	10	9
Et-kemik unu	2,75	3	2,5
Tavuk unu	2,5	2	2
Bitkisel yağ	3,5	5,5	7,5
Mermer tozu	0,55	0,55	0,55
DCP	1,2	1	1
Maya	0,3	0,3	0,3
DL -metiyonin	0,35	0,3	0,15
L-lizin	0,15	0,05	0,05
Sodyum bikarbonat	0,2	0,2	0,2
Tuz	0,3	0,3	0,3
Vit-min karması	0,3	0,3	0,3
Fitaz	0,1	0,1	0,1
L-treonin	0,08	0,05	0,05
Toplam	100	100	100
Ham Protein	23,18	21,40	20,73
ME (kcal/kg)	3045,46	3140,70	3259,92

Vit. A 12.000.000 IU/kg, Vit D3 2.500.000 IU/kg, Vit. E 40.000 mg/kg, Vit K3 5.000 mg/kg, Vit B1 2.500 mg/kg, Vit B2 6.000 mg/kg, Vit B6 5.000 mg/kg, Vit B12 20 mg/kg, Pantotenik Asit 15.000 mg/kg, Niasin 25.000 mg/kg, Folik Asit 1.000 mg/kg, Biotin 50 mg/kg, Bakır 5.000 IU/kg, İyot 1.000 IU/kg, Kobalt 200 mg/kg, Selenyum 150 mg/kg, Demir 60.000 mg/kg, Çinko 60.000 mg/kg, Mangan 80.000 mg/kg

Deneme Düzeni ve Deneme Süresi

Deneme Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Eğitim Araştırma ve Uygulama Çiftliği Broiler Deneme Kümesinde yürütülmüştür. Günlük civcivlerin günlük tüketebilecekleri miktarda grup yemlemesi yapılarak yem sürekli olarak yemliklerde bulundurulmak suretiyle *ad libitum* yemleme yapılmıştır. Hayvanlar 6 hafta süresince kontrol ve deneme grupları için hazırlanmış rasyonlar ile beslenmiştir. Su her bölmede bulunan iki adet damla tipi (nıPELLI) sulukla *ad libitum* olarak verilmiştir. Çalışmada altlık materyali olarak odun talaşı kullanıldı. Aydınlatma için gündüz gün ışığı, gece ise ampuller kullanılmıştır. Kümesin ısıtılması elektrikli ısıtıcılarla sağlanmıştır. Kümes sıcaklığı ilk hafta için ortam sıcaklığının 32-35°C, bu dönemi takip eden iki haftada içinde 22-24°C ve son iki haftada ise 20°C düzeylerinde olmasına dikkat edildi. Havalandırma, boyutları 40×40 cm olan 3 adet vantilatör ve 70×90 cm olan 4 adet pencereden yararlanılmıştır.

Kesim İşlemi

Denemenin 42. gününde tüm hayvanlar bireysel olarak tartılmış ve her alt gruptan 1 adet civciv alt grup ağırlık ortalaması dikkate alınarak seçildi ve toplamda 36 adet hayvan araştırılacak parametrelerinin değerlendirilmesi amacıyla uygun yöntemler ile kesilmiştir.

Sıcak Karkas Randımanının Belirlenmesi

Çalışmanın 42. gününde kesim işleminden sonra sıcak karkas ağırlıklarını belirlemek amacıyla karkaslar tartıldı. Sıcak karkas ağırlığı, kesim öncesi ağırlığa bölünerek sıcak karkas randımanı aşağıdaki formül ile hesaplanmıştır:

Sıcak karkas randımanı, % = (Sıcak karkas ağırlığı, g / canlı ağırlık, g) x 100

Karkas ve İç Organ Ağırlıklarının Belirlenmesi

Araştırmanın 42. gününde kesilen her hayvana ait dalak, bursa fabricius ve timus tartılarak ağırlıkları belirlendi. Ağırlıklar ±10 mg'a duyarlı terazi ile tartılarak belirlenmiştir. Organların ağırlıkları 100 g CA'a oranları hesaplanmıştır.

Dışkı Nem Düzeyinin Belirlenmesi

Denemenin 41. gününde bölmelerin altına nalyon örtülerek toplanan taze dışkıların nem düzeyi AOAC (2000)' de belirtilen metoda göre belirlenmiştir. Toplanan dışkılar daha önceden kurutulmuş ve darası bilinen petri kaplarına tartılarak 105 °C' de 8 saat kurutuldu. Bu işlemin devamında petri kapları desikatöre alınarak soğutulmuş ve tartılmıştır.

Dışkı Amonyak Düzeyinin Belirlenmesi

Denemenin 41. gününde bölmelerin altına nalyon örtülerek toplanan taze dışkılarından 1,5 gr tartılarak üzerine 10 ml distile su ilave edilir. Daha sonra 30 dk süresince soğutmalı çalkalamalı inkübatörde +4 °C'de çalkalanır. Ardından karışmış dışkı içeriği süzgeç kağıdı ile süzülür. Numune 19000 rpm'de 4 derecede 15 dakika santrifüj edilir. 50 mikrolitre süpernatant sıvıdan alınarak indofenol yöntemine uygun olarak olüsyonları eklenip tüpler parafinle kapatılır alt-

üst edilir. 60 °C derecede su banyosunda 10 dakika tutulur ve bir taraftan da sallanır. Amonyok konsantrasyonu 546 nm’de spektrofotometre ile ölçülür (McCullough, 1967).

İstatistik Analizler

Gruplara ait istatistiksel hesaplamalar ve grupların ortalama değerleri arasındaki farklılıkların önemliliği için tek yönlü varyans analiz metodu (ANOVA), gruplar arası farkın önemlilik kontrolü için de uygun ileri aşama testi (Tukey) uygulanacaktır. Gruplar arasında ölüm oranı bakımından bir farklılığın olup olmadığının kontrolünde Ki-Kare testi kullanılacaktır. İstatistik analizler SPSS (Inc.,Chicago, II,USA) programı ile yapılacaktır.

2. Bulgular

Çalışmaya ait bulgular aşağıdaki Tablo 2, Tablo 3 ve Tablo 4’ de verilmiştir.

Tablo 2. Kekik ve çörek otu ekstraktlarının ilavesinin ortalama kesim öncesi canlı ağırlık (g), sıcak karkas ağırlıkları (g) ve sıcak karkas randımanları (%)

Deneme Grupları	n	K		T		B		BT		P
		\bar{x}	S \bar{x}	\bar{x}	S \bar{x}	\bar{x}	S \bar{x}	\bar{x}	S \bar{x}	
Kesim öncesi canlı ağırlık (g)	9	3180,22	34,37	3283,33	67,65	3228,66	47,24	3272,44	22,51	0,388
Sıcak karkas ağırlığı (g)	9	2366,66	32,56	2457,22	54,55	2419,22	38,57	2439,44	21,53	0,394
Sıcak karkas randımanı (%)	9	74,42	0,74	74,83	0,45	74,92	0,26	74,54	0,48	0,895

İstatistiksel olarak önemsizdir ($P<0,05$). Değerler her bir grupta yer alan 9 alt grubun ortalamasını (\bar{x}) ve standart hatasını (S \bar{x}) göstermektedir. .K:Kontrol grubu, T: 250 mg/kg kekik ekstraktı, B: 100 mg/kg çörek otu ekstraktı, BT: 250 mg/kg kekik ekstraktı ve 100 mg/kg çörek otu ekstrakt

Tablo 3. Kekik ve çörek otu ekstraktlarının ilavesinin ortalama iç organ ve bağırsak ağırlıkları (g) ile bunların 100 g canlı ağırlığa (CA) oranları

Deneme Grupları	n	K		T		B		BT		P
		\bar{x}	S \bar{x}	\bar{x}	S \bar{x}	\bar{x}	S \bar{x}	\bar{x}	S \bar{x}	
Timus ağırlığı	9	16,36	0,95	17,00	1,42	18,07	1,44	19,40	1,48	0,415
Timus oranı / 100 g CA	9	0,51	0,03	0,51	0,04	0,56	0,04	0,59	0,04	0,536
Dalak ağırlığı	9	3,68	0,31	3,90	0,40	3,99	0,37	4,63	0,25	0,250
Dalak oranı g/100 g CA	9	0,11	0,009	0,11	0,01	0,12	0,01	0,14	0,007	0,307
Bursa fabricius ağırlığı	9	5,67	0,45	6,38	0,25	6,86	0,61	6,64	0,54	0,352
Bursa fabricius oranı g/100 g CA	9	0,17	0,01	0,19	0,008	0,21	0,02	0,20	0,01	0,492

İstatistiksel olarak önemsizdir ($P<0,05$). Değerler her bir grupta yer alan 9 alt grubun ortalamasını (\bar{x}) ve standart hatasını (S \bar{x}) göstermektedir. .K:Kontrol grubu, T: 250 mg/kg kekik ekstraktı, B: 100 mg/kg çörek otu ekstraktı, BT: 250 mg/kg kekik ekstraktı ve 100 mg/kg çörek otu ekstraktı

Tablo 4. Kekik ve çörek otu ekstraktlarının ilavesinin dışkı amonyak düzeyi (mM) ve dışkı nem düzeyi üzerine etkisi (%)

Deneme Grupları		K		T		B		BT		P
Dönemler	n	\bar{x}	S \bar{x}	\bar{x}	S \bar{x}	\bar{x}	S \bar{x}	\bar{x}	S \bar{x}	
Dışkı amonyak düzeyi (mMol)	9	3,59	0,46	3,36	0,28	3,06	0,22	3,05	0,24	0,569
Dışkı nem düzeyi (%)	9	82,00	0,94	81,29	0,55	82,30	0,76	80,55	0,76	0,390

İstatistiksel olarak önemsizdir ($P<0,05$). Değerler her bir grupta yer alan 9 alt grubun ortalamasını (\bar{x}) ve standart hatasını (S \bar{x}) göstermektedir. K:Kontrol grubu, T: 250 mg/kg kekik ekstraktı, B: 100 mg/kg çörek otu ekstraktı, BT: 250 mg/kg kekik ekstraktı ve 100 mg/kg çörek otu ekstraktı

3. Sonuç

Sonuç olarak broyler rasyonlarına 250 mg/kg kekik ekstraktı, 100 mg/kg çörek otu ekstraktı, 250 mg/kg kekik ekstraktı ile 100 mg/kg çörek otu ekstraktı kekik ve çörek otu yağı ilavesinin bazı karkas parametreleri, iç organ ağırlıkları ve dışkı amonyak düzeyi yönünden incelendiğinde istatistiksel olarak anlamlı bulunamamıştır. Bu araştırmadan elde edilen veriler ışığında, aromatik bitkiler ve ekstraktları ile yapılacak çalışmalarda kullanılan bitki türü, elde edildiği bölge, içerdiği esansiyel yağ ve biyolojik aktif madde içeriği oldukça önemli oranda çeitlilik göstermektedir. Bu nedenle bu alanda yapılacak çalışmalar için önden bir doz çalışması ile etkin doz belirlenmeli daha sonra hayvan denemeleri yapılmalıdır. Bir diğer yaklaşım ise aromatik bitki ve ekstraktları yerine bu bitkilere ait etken maddelerin hayvan beslemede kullanımını daha etkili olacaktır.

Bu çalışma Ankara Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyonu tarafından 15L0239004 proje numarasıyla fonlanmıştır. Cıvciv tedarigi için Beypi A.Ş.'ye teşekkür etmek isteriz.

- **Bu bildiri doktora tez çalışmasından üretilmiştir.**

Kaynaklar

- ANONYMOUS (2003). Official Journal of The European Union, Regulation (EC) No 1831/2003 of the European Parliament and of the Council of 22 September 2003 on Additives for Use in Animal Nutrition. Pages L268/29-L268/43 in OJEW of 10/18/2003.
- AOAC (2000). Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 17th Ed., AOAC International, Maryland, USA..
- CEYLAN A (1996). Tıbbi Bitkiler II (Uçucu Yağ Bitkileri). Ege Üniv. *Ziraat Fakültesi Yayınları*, İzmir.
- ÇAKMAKÇI R, ERDOĞAN Ü, KOTAN R, ERDOĞAN Y, METE E (2009). çoruh vadisinde origanum acutidens populasyonlarının uçucu yağ kompozisyonu ve oranlarındaki varyasyon. Türkiye VIII. Tarla Bitkileri Kongresi, 2: 311-314 ,19-22 Ekim, Hatay.
- ÇETİN T, YILDIZ G (2004). Esansiyel Yağların Yem Katkı Maddesi Olarak Kullanımı. *Yem Magazin*. 38: 41-47.
- D'ANTUONO LF, GALLETİ GC, BOCCHİNİ P (2000). Variability of essential oil content and composition of origanum vulgare I. populations from a north mediterranean area (Liguria Region, Northern Italy). *Annals of Botany*, 86: 471– 478.
- LAMBERT R. J, SKANDAMIS PN, COOTE PJ, NYCHAS GJ (2001). A study of the minimuminhibitory concentration and modeofactionof oregano essential oil, thymol and carvacrol. *Journal of Applied Microbiology*, 91 (3): 453-462
- McCULLOUGH H (1967). The determination of ammonia in whole blood by a direct colorimetric method. *Clin. Chim. Acta*. 17: 297-304. Corona,1999
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL (1994). Nutrient Requirements of Poultry, 9th Revised Ed. Washington, DC. National Academy of Sciences.
- NIR I, ŞENKÖYLÜ N (2000). Kanathılar için Sindirimi Destekleyen Yem Katkı Maddeleri. *Roche*, 9: 77-120.
- RANDHAWA MA, Al-GHAMDI MS (2002). A review of the pharmaco-therapeutic effectes of Nigella sativa. *Pakistan J Med Res*, 41 (2): 77-83.
- SPSS. Statistical Packages for the Social Sciences, 20th ed., IBM Inc, Chicago, USA; 2011.

BUZAĞILARDA ABOMASAL GEÇİŞ PROBLEMİ

Arş. Gör. Ramazan AYAŞ (ORCID:0000-0002-3400-243X)

Necmettin Erbakan Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Konya

Email:ramazanayasci@gmail.com

Özet

Buzağular sütten kesim öncesi yaşta hastalıklara daha çok yakalanmaktadır. Çünkü bu dönemde buzağı bağışıklığı tam gelişmemiştir. Buzağı hastalıkları denildiğinde akla ilk olarak ishal ve solunum sistemi hastalıkları gelmektedir. Fakat son yıllarda farklı hastalıklarda popülerliğini arttırmıştır. Bunlardan bir tanesi abomasal geçiş problemi adı verilen hastalıktır. Abomasum geçiş, kimüsün bağırsak yoluna geçmeden önce abomasum da kaldığı zaman aralığını ifade eder ve bu durum insanlardaki gastrik geçişe benzer bir kavramdır. Bu hastalık durumunda besinler abomasumda normalden daha uzun süre kalmakta ve buzağularda ölüm şekillenmektedir. Buzağularda abomasal geçiş problemi genelde sporadik olarak meydana gelmekle birlikte bazı bakım ve besleme hatalarında sürü genelinde görülebilmektedir. Abomasum boşalma süresinin artmasının birçok sebebi vardır. Türkiye’de bulunan saha hekimleri de son yıllarda abomasal geçiş problemi ile sıklıkla karşılaştıklarını bildirmektedir. Veteriner hekimlerden alınan bilgiye göre bu vakıaların büyük bir kısmı ishal şikâyeti ile başlamaktadır. Veteriner hekimin ishal tedavisine ek olarak oral yolla süt yerine elektrolit solüsyon uygulaması sonrasında ishal durumu düzelmekte fakat elektrolit solüsyondan adaptasyon periyodu uygulanmaksızın süt ya da buzağı maması verildiğinde abomasal geçiş problemi ile karşılaşıldığı bildirilmektedir. Ek olarak bu hastalığın artmasının temel sebebi son yıllarda buzağı besleme stratejilerinin değişmesi olabilir. Eski besleme stratejilerinde buzağular vücut ağırlığının %10’u kadar sütü 2 öğün şeklinde tüketirken şimdilerde süt miktarı ve öğün sayısı arttırılmaktadır. Buna ek olarak tüm dünyada buzağı beslemede süte bir alternatif olarak buzağı mamaları kullanılmaktadır. Buzağı beslemedeki son gelişmelerden bazıları buzağularda abomasum geçiş oranlarını değiştirme potansiyeline sahiptir. Bu derlemede abomasal geçişi etkileyen faktörler, abomasal geçiş ile besleme arasındaki ilişki, abomasal geçiş problemi tedavisi ve abomasal geçiş problemine karşı profilaksi hakkında detaylı bilgi verilecektir.

Anahtar Kelimeler: Abomasal Geçiş, Buzağı, Besleme, Eritromisin

ABOMASAL TRANSITION PROBLEM IN CALVES

Abstract

Calves are more likely to get sick before weaning because the calf's immunity is not fully developed during this period. When it comes to calf diseases, diarrhea and respiratory system diseases come to mind first. However, in recent years, different diseases have also increased their popularity. One of these is the disease called abomasal transit problem. Abomasal transit refers to the period during which chyme remains in the abomasum before passing into the intestinal tract, and this is a concept similar to gastric transit in humans. In this disease, nutrients remain in the abomasum for a longer time than normal, and death occurs in calves. Although abomasal transit problems in calves generally occur sporadically, they can be seen throughout the herd in some care and feeding errors. There are many reasons for the increase in abomasal emptying time. Field veterinarians in Turkey also report that they have frequently encountered abomasal transit problems in recent years. According to the information received from veterinarians, most of these cases begin with diarrhea complaints. In addition to the diarrhea treatment by the veterinarian, the diarrhea improves after oral administration of electrolyte solution instead of milk, but it has been reported that abomasal transit problem is encountered when milk or calf food is given without an adaptation period from the electrolyte solution. In addition, the main reason for the increase in this disease may be the change in calf-feeding strategies in recent years. In old feeding strategies, calves consumed milk equal to 10% of their body weight in 2 meals, while now the amount of milk and the number of meals have increased. In addition, calf formulas are used as an alternative to milk in calf feeding all over the world. Some of the recent developments in calf feeding have the potential to change abomasum transit rates in calves. In this review, detailed information will be given about the factors affecting abomasal transit, the relationship between abomasal transit and feeding, treatment of abomasal transit problem, and prophylaxis against abomasal transit problem.

Keywords: Abomasal Transition, Calf, Feeding, Erythromycin

1. GİRİŞ

Buzağılar sütten kesim öncesi yaşta hastalıklara daha çok yakalanmaktadır. Buzağı hastalıkları denildiğinde akla ilk olarak ishal ve solunum sistemi hastalıkları gelmektedir. Fakat son yıllarda farklı hastalıklarda popülarlığını arttırmıştır. Bunlardan bir tanesi abomasal geçiş problemi adı verilen hastalıktır. Türkiye’de bulunan saha hekimleri de son yıllarda abomasal geçiş problemi ile sıklıkla karşılaştıklarını bildirmektedir. Bu hastalığın artmasının temel sebebi son yıllarda buzağı besleme stratejilerinin değişmesi olabilir. Eski besleme stratejilerinde buzağılar vücut ağırlığının %10’u kadar sütü 2 öğün şeklinde tüketirken şimdilerde süt miktarı ve öğün sayısı arttırılmaktadır (Burgstaller et al., 2017). Buna ek olarak tüm dünyada buzağı beslemede süte bir alternatif olarak buzağı mamaları kullanılmaktadır. Buzağı beslemedeki son gelişmelerden bazıları buzağılarda abomasum geçiş oranlarını değiştirme potansiyeline sahiptir.

Abomasum geçiş, kimüsün bağırsak yoluna geçmeden önce abomasum da kaldığı zaman aralığını ifade eder ve bu, insanlardaki gastrik geçişe benzer bir kavramdır. Abomasal geçiş süresinin artmasının birçok sebebi vardır. Bu derlemede abomasal geçiş etkileyen faktörler ve abomasal geçiş ile besleme arasındaki ilişki hakkında detaylı bilgi verilecektir.

Tablo1: Abomasal geçiş hızlandırıcı ve yavaşlatıcı durumlar

Abomasal geçiş hızlandırıcı ve yavaşlatıcı durumlar			
Hızlandırıcı durumlar		Yavaşlatıcı durumlar	
1	Buzağuların buğday içeren mamalarla beslenmesi	1	Tek seferde fazla miktarda besleme
2	Buzağuların balık içeren mamalarla beslenmesi	2	İki öğün arası sürenin uzaması
3	Buzağuların soya içeren mamalarla beslenmesi	3	Mide sondası ile besleme
4	Eritromisin uygulaması	4	Yüksek kalorili besleme
5		5	Süt ve buzağı mamalarının ozmolaritesinin fazla olması
6		6	Abomasal basıncın fazla olması
7		7	Yüksek glukoz içeren oral elektrolit solüsyonlarla besleme
8		8	Abomasum pH’sının 2’den az olması
9		9	Abomasum pH’sının 10’dan fazla olması
10		10	Ani besleme değişiklikleri
11		11	Abomasum ülseri
12		12	Hiperglisemi
13		13	Su nitrat düzeyinin fazla olması
14		14	Bezuar oluşumu

2. ABOMASAL GEÇİŞ

Abomasal geçiş hızı, yutulan yemin hacmi ve ozmolaritesi, hareketlilik, ortam basıncı, abomasal duvar kasılmaları ve sindirilen maddenin viskozitesi gibi birkaç faktörden etkilenmektedir. (Burgstaller et al., 2017; Thomas, 1957) Geviş getiren hayvanlardaki ön mideler anatomik açıdan mono gastrik hayvanlarınkinden farklı olsa da mide geçişi için benzer mekanizmalar tanımlanmıştır (Malbert & Ruckebusch, 1991). Buzağılara 2 litre buzağı maması içirildiğinde abomasum geçiş süresi 190-206 dakika olduğu bildirilmiştir (Marshall et al., 2008; Sen et al., 2006). Buzağılar 2 litre buzağı tam yağlı sütle beslendiğinde abomasum geçiş süresi 129-191 dakika sürmektedir (Constable et al., 2009; Nouri et al., 2008).

3. VAGAL SİNİR HASARINA BAĞLI ABOMASAL GEÇİŞ PROBLEMİ

Abomasum hareketliliği ve geçişi hem nöral hem de hormonal kontrol altındadır. Abomasal hareketlilik öncelikle abdominal vagal sinirin ventral dalı tarafından kontrol edilir (Habel, 1956). Vagal sinir hasarı durumunda abomasal geçiş bozulabilir. Vagal sinir hasarı yemek borusundan kaynaklanan enfeksiyöz hastalıklardan, vena jugularis'te meydana gelen tromboflebitinden veya peritonitten kaynaklanabilir. Bu sinir hasarı hiçbir klinik belirtiyeye yol açmayabilir ve abomasal geçişte kronik bir azalmaya neden olarak abomasum tıkanmasına yol açabilir (Burgstaller et al., 2017).

4. BAZI HORMON VE ENZİMLERE BAĞLI ABOMASAL GEÇİŞ PROBLEMİ

Abomasal geçişi birçok enzim ve hormon etkilemektedir. Özellikle sekretin, kolesistokinin, somatostatin, gastrin, vazopressin, oksitosin ve glukagon abomasal hareketliliği ve geçiş hızını etkilemektedir (Bell & Webber, 1979; Yasuda et al., 1988). Sekretin ve kolesistokinin abomasal duvardaki elektriksel potansiyeli etkileyerek abomasal geçişi yavaşlatmaktadır (McLeay & Bell, 1981). Nitrik oksit besinlerle alınan nitratın rumen mikrobiyotasının fermantasyonu sonucu oluşan bir gazdır. Kasların gevşemesinde görev yapmaktadır. Bu etkisinden dolayı nitrik oksit abomasal geçişi yavaşlatmaktadır (Adams, 1996). Plazma İnsülin konsantrasyonu abomasal geçişi etkilemektedir. Hiperglisemi olan hayvanlarda ya da eksojen insülin uygulamalarında abomasal geçiş 1-2 saat boyunca %50 oranında azalmaktadır (Meirhaeghe et al., 1988). Saha şartlarında buzağılarda ishal tedavisinde fazla miktarda dekstrozu içeren serumlar verilirse plazma insülin konsantrasyonu artabilir ve abomasal geçiş yavaşlayabilir. Ek olarak Tip 2 ketozis hastalığı olan ineklerin sütlerinde fazla miktarda insülin bulunmaktadır. Bu sütle beslenen buzağılar da abomasal geçiş yavaşlayabilir.

5. BESİNLERİN ABOMASUM DA PIHTILAŞMASINA BAĞLI ABOMASAL GEÇİŞ PROBLEMİ

Yeni doğan buzağılarda abomasumdan rennin adı verilen bir enzim salgılanmaktadır. Bu enzim sütü pihtılaştırmaktadır (Hirpara et al., 2021). Sütün abomasumda pihtılaşması abomasal geçişi yavaşlatmaktadır. Bu sebepten dolayı süt ve süt tozu içeren buzağı mamaları abomasumda pihtılaşmakta ve abomasal geçiş yavaşlamaktadır. Süt tozu içermeyen buzağı mamaları abomasumdan hızlı şekilde geçmektedir (Le Huërou-Luron et al., 1998).

6. BESLEME MİKTARINA BAĞLI ABOMASAL GEÇİŞ PROBLEMİ

Buzağılarda abomasumun sabit bir hacmi yoktur. Besleme stratejilerine göre abomasum hacmi artıp azalabilmektedir. 7-30 günlük yaştaki buzağılarda, ultrasonografiyle ölçülen boş abomasum hacmi ortalama 62 ml'dir (Wittek et al., 2005). Buzağılar 1 L süt tükettikten sonra abomasum hacmi 897 ml, 2 L süt tükettikten sonra 1.711 ml ve 3 L süt tükettikten sonra abomasum hacmi 2.956 ml olduğu bildirilmiştir (Wittek et al., 2005). Buzağılar az miktarda ve çok öğün beslendiğinde abomasum hacmi az olurken tek seferde fazla miktarda beslendiğinde abomasum hacmi artacaktır. Buzağılar, tek seferde fazla miktarda beslemeyi bir dereceye kadar tolere edebilirler (Von Keyserlingk et al., 2006). Ancak, beslenme sırasında buzağıya verilen süt hacmi ne kadar fazlaysa, süt abomasumda o kadar uzun süre kalacaktır. Bu nedenle, daha sık ve daha az miktarda sütü tercih eden beslenme programları abomasal geçiş problemlerini azaltabilir.

7. SÜT VE MAMALARIN OZMOLALİTESİ VE ENERJİ YOĞUNLUĞUNA BAĞLI ABOMASAL GEÇİŞ PROBLEMİ

Abomasal geçiş problemlerinin sebeplerinden birisi buzağılara içirilen besinlerin ozmolalitesi ve enerji yoğunluğu ile alakalıdır (JN, 1968). İzotonik NaHCO_3 gibi düşük kalorili izotonik sıvılar abomasumdan hızla geçmektedir (Sen et al., 2006). Hipertonik solüsyonların (>300 mOsm/L) izotonik elektrolit solüsyonlara kıyasla abomasal geçiş hızı daha yavaştır. Ek olarak çok hipertonik (≥ 600 mOsm/L) solüsyonların abomasal geçiş hızı çok yavaşlatır (Bell & Razig, 1973). Hipertonik bir oral elektrolit (717 mOsm/L) ile beslenen buzağılar, daha düşük ozmolariteli (360 mOsm/L) oral elektrolit ile beslenen buzağılara kıyasla abomasal geçiş hızı daha yavaştır (Nouri & Constable, 2006). Farklı solüsyonların abomasal geçiş süresi ile ilgili yapılan bir çalışmada izotonik sodyum asetat, NaHCO_3 ve NaCl solüsyonlarının abomasal geçiş oranlarının benzer olduğu fakat %20 ham protein ve %20 ham yağ içeren bir süt ikamesinin geçiş oranının çalışmada belirtilen diğer solüsyonlardan önemli ölçüde daha yavaş olduğu bildirilmiştir (Marshall et al., 2005). Bu durumun sebebi süt ikamesinin enerji ve proteince zengin olması olabilir. Sonuç olarak buzağı beslemede kullanılan sıvı besinlerin enerji yoğunluğu ve ozmolaritesinin artması abomasal geçiş hızını yavaşlatabilmektedir (Burgstaller et al., 2017).

8. DÜŞÜK VE YÜKSEK ABOMASAL PH'YA BAĞLI ABOMASAL GEÇİŞ PROBLEMİ

Ruminantlarda bulunan abomasum mono gastrik hayvanlarda bulunan mideye karşılık gelmektedir. Abomasum pH'sı 1-3 arasında olmaktadır. Abomasumun düşük pH'da olması patojen mikro organizmaların çoğalmasını engellemektedir. Fakat pH'nın aşırı düşmesi abomasum mukozasına zarar verebilmektedir (Constable et al., 2005). Abomasum pH'sının 2'den düşük olması yada 10'dan yüksek olması durumunda abomasal geçiş yavaşlamaktadır (Bell et al., 1981).

9. SÜT VE MAMALARIN GLİKOZ KONSANTRASYONUNA BAĞLI ABOMASAL GEÇİŞ PROBLEMİ

Periferik insülin ve glikoz konsantrasyonundaki artışlar, buzağılarda abomasumun elektriksel aktivitesini ve geçiş hızını azaltır (McLeay & Bell, 1981). İnsülin salınımına bağlı glikoz konsantrasyonlarındaki azalmanın bir sonucu olarak, abomasum geçiş hızlanır (Holtenius et al., 2000; Meirhaeghe et al., 1988) Buzağılara verilen elektrolit sıvıların glikoz içeriği abomasal geçişi etkilemektedir. Düşük glikoz içeren elektrolit sıvılar yüksek glikoz içeren elektrolit sıvılara kıyasla daha hızlı abomasum geçiş sağlar (Nouri & Constable, 2006). Literatürde süt veya süt tozu ikamelerinin yağ içeriğinin abomasal geçişi nasıl etkilediğine dair çok az çalışma bulunmaktadır. Bir çalışmada, süt tozunda %5 ila %25 arasında değişen bir domuz yağı konsantrasyonunun 4 ila 6 haftalık buzağılarda abomasal geçiş üzerinde önemli bir etkisi olmadığı bildirilmiştir (Gaudreau & Brisson, 1980).

10. ABOMASAL GEÇİŞ PROBLEMİNİN TEDAVİSİ

Buzağılarda abomasal geçiş probleminin tedavisinde kesin bir ilaç bulunmamaktadır. Fakat abomasum mobilitesini arttırmak amaçlı makrolid grubu anti bakteriyel ilaçlar kullanılmaktadır. Makrolid grubu anti bakteriyel ilaçların kullanılma sebebi bu ilaçların prokinetik etki yapmalarıdır. Özellikle eritromisin çok iyi bir prokinetiktir. Eritromisin bu etkiyi sindirimle ilişkili motor kompleksini uyararak ve abomasumun antral kısmının kasılmalarını arttırarak yapmaktadır (Annese et al., 1992). Eritromisinin prokinetik etkisinin araştırıldığı bir çalışmada eritromisin buzağılara 8.8mg/kg dozda kas içi uygulandığında kısa süre içerisinde abomasal geçiş hızının arttığı bildirilmiştir (Witteck & Constable, 2005). Aynı çalışmada neostigmin uygulamasının abomasal geçiş hızını etkilemediği bildirilmiştir. Benzer bir çalışmada Holstein buzağılarda eritromisin, tilmikosin ve tilozin antibakteriyel dozda kullanıldığında abomasal geçiş hızını en çok eritromisin arttırırken tilozin ve tilmikosin de kontrol grubuna kıyasla abomasal geçiş hızını çok az arttırdığı bildirilmiştir (Nouri & Constable, 2007). Buzağılara abomasal geçiş üzerine normal doz eritromisin, düşük ve yüksek doz gentamisin uygulamasının etkisinin araştırıldığı bir çalışmada eritromisinin abomasal geçişi hızlandırdığı fakat düşük (4.4 mg/kg) veya yüksek (6.6 mg/kg) doz gentamisin uygulamasının abomasal geçişi etkilemediği bildirilmiştir (Nouri et al., 2008). Benzer bir çalışmada buzağılara kas içi eritromisin ya da damar içi ivermektin uygulamasının abomasal geçiş hızına etkisi araştırılmıştır. Çalışma sonucuna göre hem eritromisinin hem de ivermektinin abomasal geçiş hızını arttırdığı bildirilmiştir (Nouri et al., 2008). Fakat ivermektin normalde deri altı uygulandığı için bilinmeyen zararlı etkileri olabilir. Sonuç olarak abomasal geçiş problemi olan buzağuların tedavisinde kas içi yolla normal doz eritromisin uygulaması yapılabilir.

10. BUZAĞILARI ABOMASAL GEÇİŞ PROBLEMİNE KARŞI KORUYUCU UYGULAMALAR

Abomasal geçiş probleminin tedavisi çok zordur. Bu sebepten dolayı Abomasal geçiş problemi ile mücadelede en etkili yol profilaksidir. Bu amaçla;

Zorda kalınmadıkça buzağılara verilen sütler sonda yerine biberonla verilmelidir.

Buzağılara tek seferde fazla miktarda süt ve mama vermek yerine öğün sayısı arttırılmalı ve bir öğünde içirilen miktar azaltılmalıdır.

Buzağılara sunulan suların nitrat düzeyi kontrol edilmelidir. Ruminant beslemede kullanılan sularda nitrat düzeyi 100 ppm nitrat azotunu geçmemelidir(R Ayaş, 2024). Çünkü nitrat sindirim sisteminde nitrik oksite indirgenmektedir. Nitrik oksit abomasal kas kasılmasını azaltarak abomasal geçiş hızını yavaşlatmaktadır (R Ayaş, 2024).

Buzağılarda İshal tedavisinde dekstroz içeriği yüksek serumlar kullanılmamalıdır. Çünkü buzağılarda hiperglisemi olabilmektedir. Hiperglisemi olan hayvanlarda abomasal geçiş 1-2 saat boyunca %50 oranında azalmaktadır (Meirhaeghe et al., 1988).

Buzağılarda ishal tedavisinde kullanılan elektrolit mamaların ozmolaritesi ve enerji düzeyinin düşük olması gerekmektedir. Çünkü yüksek ozmolariteli ve enerjili elektrolit mamalar abomasal geçişini yavaşlatmaktadır.

Buzağılarda ishal tedavisinde kullanılan elektrolit mamalardan süte geçiş kademeli olmalıdır. Bu geçiş sırasında öğün sayısı artırılmalı ve tek seferde içirilen süt miktarı yavaş yavaş artırılmalıdır.

Abomasal geçiş problemi yaşayan işletmelerde buzağılara süt yerine buzağı maması sunulmalıdır. Çünkü buzağılarda abomasumda bulunan rennin enzimi süt proteinlerini pıhtılaştırarak abomasal geçişini yavaşlatabilmektedir.

Abomasal geçiş problemi yaşayan işletmelerde buzağı mamalarında protein kaynağı olarak süt tozu yerine alternatif protein kaynakları kullanılabilir. Çünkü buzağılarda abomasumda bulunan rennin enzimi süt proteinlerini pıhtılaştırarak abomasal geçişini yavaşlatabilmektedir

Buzağıların birbirlerini emmeleri engellenmelidir. Çünkü bu durum buzağıların kıl yutmasına ve sindirim sisteminde bezuar oluşmasına neden olmaktadır. Oluşan bezuar abomasal geçişini yavaşlatabilmektedir.

Abomasum pH'sının aşırı düşüren ya da yükselten durumlardan kaçınılmalıdır.

Buzağı beslemede iki öğün arası süre çok uzun tutulmamalıdır. Bu durum abomasal pH'nın 2'nin altına düşmesine ve abomasal geçişin yavaşlamasına neden olabilmektedir.

Abomasum ülseri ve abomasal köpük durumunda geçiş yavaşlayabilmektedir. Abomasum ülserine neden olabilecek durumlardan kaçınılmalıdır.

Kaynaklar

- Adams, H. R. (1996). Physiologic, pathophysiologic, and therapeutic implications for endogenous nitric oxide. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 209(7), 1297-1302.
- Annese, V., Janssens, J., Vantrappen, G., Tack, J., Peeters, T. L., Willemsse, P., & Van Cutsem, E. (1992). Erythromycin accelerates gastric emptying by inducing antral contractions and improved gastroduodenal coordination. *Gastroenterology*, 102(3), 823-828.
- Ayaş, R. (2024). Causes of Excess Nitrate in Feed and Water Used in Ruminant Nutrition. In *Focus on Agricultural Sciences* (pp. 119-135). Iksad Publications.
- Ayaş, R. (2024). Nitrate Toxication in Ruminants. In *A View of Agriculture From an Academic Perspective* (Vol. 1, pp. 143-156). Iksad Publications.
- Bell, F., Nouri, M., & Webber, D. (1981). The interplay between hydrogen ions, bicarbonate ions and osmolality in the anterior duodenum modulating gastric function in the conscious calf. *The Journal of Physiology*, 314(1), 331-341.
- Bell, F., & Razig, S. (1973). Gastric emptying and secretion in the milk-fed calf. *The Journal of Physiology*, 228(2), 499-512.
- Bell, F., & Webber, D. (1979). A comparison of duodenal osmolality and energy content as controlling factors of gastric emptying in the calf. *The Journal of Physiology*, 297(1), 379-385.
- Burgstaller, J., Wittek, T., & Smith, G. W. (2017). Invited review: Abomasal emptying in calves and its potential influence on gastrointestinal disease. *Journal of dairy science*, 100(1), 17-35.
- Constable, P., Grünberg, W., & Carstensen, L. (2009). Comparative effects of two oral rehydration solutions on milk clotting, abomasal luminal pH, and abomasal emptying rate in suckling calves. *Journal of dairy science*, 92(1), 296-312.
- Constable, P. D., Ahmed, A. F., & Misk, N. A. (2005). Effect of suckling cow's milk or milk replacer on abomasal luminal pH in dairy calves. *Journal of veterinary internal medicine*, 19(1), 97-102.
- Gaudreau, J.-M., & Brisson, G.-J. (1980). Abomasum emptying in dairy calves fed milk replacers with varying fat and sources of protein. *Journal of dairy science*, 63(3), 426-440.
- Habel, R. E. (1956). A study of the innervation of the ruminant stomach. *The Cornell veterinarian*, 46(4), 555-633.
- Hirpara, P., Kele, V., & Patel, D. (2021). Rennet and Alternative: A Review.
- Holtenius, K., Sternbauer, K., & Holtenius, P. (2000). The effect of the plasma glucose level on the abomasal function in dairy cows. *Journal of Animal Science*, 78(7), 1930-1935.
- JN, H. (1968). Regulation of gastric emptying. *Handbook of physiology-alimentary canal IV*, 1917-1935.
- Le Huërou-Luron, I., Gestin, M., Le Dréan, G., Romé, V., Bernard, C., Chayvialle, J., & Guilloteau, P. (1998). Source of dietary protein influences kinetics of plasma gut regulatory peptide concentration in response to feeding in preruminant calves. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology*, 119(3), 817-824.
- Malbert, C., & Ruckebusch, Y. (1991). Évacuation de la caillette chez les ruminants adultes. *Reproduction Nutrition Development*, 31(1), 1-25.

- Marshall, T. S., Constable, P. D., Crochik, S. S., & Wittek, T. (2005). Determination of abomasal emptying rate in suckling calves by use of nuclear scintigraphy and acetaminophen absorption. *American Journal of Veterinary Research*, 66(3), 364-374.
- Marshall, T. S., Constable, P. D., Crochik, S. S., Wittek, T., Freeman, D. E., & Morin, D. E. (2008). Effect of suckling an isotonic solution of sodium acetate, sodium bicarbonate, or sodium chloride on abomasal emptying rate and luminal pH in calves. *American Journal of Veterinary Research*, 69(6), 824-831.
- McLeay, L., & Bell, F. (1981). Effect of cholecystokinin, secretin, glucagon, and insulin on gastric emptying and acid secretion in the calf.
- Meirhaeghe, H. v., Deprez, P., Hende, C. v. d., & Muylle, E. (1988). The influence of insulin on abomasal emptying in cattle.
- Nouri, M., & Constable, P. D. (2006). Comparison of two oral electrolyte solutions and route of administration on the abomasal emptying rate of Holstein-Friesian calves. *Journal of veterinary internal medicine*, 20(3), 620-626.
- Nouri, M., & Constable, P. D. (2007). Effect of parenteral administration of erythromycin, tilmicosin, and tylosin on abomasal emptying rate in suckling calves. *American Journal of Veterinary Research*, 68(12), 1392-1398.
- Nouri, M., Hajikolaee, M., Constable, P., & Omid, A. (2008). Effect of erythromycin and gentamicin on abomasal emptying rate in suckling calves. *Journal of veterinary internal medicine*, 22(1), 196-201.
- Sen, I., Constable, P. D., & Marshall, T. S. (2006). Effect of suckling isotonic or hypertonic solutions of sodium bicarbonate or glucose on abomasal emptying rate in calves. *American Journal of Veterinary Research*, 67(8), 1377-1384.
- Thomas, J. E. (1957). Mechanics and regulation of gastric emptying. *Physiological reviews*, 37(4), 453-474.
- Von Keyserlingk, M., Wolf, F., Hötzel, M., & Weary, D. (2006). Effects of continuous versus periodic milk availability on behavior and performance of dairy calves. *Journal of dairy science*, 89(6), 2126-2131.
- Wittek, T., & Constable, P. D. (2005). Assessment of the effects of erythromycin, neostigmine, and metoclopramide on abomasal motility and emptying rate in calves. *American Journal of Veterinary Research*, 66(3), 545-552.
- Wittek, T., Constable, P. D., Marshall, T. S., & Crochik, S. S. (2005). Ultrasonographic measurement of abomasal volume, location, and emptying rate in calves. *American Journal of Veterinary Research*, 66(3), 537-544.
- Yasuda, K., Ono, N., Sasaki, T., Hayashi, S., Motoyoshi, A., Hasegawa, and I. Tomoda. 1988. Effect of concentrated feeding on plasma gastrin levels and abomasal acid secretion in an adult cow. *Nihon Juigaku Zasshi* 50:963-965.

**İNEKLERDE GEBELİĞİN SÜRDÜRÜLMESİ, EMBRİYONİK ÖLÜM VE
ABORTUSLARA GEN BÖLGELERİNİN ETKİSİ**

Fatma PAZARLIOĞLU ÖZATA (ORCID 0009-0007-2887-530X)

Aksaray University, Veterinary Faculty, Department of Animal Science, Aksaray, Türkiye.
Email:fatma.pazarlioglu8@hotmail.com

Sedat BEHREM (ORCID:0000-0002-7351-1229)

Aksaray University, Veterinary Faculty, Department of Animal Science, Aksaray, Türkiye.
Email:sedatbehrem@aksaray.edu.tr

Özet

Süt sığırı işletmelerinde fertilizasyon ve üreme performansı çiftliklerin sürdürülebilir olması ve maliyet açısından en önemli parametreler olarak görülmektedir. Gebeliğin sağlıklı bir şekilde devam etmesi ve fetal kayıpların ortaya çıkmasında gen bölgelerinin ve ilgili gen bölgelerinde meydana gelen mutasyonların etkili olduğu bilinmektedir. Gebeliğin sürdürülmesi ve fetal büyümede düvelerde *PSEN2*, *KIF26B*, *IER3IP1*, *IGF2*, *PHLDA2* ve *TOLLIP* genleri, primar ve multipar ineklerde ise *PAFAH2*, *CLIC4*, *WNT4*, *CHAC1*, *CHST14* ve *DLL4* aday genleri rol alır. Bununla beraber Holstein ırkında gebeliğin farklı dönemlerindeki embriyonik, post-embriyonik veya fetal ölümlerle ilişkilendirilen on fertilite haplotipi (HCD, HH0, HH1, HH2, HH3, HH4, HH5, HHB, HHC, HHD) tespit edilmiştir. Genetik olarak ilişkili olan genlerin; embriyonik, post embriyonik ve fetal ölümlerin azaltılması, üreme performansı ve gebeliğin devamlılığı için boğa, inek ve düvelerde DNA kontrollerinin rutin olarak yapılması gerekmektedir. Yapılacak olan kontroller damızlık hayvan popülasyonlarında genetik kusurların yayılması riskini azaltacak, kalıtsal kusurların yönetilmesi ve oluşan mutasyonların zamanla ortadan kaldırılmasında etkili bir araç haline gelecektir.

Anahtar Kelimeler: LoF mutasyon, embriyonik ölüm, fertilite genleri, genetik bozukluklar, fetal ölüm, fertilite haplotipi

**THE EFFECT OF GENE REGIONS ON THE MAINTENANCE OF PREGNANCY,
EMBRYONIC DEATH AND ABORTIONS IN CATTLE**

Abstract

Fertilization and reproductive performance in dairy cattle enterprises are seen as the most critical parameters regarding the sustainability of farms and cost. It is known that gene regions and mutations occurring in relevant gene regions are effective in the healthy continuation of pregnancy and the occurrence of fetal losses. PSEN2, KIF26B, IER3IP1, IGF2, PHLDA2 and TOLLIP genes play a role in pregnancy maintenance and fetal growth in heifers, and PAFAH2, CLIC4, WNT4, CHAC1, CHST14 and DLL4 candidate genes play a role in primar and multiparous cows. However, ten fertility haplotypes (HCD, HH0, HH1, HH2, HH3, HH4, HH5, HHB, HHC, HHD) have been identified in the Holstein breed, which is associated with embryonic, post-embryonic, or fetal deaths at different stages of pregnancy. Genetically related genes; DNA checks on bulls, cows, and heifers must be performed routinely to reduce embryonic, post-embryonic, and fetal deaths, reproductive performance, and continuity of pregnancy. The controls to be carried out will reduce the risk of the spread of genetic defects in breeding animal populations. They will become an effective tool in managing hereditary defects and eliminating mutations over time.

Keywords: LoF mutation, embryonic death, fertility genes, genetic disorders, fetal death, fertility haplotype

1. GİRİŞ

Süt endüstrisinde en önemli hedeflerden biri çiftliklerde ki üreme verimliliğinin artırılmasıdır. Hayvanlarda üreme performansı süt üretimindeki kritik belirleyicilerdendir. Ancak süt sığırları işletmeleri genellikle üreme hedefleri bakımından istenilen performansı gösterememektedir (Norman vd., 2009; Kılıçoğlu ve Alaçam, 1983).

Performans düşüklüğünün sebeplerinden bir tanesi de embriyonik ve fetal dönemdeki gebelik kayıplarıdır. Gebelik kaybı gebeliğin ilk 42 günü içerisinde oluşmuşsa buna embriyonik ölüm denmektedir. Eğer ilk 42 günden sonra oluşmuşsa buna ise fetal ölüm denmektedir. Gebeliğin 42 - 260 günlerinde yaşanan fetal kayıplar ise abort olarak nitelendirilmektedir (Kılıçoğlu ve Alaçam, 1983; Wiltbank vd., 2016). Yapılan araştırmalarda gebelik kayıplarının %75 inin embriyonik dönemde şekillendiği açıklanmıştır. Fakat fetal dönemdeki gebelik kayıpları embriyonik döneme göre az şekillense de kayıplara ekonomik faktörler yönünden baktığımızda fetal dönemdeki kayıplar işletmeleri ekonomik olarak daha fazla zorlamaktadır. Bir işletmede fetal dönemde bir gebelik kaybı yaşanması; hayvanlarda tohumlama sayısının artmasına, tekrardan tohumlanma süresinin uzamasına ve yılda bir buzağı hedefinin gerçekleşmemesine, metritis, endometritis gibi hastalıkların gelişmesine buna bağlı olarak işletmelerde ilaç ve hekim masraflarının artmasına sebep olmaktadır. Yapılan çalışmalarda süt sığırları işletmelerinde yaşanan fetal ölümlerin işletmeye maliyetinin ölümün ne zaman şekillendiğine bağlı olarak değişmesiyle birlikte 90-1900 ABD doları olduğu açıklanmıştır. Bunların hepsine bağlı olarak da süt veriminde azalmayla birlikte üreme ve süt hedeflerine ulaşamamaktadır (Diskin vd., 2011; Diskin ve Morris, 2008).

İşletmelerde üreme performansı ve buna bağlı olarak süt düşüşüne sebep olan fetal ölümlerin sebepleri enfeksiyöz ve enfeksiyöz olmayan etmenler olarak ayrılmaktadır. Enfeksiyöz nedenler incelendiğinde bakteriler, virusler protozoalar, mantarlar gibi faktörler söylenebilir. Enfeksiyöz olmayan etmenler için ise başta kalıtsal bozukluklar olmak üzere; hormonal dengesizlikler, hatalı ilaç uygulamaları, beslenme yetersizlikleri (özellikle vitamin-mineral yetersizlikleri), zehirlenmeler, uzun süren yolculuklar, sıcaklık stresi ve gebelik sırasında uygulanan bazı operatif girişimlerden kaynaklanabilmektedir (Peter, 2000).

Yakın zamana kadar üreme performansındaki düşüşlerin klinik süreçteki problemlerden kaynaklandığı düşünülmekteydi. Fakat son yapılan araştırmalarla bu düşüşlerin en az yarısının genetik faktörlerden kaynaklandığına inanılmaktadır. ABD’de yapılan genetik çalışmalarla Holstein ırkında artan süt verimi ile birlikte üreme performansında düşüşler gözlemlenmiştir. Buna gerekçe olarak belirtilen ırkta uzun süredir yapılan tek verim yönlü seleksiyon verilmiştir. 1976-1999 Yılları arasında 423 Holstein inek üzerinde yapılan çalışmalarda servis periyodu 126 günden 169 güne çıkmış, ilk tohumlamadan sonraki gebelik oranları %62’den %34’e düşmüş ve gebelik elde etmek için kullanılan hayvan başı tohum sayısı 1,8’den 3’e çıkmıştır (Barbat vd., 2010; Dobson vd., 2007).

Genel olarak özetlendiğinde üreme performansları ve süt verimliliğinde genetik faktörler etkili olmaktadır. Gebeliğin sürdürülmesi; embriyonik ve fetal ölümlerin meydana gelmesinde rol oynayan gen bölgeleri ve çevresel faktörler incelenerek yine genetik araştırmalarla süt sığırlarındaki üreme performansı iyileştirilmeye çalışılmaktadır.

2. GEBELİĞİN DEVAMLILIĞINDA ROL OYNAYAN GEN BÖLGELERİ

Gebeliğin şekillenmesi ve devamının sağlanmasında etkili olan genomik bölgeler ve aday genler tespit edilmiştir. Belirtilen aday genler plasentanın gelişimi, fetal büyümenin sağlanması, gebeliğin sürdürülmesi, bağışıklık sisteminde bulunan hücrelerin aktivasyonu, vaskülarizasyon ve organogenez gibi durumların gerçekleşmesini sağlamaktadır (Sigdel vd., 2021).

Düvelerde BTA16, BTA24 ve BTA29 kromozomları üzerinde gebeliğin devamlılığına etki eden bazı genler mevcuttur. Kromozomların gen bölgeleri ise şu şekildedir (**Tablo 1**):

- BTA16’da *PSEN2* ve *KIF26B*,
- BTA24’te *IER3IP1* ve *IGF2*,
- BTA29’da *PHLDA2* ve *TOLLIP* gibi genler tespit edilmiştir.

Tablo 1. Düvelerde Gebeliğin Devamlılığına Etki Eden Gen Bölgelerinin, Moleküler Fonksiyonları Ve Dahil Oldukları Bazı Biyolojik Süreçler

BTA	Aday Gen	Pozisyon / Bölge	Gen Özellikleri
16	<i>PSEN2</i>	29,68–31,66 Mb	Hücrel çoğalma, farklılaşma ve plasental anjiyogenezde rol almaktadır (Wang vd., 2003)
	<i>KIF26B</i>		Önemli olan birçok hücrel süreçte rol almaktadır. Fetal böbrek gelişimi, hücre çoğalması, farklılaşması ve göçü bu duruma örnek olarak verilebilmektedir (Uchiyama vd., 2010).
24	<i>IER3IP1</i>	45,18–47,18 Mb	Fetal beyin korteksinin gelişimini düzenlemektedir (Sun ve Ren, 2017).
29	<i>IGF2</i>	48,33–50,31 Mb	Plasental dolaşım ile fütüse ulaşacak olan oksijenin ve dolayısıyla besinlerin kontrolünü sağladığı için fetal büyümede rol oynamaktadır (Sferruzzi-Perri vd., 2017).
	<i>PHLDA2</i>		Fetal büyüme ve plaseenta gelişimini sağlamaktadır (Janssen vd., 2016).
	<i>TOLLIP</i>		Anne ile fütüs arasındaki bağışıklık dengesini sağlayan Wnt sinyalini etkilemektedir (Amirchaghmaghi vd., 2013).

Ayrıca farelerde *PSEN2* geninin ekspresyonu ile anormal doku gelişimi ortaya çıkmış ve bu dokunun intrauterin büyüme kısıtlamalarına ve fetal ölüme yol açtığı tespit edilmiştir (Mirnics vd., 2008). Bununla beraber *IGF2* geninde oluşacak bir yanlış anlamlı veya anlamsız mutasyonunun oksijen ve besin tedarikini değiştirerek fetal ölüme sebebiyet vermektedir (Bergman vd., 2013).

Tüm genom taramaları sonucunda primipar ve multipar ineklerde ise gebeliğin sürdürülmesinde BTA2 ve BTA10 kromozomları üzerinde bazı genomik bölgelerin ilişkisi tespit edilmiştir (Sigdel vd., 2021). Bu genomik bölgeler, BTA2’de *PAFAH2*,

CLIC4 ve *WNT4* aday genlerini, BTA10 için ise *CHAC1*, *CHST14* ve *DLL4* aday genlerini içermektedir (**Tablo 2**). Belirtilen aday genlerin plasenta gelişimi, kalsiyum regülasyonu, fetal-maternal dolaşım ve bağışıklık, fetal büyüme ile ilgili hücresel işlevlerde rol oynadığı bildirilmiştir (Purnell vd., 2006).

Tablo 2. Primipar Ve Multipar İneklerde Gebeliğin Sürdürülmesinde Etkili Bazı Genler, Fiziksel Pozisyonları, Moleküler Fonksiyon Ve Dahil Oldukları Bazı Biyolojik Süreçler

BTA	Aday Gen	Pozisyon / Bölge	Gen Özellikleri
2	<i>PAFAH2</i>	126,70 – 128,26 Mb	Kemik oluşumu, fetal mineralizasyon, implantasyon, fetal gelişim ve doğumda rol aldığı belirlenmiştir (Purnell vd., 2006; Roudebush vd., 2002).
	<i>CLIC4</i>		Gebeliğin ikinci trimesterında beynin gelişmesi ve nörogenezde rol almaktadır (Padmakumar vd., 2014).
	<i>WNT4</i>		Wnt sinyal yolağında rol almaktadır. Plasentanın vaskülarizasyonunun sağlanmasına sebep olurken; organ ve embriyonik dokuların gelişimini sağlamaktadır. Plasentanın gelişimini; korioallontois füzyonu ve plasental morfogenez yoluyla desteklemektedir (Zhang vd., 2017).
10	<i>CHAC1</i>	33,62–35,56 Mb	Apoptozun başlatılması ve sürdürülmesi için önemli olan gen bölgesidir (Nomura vd., 2016).
	<i>CHST14</i>		Plasentanın vasküler gelişimi ve perinatal sürecin tamamlanması için gerekli gen bölgesidir (Yoshizawa vd., 2018).

Süt sığırlarında, yukarıda belirtilen gen bölgelerinin gebelik kaybıyla ilgili mutasyonların tanımlanmasında geleceğe ışık tutacağı düşünülmektedir.

3. LOF MUTASYONLARI

Gebelikte görülen yavru mortalitesinin belirli bir tanıya sahip vakalarının %50'den daha az olduğu bildirilmiştir (Roberts, 1986). Kültür sığırı popülasyonlarındaki kalıtsal kusurlar gebelik kaybının sık görülen ve ekonomik açıdan önemli bir kaynağı haline gelmiştir.

Sığır genomunda bulunan ve embriyonik veya embriyonik dönem sonrası mortalite ile ilişkilendirilen haplotipler LoF mutasyonlar olarak adlandırılmaktadır. LoF mutasyonlar, fetal ölümlere sebebiyet verebilen ve damızlık sığırlarda homozigotluğun artması ile de ilişkili olan anlamsız veya yanlış anlamlı mutasyonlardır (Bickhart vd., 2012). Homozigotluğun hızlı artışı, LoF mutasyonlarının (LoF-fonksiyon kaybı) popülasyon içindeki frekans artışını sağlayarak kültür ırkı sığırlarda verimliliğin azalmasına sebebiyet vermektedir. Damızlık sığırların geniş popülasyonlara yayılması ve beraberinde yayılım gösteren LoF mutasyonları, ineklerde üreme performansının azalmasının başlıca sebeplerinden birisidir (Zinovieva, 2016).

2008 yılında “homozigotluk haritalaması” yaklaşımı ile bazı LoF mutasyonlarının tanımlanması sağlanmıştır (Charlier vd., 2008; Sonstegard vd., 2013). Fertilite ile ilişkili haplotiplerin Holstein (Fritz vd., 2013; Cooper vd., 2013), Jersey (VanRaden vd., 2011; McClure vd., 2013), Brown Swiss (VanRaden vd., 2011; McClure vd., 2013), Montbeliarde (Fritz vd., 2013), Ayrshire (Cooper vd., 2013), Fleckvieh (McClure vd., 2013), İskandinav Kırmızısı (Kadri vd., 2014) gibi süt sığır ırkları için belirlendiği bilinmektedir.

Sığırlardaki homozigotluğun ve dolayısıyla LoF mutasyonlarındaki artışın sebebinin akrabalı yetiştirme olduğu bilinmektedir. Örneğin ABD’de 1965 yılında Holstein ve Kırmızı Holstein’larda ortalama akrabalı yetiştirme katsayısı %0,22 iken 2015’te %6,53 olduğu belirlenmiştir (Dairy Cattle Breed, 2016). Buradan yola çıkılarak LoF mutasyonlarındaki artışın sebebinin; sınırlı sayıdaki yetiştirici sebebiyle genetik çeşitliliğin az olması, suni tohumlama için kullanılan genetik olarak üstün boğaların sayısının az olup, 50 yılı geçkin olarak sürekli kullanılması, sınırlı sayıdaki özellikler için tek yönlü seleksiyon olması nedenlerine dayandığı düşünülmektedir (Kuznetsov ve Vakhonina, 2010). Bununla beraber her yıl yapılan yavru değerlendirmelerinde yaklaşık 5.000 boğanın yaklaşık olarak %50’sinin belirlenen 10 boğanın yavrusu olduğu, suni tohumlama yönteminin yoğun olarak kullanılmasıyla bir yılda bir boğadan 100.000 inek tohumlandığı tespit edilmiştir (Akyüz ve Etuğrul, 2006; Weigdel, 2001).

LoF mutasyonlarının, üridin monofosfat sentaz eksikliği (DUMPS) (Weigdel, 2001), sığır lökosit bağlanma yetmezliği (BLAD) (Shuster vd., 1992), kompleks vertebral malformasyon (CVM) (Agerholm vd., 2001) brakispina sendromu (BY) (Agerholm vd., 2006), Brown Swiss ırkındaki Weaver sendromu (Georges vd., 1993) gibi bazı ölümcül kalıtsal hastalıklarla ilişkili olduğu tespit edilmiştir.

Kuzey Amerika’da yapılan bir çalışmada fertilite haplotiplerinin Holstein sığırlarında gebelik ile sonuçlanan suni tohumlama oranını düşürdüğü tespit edilmiştir. Orandaki azalmanın mevcut ineklerin babalarının gizli haplotip taşıyıcısı olması ve aynı haplotipi içeren boğalar ile tohumlanması sebebiyle olduğu belirlenmiştir. Gebelikle sonuçlanmayan suni tohumlama oranının %1,0-9,9 oranında arttığı tespit edilmiştir (VanRaden vd., 2011; Cooper vd., 2013).

Şekil 14. Holstein Sığırlarında Fertilite Haplotiplerinin Özeti (Amirchaghmaghi Vd.,2013)

Tablo 3. Holstein Haplotiplerinin İlgili Mutasyonlar Tanımlanmadan Önce Taşıyıcı Boğaların Doğumundan İtibaren Geçen Süre (Zinovieva, 2016)

Haplotipin Tespit Edildiği Tarih	Taşıyıcı Boğanın Doğum Tarihi	Haplotip	Taşıyıcı Boğanın Adı	Tespit Edilme Süresi (Yıl)
1984	1957	HHD	Skokie Sensation NED	27
1992	1974	HHB	Carlin-M Ivanhoe BELL	18
2006	1963	HHC	Pennstate IVANHOE Star	43
2012	1974	HH0	Sweet Haven TRADITION	38
2012	1962	HH1	Pawnee Farm Arlinda CHIEF	50
2013	1954	HH3	Gray View SKYLINER	59
2013	1968	HH3	GLENDELL Arlinda Chief	45
2013	1986	HH4	BESNE BUCK	27
2013	1957	HH5	THORNLEA TEXAL SUPREME	56
2014	1975	HH2	MARK ANTHONY	39
2016	1991	HDC	M.STORM	25

Fertilite haplotiplerinin geniş sürülere yayılmasında etkili olan bir diğer etken ise haplotipler ve süt verim özelliklerinin arasındaki etkileşimdir. HHC haplotipine sahip boğaların 1,7 milyon kızında 3 milyon verimlilik parametresinin olduğu, kızlarının daha yüksek süt, süt yağı ve protein verimine sahip olduğu bildirilmiştir (Kuhn vd., 2005).

Sonuç olarak belirlenen LoF mutasyonlarının üreme verimliliği, ölümcül kalıtsal hastalıklar ve hayvan popülasyonlarının genetik durumlarının belirlenip, izlenebilir olması amacıyla kontrolleri gerçekleştirilmektedir (Stolpovskii, 2010; Marzanov vd., 2011).

4. GEBELİKTE ŞEKİLLENEN EMBRİYONİK ÖLÜM VE ABORTLARIN HAPLOTİPLER İLE İLİŞKİSİ

Homozigotluk haritalama tekniği kullanılarak üreme verimliliğine etki eden genetik kusurlar fertilite haplotipleri olarak belirlenmiştir. Holstein sığırlarında gebeliğin devamını etkileyen ve embriyonik veya embriyonik dönem sonrası fetal mortaliteye sebebiyet veren 10 önemli fertilite haplotipi kayıtlıdır. Farklı aşamalarda görülen bu haplotipler: HCD, HH0, HH1, HH2, HH3, HH4, HH5, HHB, HHC, HHD olarak bilinmektedir (Cole vd., 2015) (Tablo 4).

Tablo 4. Holstein Sığırlarında Fertilitiyi Etkileyen Haplotiplerle İlişkili Genler Ve İlgili Lof-Mutasyonları (Amirchaghmaghi Vd., 2013)

Haplotip	BTA	OMIA ID	Gen	Poliformizm		Referans
				Pozisyon / Bölge (bp)	Tipi	
HCD	11	001965	<i>APOB</i>	77.958.994	1,3 kb Ins (G135Vfs10X)	(Kipp vd., 2015; Charlier, 2016)
HH0	21	000151	<i>FANCI</i>	21.184.869 - 21.188.198	Del (V877Lfs27X)	(Agerholm vd., 2006)
HH1	5	000001	<i>APAF1</i>	63.150.400	C → T (Q579X)	(VanRaden vd., 2011; Adams vd., 2024)
HH2	1	001823	-	94,860,836 - 96,553,339	-	(VanRaden vd., 2011; McClure vd., 2014)
HH3	8	001824	<i>SMC2</i>	95.410.507	T → C (F1135S)	(McClure vd., 2014; Daetwyler vd., 2014)
HH4	1	001826	<i>GART</i>	1.277.227	A → C (N290T)	(Fritz vd., 2013)
HH5	9	001941	<i>TFB1M</i>	93,223,651 - 93,370,998	138 kb Del	(Cooper vd., 2013; Schütz vd., 2016)
HHB	1	000595	<i>ITGB2</i>	145.119.004	A → G	(Shuster vd., 1992)
HHC	3	001340	<i>SCL35A3</i>	43.411.473	G → T (V180F)	(Agerholm vd., 2001)
HHD	1	000262	<i>UMPS</i>	69.757.801	T → C (R1247X)	(Shanks vd., 1984)

HH0 haplotipi ölü doğum ile ilişkilendirilmiş olup, 21. Kromozom 20-25 Mb'lık bölgede haritalanmıştır (VanRaden vd., 2011). HH0 haplotipi ile *FANCI* (Fanconi anemia complementation-group I) genindeki 3,3 Kb'lık delesyon arasında, 37'nin 25-27 ekzonları ve 25 ve 26 intronları ve kısmen 24 ve 27 intronları dahil olmak üzere bir ilişki kurulmuştur (Charlier vd., 2012).

Kromozal stabilite için *FANCI* geni gereklidir. *FANCI*, DNA sarmalının kırılım onarımına ve sarmallar arası çapraz bağların (ICL) onarımına homolog rekombinasyon yoluyla yardımcı olmaktadır. *FANCI* geninde oluşan bir mutasyon sığırlarda büyüme-gelişme geriliği, fetal ağırlığın azalması, uzuv uzaması veya omurga kısalması gibi vertebral deformelere sebebiyet veren embiyonik gelişim bozukluklarına neden olmaktadır. Aynı şekilde oluşacak bir mutasyonun iç organlarda özellikle affinite olarak böbrek, kalp ve gonadlarda konjenital anomalilere sebebiyet verdiği bildirilmiştir (Shuster vd., 1992).

HH1 haplotipi gebeliğin farklı dönemlerinde fetal mortaliteye sebep vermektedir. İlgili haplotip, kromozom 5 (BTA5) üzerinde, 58-66 Mb bölgesinde tespit edilmiştir (Fritz vd., 2013; VanRaden vd., 2011). HH1 haplotipindeki apoptotik peptidaz aktive edici faktör 1 (*APAF1*) geninin embriyonik gelişim için önemli olduğu bildirilmiştir (De Zio vd., 2015). *APAF1* genindeki C→T nonsense mutasyonunun üreme performansını azalttığı bildirilmiştir (Adams vd., 2024). *APAF1* geninde meydana gelen mutasyon sebebiyle dünya çapında meydana gelen fetal ölümlerin 35 yılda 525.000 olduğu tahmin edilmektedir. Bu durum yaklaşık olarak 420 milyon dolarlık bir zarara mâl olmuştur (Adams vd., 2016).

HH2 haplotipi, gebeliğin 1-100. günleri arasında fetüsün ölümüne sebep olmaktadır. Kromozom 1 (BTA1) üzerinde, 94,860,836 ve 96,553,339 pozisyonları arasında belirlenmiştir (McClure vd., 2014), ancak mutasyonun tam yeri henüz tespit edilmemiştir.

HH3 haplotipi ise gebeliğin ilk iki ayına etki ederek embriyonik ölüme neden olabilmektedir (Fritz vd., 2013). BTA8 üzerinde 95,057,877–95,468,310 bölgesinde haritalanmıştır (McClure vd., 2014). HH3 haplotipinin kromozom 2 geninin (*SMC2*) yapısal bakımındaki bir mutasyonu ile ilişkisi kurulmuştur (Pausch vd., 2015).

HH3, *SMC2*'nin 24. ekzonunda 95,410,507. pozisyondaki sinonim olmayan bir T→C substitüsyonundan kaynaklanır ve kodlanan proteinin NTPaz alanı içinde 1135. pozisyonda bir Phe→Ser amino asit değişikliğine yol açar (McClure vd., 2014; Daetwyler vd., 2014; Hayes vd., 2013). Kondensin I ve II'nin bir alt birimi olarak *SMC2*, hücre bölünmesi sırasında DNA onarımına, kromozom yoğunlaşmasına ve ayrışmasına katkıda bulunur (Schmiesing vd., 1998).

HH4 haplotipi, gebelikte fetal ölüme sebep olmaktadır. Gebeliğin hangi dönemine etki ettiği henüz bilinmemese de; kromozom 1 üzerinde 1,9-3,3 Mb bölgesinde haritalanmıştır (Fritz vd., 2013). Belirtilen HH4 haplotipinin glycina-mide ribonucleotide formyltransferase (*GART*) geninde mutasyona sebep olduğu bildirilmiştir (Fritz vd., 2013). *GART*, üç işlevli bir peptid olup, pürin oluşumunda önemli bir role sahiptir. İlgili gen bölgesi embriyonik gelişim için gerekli olup, *GART* işlev kaybının embriyonik ölüme neden olacağı bildirilmiştir (Ng vd., 2009). HH4 taşıyıcıları ve HH4 taşıyıcılarının kızları arasındaki çiftleşmede doğurganlık düşüşü öngörülmektedir (Fritz vd., 2013).

HH5, gebeliğin ilk 60 gününde embriyonik kayıplara neden olan ve düşük üreme performansına sebep olan bir haplotiptir (Cole vd., 2015). Kromozom 9 (BTA9) üzerinde 92,350,052-93,910,957bp pozisyonunda tespit edilmiştir (VanRaden vd., 2011; Cooper vd., 2013). HH5 haplotipi ile ilişkili fetal kayıpların 138 kb'lik bir delesyon olduğu tespit edilmiştir. Homolog delesyon sonucunda mutasyon gerçekleşmiş olup, ilgili delesyonun mitokondriyal transkripsiyon faktörü B1 (*TFB1M*) geninin tüm dizisini etkilediği bildirilmiştir (Schütz vd., 2016). Mitokondride protein translasyonunun başlamasını sağlayan *TFB1M* geni, mutasyona uğrayan ve homozigot olan hayvanlarda eksikliği ölümcül bir etkiye neden olmaktadır.

Kalıtıl olarak aktarılan BLAD, CVM ve DUMPS gibi kusurların sırasıyla HHB (kromozom 1 üzerindeki 141-146 Mb'lik bölgede), HHC (kromozom 3 üzerindeki 40-46 Mb) ve HDD (kromozom 1 üzerindeki 55-73 Mb) ile arasındaki ilişkilerin tespiti için homozigotluk haritalama yöntemi kullanılmıştır.

HHB haplotipinde bulunan *ITGB2* geni bir membran proteindir. Sığırlar lökosit bağlanma yetmezliği (BLAD), *ITGB2* geninin 383. pozisyonunda bir A→G substitüsyonu sebebiyle oluşmaktadır (Shuster vd., 1992). Belirtilen gen bölgesi, yaranın iyileşmesi, vücut hemostaz dengesinin sağlanması ve ontogenezde rol alırken; tümör metastazının oluşumunun engellenmesi ve bağışıklık sistemine etki etmektedir. *ITGB2* geninde oluşacak olan bir mutasyonun beyaz kan hücrelerinin işlevlerini bozarak vücudun bağışıklık sisteminin engellendiği tespit edilmiştir (Nagahata, 2004).

HHC haplotipinde bulunan *SLC3513* geninin 180. pozisyonda oluşan G→T mutasyonu sebebiyle CVM meydana gelmiştir (Thomsen vd., 2006). *SLC35A3* geni golgi cisimciğinde UDP-N-asetilglukozaminin taşınmasından sorumlu olup, bu gendeki bir mutasyon işlevini bozmaktadır. Oluşan mutasyonun gizli taşıyıcısı ise boğalardır. Boğalar ve kızları kullanılarak yapılan bir çalışmada 62.062 suni tohumlama verisi incelenmiştir. Verilerin sonuçlarına göre fetal yavruların %77'sinin bu hastalığı taşıdığı, gebeliğin 260. gününe kadar rezorbe olduğu

veya öldüğü, abortusun ise gebeliğin herhangi bir döneminde oluşabileceği tespit edilmiştir. Abortus görülmeyen vakalarda ise gebeliğin 260-280. Günleri arasında ölü doğumların olduğu bildirilmiştir (Nielsen vd., 2003).

HHD haplotipinde üridin monofosfat sentaz (*UMPS*) geninin 1247. pozisyonundaki T→C nükleotid değişimiyle DUMPS hastalığı şekillenmektedir (Schwenger vd., 1993). *UMPS* geninin mutasyonunun gerçekleştiği bir hayvanda gebeliğin ilk 40 günü içerisinde embriyonun intrauterin ölümü gerçekleşmektedir. Embriyonik ölümün gerçekleşmesi ise üreme performansını olumsuz bir şekilde etkilemektedir (Shanks ve Robinson, 1989; Shanks vd., 1992).

5. SONUÇ

Gebeliğin sürdürülmesi ve üreme performansının en üst düzeyde sağlanması için etki eden genlerin olduğu bildirilmiştir. Yapılan çalışmalarda embriyonik, post embriyonik ve fetal ölümlerin genetik faktörlerden etkilendiği görülmüştür. Bu sebeple genetik yollarla iyileştirilebileceği düşünülmektedir.

Bununla beraber genetik olarak ilişkili olan genlerin, embriyonik, post embriyonik ve fetal ölümlerin azaltılması, üreme performansı ve gebeliğin devamlılığı için DNA kontrollerinin rutin olarak yapılması ve seleksiyona dahil edilmesi gerekmektedir. Yapılacak olan kontroller damızlık hayvan popülasyonlarında genetik kusurların yayılması riskini azaltacak olup, kalıtsal kusurların yönetilmesinde etkili bir araç haline gelecektir.

Rusya'da HCD, BY, HH1, HH3, HH4, HH5, BLAD, CVM ve DUMPS ile ilişkili olan *APOB*, *FANCI*, *APAF1*, *SMC2*, *GART*, *TFBM1*, *ITGB2*, *SLC35A3*, *UMPS* genlerinde LoF mutasyonlarının genetik olarak izlenmesinin gerçekleştirildiği bildirilmiştir (Zinovieva, 2016; Zinovieva vd., 2002).

DNA teşhislerinin uygulanması sayesinde boğalar arasında genetik izlemenin ilk 1-2 yılında, %5'ten fazla gizli CVM taşıyıcısı ve yaklaşık %3 gizli BLAD taşıyıcısı teşhis edilirken, şu anda incelenen boğa popülasyonunda ilgili mutasyonlar bulunmamaktadır (Zinovieva vd., 2012; Zinovieva vd., 2015). Kısacası yapılan testler sayesinde kalıtsal kusurları belirleyen mutasyonların yayılmasını kontrol edilirken, bu mutasyonların kademeli olarak ortadan kaldırılması sağlanmıştır.

6. KAYNAKÇA

- Adams, H.A., Sonstegard, T., VanRaden, P.M., Null, D.J., Van Tassell, C.P., Larkin, D.M., Lewin, H.A. (2012). Identification of a nonsense mutation in APAF1 that is causal for a decrease in reproductive efficiency in dairy cattle. Poster P0555 (Abstr.) in Plant and Animal Genome XX Meeting, San Diego, CA. Accessed June 2, 2024.
- Adams, H.A., Sonstegard, T.S., VanRaden, P.M., Null, D.J., Van Tassell, C.P., Larkin, D.M. et al. (2016). Identification of a nonsense mutation in APAF1 that is likely causal for a decrease in reproductive efficiency in Holstein dairy cattle. *Journal of dairy science*, 99(8), 6693-701.
- Agerholm, J.S., Bendixen, C., Andersen, O., Arnbjerg, J. (2001). Complex vertebral malformation in Holstein calves. *Journal of veterinary diagnostic investigation*, 13(4), 283-9.
- Agerholm, J.S., McEvoy, F., Arnbjerg, J. (2006). Brachyspina syndrome in a Holstein calf. *Journal of veterinary diagnostic investigation*, 18(4), 418-22.
- Akyüz, B., Ertuğrul, O. (2006) Detection of bovine leukocyte adhesion deficiency (BLAD) in Turkish native and Holstein cattle. *Acta Veterinaria Hungarica*, 54(2), 173-8.
- Amirchaghmaghi, E., Taghavi, S.A., Shapouri, F., Saeidi, S., Rezaei, A. (2013). Aflatoonian R. The role of toll like receptors in pregnancy. *International journal of fertility & sterility*, 7(3), 147.
- Barbat, A., Le Mézec, P., Ducrocq, V., Mattalia, S., Fritz, S., Boichard, D. (2010) Female fertility in French dairy breeds: current situation and strategies for improvement. *Journal of Reproduction and Development*, 56, 15-21.
- Bergman, D., Halje, M., Nordin, M., Engström, W. (2013). Insulin-like growth factor 2 in development and disease: a mini-review. *Gerontology*, 59(3), 240-9.
- Bickhart, D.M., Hou, Y., Schroeder, S.G., Alkan, C., Cardone, M.F., Matukumalli, L.K. et al. (2012). Copy number variation of individual cattle genomes using next-generation sequencing. *Genome research*, 22(4), 778-90.
- Cabrera, V.E. (2014). Economics of fertility in high-yielding dairy cows on confined TMR systems. *Animal*, 8(1), 211-221.
- Charlier, C., Agerholm, J.S., Coppieters, W., Karlskov-Mortensen, P., Li, W., De Jong, G. et al. (2012). A deletion in the bovine FANCI gene compromises fertility by causing fetal death and brachyspina.
- Charlier, C., Coppieters, W., Rollin, F., Desmecht, D., Agerholm, J.S., Cambisano, N. et al. (2008). Highly effective SNP-based association mapping and management of recessive defects in livestock. *Nature genetics*, 40(4), 449-54.
- Charlier, C. (2016). editor *The role of mobile genetic elements in the bovine genome*. Plant Anim Genome XXIV Conf.
- Cole, J., VanRaden, P., Null, D., Hutchison, J., Cooper, T., Hubbard, S. (2015). Haplotype tests for recessive disorders that affect fertility and other traits. *USDA Animal Improvement Program Research Report Genomics*, 09-13.
- Cooper, T., Wiggans, G., Null, D., Hutchison, J. (2013). Genomic evaluation and identification of a haplotype affecting fertility for Ayrshire dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 96(1).
- Counc. Dairy Cattle Breed. (2016). *Trend in Inbreeding Coefficients of Cows for Holstein or Red & White*, Calculated April 2016 Bowie, MD: Counc. Dairy Cattle Breed <https://www.cdcb.us/eval/summary/inbrd.cfm>.

- Daetwyler, H.D., Capitan, A., Pausch, H., Stothard, P., Van Binsbergen, R., Brøndum, R.F. et al. (2014). Whole-genome sequencing of 234 bulls facilitates mapping of monogenic and complex traits in cattle. *Nature genetics*, 46(8), 858-65.
- De Vries, A. (2006). Economic value of pregnancy in dairy cattle. *Journal of dairy science*, 89(10), 3876-3885.
- De Zio, D., Maiani, E., Cecconi, F. (2015). Apaf1 in embryonic development-shaping life by death, and more. *International Journal of Developmental Biology*, 59(1-2-3), 33-9.
- Diskin, M., Morris, D. (2008). Embryonic and early foetal losses in cattle and other ruminants. *Reproduction in Domestic Animals*, 43, 260-267.
- Diskin, M., Parr, M., Morris, D. (2011). Embryo death in cattle: an update. *Reproduction. Fertility and Development*, 24(1), 244-251.
- Dobson, H., Smith, R., Royal, M., Knight, C., Sheldon, I. (2007). The high-producing dairy cow and its reproductive performance. *Reproduction in domestic animals*, 42, 17-23.
- Fritz, S., Capitan, A., Djari, A., Rodriguez, S.C., Barbat, A., Baur, A., et al. (2013). Detection of haplotypes associated with prenatal death in dairy cattle and identification of deleterious mutations in GART, SHBG and SLC37A2. *PloS one*, 8(6), e65550.
- Georges, M., Dietz, A.B., Mishra, A., Nielsen, D., Sargeant, L.S., Sorensen, A. et al. (1993). Microsatellite mapping of the gene causing weaver disease in cattle will allow the study of an associated quantitative trait locus. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 90(3), 1058-62.
- Hayes, B., Daetwyler, H.D., Fries, R., Guldbandsen, B., Lund, M.S., Boichard, D. et al. (2013) editors. The 1000 bull genomes project-Toward genomic selection from whole genome sequence data in dairy and beef cattle. *International Plant & Animal Genome XXI*.
- Inskip, E.K., Dailey, R.A. (2005). Embryonic death in cattle. *Veterinary Clinics: Food Animal Practice*, 21(2), 437-461.
- Janssen, A.B., Tunster, S.J., Heazell, A.E., John, R.M. (2016). Placental PHLDA2 expression is increased in cases of fetal growth restriction following reduced fetal movements. *BMC medical genetics*, 17, 1-5.
- Kadri, N.K., Sahana, G., Charlier, C., Iso-Touru, T., Guldbandsen, B., Karim, L. et al. (2014). A 660-Kb deletion with antagonistic effects on fertility and milk production segregates at high frequency in Nordic Red cattle: additional evidence for the common occurrence of balancing selection in livestock. *PLoS genetics*, 10(1), e1004049.
- Kılıçoğlu, C., Alaçam, E. (1983) Veteriner doğum bilgisi ve üreme organlarının hastalıkları. Türk Veteriner Hekimler Birliği Merkez Konseyi Yayını.
- Kipp, S., Segelke, D., Reinhardt, F., Reents, R., Schierenbeck, S., Wurmser, C. et al. (2015). A new Holstein haplotype affecting calf survival. *Interbull bulletin*, (49).
- Kuhn, M., Hutchison, J., Van Tassell, C. (2005). Effects of complex vertebral malformation gene on production and reproduction. *J Dairy Sci*, 88(Suppl 1), 140.
- Kuznetsov, V.M., Vakhonina, N.V. (2010). Sel'skokhozyaistvennaya biologiya [Agricultural Biology], 2010, 4: 55-58 (in Russ.). Available at: <http://www.agrobiology.ru/4-2010kuznetsov.html>. June 2, 2024.
- Larkin, D.M., Daetwyler, H.D., Hernandez, A.G., Wright, C.L., Hetrick, L.A., Boucek L. et al. (2012). Whole-genome resequencing of two elite sires for the detection of haplotypes under selection in dairy cattle. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 109(20), 7693-8.
- Lucy, M. (2001). Reproductive loss in high-producing dairy cattle: where will it end? *Journal of dairy science*, 84(6), 1277-1293.

- Marzanov, N., Devrishov, D., Marzanova, S., Komkova, E., Ozerov, M.Y., Kantanen, Yu. (2011). Sel'skokhozyaistvennaya biologiya, 2, 3-14.
- McClure, M., Kim, E., Bickhart, D., Null, D., Cooper, T., Cole, J. et al. (2013). Fine mapping for Weaver syndrome in Brown Swiss cattle and the identification of 41 concordant mutations across NRCAM, PNPLA8 and CTTNBP2. PLoS One, 8(3), e59251.
- McClure, M.C., Bickhart, D., Null, D., VanRaden, P., Xu, L., Wiggans, G. et al. (2014). Bovine exome sequence analysis and targeted SNP genotyping of recessive fertility defects BH1, HH2, and HH3 reveal a putative causative mutation in SMC2 for HH3. PloS one, 9(3), e92769.
- Mirnic, K., Norstrom, E.M., Garbett, K., Choi, S.H., Zhang, X., Ebert, P., et al. (2008). Molecular signatures of neurodegeneration in the cortex of PS1/PS2 double knockout mice. Molecular neurodegeneration, 3, 1-11.
- Nagahata, H. (2004). Bovine leukocyte adhesion deficiency (BLAD): a review. Journal of Veterinary Medical Science, 66(12), 1475-82.
- Ng, A., Uribe, R.A., Yieh, L., Nuckels, R., Gross, J.M. (2009). Zebrafish mutations in gart and paics identify crucial roles for de novo purine synthesis in vertebrate pigmentation and ocular development.
- Nielsen, U., Aamand, G.P., Andersen, O., Bendixen, C., Nielsen, V.H., Agerholm, J. (2003). Effects of complex vertebral malformation on fertility traits in Holstein cattle. Livestock Production Science, 79(2-3), 233-8.
- Nomura, Y., Hirata, Y., Kiuchi, K., Oh-Hashi, K. (2016). Translational and post-translational regulation of mouse cation transport regulator homolog 1. Scientific reports, 6(1), 28016.
- Norman, H., Wright, J., Hubbard, S., Miller, R., Hutchison, J. (2009). Reproductive status of Holstein and Jersey cows in the United States. Journal of dairy science, 92(7), 3517-3528.
- Olson, T. (2024). New genes: good and bad. Available at: <http://dairy.ifas.ufl.edu/dpc/2002/Olson.pdf>.
- Padmakumar, V., Masiuk, K.E., Luger, D., Lee, C., Coppola, V., Tessarollo, L. et al. (2014). Detection of differential fetal and adult expression of chloride intracellular channel 4 (CLIC4) protein by analysis of a green fluorescent protein knock-in mouse line. BMC developmental biology, 14, 1-17.
- Pausch, H., Schwarzenbacher, H., Burgstaller, J., Flisikowski, K., Wurmser, C., Jansen, S. et al. (2015). Homozygous haplotype deficiency reveals deleterious mutations compromising reproductive and rearing success in cattle. BMC genomics, 16, 1-13.
- Peter, A.T. (2000). Abortions in dairy cows: new insights and economic impact. Proceedings of Western Canadian Dairy Seminar, Red Deer, Alberta, Canada. Advanced Dairy Technology, 12, 233-244.
- Purnell, E.T., Warner, C.M., Kort, H.I., Mitchell-Leef, D., Elsner, C.W., Shapiro, D.B., et al. (2006). Influence of the preimplantation embryo development (Ped) gene on embryonic platelet-activating factor (PAF) levels. Journal of assisted reproduction and genetics, 23, 269-73.
- Roberts, S.J. (1986) Veterinary obstetrics and genital diseases. Theriogenology, 26(5), 551-2.
- Roudebush, W., Winger, J., Jones, A., Wright, G., Toledo, A., Kort, H., et al. (2002). Embryonic platelet-activating factor: an indicator of embryo viability. Human Reproduction, 17(5), 1306-10.
- Schmiesing, J.A., Ball Jr, A.R., Gregson, H.C., Alderton, J.M., Zhou, S., Yokomori, K. (1998). Identification of two distinct human SMC protein complexes involved in mitotic chromosome dynamics. Proceedings of the National Academy of Sciences, 95(22), 12906-11.

- Schütz, E., Wehrhahn, C., Wanjek, M., Bortfeld, R., Wemheuer, W.E., Beck, J., et al. (2016). The Holstein Friesian lethal haplotype 5 (HH5) results from a complete deletion of TBF1M and cholesterol deficiency (CDH) from an ERV-(LTR) insertion into the coding region of APOB. *PLoS one*, 11(4), e0154602.
- Schwenger, B., Schöber, S., Simon, D. (1993). DUMPS cattle carry a point mutation in the uridine monophosphate synthase gene. *Genomics*, 16(1), 241-4.
- Sferruzzi-Perri, A.N., Sandovici, I., Constancia, M., Fowden, A.L. (2017). Placental phenotype and the insulin-like growth factors: resource allocation to fetal growth. *The Journal of physiology*, 595(15), 5057-93.
- Shanks, R., Dombrowski, D., Harpestad, G., Robinson, J. (1984). Inheritance of UMP synthase in dairy cattle. *Journal of heredity*, 75(5), 337-40.
- Shanks, R., Popp, R., McCoy, G., Nelson, D., Robinson, J. (1992). Identification of the homozygous recessive genotype for the deficiency of uridine monophosphate synthase in 35-day bovine embryos. *Reproduction*, 94(1), 5-10.
- Shanks, R.D., Robinson, J.L. (1989). Embryonic mortality attributed to inherited deficiency of uridine monophosphate synthase. *Journal of dairy science*, 72(11), 3035-9.
- Shuster, D.E., Kehrl, Jr, M.E., Ackermann, M.R., Gilbert, R.O. (1992). Identification and prevalence of a genetic defect that causes leukocyte adhesion deficiency in Holstein cattle. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 89(19), 9225-9.
- Sigdel, A., Bisinotto, R.S., Peñaricano, F. (2021) Genes and pathways associated with pregnancy loss in dairy cattle. *Scientific reports*, 11(1), 13329.
- Silvia, W. (1998), Changes in reproductive performance of Holstein dairy cows in Kentucky from 1972 to 1996. *J Dairy Sci*, 81(Suppl 1), 244.
- Sonstegard, T.S., Cole, J.B., VanRaden, P.M., Van Tassell, C.P., Null, D.J., Schroeder, S.G. et al. (2013). Identification of a nonsense mutation in CWC15 associated with decreased reproductive efficiency in Jersey cattle. *PLoS one*, 8(1), e54872.
- Stolpovskii, Yu. (2010). Concept and principles of genetic monitoring for the purpose of preservation in situ of domestical animals kinds. *Agricultural Biology*, 6, 3-8.
- Sun, J., Ren, D. (2017). IER3IP1 deficiency leads to increased β -cell death and decreased β -cell proliferation. *Oncotarget*, 8(34), 56768.
- Thomsen, B., Horn, P., Panitz, F., Bendixen, E., Petersen, A.H., Holm, L.E. et al. (2006). A missense mutation in the bovine SLC35A3 gene, encoding a UDP-N-acetylglucosamine transporter, causes complex vertebral malformation. *Genome research*, 16(1), 97-105.
- Uchiyama, Y., Sakaguchi, M., Terabayashi, T., Inenaga, T., Inoue, S., Kobayashi, C., et al. (2010). Kif26b, a kinesin family gene, regulates adhesion of the embryonic kidney mesenchyme. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 107(20), 9240-5.
- VanRaden, P., Olson, K., Null, D., Hutchison, J. (2011). Harmful recessive effects on fertility detected by absence of homozygous haplotypes. *Journal of dairy science*, 94(12), 6153-61.
- Vierhout, C., Cassell, B., Pearson, R. (1999) Comparisons of cows and herds in two progeny testing programs and two corresponding states. *Journal of dairy science*, 82(4), 822-8.
- Wang, P., Pereira, F.A., Beasley, D., Zheng, H. (2003). Presenilins are required for the formation of comma- and S-shaped bodies during nephrogenesis. *Development*, 130(20), 5019-5029.
- Washburn, S., Silvia, W., Brown, C., McDaniel, B., McAllister, A. (2002). Trends in reproductive performance in southeastern Holstein and Jersey DHI herds. *Journal of Dairy Science*, 85(1), 244-251.

- Weigel, K. (2001). Controlling inbreeding in modern breeding programs. *Journal of Dairy Science*, 84, E177-E84.
- Wiltbank, M.C., Baez, G.M., Garcia-Guerra, A., Toledo, M.Z., Monteiro, P.L., Melo, L.F. (2016). Pivotal periods for pregnancy loss during the first trimester of gestation in lactating dairy cows. *Theriogenology*, 86(1), 239-253.
- Yoshizawa, T., Mizumoto, S., Takahashi, Y., Shimada, S., Sugahara, K., Nakayama, J. et al. (2018). Vascular abnormalities in the placenta of Chst14^{-/-} fetuses: Implications in the pathophysiology of perinatal lethality of the murine model and vascular lesions in human CHST14/D4ST1 deficiency. *Glycobiology*, 28(2), 80-9.
- Zhang, Z., Wang, X., Zhang, L., Shi, Y., Wang, J., Yan, H. (2017) Wnt/ β -catenin signaling pathway in trophoblasts and abnormal activation in preeclampsia. *Molecular medicine reports*, 16(2), 1007-13.
- Zinovieva, N. (2016). Haplotypes affecting fertility in Holstein cattle. *Sel'skokhozyaistvennaya Biologiya Agricultural Biology*, 51(4), 423-35.
- Zinovieva, N., Gladyr, E., Ernst, L., Brem, G. (2002). Vvedenie v molekulyarnuyu gennuyu diagnostiku sel'-skokhozyaystvennykh zhyvotnykh—Introduction to molecular gene diagnostics of farm animals. *Dubrovitsy: VIZh*. 2002.
- Zinovieva, N.A., Gladyr, E.A., Kharzinova, V.R., Kostyunina, O.V., Pokrovskaya, M.V., Drushlyak, N.G., Kabitskaya, Ya.A.(2012). Dostizheniya nauki i tekhniki APK, 11, 37-40 (in Russ).
- Zinovieva, N.A., Strekozov, N.I., Eskin, G.V. Turbina IS, Yanchukov IN, Ermilov AN. *Zhivotnovodstvo Rossii*.(2015). 6, 30-31(in Russ).

**RAMLIÇ KOYUNLARINDA MEDULLALI VE MEDULLASIZ LİF İNCELİĞİ
ÜZERİNE VÜCUT BÖLGESİ VE YAŞIN ETKİSİ**

Sedat BEHREM (ORCID 0000-0002-7351-1229)

Aksaray Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Zootečni, Aksaray, Türkiye.

Email:sedatbehrem@aksaray.edu.tr

Sabri GÜL (ORCID 0000-0001-6787-8190)

Mustafa Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootečni, Hatay, Türkiye.

Email:sabrigul@mku.edu.tr

Özet

Bu çalışmada Ramlıç koyunlarından farklı yaşlarda ve vücut bölgelerinden elde edilen yapağın yapığı incelik değerleri medullalı ve medullasız olarak değerlendirilmiştir. Çalışmada toplamda 360 baş olmak üzere kuzu, toklu, 1 doğum yapmış ve 2 ve üzeri doğum yapmış koyunlardan ve bu koyunların omuz, kaburga ve but bölgelerinden yapağı örnekleri alınmıştır. Elde edilen numuneler, USTER OFDA 100 (optik lif çapı analizörü) ile analiz edilmiştir. Çalışmada, medullalı liflerin yapığı çapını etkilediği tespit edilmiştir. Aynı zamanda incelik üzerine çevresel faktörlerden yaş ve vücut bölgesi etkisini gösterirken, ortalama lif çapını medullalı liflerde $25.74 \pm 0.26 \mu$, medullasız liflerde ise $24.90 \pm 0.26 \mu$ olarak ölçülmüştür. Sonuç olarak Ramlıç koyunlarının yapağınları tekstil endüstrisinde istenilen lif çaplarına yakın değere sahip olduğu, koyunlardan elde edilen yapağın yaşlara göre sınıflandırılmasının uygun olacağı, sınıflandırmada vücut bölgelerinin de dikkate alınması gerektiği ve medullasız yapağı yönünde ıslah çalışmalarının önemli olduğu kanaatine varılmıştır.

Anahtar kelimeler: Ramlıç koyunu, medulla, yapağı inceliği

**THE EFFECT OF BODY REGION AND AGE ON THE DIAMETER OF
MEDULLATED AND NON-MEDULLATED FIBERS IN RAMLIÇ SHEEP**

Abstract

In this study, the wool diameter values of fleeces obtained from Ramlıç sheep at different ages and body regions were evaluated as medullated and non-medullated. In the study, wool samples were collected from a total of 360 sheep, including lamb, yearling, primiparous and multiparous, as well as from the shoulder, rib, and thigh regions of these sheep. The obtained samples were analyzed using the USTER OFDA 100 (optical fiber diameter analyzer). The study found that medullated fibers influenced the wool diameter. Additionally, while the effects of age and body region as environmental factors on fineness were observed, the average fiber diameter was measured as $25.74 \pm 0.26 \mu$ for medullated fibers and $24.90 \pm 0.26 \mu$ for non-medullated fibers. In conclusion, it was determined that the fleece of Ramlıç sheep is close to the desired fiber diameters for the textile industry, that it would be appropriate to classify fleece according to age, and that body regions should also be considered in classification. Furthermore, selective breeding for non-medullated wool was found to be important.

Keywords: Ramlıç, Medulla, Non-Medulla, Diameter

1. GİRİŞ

Tarım sektörü, sanayiye hammadde tedarik ederek, ihracatta ekonomik büyümeyi desteklerken, dış ticaret dengesini koruma açısından da stratejik bir öneme sahiptir. Tarım, aynı zamanda yerel ekonomilerin gelişmesine katkı sağlayarak, diğer sektörlerle olan etkileşimi sayesinde kalkınmayı hızlandırmaktadır. Özellikle gelişmekte olan ülkelerde, tarım sektörü verimliliği artırıcı politikalarla desteklendiğinde, sürdürülebilir ekonomik büyüme için vazgeçilmez bir alan haline gelmiştir.

Tarımsal üretimin önemli bir parçası olan koyun yetiştiriciliğinden elde edilen ürünler, farklı yönleriyle insanlara hizmet etmektedir. Bu ürünler içerisinde daha önceleri stratejik yaşam malzemesi olarak kullanılan ve unutulmaya yüz tutmuş olan yapağı yer almaktadır. Yapağı, koyunların kırılmasıyla elde edilen doğal bir liftir ve tarih boyunca hem tekstil endüstrisinde hem de insan yaşamında önemli bir yere sahip olmuştur. Dayanıklılığı, doğal izolasyon özellikleri ve çevre dostu yapısıyla, yapağı, özellikle kış mevsiminde sıcak tutma kabiliyeti sayesinde kıyafet yapımında tercih edilen temel hammaddelerden biridir. Yüzyıllardır geleneksel dokuma tekniklerinde kullanılan yapağı, günümüzde de sürdürülebilir moda anlayışının öne çıkmasıyla yeniden değer kazanmış, sağladığı konfor ve doğallıkla modern yaşamda da vazgeçilmez bir ürün haline gelmiştir. Ekolojik ve ekonomik açıdan önemi, koyun yetiştiriciliğinin sürdürülebilirliğine katkıda bulunarak tarımsal üretimde de önemli bir rol oynamaktadır. Yapağının toplumlar açısından bir diğer önemi ise ticaret yollarının oluşumuna ve ekonomik ağların genişlemesine katkıda bulunmasıdır. Orta Çağ'da Avrupa'da yapağı ticareti, bazı ülkeler için başlıca gelir kaynaklarından biri olmuştur. Aynı zamanda, yapağıdan yapılan kumaşlar, geleneksel el sanatları ve tekstil kültürünün gelişmesinde de etkili olmuş, bu ürünler üzerinden zanaatkar sınıfları ve yerel ekonomi güçlenmiştir. Toplumların kendi kimliklerini oluşturmalarında önemli bir yere sahip olan yapağı, yerel giysiler, halılar ve kilimler gibi kültürel öğeler aracılığıyla da sosyal yaşamda iz bırakmıştır.

Tekstil ve dokuma alanlarında kullanılan yapağı liflerinin kalite ve değerini ölçmede kullanılan fiziksel ve morfolojik özellikler, üretimde kritik öneme sahiptir. Özellikle yapağı çapı, elde edilecek ham maddelerin mukavemet ve elastikiyetini doğrudan ilgilendiren hassas parametrelerdir. İnce bir elyaf çapına sahip olmak tekstil endüstrisinde istenen bir özellik olsa da, elyafın medulla veya medulla olmayan bir yapıya sahip olması elyafın kalitesini önemli ölçüde etkilemektedir.

Koyunların yapağısında bulunan medulla, yani kılların merkezindeki iç boşluk ya da yapı, yapağının özellikleri üzerinde önemli etkiler oluşturmaktadır. Bu yapının avantajları ve dezavantajları, yapağının kullanım alanlarına ve kalitesine göre değişiklik göstermektedir. Medullalı lifler diğer liflere nazaran hafif olması ve boş yapısı sayesinde havayı hapseder ve yapağının ısı ve nem yalıtımı özelliğini artırır. Bu durum, özellikle soğuk iklimlerde sıcak tutan kıyafet ve tekstil ürünleri üretiminde avantaj sağlar. Bunun yanı sıra medullasız liflere nazaran daha kırılğan oldukları için lif mukavemetini düşürdüğü için bazı kalite parametreleri olumsuz etkilemektedir. Dolayısıyla da tekstil ve dokuma endüstrisinde çok fazla tercih edilmemektedir.

Bu çalışmada Ramlıç koyunlarından elde edilen medullalı ve medullasız yapağılarda incelik üzerine çevresel faktörlerin etkisi araştırılmıştır.

2. MATERYAL VE METOT

Bu araştırmada Afyon ilinde yetiştiriciliği yapılan toplamda 360 baş Ramliç koyununun (% 65–70 Rambouillet ve %30-35 Dağlıç) yapağı örnekleri kullanılmıştır. Bu amaçla sürüdeki hayvanlar, kuzu (3-6 aylık), toklu (1-1.5 yaş), bir doğum yapmış (2-2.5 yaş) ve iki ve üzeri doğum yapmış koyunlar (3-3.5 yaş ve üzeri) olmak üzere dört gruba ayrılmıştır. Gruplardaki tüm hayvanların omuz, kaburga ve but bölgelerinden yaklaşık 100 g olacak şekilde kırkım makası ile deri yüzeyine yakın bölgeden yapağı örnekleri alınmıştır. Bu örnekler numune niteliğine göre etiketlenmiş ve analiz gününe kadar uygun koşullarda muhafaza edilmiştir.

Yapağılarda lif çapını tespit etmek amacıyla, USTER OFDA 100 (optik lif çapı analizörü) cihazı kullanılmıştır. Her türlü yabancı maddeden arındırılan lif örnekleri belirli bir oranda kesilerek cihazın ölçüm ünitesindeki lamel üzerine yerleştirilmiştir. Cihazda yapılan ölçümler neticesinde sonuçlar medullalı ve medullasız olmak üzere mikron (μ) cinsinden elde edilmiştir. İstatistiksel analizlere geçmeden önce veriler ekstrem değerler açısından temizlenmiş ve üç standart sapmadan büyük olan örnekler ortalamayı etkilememesi amacıyla çıkarılmıştır.

2.1 İSTATİSTİKİ ANALİZ

Elde edilen verilerde gözlem dışı bırakılan değerler, ortalamanın üç katı standart sapmadan büyük olan gözlemlerin çıkarılmasıyla gerçeleştirilmiştir. Yanıtların normalliğini belirlemek için Shapiro-Wilk testi kullanılmıştır. Ayrıca, varyansın homojenliği, artık değerler ile uyarlanmış değerler arasındaki grafiğe bakılarak görsel olarak incelenmiştir. Bu çalışma, linear modellerin oluşturulmasında çevresel parametrelerin (yaş, vücut bölgesi) etkisini ilk olarak değerlendirmiştir. Linear model analizi için SPSS 27 programı kullanılmıştır. Nihai modellerin oluşturulmasından önce çevresel faktörlerin etkisini değerlendirmek amacıyla genelleştirilmiş doğrusal linear model kullanılmış ve en küçük kareler ortalaması analiz edilmiştir. Özellikler arasındaki farkları karşılaştırmak için Duncan Testi kullanılmıştır. Uygulanan doğrusal karma modelin özelliklere ilişkin tanımı şu şekildedir:

Model: $y_{ij} = \mu + a_i + b_j + e_{ij}$

Model,

y_{ij} : bağımlı değişkenle (örneğin Medulla, Non-Medulla);

μ : ortalama;

a_i : yaş(kuzular, toklular, ilk doğumunu yapmış koyunlar ve ikinci doğumunu yapmış koyunlar);

b_j : vücut bölgesi(Omuz, Kaburga ve But);

e_{ij} : hata.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Ramlıç koyunlarından elde edilen yapağalarda medullalı ve medullasız incelik özelliklerine ilişkin tanımlayıcı istatistikler Çizelge 1’de verilmiştir. Bu çizelgeye göre çevresel faktörler dikkate alınmadığında genel ortalama olarak Ramlıç koyunlarında ortalama lif çapı 24.33 μ , medullasız liflerde ise 23.75 μ olarak tespit edilmiştir. Her ne kadar yapağı çapı birçok faktöre bağlı olarak değişse de (Behrem ve Gül, 2020) bu sonuçlardan da görüleceği üzere medullalı liflerin medullasızlara nazaran daha kalın olduğu belirlenmiştir.

Tablo 1. Medullalı ve medullasız lif incelikleri özelliklerine ait tanımlayıcı istatistik

Özellikler	Medullalı incelik (μ)	Medullasız incelik (μ)
n	360	360
Ortalama	24.33	23.75
Standard Hata	0.12	0.12
Minimum	18.70	18.50
Maksimum	33.80	30.60
Varyasyon Katsayısı	9.42	9.40

Yapağıda bulunan medulla, koyunlarda bulunan kemp kıllar içerisinde meydana gelen bir yapıdır. Bu yapı, yapağıda kaliteyi olumsuz etkilerken, tekstil endüstrisinde iplerin boyanmasında da engel teşkil eden bir yapıya sahiptir. Dolayısıyla daha çok, halı, kilim, battaniye gibi eşyaların imalatında kullanılmaktadır (Atav ve ark., 2023).

Ramlıç koyunlarında yapağı çapına etki eden çevresel faktörlere ait değerler Çizelge 2’de verilmiştir.

Tablo 2. Ramlıç koyunlarında lif özelliklerine ait en küçük kareler ortalaması sonuçları

Faktör	Medullalı (μ)			Medullasız (μ)		
	n	EKKO \pm SH	p	n	EKKO \pm SH	p
Yaş			***			***
Kuzu	90	23.84 \pm 0.22 ^a		90	23.72 \pm 0.21 ^a	
Toklu	90	23.77 \pm 0.22 ^a		90	23.05 \pm 0.21 ^a	
1 doğum	90	25.18 \pm 0.22 ^b		90	24.54 \pm 0.21 ^b	
2 doğum ve üzeri	90	24.54 \pm 0.22 ^b		90	23.70 \pm 0.21 ^a	
Vücut Bölgesi			***			***
Omuz	120	23.55 \pm 0.19 ^a		120	23.00 \pm 0.18 ^a	
Kaburga	120	23.92 \pm 0.19 ^a		120	23.30 \pm 0.18 ^a	
But	120	25.53 \pm 0.19 ^b		120	24.96 \pm 0.18 ^b	
Ortalama	360	25.74 \pm 0.26		360	24.90 \pm 0.26	

Not: Farklı harfli üst simgelere sahip ortalama değerler istatistiksel olarak anlamlı derecede farklıdır. ***P < 0.001; **P < 0.01; *P < 0.05; SH, standart hata; n, gözlem sayısı.

Yaş faktörü ele alınarak medullalı lif çapı sonuçları irdelendiğinde, kuzuların lif çapı ile toklular liflerinden elde edilen ölçümler arasında ve 1 doğum yapmış koyunlar ile 2 ve üzeri doğum yapmış koyunlardan elde edilen sonuçlar istatistiksel olarak önemsiz seviyede bulunmuştur (P>0.05). Diğer yandan bu ikili gruplar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak anlamlı çıkmıştır (P<0.001). Bu kapsamda en ince değer toklulardan elde edilirken (23.77 \pm 0.22 μ), en kalın değer 1 doğumunu yapmış koyunlardan elde edilmiştir (25.18 \pm 0.22 μ). Medullasız yapağılar incelendiğinde, medullalı lifler üzerine yaş faktörünün çok fazla etkili olmadığı gözlemlenmiştir. Buna değerlendirmeye göre, kuzu, toklu ve 2 ve üzeri doğum yapmış

koyunlardan elde edilen yapağı incelik sonuçları arasında istatistiki bir farklılığın olmadığı gözlemlenmiştir ($P>0.05$). Medullalı yapağılarda olduğu gibi bu grupta da en ince yapağı toklulardan elde edilirken ($23.05\pm 0.21 \mu$) en kalın yapağı 1 doğum yapmış koyunlardan ($24.54\pm 0.21 \mu$) ölçülmüştür. Yaş gruplarına göre elde etmiş olduğumuz yapağı incelik değerleri farklı ırklarda yapılan çalışmalar ile örtüşmektedir (Çolakoğlu ve Özbeyaz, 1999; Ünal ve Akçapınar, 2001; Behrem ve Gül, 2020).

Koyunlardan elde edilen medullalı ve medullasız yapağıların çapları farklı vücut bölgelerinden etkilenmiştir ($P<0.001$). Medullalı yapağılardan elde edilen bu değerler vücut bölümlerine farklılık göstermekle beraber en ince yapağı omuz bölgesinden ($23.55\pm 0.19 \mu$), en kaba ise but bölgesinden ölçülmüştür ($25.53\pm 0.19 \mu$). Medullasız yapağı çaplarına bakıldığında medullalı yapağılara benzer sonuçlar bulunmuştur. Bu tip yapağılarda yine en ince yapağı omuz bölgesinde en kaba yapağı ise but bölgesinden elde edilmiştir ($23.00\pm 0.18 \mu$ - $24.96\pm 0.18 \mu$).

Tabbaa ve ark. (2001), Aziz ve Al-Omary (2005), Scobie ve ark., (2015), yapmış oldukları çalışmalarında yapağı inceliği üzerine yaşın etkili bir faktör olduğunu, Sönmez (1963) ve Tuncer (1994) yapağı çapının koyunların omuz bölgesinden but bölgesine doğru kabalaştığını bildirmişlerdir. Kaymakçı ve Sönmez (1996) lif kalitesini belirleyen özelliklerin, hayvanın yaşı, ırkı, vücut bölgesi, yaşadığı çevre, iklim gibi etmenlerden etkilenebildiğini belirtmiştir.

Ramlıç koyunlarında çevresel etkileri dikkate alınmadan yapılan değerlendirmede, bu genotipin yapağı çapının ortalama değerinin medullalı yapağılarda medullasız yapağılarda ise olarak ölçülmüştür. Bu değerler normalde tekstil endüstrisinin istemiş olduğu değerlerin üzerinde olduğu görülmektedir. Fakat, yaşa bağlı olarak erken yaşta kırkımın yapılması ve koyunların daha çok omuz ve kaburga bölgelerinden elde edilecek yapağıların kullanılması ile tekstil endüstrisine katkıda bulunulabilecektir. Bunun yanı sıra bu genotip içerisinde yapılacak olan seleksiyon ile de istenilen inceliğe ulaşılabilecektir.

4. SONUÇ

Türkiye’de yetiştirilen yerli ırklarımızın tamamına yakını kaba karışık yapağıya sahiptir. Bu hayvanlardan elde edilen yapağılar daha çok halı, battaniye gibi hassas olmayan ürünlerin imalatında kullanılmaktadır. Buradaki en büyük sorunlardan biri de yerli ırklardan elde edilen yapağıların medullalı olmasından kaynaklanmaktadır. Koyun sayısı bakımından dünyada önde gelen ülkeler arasında yer almamıza rağmen stratejik bir ürün olana yapağının giyim sanayinde kullanılmaması ekonomik olarak ciddi bir kayıptır. Yetiştiricilerin koyunlarda elde etmiş oldukları yapağıyı elden çıkarmak amacıyla ucuz fiyata satması ya da imha etmeye çalışması ülke ekonomisi açısından endişe vericidir. Bunun yanı sıra bu alanda ihtiyaç duyulan elyafın ithal edilmesi ve sentetik liflerden karşılanması da yine önemli problemler arasındadır.

Bu noktadan hareketle hem yerli ırklarımızın yapağısının ıslahı hem de ihtiyaç duyduğumuz yapağının yerli ırklardan karşılanması amacıyla başlatılan merinoslaştırma çalışmasının devamında elde edilen Ramlıç koyunlarının yapağıları tekstil endüstrisinde kullanılabilecek kalitede olduğu söylenebilir. Bu amaçla kırılacak hayvanlarda yaşlara ve vücut bölgelerine göre yapağıların elde edilmesi isabetli olacaktır. Aynı zamanda yapağının hem incelik hem de medulla yönünde iyileştirmesine yönelik yapılacak ıslah çalışmalarına hız verilmesi ve genetik çalışmalar ile desteklenmesi de isabetli olacaktır.

KAYNAKLAR

- Atav, R., Buğdaycı, B., Soysal, M.İ. 2023. Yapağı kalitesini etkileyen genetik ve çevresel faktörler ile yapağın kullanım alanlarına genel bakış. *Journal of Animal Science and Products (JASP)*, 6 (1): 30-44. DOI: 10.51970/jasp.1208156
- Aziz, K. O., Al-Oramary, R. A. S., 2005, A study on fleece characterization of Hamadani sheep in Erbil plain, , *Mesopotamia J. Afric.*, 33 (1), 28-39.
- Behrem, S., Gül, S. 2020. Effects of age and body region on wool characteristics of Merino sheep crossbreds in Turkey. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 46: 235-247.
- Çolakoğlu, N., Özbeyaz, C., 1999. Akkaraman ve Malya koyunlarının bazı verim özelliklerinin karşılaştırılması. *Tr. J. of Veterinary Animal Sciences*, 23, 351-360.
- Kaymakçı, M., Sönmez, R., 1996. İleri Koyun Yetiştiriciliği. Ege Üniversitesi yayınları, İzmir, 405 s.
- Scobie, D.R., Grosvenor, A.J., Bray, A.R., Tandon, S.K., Meade, W.J., Cooper, A.M.B., 2015. A review of wool fibre variation across the body of sheep and the effects on wool processing. *Small Ruminant Research*, 133; 43–53.
- Sönmez, R., Kaymakçı, M., Eliçin, A. , Tuncel, E. , Wassmuth, R. , Taşkın, T., 2009. Türkiye Koyun Islahı Çalışmaları. *U. Ü. Ziraat Fak. Derg.*, 23, (2) 43-65.
- Tabbaa, M. J., Al-Azzawi, W. A., Campbell, D., 2001. Variation in fleece characteristics of Awassi sheep at different ages. *Small Ruminant Research*, 41(2), 95-100.
- Tuncer, S.S. 1994. Akkaraman, Anadolu Merinosu, Ile de France x Akkaraman (G1) ve Ile de France x Anadolu Merinosu (G1) melezlerinde yapağı verim ve özellikleri. *Yüksek Lisans Tezi. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü* 47. s.
- Ünal, N., Akçapınar, H., 2001. Orta Anadolu Merinoslarında Önemli Verim Özellikleri ve Seleksiyonla Geliştirilmesi İmkanları 1. Önemli Verim Özellikleri. *Lalahan Hayvancılık Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 41 (1) 45-58.

IMPACT OF DIGITAL LITERACY ON RURAL ECONOMIC DEVELOPMENT

Associate Professor, Dr.C.Vijai

School of Commerce

Vel Tech Rangarajan Dr. Sagunthala R&D Institute of Science and
Technology, Avadi, Chennai-600 062, Tamil Nadu, India.

Email : vijaiav@gmail.com

Abstract

Digital literacy is increasingly recognized as a critical component for economic development, especially in rural areas where limited technological access and infrastructure create a significant digital divide. This paper examines the impact of digital literacy on rural economic development, exploring how digital skills empower rural populations with enhanced access to information, employment opportunities, and essential services. By facilitating ecommerce, improving agricultural productivity, and promoting smallscale entrepreneurship, digital literacy plays a transformative role in rural economies. Through an analysis of existing literature and case studies from countries like India and Kenya, the paper highlights successful digital literacy initiatives and the economic benefits they provide. Additionally, it addresses the primary challenges faced in implementing digital literacy programs, such as infrastructure limitations and sociocultural barriers. The study concludes with recommendations for policymakers to support sustainable digital literacy initiatives, emphasizing the importance of publicprivate partnerships and community engagement. This paper ultimately underscores the potential of digital literacy to bridge the ruralurban economic gap and foster inclusive economic growth.

Keywords: Digital Literacy, Rural Economic Development, Digital Divide, Rural Empowerment, Ecommerce in Rural Areas

Introduction

In an increasingly digital world, the ability to access, use, and understand digital technologies has become essential for economic participation and growth. Digital literacy, defined as the capacity to effectively engage with digital tools and platforms, enables individuals to access online information, communicate, and participate in economic activities (UNESCO, 2020). In rural areas, however, limited access to technology and digital skills creates a significant digital divide, impeding economic development and perpetuating poverty cycles (OECD, 2019). The ruralurban digital divide is often exacerbated by factors such as inadequate infrastructure, lower education levels, and a lack of digital training resources, which leave rural populations at a disadvantage in an increasingly digital economy (Rabinowitz & de Villiers, 2020).

Rural communities often rely on traditional industries, such as agriculture and handicrafts, where the adoption of digital skills can greatly enhance productivity, market access, and income opportunities. For example, digital literacy enables farmers to access market information, agricultural innovations, and government resources online, which can improve crop yield and profitability (Kavanaugh et al., 2019). Digital skills also empower small business owners in rural areas to use ecommerce platforms, connecting them to broader markets and increasing their economic resilience (Smith & Spencer, 2021). Moreover, digital literacy provides rural residents with new employment opportunities, allowing them to participate in remote work and the digital gig economy, which is crucial for regions with limited local job prospects (Martinez, 2021). The importance of digital literacy for rural economic development is also evident in its role in fostering financial inclusion. Mobile banking, digital payments, and online financial services help bridge the financial access gap in underserved rural areas, reducing reliance on cash transactions and increasing economic participation (World Bank, 2020). Additionally, digital literacy facilitates access to government services and welfare schemes, which are increasingly offered through online platforms, thereby improving rural residents' quality of life and economic security (United Nations, 2021).

Literature Review

Digital literacy is widely recognized as a critical driver of economic development, particularly in rural areas where limited access to digital tools and skills often impedes growth (OECD, 2019). Digital literacy encompasses various skills, from basic digital navigation to complex technological competencies, and is essential for empowering rural populations to engage in modern economies. This section reviews key studies that examine the relationship between digital literacy and economic growth, digital access barriers, and specific digital literacy models aimed at rural development.

1. Digital Literacy and Economic Growth

The correlation between digital literacy and economic development is well documented. According to the International Telecommunication Union (ITU, 2022), digital literacy contributes significantly to economic inclusion by enabling individuals to access information, skills, and opportunities necessary for livelihood improvements. Smith and Spencer (2021) highlight that digital skills equip rural entrepreneurs to harness ecommerce platforms, broadening their reach beyond local markets. Their study found that small business owners with

basic digital literacy experienced an average income increase of 30%, underlining the economic impact of digital competency.

2. Barriers to Digital Literacy in Rural Areas

Despite its benefits, the adoption of digital literacy in rural areas faces significant barriers, often referred to as the "digital divide." Studies point to poor internet infrastructure, lack of affordable technology, and low literacy levels as primary obstacles. Rabinowitz and de Villiers (2020) emphasize that rural communities in developing regions face limited internet access, often due to high setup costs or geographic isolation. This lack of infrastructure hinders access to digital literacy programs and online resources essential for economic development (Kaur & Sharma, 2020). Furthermore, the cost of devices and internet access poses a barrier for low-income households, making digital tools financially unattainable for many rural families (UNESCO, 2020).

3. Digital Literacy Models for Rural Empowerment

To overcome these challenges, various models for enhancing digital literacy in rural areas have emerged. For example, UNESCO's Digital Literacy Global Framework (2020) emphasizes adaptable learning models tailored to rural contexts, using mobile technology to reach dispersed populations. Bhatnagar (2021) examined India's Digital India initiative, which includes digital training for rural communities and subsidized internet services. His study highlights how localized digital hubs and training centers significantly increased internet usage and digital literacy rates, particularly among rural youth.

Another effective approach is community-based digital literacy programs. Kavanaugh et al. (2019) argue that local telecenters and digital hubs, supported by partnerships between governments and nonprofits, can provide affordable and accessible digital training. Their case study on rural Kenya reveals that such centers not only improved digital skills but also led to a measurable increase in local business productivity and employment rates.

4. Impact on Specific Sectors: Agriculture and Small Enterprises

The benefits of digital literacy extend across various sectors vital to rural economies, particularly agriculture and small enterprises. Digital skills enable farmers to access weather updates, crop prices, and sustainable farming techniques, directly influencing their productivity and income (World Bank, 2020). For instance, a study by Harwin and Maurer (2018) demonstrates that farmers with digital skills can optimize resource usage, leading to a 25% increase in crop yield. Similarly, Martinez (2021) discusses how digital literacy empowers small-scale entrepreneurs to utilize digital payment systems and online marketplaces, expanding their customer base and enabling financial inclusion.

5. Social and Economic Impacts of Digital Literacy

Beyond economic factors, digital literacy fosters broader social benefits by enhancing access to education and healthcare in rural areas. Digital skills allow individuals to participate in online learning programs, access telemedicine, and improve overall quality of life (United Nations, 2021). Kaur and Sharma (2020) assert that digital literacy programs are essential for reducing information asymmetry, promoting equitable access to services, and building social resilience in rural communities.

Digital Literacy's Role in Economic Development

Digital literacy has become an essential component of economic development, allowing individuals and communities to participate effectively in a digitized economy. Digital literacy goes beyond basic computer skills; it encompasses the ability to access, evaluate, and effectively use digital information, tools, and platforms. This competency not only empowers individuals to pursue economic opportunities but also plays a crucial role in fostering inclusive economic growth and reducing inequality (UNESCO, 2020).

1. Economic Inclusion and Employment Opportunities

Digital literacy facilitates access to employment opportunities, especially in rural areas where jobs may be scarce. According to the International Telecommunication Union (ITU, 2022), individuals with digital skills are better equipped to access remote job markets, online gig work, and other forms of digital employment. This access helps reduce urban migration by enabling rural residents to secure income without relocating. Studies show that digitally literate individuals experience an average income increase of 2030% compared to their digitally illiterate counterparts, as they are better able to engage with formal job markets and participate in higher-paying sectors (Smith & Spencer, 2021).

2. Enhancing Productivity and Efficiency in Key Sectors

In traditional industries, such as agriculture and smallscale manufacturing, digital literacy boosts productivity by enabling access to realtime data, market information, and innovative technologies. For instance, digital literacy empowers farmers to access weather forecasts, market prices, and farming best practices through mobile platforms. This information allows farmers to make informed decisions, optimize their operations, and increase crop yields. A study by Harwin and Maurer (2018) found that digitally skilled farmers in Kenya achieved a 25% increase in productivity compared to those without such skills.

Digital tools also help small enterprises streamline operations, access new markets, and improve customer relationships. Entrepreneurs with digital literacy skills can use online platforms for marketing, sales, and customer engagement, significantly broadening their market reach. According to Martinez (2021), digital literacy in small businesses is directly associated with higher growth rates and increased profitability.

3. Financial Inclusion and Digital Payments

Financial inclusion is a major economic benefit of digital literacy. Digital skills enable individuals to access online banking, mobile payments, and other financial services, reducing

dependence on cash transactions. The World Bank (2020) notes that digital payments and mobile banking increase transaction efficiency and security, fostering a more inclusive financial ecosystem. In India, digital literacy programs under the Digital India initiative have promoted the use of digital payments in rural areas, resulting in a 15% increase in financial inclusion across underserved communities (Bhatnagar, 2021). Access to financial tools also empowers rural residents to save, invest, and manage their finances, fostering economic stability and growth at the local level.

4. Bridging the Digital Divide and Reducing Inequality

Digital literacy has the potential to bridge the digital divide between urban and rural communities, thereby reducing economic inequality. OECD (2019) suggests that digital literacy initiatives targeting underserved rural populations can empower individuals with the skills needed to access information, job opportunities, and educational resources that are often unavailable in their communities. By narrowing the digital divide, digital literacy fosters economic inclusion and provides rural residents with pathways to socioeconomic advancement.

Furthermore, digital literacy promotes gender equality in economic participation. Studies indicate that digital literacy programs targeting women in rural areas lead to increased financial independence and economic agency. For example, Kaur and Sharma (2020) found that women in rural India who received digital skills training were more likely to start small businesses and engage in economic activities, contributing to household income and local development.

5. Supporting Government and Social Services Access

Digital literacy also plays a critical role in improving access to government services, healthcare, and education. As governments increasingly deliver services through digital platforms, citizens with digital literacy are better able to access welfare benefits, healthcare information, and educational resources. This access improves their economic security and quality of life, reinforcing the role of digital literacy as a foundation for sustainable development (United Nations, 2021).

Case Studies and Examples

Case studies across various countries illustrate the transformative impact of digital literacy on rural economic development. Successful programs demonstrate that tailored digital literacy initiatives can address regionspecific needs and deliver measurable economic benefits. This section examines key examples from India, Kenya, Bangladesh, and Brazil, highlighting the role of digital literacy programs in enhancing productivity, financial inclusion, and social empowerment.

1. Digital India Initiative: Enhancing Financial Inclusion

India's Digital India initiative, launched in 2015, aims to transform the nation into a digitally empowered society and knowledge economy by improving digital infrastructure, promoting digital literacy, and expanding internet access, especially in rural areas. The initiative's Pradhan Mantri Gramin Digital Saksharta Abhiyan (PMGDISHA) program provides digital literacy training to millions of rural households. Bhatnagar (2021) found that digital literacy gained through PMGDISHA has enabled rural residents to adopt digital payment systems and mobile banking, leading to a 15% increase in financial transactions in rural areas. This shift has empowered rural populations to participate in formal banking, increasing savings and credit access, which fosters economic stability and growth.

2. Kenya's Mobile Technology and Digital Skills for Farmers

In Kenya, where agriculture is a primary source of livelihood, digital literacy programs have focused on equipping farmers with the skills to access information and services via mobile technology. Through partnerships with mobile service providers and NGOs, initiatives such as MFarm allow farmers to receive realtime data on crop prices, weather forecasts, and farming best practices. Kavanaugh et al. (2019) report that digitally literate farmers participating in such programs achieved up to a 25% increase in crop productivity. With access to accurate market prices and weather updates, farmers can make informed decisions, improving yield and income while mitigating risks.

3. Bangladesh's Access to Information (a2i) Program: Digital Empowerment through Union Digital Centers

Bangladesh's Access to Information (a2i) program, initiated by the government with support from UNDP, aims to improve public service delivery and digital literacy in rural areas. Union Digital Centers (UDCs) are communitybased hubs providing access to eservices, digital literacy training, and ecommerce platforms. According to a study by Rahman and Islam (2020), the a2i program has enabled rural entrepreneurs to sell products online, expand their market reach, and improve income stability. Additionally, the program has enabled residents to access government services digitally, such as land records and healthcare services, reducing travel costs and time, and promoting greater economic and social inclusion.

4. Brazil's Telecenters: Bridging the Digital Divide in Rural Communities

Brazil's National Telecenter Program aims to bridge the digital divide in rural areas by establishing telecenters that offer free internet access, computer skills training, and digital literacy programs. These telecenters, supported by government and local partnerships, have significantly impacted rural communities by providing access to digital tools and information (Souza & Costa, 2020). Studies have shown that these centers contribute to local business development, enabling small business owners to access ecommerce and digital marketing, thus expanding their customer base. Souza and Costa (2020) found that, in rural communities with access to telecenters, there was a 30% increase in ecommerce participation, leading to higher household incomes and economic resilience.

5. Rural ICT Hubs in Uganda: Training Women Entrepreneurs

Uganda's Rural ICT Hubs provide digital literacy training and support to women entrepreneurs, focusing on digital marketing, mobile payments, and basic computer skills. The initiative, managed by Women in Technology Uganda (WITU), equips women with the skills to manage and grow small businesses through digital platforms. According to Byaruhanga and Tumwine (2021), women participating in these programs reported a 40% increase in business revenue within a year due to their ability to reach customers online and process mobile payments. This program has proven effective in addressing the gender digital divide, as it empowers women to become financially independent and supports genderinclusive economic growth.

Challenges and Barriers

Despite the significant benefits of digital literacy for rural economic development, several challenges and barriers hinder the effective implementation and sustainability of digital literacy initiatives. Understanding these obstacles is crucial for policymakers, educators, and community leaders to develop strategies that address them and promote inclusive digital transformation.

1. Limited Infrastructure and Connectivity

One of the most significant barriers to digital literacy in rural areas is inadequate infrastructure and limited internet connectivity. Many rural regions lack reliable access to highspeed internet, which is essential for online learning and accessing digital resources. According to the International Telecommunication Union (2020), approximately 3.7 billion people worldwide still lack internet access, with the majority residing in rural areas. In India, for example, while urban areas enjoy better internet coverage, rural connectivity remains low, limiting opportunities for digital engagement (Mukherjee & Dasgupta, 2021).

2. Socioeconomic Barriers

Socioeconomic factors, including poverty and low educational attainment, significantly impact digital literacy levels in rural communities. Many individuals in these areas may not have the resources to purchase devices or afford internet access, creating a barrier to participation in digital literacy programs. Research by West (2019) indicates that individuals from lowincome backgrounds are less likely to be digitally literate, which perpetuates cycles of poverty and limits economic mobility. Additionally, cultural attitudes toward technology can also hinder adoption, particularly among older generations who may be reluctant to embrace digital tools (Rao, 2020).

3. Insufficient Training and Resources

The effectiveness of digital literacy initiatives is often hampered by insufficient training and resources. Many programs do not provide comprehensive training tailored to the specific needs of rural populations, resulting in limited engagement and effectiveness. A study by DiMaggio and Hargittai (2020) found that individuals who receive targeted, hands-on training are more likely to develop digital skills than those who participate in generic programs. Furthermore, a lack of ongoing support and resources can lead to a decline in digital skills over time, as

participants may not have access to updated information or assistance after initial training sessions.

4. Gender Inequality

Gender disparities in access to technology and education present a significant challenge to digital literacy in rural areas. Women often face systemic barriers that limit their ability to participate in digital literacy programs, such as cultural norms, family responsibilities, and limited access to resources. The World Economic Forum (2021) reports that women in rural areas are 27% less likely to have access to the internet compared to men, exacerbating existing gender inequalities. This digital gender gap not only affects women's economic opportunities but also limits their contributions to local and national economies.

5. Resistance to Change and Digital Adoption

Resistance to change can be a significant barrier to the successful adoption of digital literacy initiatives. Many individuals in rural areas may be skeptical of the benefits of digital tools or fear that technology could disrupt traditional ways of life. As noted by Chen and Wellman (2020), fostering a positive attitude towards technology is essential for successful implementation. Community engagement and awareness campaigns are crucial in addressing misconceptions and demonstrating the tangible benefits of digital literacy for economic development.

Recommendations for Enhancing Digital Literacy in Rural Areas

To effectively enhance digital literacy in rural areas and harness its potential for economic development, several strategic recommendations can be implemented. These recommendations focus on addressing existing barriers, leveraging community resources, and promoting sustainable digital literacy initiatives.

1. Improving Infrastructure and Connectivity

Investing in digital infrastructure is crucial to bridging the digital divide. Governments and private sectors should prioritize expanding high-speed internet access in rural areas through public-private partnerships. According to the Broadband Commission for Sustainable Development (2020), expanding broadband infrastructure in underserved regions can lead to improved economic opportunities and social inclusion. Programs like the Universal Service Obligation Fund in India aim to subsidize connectivity in rural areas, which could be replicated in other contexts to promote wider internet access.

2. Tailoring Digital Literacy Programs to Local Needs

Digital literacy initiatives must be tailored to the specific needs and contexts of rural populations. Engaging local communities in the design and implementation of these programs can ensure relevance and effectiveness. For instance, providing training that incorporates local languages, cultural practices, and existing community resources can enhance participation (Zhou et al., 2020). Local trainers familiar with community dynamics can also facilitate better understanding and engagement.

3. Implementing Ongoing Training and Support

To ensure the sustainability of digital literacy skills, ongoing training and support are essential. Workshops, followup sessions, and refresher courses should be organized to help participants stay updated with new technologies and platforms. As noted by van Dijk (2020), continuous engagement fosters a deeper understanding of digital tools and encourages ongoing skill development. Creating peer support networks can also empower participants to share knowledge and resources within their communities.

4. Promoting Gender-Inclusive Digital Literacy Initiatives

Addressing gender disparities is vital for enhancing digital literacy in rural areas. Programs should specifically target women, providing them with access to technology and training opportunities that cater to their unique challenges. Initiatives such as mentorship programs, women-only training sessions, and collaboration with local women's organizations can help empower female participants (UNESCO, 2021). Additionally, showcasing successful female role models in technology can inspire other women to engage with digital tools.

5. Leveraging Mobile Technology for Learning

Mobile technology can be a powerful tool for enhancing digital literacy in rural areas, given the widespread use of mobile devices. Mobile-based training programs and applications can provide accessible and flexible learning opportunities for individuals who may have time constraints or travel limitations. Studies have shown that mobile learning can increase engagement and knowledge retention (Ally, 2019). Programs like mLearning can be integrated to facilitate on-the-go learning and access to resources.

6. Fostering Partnerships and Community Engagement

Collaboration among various stakeholders—including government agencies, NGOs, private sector organizations, and local communities—is crucial for the success of digital literacy initiatives. Establishing partnerships can facilitate resource sharing, funding, and expertise exchange. Engaging community leaders and organizations in promoting digital literacy can increase visibility and encourage participation. A report by the World Bank (2020) emphasizes the importance of community engagement in creating sustainable digital solutions that cater to local needs.

Conclusion

The impact of digital literacy on rural economic development is profound and multifaceted. As this paper illustrates, enhancing digital literacy not only empowers individuals with essential skills but also fosters broader economic growth, social inclusion, and improved quality of life in rural communities. By addressing key challenges—such as inadequate infrastructure, socioeconomic barriers, and gender disparities—stakeholders can create tailored initiatives that effectively promote digital skills among rural populations. The successful case studies presented demonstrate that when digital literacy programs are context-specific, community-driven, and supported by sustainable infrastructure, they can lead to significant improvements in productivity, financial inclusion, and entrepreneurial opportunities. Moreover, ongoing training, gender-inclusive strategies, and the utilization of mobile technology offer promising avenues for expanding digital literacy and bridging the digital divide.

To realize the full potential of digital literacy in fostering rural economic development, collaborative efforts between governments, nonprofit organizations, and the private sector are essential. By prioritizing digital literacy as a key component of rural development strategies, we can pave the way for a more equitable and prosperous future for rural communities worldwide. Ultimately, the journey toward digital empowerment in rural areas is not merely about technology; it is about transforming lives, enhancing livelihoods, and creating resilient communities.

References

- Ally, M. (2019). *Mobile Learning: Design, Development, and Delivery*. Athabasca University Press.
- Bhatnagar, S. (2021). Rural Digital Transformation: The India Example. *Journal of Rural Development Studies*.
- Broadband Commission for Sustainable Development. (2020). *Connecting the Other Half: How the Global Digital Divide is Being Addressed*.
- Byaruhanga, C., & Tumwine, M. (2021). Digital literacy as a tool for empowering rural women in Uganda. *Journal of Gender and Technology*.
- Chen, W., & Wellman, B. (2020). The role of community engagement in technology adoption. *Journal of Community and Technology*.
- DiMaggio, P., & Hargittai, E. (2020). From the 'Digital Divide' to 'Digital Inequality': Studying Internet Use as Penetration Increases. Princeton University.
- Harwin, A., & Maurer, M. (2018). Digital literacy and economic development: A rural perspective. *Journal of Economic Development*.
- Harwin, A., & Maurer, M. (2018). Digital literacy and economic development: A rural perspective. *Journal of Economic Development*.
- International Telecommunication Union. (2022). *Policy guidelines for rural digital inclusion*.
- Kaur, A., & Sharma, P. (2020). Digital literacy and rural socioeconomic development. *Journal of Development and Policy Review*.
- Kavanaugh, A., et al. (2019). Empowering rural communities through digital literacy. *Journal of Community Informatics*.
- Kavanaugh, A., et al. (2019). Empowering rural communities through digital literacy. *Journal of Community Informatics*.
- Martinez, L. (2021). Digital inclusion strategies for rural empowerment. *Development Studies Journal*.
- Mukherjee, S., & Dasgupta, P. (2021). Rural digital divide: Understanding barriers to digital literacy in India. *Journal of South Asian Development*.
- OECD. (2019). *Bridging the rural digital divide*.
- Rabinowitz, A., & de Villiers, S. (2020). Digital barriers in rural communities: Overcoming the divide. *Journal of Information Technology for Development*.
- Rahman, M., & Islam, N. (2020). Digital literacy and egovernance in Bangladesh's rural areas. *Bangladesh Development Journal*.
- Rao, P. (2020). Cultural attitudes towards technology adoption in rural communities. *Journal of Technology in Society*.
- Smith, A., & Spencer, C. (2021). Digital literacy as a driver of rural economic development. *Journal of Sustainable Development*.
- Souza, L., & Costa, R. (2020). Telecenters and digital inclusion in rural Brazil. *Journal of Digital Access Studies*.
- UNESCO. (2020). *Digital literacy global framework*.
- UNESCO. (2021). *Digital Skills for Life and Work: Women and Girls in Digital Learning*.
- United Nations. (2021). *The role of digital literacy in achieving sustainable development goals*.
- van Dijk, J. (2020). *The Digital Divide: The Internet and Social Inequality in International Perspective*. Sage Publications.
- West, S. M. (2019). *Digital literacy and the barriers to economic mobility in lowincome communities*. Harvard Kennedy School.
- World Bank. (2020). *Digital Development: Lessons for the Future*.

***ISPEC 16th INTERNATIONAL CONFERENCE ON AGRICULTURE, ANIMAL
SCIENCE & RURAL DEVELOPMENT
November 15-17, 2024 / Konya, Türkiye***

World Bank. (2020). Digital Economy for Africa: Enabling rural prosperity through digital transformation.

World Economic Forum. (2021). The Global Gender Gap Report 2021.

Zhou, Y., et al. (2020). Culturally Responsive Digital Literacy Programs in Rural Communities. Journal of Rural Studies.

**KONYA İLİNİN 2023 YILI SU ÜRÜNLERİ AVCILIK VE YETİŞTİRİCİLİK
POTANSİYELİ**

Prof. Dr. Mustafa ÖZ (ORCID:0000-0001-5264-7103)
Aksaray Üniversitesi, Veteriner Fakültesi
Email:ozmustafa@aksaray.edu.tr

Doç. Dr. Burak Evren INANAN (ORCID:0000-0002-2888-8457)
Aksaray Üniversitesi, Veteriner Fakültesi
Email:burakinanan@aksaray.edu.tr

Arş. Gör. Enes ÜSTÜNER (ORCID:0000-0002-3837-5049)
Aksaray Üniversitesi, Veteriner Fakültesi
Email:enesustuner@aksaray.edu.tr

Özet

Bu çalışmada, Konya İli'nin su ürünleri avcılık ve yetiştiricilik potansiyeli değerlendirilmiştir. Bu araştırma Konya'da bulunan sulak alanlarda 2000 yılından bu yana avlanan ve yetiştiriciliği yapılan su ürünleri türleri ve üretim miktarlarına odaklanarak sektörün geçmişten günümüze kadar ki durumuna dikkat çekmektedir. Geçmiş yıllarda birçok tatlı su türünün (sudak, sazan, kadife balığı, gümüşü havuz balığı, kefal, siraz, yayın, gökçe, gümüş, çapak, alabalık, kerevit, kurbağa ve diğer türler) avcılığı yapılıyor iken 2023 yılında sadece sudak, sazan, kadife balığı, gümüşü havuz balığı ve kerevit avcılığı kayıtlara girmiştir. 2000-2011 yılları arasında en fazla avcılığı yapılan türler sudak (1234-346 ton), kadife (1418-375 ton) ve sazan (897-683 ton) olurken 2023 yılında en fazla avlanan balık türü gümüşü havuz balığı (855 ton) olmuştur. Konya ili sadece balık avcılığı bakımından değil balık yetiştiriciliğinde de oldukça önemli bir potansiyele sahiptir. Konya da bazı dönemlerde tilapya ve sazan yetiştiriciliği yapılmış olsa da geçmişten günümüze düzenli olarak yetiştiriciliği yapılan tek balık türün gökkuşuğu alabalığı olduğu saptanmıştır. Özellikle 2005 (1236 ton), 2006 (1426 ton) ve 2007 (1248 ton) yıllarında oldukça yüksek düzeyde yetiştiricilik yapılmasına karşın gökkuşuğu alabalığı üretimi yıllar içerisinde düşüş göstererek 2023 yılında 324 ton olarak gerçekleşmiştir. Genel olarak, Konya ili tatlı su ürünleri avcılığı açısından geçmiş yıllarda önemli bir potansiyele sahipken son yıllarda avcılık miktarı ciddi bir şekilde düşüş göstermektedir. Özellikle sazan ve kadife balığı gibi türler azalırken gümüşü havuz balığı gibi istilacı türlerin artması endişe verici bir durum olarak değerlendirilmektedir. Su ürünleri yetiştiriciliği açısından da önemli bir potansiyele sahip olan Konya'da yetiştiricilik aktiviteleri de giderek azalmaktadır. Balık yetiştiriciliğini tekrar arttırmak için gökkuşuğu alabalığına alternatif, yaşamsal istekleri daha düşük olan tilapya gibi balık türlerinin yetiştiriciliğinin yapılması ve bu alanda politikalar geliştirmek sektörün bu bölgedeki geleceği için önemli olduğu gözlemlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Konya, Su ürünleri avcılığı, Su ürünleri yetiştiriciliği

AQUACULTURE AND FISHERIES POTENTIAL OF KONYA PROVINCE IN 2023

Abstract

This study evaluates the aquaculture potential of Konya Province, focusing on the species and production quantities in its wetlands since 2000 and highlighting the sector's past and present status. In previous years, a variety of freshwater species (perch, carp, tench, silver crucian carp, mullet, siraz, catfish, goosfish, silverfish, bream, trout, crayfish, frogs, and others) were caught. However, by 2023, only perch, carp, tench, silver crucian carp, and crayfish had been recorded. From 2000 to 2011, the most caught species were perch (1234-346 tons), tench (1418-375 tons), and carp (897-683 tons). In 2023, silver crucian carp were the most caught species, with a catch of 855 tons. Konya Province has significant potential for not only fishing but also aquaculture. Although tilapia and carp were occasionally farmed, the only species consistently farmed from past to present is rainbow trout. Despite high production levels, particularly in 2005 (1236 tons), 2006 (1426 tons), and 2007 (1248 tons), rainbow trout production decreased over the years to 324 tons in 2023. Although the province has considerable potential for freshwater fishing, this activity has significantly declined in recent years. Species such as carp and tench are decreasing in abundance, while the abundance of invasive species like silver crucian carp is concerning. Despite Konya's aquaculture potential, farming has declined gradually. To revitalize fish farming, it is crucial for the sector's future in the province to cultivate alternative species like tilapia, which have lower vital requirements, and to develop supportive policies in this area.

Keywords: Konya, Aquaculture, Fisheries

GİRİŞ

Artan dünya nüfusu ve artan tüketici bilinci kaliteli protein kaynaklarına olan ihtiyacı da arttırmaktadır. Su ürünleri en önemli protein kaynaklarının başında gelir (Öz ve ark., 2024). Genellikle su ürünleri, özellikle de balık gelişmekte olan ülkeler için çok önemli bir gıda kaynağıdır (Thilsted ve ark., 2016; Belton ve ark., 2018; Cojocaru ve ark., 2022). Son yıllarda avcılık yoluyla elde edilen ürün miktarı ya yatay bir şekilde seyretmekte ya da azalma eğiliminde olmasına karşılık su ürünleri yetiştiricilik sektörü hızlı bir şekilde büyümektedir. Hatta en hızlı büyüyen gıda sektörlerinin başında su ürünleri yetiştiricilik sektörü gelmektedir (FAO, 2020). Su ürünleri yetiştiriciliği sektörünün büyümesini sürdürülebilir kılmak için su kaynaklarının korunması oldukça önemli bir konudur.

Su ürünleri yetiştiriciliği ve balıkçılık faaliyetleri sadece halkın besin ihtiyaçlarının karşılanması için değil aynı zamanda yerel ekonomilere çok önemli katkılarda bulunan önemli bir tarımsal faaliyet alanıdır. Son yıllarda küresel ısınma ve kuraklık gibi sebeplere bağlı olarak balıkçılık yapılan alanlarda birçok sıkıntı ile karşılaşılmaktadır. Bu çalışmada Konya ilinin 2000-2023 yılları arasındaki su ürünleri yetiştiricilik ve avcılık faaliyetleri analiz edilmiş, sektörün geçmişten günümüze geldiği nokta ve geleceğine dair bir farkındalık oluşturmak amaçlanmıştır.

DÜNYA SU ÜRÜNLERİ ÜRETİMİ

Dünya su ürünleri üretimi 2000 yılından 2022 yılına kadar sürekli artış ve bu artışın temel kaynağı yetiştiricilik faaliyetleridir. Son 22 yılın avcılık ve yetiştiricilik faaliyetleri FAO verilerine göre derlenmiş tablo 1 de sunulmuştur. Toplam balıkçılık (avcılık) ve su ürünleri yetiştiriciliği üretimi 2022'de 223,2 milyon tonluk rekor seviyeye ulaşmıştır. Bu üretimin 185,4 milyon tonluk kısmı balık ve diğer sucul hayvanlardan oluşurken 37,8 milyon tonluk kısmı ise alglerden oluşmaktadır. Toplam su ürünleri üretimi 2020 yılından 2022 yılına kadar %4,4 artış göstermiştir. Toplam üretimin %62'si deniz alanlarda ve %38'i iç sulardan gerçekleşmiştir. Denizel ortamlardan elde edilen ürünün %31'i yetiştiricilikten %69'u ise avcılık yoluyla elde edilmiştir. İç sularda gerçekleştirilen üretimin %84'ü yetiştiricilikten ve %16'sı ise avcılık yoluyla elde edilmiştir. Su ürünleri üretiminin %70'ini Asya ülkeleri karşılarken geri kalan kısımları ise sırasıyla; Avrupa (%9), Latin Amerika ve Karayipler'deki ülkeler (%9), Afrika (%7), Kuzey Amerika (%3) ve Okyanusya (%1) izledi. En fazla üretim yapılan ülkeler ise Çin (%36), Hindistan (%8), Endonezya (%7), Vietnam (%5) ve Peru (%3) olmuştur (FAO, 2024).

Tablo 1. Dünya su ürünleri yetiştiriciliği ve avcılığı (FAO, 2024).

ÜRETİM YERİ VE ŞEKLİ		YILLAR (Milyon ton)				
		1990	2000	2010	2021	2022
Avcılık	Denizler	81,9	81,6	79,8	80,3	79,7
	İç sular	7,1	9,3	11,3	11,4	11,3
	Toplam	88,9	90,9	91,1	91,6	91
Yetiştiricilik	Denizler	9,2	17,9	26,7	34,7	35,3
	İç sular	12,6	25,6	44,8	56,4	59,1
	Toplam	21,8	43,4	71,5	91,1	94,4
Toplam		110,7	134,3	162,6	182,8	185,4

TÜRKİYE SU ÜRÜNLERİ ÜRETİMİ

Türkiye’de su ürünleri sektörü oldukça hareketli bir sektördür. Su ürünleri yetiştiriciliği çok köklü bir geçmişe sahip olmasa da hızlı bir büyüme göstermiştir. 2000 yılında 79.031 ton olan su ürünleri yetiştiriciliği 2023 yılında 556.287 ton a ulaşmış, avcılık ise 500 bin ton ile 300 bin ton arasında dalgalanma göstermiştir (Tablo 2).

Tablo 2. Türkiye su ürünleri avcılığı ve yetiştiriciliği (BSGM, 2024)

Yıllar	Avcılık			Yetiştiricilik			Toplam (Ton)
	Deniz	İçsu	Toplam	Deniz	İçsu	Toplam	
2000	460.521	42.824	503.345	35.646	43.385	79.031	582.376
2005	380.381	46.115	426.496	69.673	48.604	118.277	544.773
2010	445.680	40.259	485.939	88.573	78.568	167.141	653.080
2015	397.731	34.176	431.907	138.879	101.455	240.334	672.241
2020	331.281	33.119	364.400	293.175	128.236	421.411	785.811
2021	295.018	33.140	328.158	335.644	136.042	471.686	799.844
2022	301.747	33.256	335.003	368.742	146.063	514.805	849.808
2023	420.527	33.532	454.059	399.529	156.758	556.287	1.010.346

KONYA SU ÜRÜNLERİ YETİŞTİRİCİLİĞİ VE AVCILIĞI

Son yıllarda Türkiye balık yetiştiriciliğinde meydana gelen hızlı artışın aksine Konya ilinde su ürünleri yetiştiriciliği giderek azalmaktadır. 2000 yılında 513 ton su ürünleri yetiştiriciliği 2005, 2006 ve 2007 yıllarında sırasıyla 1236 ton, 1426 ton ve 1248 ton üretime ulaşsa da bu üretim sürdürülememiş 2018 yılında 307 ton ve 2022 yılında 297 tona gerilemiş 2023 yılında ise 324 ton olarak gerçekleşmiştir (Tablo 3). Konya da su ürünleri yetiştiriciliği alabalık yetiştiriciliği ile başlamış, sadece 2012 yılında 50 ton sazan yetiştirilmiş ve 2014 – 2021 yılları arasında alabalığa ek olarak tilapia yetiştiriciliği yapılmıştır. 2016 yılında 58 tona kadar çıkan tilapia yetiştiriciliği 2021 yılında 6 tona kadar düşmüş ve yetiştiriciliğine devam edilmemiştir.

Tablo 3. Konya ili su ürünleri yetiştiriciliği (TÜİK, 2024).

Yıllar	Yetiştirilen Türler		
	Alabalık	Tilapia	Sazan
2000	513	-	-
2001	443	-	-
2002	697	-	-
2003	927	-	-
2004	997	-	-
2005	1236	-	-
2006	1426	-	-
2007	1248	-	-
2008	980	-	-
2009	965	-	-
2010	740	-	-
2011	750	-	-
2012	521	-	50
2013	604,8	-	-
2014	439	32	-
2015	432	12	-
2016	361	58	-
2017	302	8	-
2018	295	12	-
2019	302	6	-
2020	377	13	-
2021	365	6	-
2022	297	-	-
2023	324	-	-

Konya ilinin su ürünleri avcılığı da aynı yetiştiricilik sektöründe olduğu giderek azalmaktadır. Son yıllarda hem avlanan tür sayısı hem de miktarında ciddi düşüşler gözlenmektedir (Tablo 4). Özellikle 2000 ile 2010 yılları arasında çok önemli bir avcılık potansiyeli Konya bu potansiyelini kaybetmiş ve avcılık giderek azalmıştır. Bazı türlerin avcılığı önemli bir seviye düşmüş ve bazı türlerin avcılığı tamamen sonlanmıştır. 2012 yılından sonra Gümüşü Havuz Balığı avcılığı başlamış ve şuan en fazla avcılığı yapılan balık türü olarak karşımıza çıkmaktadır.

**ISPEC 16th INTERNATIONAL CONFERENCE ON AGRICULTURE, ANIMAL
SCIENCE & RURAL DEVELOPMENT
November 15-17, 2024 / Konya, Türkiye**

Tablo 4. Konya ili su ürünleri avcılığı (Tük, 2024)

YILLAR	Avlanan Su Ürünleri													
	Sudak	Sazan	Kadife	Gümüşü Havuz Balığı	Kerevit	Kefal	Kurbağa	Siraz	Yayın	Gökçe	Gümüş	Çapak	Alabalık	Diğer
2000	1234	683	375	-	73	-	-	-	4	3	-	5	2	62
2001	1194	715	413	-	182	-	48	-	3	2	-	4	50	194
2002	1195	726	308	-	202	-	48	-	4	2	-	2	134	184
2003	1134	739	358	-	249	-	38	-	3	1	-	2	175	197
2004	1142	741	1257	-	241	-	33	-	4	-	-	2	169	180
2005	1049	869	1329	-	123	-	33	-	2	-	-	3	388	123
2006	994	754	1418	-	15	-	37	-	5	-	-	3	472	97
2007	982	793	1397	-	13	-	19	-	6	-	-	4	207	43
2008	887	781	1287	-	11	-	4	-	5	-	-	4	168	8
2009	764	721	1171	-	9	15	3	-	17	-	-	3	16,8	7
2010	873	897	927	-	17	27	2	-	17	-	-	3	15	7
2011	346,5	693,2	387,3	-	17,5	30	-	5	19,7	-	9,8	8,5	10	108,6
2012	255	570	1	390	15	20	-	4	17	-	9	6	11	11
2013	210	480	6	601,5	15	22	-	5	19	-	-	5	8	10
2014	225	460	6	700	15	25	-	5	20	-	-	5	8	10
2015	200	430	5	550	10	20	-	3	17	-	-	4	5	15
2016	200	295	5	425	10	20	-	3	15	-	-	4	4	15
2017	180	226	4	400	9	15	-	2	10	-	-	3	6	12
2018	208	165	4	365	15	12	-	2	8	-	-	4	6	13
2019	201	181	5	403	9	14	-	2	10	-	-	3	-	13
2020	165	173	5	628	12	12	-	1	9	-	-	3	-	14
2021	168	197	5	827	12	-	-	1	3	-	-	-	-	9
2022	147	213	7	824	9	-	-	-	2	-	-	-	-	-
2023	85	216	11	855	7	5	-	-	-	-	-	-	-	-

SONUÇ

Geçmiş yıllarda ülke balıkçılığı için çok önemli bir noktada olan Konya ili hem su ürünleri yetiştiriciliği hem de su ürünleri açısından önemini kaybetmektedir. Konya ili sulak alanlarında uzun yıllardan beri avlanan balık türlerinin avcılığının ya tamamen bitmesi ya da ciddi bir şekilde azalması, buna karşın Gümüşü Havuz Balığı gibi istilacı türlerin avcılığının giderek artması Konya balıkçılığı için endişe verici bir durumdur.

KAYNAKLAR

- Belton, B., Bush, S. R., & Little, D. C. (2018). Not just for the wealthy: Rethinking farmed fish consumption in the Global South. *Global Food Security*, 16, 85-92.
- BSGM, 2024. Balıkçılık ve su ürünleri genel müdürlüğü. <https://www.tarimorman.gov.tr/BSGM/Belgeler/Icerikler/Su%20%C3%9Cr%C3%BCnl eri%20Veri%20ve%20D%C3%B6k%C3%BCmanlar%C4%B1/Bsgm-istatistik.pdf>. Erişim tarihi: 01.11.2024
- Cojocar, A. L., Liu, Y., Smith, M. D., Akpalu, W., Chávez, C., Dey, M. M., ... & Tran, N. (2022). The “seafood” system: Aquatic foods, food security, and the Global South. *Review of Environmental Economics and Policy*, 16(2), 306-326.
- FAO. (2020). The state of world fisheries and aquaculture. Contributing to food security and nutrition for all. Rome.
- FAO. 2024. The State of World Fisheries and Aquaculture 2024 – Blue Transformation in action. Rome. <https://doi.org/10.4060/cd0683en>.
- Keskin, Y. E. & Erdem, M. (2005). Gökkuşığı Alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) Yetiştiriciliğinde Farklı Oranlarda Ekstrüde Yem Kullanımının Balıkların Gelişmesine Etkisi. Süleyman Demirel Üniversitesi Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi Dergisi, 1(1), 49-57.
- Öz, M. (2016). Nutrition and Gender Effect on Body Composition of Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*), *Journal of Advances in VetBio Science and Techniques*, 1(1), 20-25.
- Öz, M., Inanan, B. E., Karasahin, T., & Dikel, S. (2024). Effects of glutamine on growth performance, nutrient content, fatty acid profile, and blood parameters of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Journal of Fish Biology*, 104(4), 1213-1222.
- Tük, 2024. <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=97&locale=tr>. Erişim tarihi: 25.10.2024

**ÇÖREK OTU (*nigella sativa*) YAĞININ BAĞIŞIKLIK SİSTEMİ VE BÜYÜME
PERFORMANSINI DESTEKLEMELİK AMACIYLA SU ÜRÜNLERİNDE
KULLANIMI**

Prof. Dr. Mustafa ÖZ (ORCID:0000-0001-5264-7103)

Aksaray Üniversitesi, Veteriner Fakültesi

Email:ozmustafa@aksaray.edu.tr

Doç. Dr. Burak Evren INANAN (ORCID:0000-0002-2888-8457)

Aksaray Üniversitesi, Veteriner Fakültesi

Email:burakinanan@aksaray.edu.tr

Arş. Gör. Enes ÜSTÜNER (ORCID:0000-0002-3837-5049)

Aksaray Üniversitesi, Veteriner Fakültesi

Email:enesustuner@aksaray.edu.tr

Özet

Su ürünleri yetiştiriciliği en hızlı büyüyen sektörlerinden biridir. Sektörün sürdürülebilir şekilde büyümeyi devam ettirebilmesi için bağışıklığı ve büyüme performansını artıracak doğal katkı maddelerine olan ihtiyacı her geçen gün artmaktadır. Çörek otu (*Nigella sativa*) antioksidan, anti-inflamatuar ve immünomodülatör etkileriyle bilinen timokinon da dahil olmak üzere zengin biyoaktif bileşikler içeren önemli bir bitkidir. Son araştırmalar, *Nigella sativa* yağının balık beslenmesinde işlevsel bir bileşen olarak kullanılabileceğini, bağışıklık tepkilerini iyileştirme, patojen direncini artırma, yem dönüşüm oranı ve canlı ağırlık kazancı gibi büyüme parametrelerini geliştirme yeteneğine sahip olduğunu göstermektedir. Ayrıca balık kas besin içeriği, yağ asidi profili ve balıkların raf ömrü üzerinde etkili olabildiği gibi sipermetrin gibi bazı pestisitlerin zararlı etkilerini azaltmada da kullanılabileceği bilinmektedir. Bu çalışma, *Nigella sativa* yağının su ürünlerinin beslenmesindeki potansiyelini inceleyerek, biyoaktif bileşiklerinin bağışıklık yollarıyla etkileşime girmesi ve çeşitli balık türlerinde büyümeyi destekleyici mekanizmaları etkilediği özetlemektedir. Sonuç olarak *Nigella sativa* yağı, balık stoklarının sağlık parametrelerini destekleyerek dayanıklılığının artırılmasına, büyüme performansının desteklenmesine, su kaynaklı toksik maddelerin zararlı etkilerinin azaltılmasına, balık kas besin içeriği ve yağ asidi profilinin iyileştirilmesine ve balığın raf ömrünün arttırılmasına katkıda bulunabilecek bir yem katkı maddesi olarak değerlendirilebileceği ve su ürünleri yetiştiriciliği için çevre dostu bir yem katkı maddesi olarak önerilebileceği gösterilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Çörek otu yağı, Balık sağlığı, Büyüme performansı, Su ürünleri yetiştiriciliği

**USE OF BLACK CUMIN (*nigella sativa*) SEED OIL IN AQUACULTURE TO
SUPPORT THE IMMUNE SYSTEM AND GROWTH PERFORMANCE**

Abstract

Aquaculture is one of the fastest growing sectors in the world. To ensure sustainable growth, there is an increasing demand for natural additives that enhance immunity and growth performance. Black cumin (*Nigella sativa*) is a significant plant rich in some bioactive compounds, including thymoquinone, and known for its antioxidant, anti-inflammatory, and immunomodulatory effects. Recent studies indicate that *Nigella sativa* oil can be used as a functional ingredient in fish nutrition, improving immune responses, increasing pathogen resistance, and enhancing growth parameters, such as feed conversion ratios and live weight gain. It also alleviates certain harmful effects of pesticides like cypermethrin and alters fish muscle nutrient content, fatty acid profile, and shelf life. This study assessed the potential of *Nigella sativa* oil in aquaculture nutrition, describing how its bioactive compounds interact with immune pathways and support growth in various fish species. Consequently, black seed oil can be considered as a feed additive that enhances fish stock durability by supporting health parameters, promoting growth performance, reducing the harmful effects of waterborne toxic substances, improving fish muscle nutrient content and fatty acid profile, and extending shelf life. *Nigella sativa* oil is an environmentally friendly feed additive for aquaculture.

Keywords: Black seed oil, Fish health, Growth performance, Aquaculture

GİRİŞ

Dünya su ürünleri üretimi uzun yılından beri sürekli artış göstermekte ve bu artışın temel kaynağı yetiştiricilik faaliyetleridir. Avcılık faaliyetleriyle elde edilen ürün miktarı yatay bir ekseninde seyrederken yetiştiricilik yoluyla elde edilen üretim sürekli artış göstermektedir. Rekor bir artışla 2022 yılında 94,4 milyon tona ulaşan su ürünleri yetiştiricilik üretiminin artarak devam etmesi ve 2032 yılında 111 milyona ulaşılması beklenmektedir (FAO, 2024).

Bununla birlikte, stok yoğunluğu, antibiyotik kullanımı, aşılama, iklim değişikliği gibi faktörler bu sektörün gelişimini önemli ölçüde sınırlamakta ve sürdürülebilir büyümeyi tehdit etmektedir. Yetiştiricilik faaliyetlerinin yoğun olarak yapıldığı sularda patojenik mikroorganizmaların zararlı etkilerini en aza indirmek için kimyasal dezenfektanların ve antibiyotiklerin kullanımı oldukça yaygın bir uygulamadır (Bondad-Reantaso ve ark. 2005). Çok fazla antibiyotik kullanılması yalnızca antibiyotik dirençli bakterinin gelişmesine yol açmaz aynı zamanda su ortamında ve yetiştirilen balık türleri üzerinde kalıcı etkilere sebep olur (Jones ve ark. 2004; Cabello 2006). Antimikrobiyal direncin küresel olarak ortaya çıktığı bir ortamda, artan hastalıkları tedavi etmek ve antimikrobiyal kullanımına ilişkin düzenlemeleri güçlendirmek için sürdürülebilir alternatiflere acilen ihtiyaç duyulmaktadır (Reverter ve ark., 2020). Hastalıklar ile hayvan fizyolojisi arasındaki güçlü bağlantı nedeniyle, son yıllarda balıkların durumunu iyileştiren ve bağışıklık sistemlerini güçlendiren yem katkı maddelerinin eklenmesine önemli bir ilgi duyulmaktadır (Dawood ve ark., 2020; Inanan ve ark., 2021; Öz, 2018; Öz ve Dikel, 2022; Reverter ve ark., 2020).

Çörek otu (*Nigella sativa*), spesifik olmayan bağışıklık sistemleri üzerindeki güçlendirici etkileri nedeniyle bir immünoestimülan bitki olarak bilinir (Dorucu ve ark. 2009). Çörek otu tohumları yaklaşık %36-38 oranında yağ, alkaloidler, proteinler, saponinler, karbonhidratlar ve uçucu yağlar (%0,4-2,5) içerirler. Başlıca aktif bileşenleri timokinon, timohidrokinon, ditimokinon, timol ve karvakrol'dur (Ali ve Blunden 2003).

Bu çalışmada çörek otu yağının su ürünlerinde kullanım amaçları, özellikle de büyüme performansı ve balık sağlığı üzerine olası etkileri vurgulanmaktadır.

İMMÜNOLOJİK ETKİLER

N. sativa yağının bağışıklık sistemi düzenleyici etkileri kapsamlı bir şekilde belgelenmiştir. Araştırmalar, timokinonun makrofajlar ve lenfositler gibi bağışıklık hücrelerinin aktivitesini artırarak balıklarda bağışıklık yanıtını güçlendirdiğini göstermektedir (Pop ve ark., 2020; Raza ve ark., 2023). Yapılan çalışmalar, *N. sativa* takviyesinin, su ürünleri yetiştiriciliğinde enfeksiyonlarla mücadelede kritik rol oynayan immünooglobulin düzeylerini ve fagositik aktiviteyi artırdığını göstermiştir (Purbomartono ve ark., 2023; Raza ve ark., 2023). Ayrıca, yağın anti-enflamatuvar özellikleri, balıklardaki stres tepkilerini azaltarak genel sağlığı iyileştirir ve patojenlere karşı direnci artırır (Pop ve ark., 2020; Raza ve ark., 2023).

BÜYÜME PERFORMANSI ETKİLERİ

Su ürünleri yetiştiriciliğinde, balıkların büyüme performansı, yem verimliliğini değerlendirmede önemli bir kriterdir. Bilimsel araştırmalar, *N. sativa* yağının balık diyetlerine eklenmesinin büyüme oranlarını ve yem dönüşüm verimliliğini önemli ölçüde artırdığını ortaya koymuştur (Diab ve ark., 2018; Purbomartono ve ark., 2023). *N. sativa* takviyeli yemlerle beslenen balıklar, kontrol gruplarına kıyasla daha fazla ağırlık artışı ve boy uzunluğu göstermiştir (Diab ve ark., 2018; Purbomartono ve ark., 2023). Yağın içerdiği biyoaktif bileşenlerin iştahı artırması ve besin emilimini iyileştirmesi, bu olumlu büyüme sonuçlarının elde edilmesinde önemli rol oynamaktadır (Ferizi ve ark., 2023; Raza ve ark., 2023).

FARKLI BALIK TÜRLERİNDE YAPILAN UYGULAMA ÇALIŞMALARI

N. sativa yağının farklı balık türleri üzerindeki etkileri çok sayıda bilimsel araştırmaya konu olmuştur. Özellikle tilapia (*Oreochromis niloticus*) üzerinde yapılan çalışmalar, *N. sativa* takviyesinin doğal bağışıklık sistemini ve büyüme performansını iyileştirdiğini ortaya koymuştur (Öz ve ark., 2024; Purbomartono ve ark., 2023). Benzer şekilde, yayın balığı (*Silurus glanis*) ve gökkuşuğu alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) üzerinde gerçekleştirilen araştırmalarda, yemlerine *N. sativa* yağı ilave edilen bireylerde hem büyüme performansının arttığı hem de hastalık direncinin güçlendiği rapor edilmiştir (Diab ve ark., 2018; Öz ve ark., 2018; Öz ve ark., 2024; Purbomartono ve ark., 2023). Ayrıca diyet kaynaklı çörek otu yağının gökkuşuğu alabalığının kas yağ asitleri (Öz ve ark., 2016), karaciğer yağ asidi (Öz, 2017) ve raf ömrü (Öz, 2018; Öz ve ark., 2017) üzerine önemli araştırmalar bulunmaktadır. Bu araştırma bulguları, *N. sativa* 'nın su ürünleri yetiştiriciliğinde çok yönlü bir besin takviyesi olarak değerini ortaya koymakta ve farklı sucul türlerde hem sağlık parametrelerini hem de büyüme performansını optimize ettiğini göstermektedir.

SONUÇ

Son yıllarda, çörek otu yağı, çeşitli su ürünlerinde özellikle de balıklarda çeşitli sağlık yararları sunan, su ürünleri yetiştiriciliğinde umut vadeden bir doğal katkı maddesi olarak ortaya çıkmıştır. Çörek otunun içerdiği biyoaktif bileşikler, özellikle timokinon, balık sağlığını destekleyebilecek, büyümeyi artırabilecek ve hastalıkla ilişkili kayıpları azaltabilecek etkileyici antioksidan, immünomodülatör ve antimikrobiyal özellikleriyle ön plana çıkmaktadır. Balık yemlerine çörek otu yağı ilavesiyle balıkların bağışıklık fonksiyonunu artırılabilir ve böylece oksidatif stresi azaltılabilir. Bu uygulama özellikle entansif yetiştiricilik sistemlerinde yaygın olan patojenlere ve çevresel stres faktörlerine karşı dayanıklılığı artırma amacıyla kullanılabilir.

Bu umut verici sonuçlara rağmen, çörek otu yağının su ürünleri yetiştiriciliği uygulamalarında kullanımının standartlaştırılmasında zorluklar devam etmektedir. Tür tepkilerindeki değişkenlik, optimum dozajlama ve büyük ölçekli uygulama için ekonomik uygulanabilirlik, daha fazla araştırma gerektiren alanlardır.

KAYNAKLAR

- FAO. 2024. The State of World Fisheries and Aquaculture 2024 – Blue Transformation in action. Rome. <https://doi.org/10.4060/cd0683en>.
- Pop, R. M., Sabin, O., Suci, Ş., Vesa, S. C., Socaci, S. A., Chedea, V. S., . . . Buzoianu, A. D. (2020). Nigella sativa's anti-inflammatory and antioxidative effects in experimental inflammation. *Antioxidants*, 9(10), 921.
- Öz, M. (2017). Çörek otu (nigella sativa) yağının gökkuşağı alabalığının (oncorhynchus mykiss) karaciğer yağ asidi profiline etkisi. *Etlik Veteriner Mikrobiyoloji Dergisi*, 28(1), 55-59.
- Öz, M., Dikel, S., Durmuş, M., Özşahinoğlu, İ., & Mumoğullarında, P. (2016). Çörek otu (Nigella sativa, L) yağının Gökkuşağı Alabalığı (Oncorhynchus mykiss)'nin depolanması esnasında yağ asidi değişimine etkisi. *Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 4(1), 57-68.
- Purbomartono, C., Rofiqoh, R., Husin, A., & Mulia, D. S. (2023). Effectiveness of Herbal Diet Nigella sativa and Gracilaria verrucosa Against Non-specific Immunity of Tilapia (Oreochromis niloticus). *Sainteks*, 20(1), 9-16.
- Diab, A. M., Salem, R., Abeer, E.-K. M., Ali, G. I., & El-Habashi, N. (2018). Experimental ochratoxicosis A in Nile tilapia and its amelioration by some feed additives. *International Journal of veterinary science and medicine*, 6(2), 149-158.
- Ferizi, R., Ramadan, M. F., & Maxhuni, Q. (2023). Black Seeds (Nigella sativa) Medical Application and Pharmaceutical Perspectives. *Journal of Pharmacy and Bioallied Sciences*, 15(2), 63-67.
- Raza, A. S., Zafar, M. A., Naqvi, F. Z., Somal, S., Rahim, M. F., & Tahir, A. H. (2023). Immunomodulatory Effects of Nigella Sativa. 156-162. doi:10.61748/cam.2023/021
- Öz, M. (2018). Effects of black cumin (Nigella sativa) oil on ammonia and biogenic amine production in rainbow trout. *Indian J. Anim. Res.*, 52(2) 2018 : 265-269.
- Öz M., Dikel S. & Durmus M. 2018. Effect of black cumin oil (Nigella sativa) on the growth performance, body composition and fatty acid profile of rainbow trout (Oncorhynchus mykiss). *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, 17(4), 713-724.
- Öz, M., Dikel, S., Durmuş, M., & Özoğul, Y. (2017). Effects of black cumin oil (Nigella sativa) on sensory, chemical and microbiological properties of rainbow trout during 23 days of storage at 2±1 C. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 26(6), 665-674.
- Öz, M., Üstüner, E., & Bölükbaş, F. (2024). Effects of dietary black cumin (Nigella sativa L.) oil on growth performance, hemato-biochemical and histopathology of cypermethrin-intoxicated Nile tilapia (Oreochromis niloticus). *Journal of the World Aquaculture Society*, 55(1), 273-288.
- Reverter, M., Sarter, S., Caruso, D., Avarre, J. C., Combe, M., Pepey, E., ... Gozlan, R. E. (2020). Aquaculture at the crossroads of global warming and antimicrobial resistance. *Nature Communications*, 11(1), 1870.
- Inanan, B. E., Acar, Ü., & İnanan, T. (2021). Effects of dietary Ferula elaeochytris root powder concentrations on haematology, serum biochemical parameters, spermatozoa parameters, and oxidative status in tissues of males goldfish (*Carassius auratus*). *Aquaculture*, 544, 737087.
- Öz, M., & Dikel, S. (2022). Effect of garlic (*Allium sativum*)-supplemented diet on growth performance, body composition and fatty acid profile of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Cellular and Molecular Biology*, 68(1), 217–225.

- Öz, M. (2018). Effects of garlic (*Allium sativum*) supplemented fish diet on sensory, chemical and microbiological properties of rainbow trout during storage at -18°C. *LWT*, **92**, 155–160.
- Bondad-Reantaso, M. G., Subasinghe, R. P., Arthur, J. R., Ogawa, K., Chinabut, S., Adlard, R., Tan, Z., & Shariff, M. (2005). Disease and health management in Asian aquaculture. *Veterinary Parasitology*, **132**, 249–272.
- Cabello, F. C. (2006). Heavy use of prophylactic antibiotics in aquaculture: A growing problem for human and animal health and for the environment. *Environmental Microbiology*, **8**(7), 1137–1144.
- Dawood, M. A., Abdel-Tawwab, M., & Abdel-Latif, H. M. (2020). Lycopene reduces the impacts of aquatic environmental pollutants and physical stressors in fish. *Reviews in Aquaculture*, **12**(4), 2511–2526.
- Jones, O. A. H., Voulvoulis, N., & Lester, J. N. (2004). Potential ecological and human health risks associated with the presence of pharmaceutically active compounds in the aquatic environment. *Critical Reviews in Toxicology*, **34**(4), 335–350.
- Ali, B. H., & Blunden, G. (2003). Pharmacological and toxicological properties of *Nigella sativa*. *Phytotherapy Research*, **17**(4), 299–305.
- Dorucu, M., Colak, S. O., Ispir, U., Altinterim, B., & Celayir, Y. (2009). The effect of black cumin seeds, *Nigella sativa*, on the immune response of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Mediterranean Aquaculture Journal*, **2**(1), 27–33.

**KASTAMONU'DA SATILAN ÇİĞ SÜTLERDE KOAGÜLAZ POZİTİF
STAFİLOKOK VARLIĞININ ARAŞTIRILMASI VE ANTİBİYOTİK
DİRENÇLERİNİN BELİRLENMESİ**

Assistant Professor Yasin AKKEMİK (ORCID:0000-0002-9086-0324)

Kastamonu University, Faculty of Veterinary Medicine, Food Hygiene and Technology,
Kastamonu.

Email:yakkemik@kastamonu.edu.tr

Sena ERDEMİR (ORCID:0009-0009-9177-23400)

Kastamonu University, Faculty of Veterinary Medicine, Kastamonu.

Email:207310017@ogr.kastamonu.edu.tr

Prof. Dr. Ahmet GÜNER (ORCID:0000-0001-9661-555X)

Selcuk University, Faculty of Veterinary Medicine, Food Hygiene and Technology, Konya.

Email:aguner@selcuk.edu.tr

Özet

Micrococcaceae familyasına ait olan Staphylococcus türleri, Gram pozitif, fakültatif anaerobik, spor oluşturmeyen, hareketsiz, katalaz ve koagülaz pozitif bakteriler olup dünya çapında yaygın olarak bulunmakta ve gıda zehirlenmelerine neden olmaktadır. Stafilocokal gıda zehirlenmeleri esas olarak protein ve karbonhidrat açısından zengin gıdalardan kaynaklanmaktadır. Karbonhidrat, protein, yağ, vitamin ve mineral açısından zengin olan süt, *Staphylococcus aureus* suşlarının ve diğer zoonotik patojenlerin olası varlığı nedeniyle tüketiciler için sağlık riski oluşturmaktadır. Ayrıca çiftlik hayvanlarında yoğun antibiyotik kullanımı, bu antibiyotiklerin süte geçmesine ve antibiyotiklere dirençli bakterilerin oluşmasına neden olarak insan sağlığını tehlikeye atmaktadır.

Bu çalışma, Kastamonu'da satışa sunulan çiğ sütlerde koagülaz pozitif *S. aureus*'un varlığının araştırması ve antimikrobiyal dirençlerinin belirlenmesi amacıyla yapılmıştır. Bu amaçla farklı kaynaklardan toplanan 30 çiğ süt örneğinden mikrobiyolojik ekim yoluyla *S. aureus* izole edilmiştir. Gram boyama, katalaz, koagülaz, oksidaz, DNase ve Mannitol Salt Fenol Red Agar'da üreme testleri yapılmıştır. Ayrıca elde edilen koagülaz pozitif *S. aureus* izolatlarına antibiyotik duyarlılık testleri yapılmıştır. Yapılan mikrobiyolojik ekim neticesinde 30 adet çiğ süt örneğinin 18'inde (%60) *S. aureus* tipik koloni varlığı tespit edilmiştir. Biyokimyasal tanımlama amacıyla 18 örnekten öze yardımıyla en fazla 5 adet koloni seçilmiş ve sonuç olarak 30 örneğin 9'unda (%30) koagülaz pozitif *S. aureus* tespit edilmiştir. Koagülaz pozitif *S. aureus* tespit edilen 9 farklı suşa uygulanan antibiyotik duyarlılık testleri neticesinde, örneklerin amikasin, amoksisilin-klavulanik asit, sefalotin, seftazidim, siprofloksasin, klindamisin, gentamisin, linezolid, metisilin, nitrofurantoin, ofloksasin, oksasilin, penisilin, rifampisin ve vankomisine karşı dirençleri sırasıyla %22, %22, %33, %33, %0, %56, %33, %0, %22, %0, %56, %56, %89, %22, %22 olarak belirlenmiştir. Tübitak 2209-A program kodu ve 1919B012329281 başvuru numarası ile desteklenen bu çalışmada, çiğ sütlerde tespit edilen koagülaz pozitif *S. aureus* sayısı nispeten düşük olsa da çoklu antibiyotik dirençlerinin olmasının halk sağlığı açısından riskli olduğu düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Süt, Koagülaz Pozitif *S. aureus*, Halk Sağlığı, Kastamonu.

**INVESTIGATION OF THE PRESENCE OF COAGULASE-POSITIVE
STAPHYLOCOCCI IN RAW MILK SOLD IN KASTAMONU AND
DETERMINATION OF ANTIBIOTIC RESISTANCE**

Abstract

Staphylococcus species belonging to the family Micrococcaceae are Gram-positive, facultative anaerobic, non-spore-forming, non-motile, catalase- and coagulase-positive bacteria widely distributed worldwide and cause food poisoning. Staphylococcal food poisoning is mainly caused by protein and carbohydrate-rich foods. Milk, rich in carbohydrates, protein, fat, vitamins, and minerals, poses a health risk to consumers due to the possible presence of *Staphylococcus aureus* strains and other zoonotic pathogens. In addition, the intensive use of antibiotics in farm animals endangers human health by causing these antibiotics to pass into milk and form antibiotic-resistant bacteria. This study was conducted to investigate the presence of coagulase-positive *S. aureus* in raw milk sold in Kastamonu and determine their antimicrobial resistance. For this purpose, *S. aureus* was isolated from 30 raw milk samples collected from different sources by microbiological cultivation. Gram staining, catalase, coagulase, oxidase, DNase, and Mannitol Salt Phenol Red Agar growth tests were performed. Antibiotic susceptibility tests were also performed on the coagulase-positive *S. aureus* isolates. As a result of microbiological cultivation, a typical colony of *S. aureus* was detected in 18 (60%) of 30 raw milk samples. For biochemical identification, a maximum of five colonies were selected from 18 samples with the help of a needle. As a result, coagulase-positive *S. aureus* was detected in 9 (30%) of 30 samples. As a result of the antibiotic susceptibility tests performed on nine different coagulase-positive *S. aureus* strains, resistance to amikacin, amoxicillin-clavulanic acid, cephalothin, ceftazidime, ciprofloxacin, clindamycin, gentamicin, linezolid, methicillin, nitrofurantoin, ofloxacin, oxacillin, penicillin, rifampicin, and vancomycin were 22%, 22%, 33%, 33%, 0%, 56%, 33%, 0%, 22%, 0%, 56%, 56%, 89%, 22%, 22% respectively. In this study, supported by Tübitak 2209-A program code and application number 1919B012329281, although the number of coagulase-positive *S. aureus* detected in raw milk is relatively low, it is thought that the presence of multiple antibiotic resistance is risky for public health.

Keywords: Milk, Coagulase-Positive *S. aureus*, Public Health, Kastamonu.

1. INTRODUCTION

Staphylococcus aureus is a bacterial agent widely found worldwide and causes foodborne intoxication (Bogdanovicova et al., 2017). *Staphylococcus* species, which are members of *Micrococcaceae*, are Gram-positive, facultatively anaerobic, non-spore-forming, immobile, catalase, and coagulase-positive bacteria (Zaheer, 2017). Several virulence factors, such as thermonuclear, hyaluronidase, lipases, and hemolysins, that play a role in the pathogenesis of *S. aureus* strains have been identified in the literature (Pereira et al., 2009). *S. aureus* can multiply in the temperature range of 7-48 °C and produce enterotoxin at 10-48 °C. It grows at an optimum pH of 7-7.5 and continues to grow at a pH range of 4.2-9.3 (Oh et al., 2007). It is relatively resistant to desiccation; the minimum water activity value for its growth is 0.83-0.86 (Bogdanovicova et al., 2017).

Many *staphylococcus* species, including *S. aureus*, are found in the normal flora of the upper respiratory tract and skin of humans (Zaheer, 2017). Therefore, it has been reported that humans are the most critical factor in transmitting *S. aureus*, which causes food poisoning, to food (Acco et al., 2003). Approximately 30% of humans have *S. aureus* in their mucosal membranes (Tong et al., 2015). It has been reported that 26.0-36.9% of the personnel working in food production carry *S. aureus*, and 8.0-17.4% carry enterotoxigenic *S. aureus* strains (Stewart et al., 2003).

50-70% of *S. aureus* strains can produce heat-resistant enterotoxin under appropriate conditions. It has been reported that *S. aureus* reaching more than 10⁵ KOB/g in foods can produce toxins at a level that can cause poisoning (Bogdanovicova et al., 2017). Staphylococcal enterotoxins (SE) are low molecular weight proteins (MW 26,900-29,600) and contain large amounts of lysine, tyrosine, aspartic acid, and glutamic acid. There are seven common types of SE, and they are named A (SEA), B (SEB), C1 (SEC1), C2 (SEC2), C3 (SEC3), D (SED), and E (SEE). However, it has also been determined that *S. aureus* produces G, H, I, J, and K-type toxins (Onmaz et al., 2015). In general, 1 ng SE in 1 gram of food is sufficient for the emergence of disease symptoms (Çakıcı et al., 2015).

Staphylococcal food poisoning is mainly caused by foods rich in protein and carbohydrates. Milk, rich in carbohydrates, protein, fat, vitamins, and minerals, poses a health risk to consumers due to the possible presence of *S. aureus* strains and other zoonotic pathogens (Bradley, 2002). However, the intensive use of antibiotics in farm animals endangers human health by causing the transfer of these antibiotics to milk and generating antibiotic-resistant bacteria (Gomez-Gil et al., 2000).

In recent years, an increase in antibiotic-resistant strains of *Staphylococcus* has been identified. For this reason, most of the research on *S. aureus* has focussed on the antibiotic resistance of this bacterium isolated from food (Fijałkowski et al., 2016). Antibiotic-resistant strains of *S. aureus* have been detected in meat and meat products (Pesavento et al., 2007), milk and dairy products (Pereira et al., 2009), and fish products (Vazquez-Sanchez et al., 2012). *S. aureus* is a bacterium with high pathogenicity due to its ability to produce toxins and antibiotic resistance.

This study aimed to investigate the presence of coagulase-positive *S. aureus* (CPS) in raw milk sold in Kastamonu and to determine antibiotic resistance. Although there are studies on the subject in the literature, the original value of the study is that it is the first study specifically for Kastamonu province. When the 2021 milk production data in Kastamonu province are

examined, it is seen that the amount of milk production is 402.893 tons (Anonymous 2023). This situation shows that milk, which is essential in terms of nutrition and public health, must be produced hygienically and further emphasizes the importance of our study.

2. MATERIAL AND METHODS

In this study, 30 samples were collected from raw milk offered for sale at different points of Kastamonu center (bazaar, market, local vendors). The collected samples were brought to the laboratory under a cold chain (+4 C°), and isolation/identification stages were started.

For isolation, 10 ml of sample was taken aseptically, homogenized with 90 ml of Maximum Recovery Diluent solution, and diluted to 10⁻⁶. 0.1 ml of the dilutions were taken using the spread plate method and plated on Baird Parker Agar containing egg yolk tellurite. At the end of 24-48 hours of incubation at 37 C°, shiny, smooth-edged, black, convex colonies with a diameter of approximately 1-1.5 mm were evaluated as suspicious *S. aureus* colonies. A maximum of 5 typical colonies were taken and cultured on Tryptic Soy Agar. Gram stain, catalase, coagulase, oxidase, DNase, and Growth Tests on Mannitol Salt Phenol Red Agar were performed to identify the colonies that developed here.

Antibiotic susceptibility tests for strains identified as CPS were performed using the disk diffusion method using Mueller Hinton Agar. Zone diameters were evaluated according to the standard of the National Committee for Clinical and Laboratory Standards Institute (NCCLS, 2008). Amikacin (AK, 30 mcg), amoxicillin-clavulanic acid (AMC, 20 mcg), cephalothin (KF, 30 mcg), Ceftazidime (CAZ, 30 mcg), ciprofloxacin (CIP, 5 mcg), clindamycin (DA, 2 mcg), gentamicin (CN, 10 mcg), linezolid (LNZ, 30 mcg), methicillin (ME, 5 mcg), nitrofurantoin (F, 300 mcg), ofloxacin (OFX, 5 mcg), oxacillin (OX, 1 mcg), penicillin (P, 10U), rifampicin (RA, 5 mcg) and Vancomycin (VA, 30 mcg) disks were used as antibiotics.

3. RESULTS AND DISCUSSION

In this study, *S. aureus* was isolated by microbiological cultivation from 30 raw milk samples collected from different sources to investigate the presence of CPS in raw milk sold in Kastamonu and to determine their antimicrobial resistance. Gram staining, catalase, coagulase, oxidase, DNase, and Mannitol Salt Phenol Red Agar growth tests were performed to identify the isolated strains. Antibiotic susceptibility tests were also performed on the CPS isolates.

Table 1: Isolation and identification results of the samples

Isolate No.	Possible Colony Existence	Gram stain	Catalase	Coagulase	Oxidase	DNase	Growth on Mannitol Salt Phenol Red Agar
2	Positive	+	+	-	-	+	-
3	Positive	+	-	-	+	+	+
4	Positive*	+	+	+	-	+	+
6	Positive	+	+	+	+	+	+
7	Positive*	+	+	+	-	+	+
10	Positive	+	-	-	-	-	+
11	Positive	+	-	-	-	-	+
12	Positive	+	-	-	-	-	+
13	Positive*	+	+	+	-	+	+
17	Positive*	+	+	+	-	+	+
19	Positive*	+	+	+	-	+	+
21	Positive	-	-	-	+	+	-
22	Positive	-	-	-	+	+	-
24	Positive*	+	+	+	-	+	+
25	Positive	+	+	+	+	+	+
26	Positive*	+	+	+	-	+	+
29	Positive*	+	+	+	-	+	+
30	Positive*	+	+	+	-	+	+

+ : Positive, - : Negative, * : Coagulase positive *S. aureus* strains

The study considered typical black, convex colonies with a clear zone around them as possible *S. aureus*. As a result of microbiological cultivation, typical *S. aureus* colonies were detected in 18 (60%) of 30 raw milk samples. For biochemical identification, a maximum of 5 colonies were selected from 18 samples with the help of a needle, and as a result, CPS was detected in 9 (30%) of 30 samples. The results are given in Table 1.

As a result of antibiotic susceptibility tests performed on nine different CPS strains, it was determined that the strains were susceptible to ciprofloxacin, linezolid, and nitrofurantoin antibiotics. Although they resisted other antibiotics at different rates, the highest resistance was found against penicillin (89%). The results related to antibiotic susceptibility are given in Figure 1.

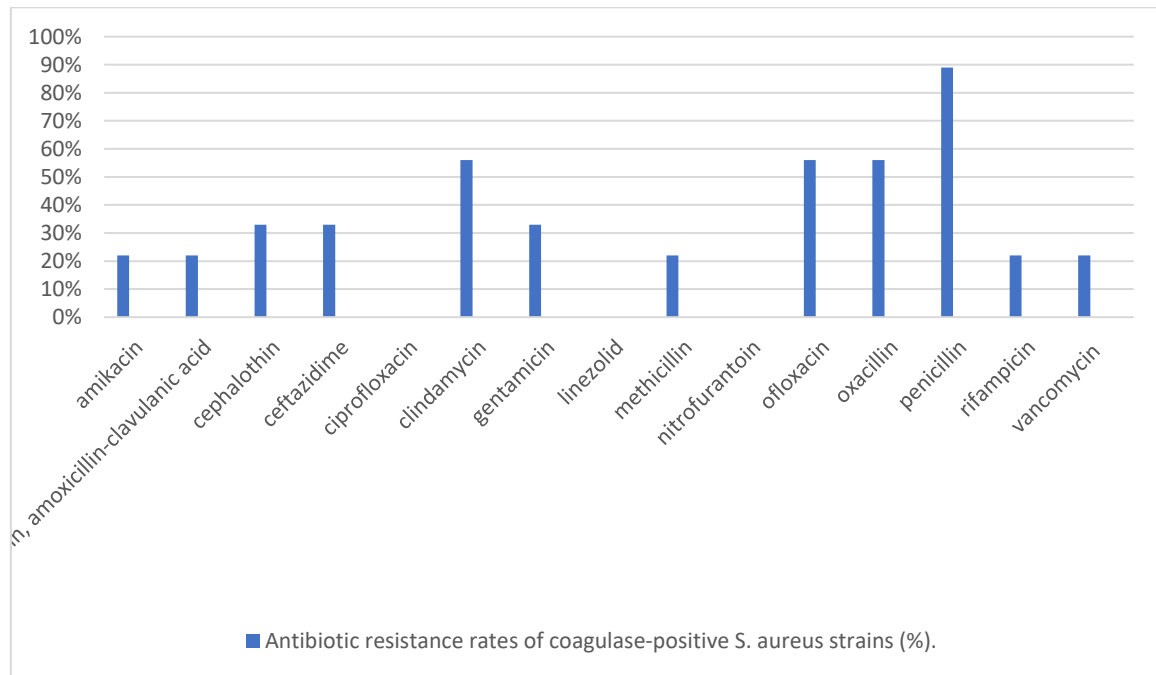


Figure 1 Antibiotic susceptibility test results

Staphylococcal intoxication is the most common cause of foodborne toxicity in many countries. Milk and dairy products are suitable foods for the growth of *S. aureus* due to their high protein content. In Europe, the rate of food poisoning caused by milk and dairy products ranges from 1-9%, with an average of 4.8%. Among the foodborne poisoning agents in the European Union countries, *S. aureus* was detected at a rate of 1-13.6%. It was reported that 13.6% of *S. aureus*-induced food poisonings in France were milk-induced. When the data are analyzed, it is seen that dairy products, especially milk and cheese, are among the foods associated with typical foodborne mass poisonings caused by SEs (EC, 2003).

Studies have been carried out in many countries on the presence of *S. aureus* in milk and various cheeses and their SE-forming properties. Pereira et al. (2009) analyzed 20 raw milk samples in a study conducted in Portugal and detected CPS in 35% (n=7) of the samples. Yücel and Anil (2011) analyzed 190 raw milk samples in Ankara. They reported that 55 (35%) of 157 isolates obtained from these samples were CPS. In a study conducted in Italy, Normanna et al. (2005) found that 168 (31%) of 437 raw milk samples and two of 102 pasteurized milk samples contained *S. aureus*. Guven et al. (2010) isolated 33.3% of *S. aureus* from raw milk in an Eskişehir and Kütahya region study. Yıldırım et al. (2016) examined 50 raw milk samples for CPS and reported that 32 (64%) were positive. Gökmen et al. (2013) analyzed 80 raw milk samples in a study conducted in Konya. The researchers obtained 145 *Staphylococcus* isolates from these samples and identified 49 CPS. In our study, the detection rate of CPS was 30%. When the studies in the literature are analyzed, it is seen that the results are similar. This may indicate that similar hygienic rules are applied in Turkey and worldwide.

Staphylococcus have become a significant health problem in hospitals and community-acquired infections due to their increasing antibiotic resistance. The World Health Organisation considers this and other similar cases of antibiotic resistance as a significant public health threat. Therefore, antibiotic-resistant isolates in foods indicate poor hygiene practices and health risks.

The most important reason for this is uncontrolled and widespread antimicrobial use (Aslım and Yücel, 2008). Yücel and Aml (2011) reported that 47.1% of CPS isolates obtained from raw milk were resistant to penicillin, and 62.4% were resistant to ampicillin. Ünal and Yıldırım (2010) reported that *staphylococcus* isolated from milk samples obtained from different enterprises were mainly resistant to penicillin (46.0% in small-scale enterprises and 53.3% in medium-scale enterprises). Pereira et al. (2009) found that *S. aureus* isolated from various food samples was 70.0% resistant to ampicillin, 73.0% resistant to penicillin, and 38.0% resistant to methicillin. Kırkan et al. (2005) reported that *S. aureus* strains isolated from milk with mastitis were resistant to penicillin (95.0%) and oxacillin (60.0%). Güven et al. (2010) determined 92.7% resistance to penicillin G in *S. aureus* isolates isolated from meat and milk samples. Our study found high rates of resistance to penicillin, ofloxacin, oxacillin, and clindamycin. There are similarities and differences with other studies. This is thought to be due to differences in antibiotics used in different regions.

4. CONCLUSION

For foodborne intoxication to occur, *Staphylococcus* must grow and produce toxins in foods. Detection of coagulase-positive *S. aureus* in foods indicates a lack of sanitation in production. This situation also brings public health problems. For this reason, it is thought that it is essential for public health to consume milk after heat treatment, not raw, and to take measures to prevent cross-contamination in the milk production process. In addition, to avoid the problem of antibiotic resistance in both hospital and foodborne isolations, controlled antibiotic use should be carried out, and antibiotic resistance rates in isolates should be monitored frequently.

ACKNOWLEDGMENTS

This study was supported by TUBITAK 2209-A program code and application number 1919B012329281. We thank TUBITAK for their support.

5. REFERENCES

- Acco, M., Ferreira, F.S., Henriques, J.A.P., Tondo, E.C. (2003). Identification of multiple strains of *Staphylococcus aureus* colonizing nasal mucosa of food handlers. *Food Microbiol*, 20(5): 489-493, doi:10.1016/S0740-0020(03)00049-2.
- Anonymous. (2023). <https://www.kastabil.gov.tr/veritablolari/kastamonu/tarim-ve-orman/hayvansal-uretim>. Access date: November 3, 2024.
- Aslim, B., & Yucel, N. (2008). In vitro antimicrobial activity of essential oil from endemic *Origanum minutiflorum* on ciprofloxacin-resistant *Campylobacter* spp. *Food chemistry*, 107(2), 602-606.
- Bogdanovicova, K., Necidova, L., Harustiakova, D., Janstova, B. (2017). Milk powder risk assessment with *Staphylococcus aureus* toxigenic strains. *Food Control*, 73: 2-7, doi: 10.1016/j.foodcont.2016.07.007.
- Bradley, A.J. (2002). Bovine mastitis an evolving disease. *Vet. J.* 164: 116-128.
- Çakıcı, N., Demirel Zorba, N. N., Akçalı, A. (2015). Food industry employees and staphylococcal food poisoning. *Turk Hij Den Biyol Derg*, 72(4): 337-350, doi: 10.5505/TurkHijyen.2016.21704.
- EC-European Commission. (2003). *Opinion of the Scientific Committee on Veterinary Measures Relating to Public Health on Staphylococcal Enterotoxins in Milk Products, Particularly Cheeses*. Health & Consumer Protection Directorate-General. Access address: http://ec.europa.eu/food/fs/sc/scv/out61_en.pdf Access date: November 10, 2024.
- Fijałkowski, K., Peitler, D., Karakulska, J. (2016). Staphylococci isolated from ready-to-eat meat-Identification, antibiotic resistance and toxin gene profile. *Int J Food Microbiol*, 238: 113-120, doi: 10.1016/j.ijfoodmicro.2016.09.001.
- Gomez-Gil, B., Roque, A., Turnbull, J.F. (2000). The use and selection of probiotic bacteria for use in the culture of larval aquatic organisms. *Aquaculture*, 191: 259-270, doi: 10.1016/S0044-8486(00)00431-2.
- Gökmen, M., Gürbüz, Ü., Torlak, E., & İnal, M. (2013). Identification of *Staphylococcus* spp. isolated in different production stages of white cheese and detection of enterotoxin. *Kocatepe Veterinary Journal*, 6(2), 7-11.
- Guven, K., Mutlu, M. B., Gulbandilar, A., & Cakir, P. (2010). Occurrence and characterization of *Staphylococcus aureus* isolated from meat and dairy products consumed in Turkey. *Journal of Food safety*, 30(1), 196-212.
- Kirkan, Ş., Göksoy, E. Ö., & Kaya, O. (2005). Identification and antimicrobial susceptibility of *Staphylococcus aureus* and coagulase negative staphylococci from bovine mastitis in the Aydın region of Turkey. *Turkish Journal of Veterinary & Animal Sciences*, 29(3), 791-796.
- National Committee for Clinical and Laboratory Standards Institute. 2008. Performance Standards for Antimicrobial Susceptibility Testing; Eighteenth Informational Supplement (M100-S18). Wayne, PA: Clinical and Laboratory Standards Institute.
- Normanno, G., Firinu, A., Virgilio, S., Mula, G., Dambrosio, A., Poggiu, A., ... & Celano, G. V. (2005). Coagulase-positive Staphylococci and *Staphylococcus aureus* in food products marketed in Italy. *International journal of food microbiology*, 98(1), 73-79.
- Oh, S.K., Lee, N., Cho, Y.S., Shin, D.B., Choi, S.Y., Koo, M. (2007). Occurrence of toxigenic *Staphylococcus aureus* in ready-to-eat food in Korea. *J Food Prot*, 70(5): 1153-1158.
- Onmaz, N.E., Abay, S., Karadal, F., Hizlisoy, H., Telli, N., Al, S. (2015). Occurrence and antimicrobial resistance of *Staphylococcus aureus* and *Salmonella* spp. in retail fish

- samples in Turkey. *Mar Pollut Bull*, 90(1): 242-246, doi: 10.1016/j.marpolbul.2014.10.046.
- Pereira, V., Lopes, C., Castro, A., Silva, J., Gibbs, P., Teixeira, P. (2009). Characterization for enterotoxin production, virulence factors, and antibiotic susceptibility of *Staphylococcus aureus* isolates from various foods in Portugal. *Food Microbiol*, 26(3): 278-282, doi: 10.1016/j.fm.2008.12.008.
- Pesavento, G., Ducci, B., Comodo, N., Lo-Nostro, A. (2007). Antimicrobial resistance profile of *Staphylococcus aureus* isolated from raw meat: a research for methicillin resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA). *Food Control*, 18: 196-200, doi: doi.org/10.1016/j.foodcont.2005.09.013.
- Stewart, C.M., Cole, M.B., Schaffner, D.W. (2003). Managing the risk of staphylococcal food poisoning from cream-filled baked goods to meet a food safety objective. *J Food Prot*, 66(7): 1310-1325, doi: 10.4315/0362-028X-66.7.1310.
- Tong, S.Y., Davis, J.S., Eichenberger, E., Holland, T.L., Fowler, V.G. (2015). *Staphylococcus aureus* infections: epidemiology, pathophysiology, clinical manifestations, and management. *Clin Microbiol Rev*, 28(3): 603-661, doi: 10.1128/CMR.00134-14.
- Ünal, N., & Yıldırıö, M. (2010). İneklerin süt, meme başı derisi ve burun mukozalarından izole edilen stafilocok türlerinin antibiyotik direnç profilleri. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 16(3).
- Vazquez-Sanchez, D., Lopez-Cabo, M., Saa-Ibusquiza, P., Rodriguez-Herrera, J.J. (2012). Incidence and characterization of *Staphylococcus aureus* in fishery products marketed in Galicia (Northwest Spain). *Int J Food Microbiol*, 157(2): 286-296, doi, 10.1016/j.ijfoodmicro.2012.05.021.
- Yıldırım, T., Sırıken, B., & Yavuz, C. (2016). Çiğ süt ve peynirlerde koagulaz pozitif stafilocoklar. *Veteriner Hekimler Derneği Dergisi*, 87(2), 3-12.
- Yücel, N., & Anıl, Y. (2011). Çiğ süt ve peynir örneklerinden *Staphylococcus aureus* ve koagülaz negatif stafilocokların identifikasyonu ve antibiyotik duyarlılığı. *Türk Hijyen ve Deneysel Biyoloji Dergisi*, 68(2), 73-78.
- Zaheer, Z. (2017). Methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* in poultry-an emerging concern related to future epidemic. *Matrix Sci Medica*, 1(1): 15-18.

**KASTAMONU'DA SATILAN PEYNİRLERDE KOAGÜLAZ POZİTİF
STAFİLOKOK VARLIĞININ ARAŞTIRILMASI VE ANTİBİYOTİK
DİRENÇLERİNİN BELİRLENMESİ**

Assistant Professor Yasin AKKEMİK (ORCID:0000-0002-9086-0324)

Kastamonu University, Faculty of Veterinary Medicine, Food Hygiene and Technology,
Kastamonu.

Email:yakkemik@kastamonu.edu.tr

Prof. Dr. Ahmet GÜNER (ORCID:0000-0001-9661-555X)

Selcuk University, Faculty of Veterinary Medicine, Food Hygiene and Technology, Konya.

Email:aguner@selcuk.edu.tr

Özet

Ubiquiter özellikte olan *Stafilokoklar* Gram pozitif, fakültatif anaerob, spor oluşturmeyen ve katalaz pozitif bakterilerdir. Stafilocokların 35 farklı türü koagulaz üretim potensiyeline sahiptir. Bu cins içinde yer alan *S. aureus*, *S. intermedius*, *S. hyicus*, *S. delphin*, *S. schleiferi* subsp. *coagulans* ve *S. lutrae* türleri koagulaz pozitif stafilocokları (KPS) oluşturmaktadır. *Stafilocoklar* insanlarda ve hayvanlarda enfeksiyonlara ve gıda intoksikasyonlarına neden olmalarından dolayı halk sağlığı açısından önemli mikroorganizmalardandır. Uygun olmayan koşullarda üretilen başta peynir olmak üzere süt ürünleri riskli gıdalar arasında yer almaktadır. Özellikle çiğ süttten yapılan peynirler patojen *S. aureus* ve diğer KPS'lar ile ilişkili olarak yüksek riskli gıdalar arasında yer almaktadır. Bu çalışma Kastamonu'da satışa sunulan çeşitli peynirlerde koagulaz pozitif *S. aureus* varlığının araştırılması ve antimikrobiyal dirençlerinin belirlenmesi amacıyla yapılmıştır. Bu amaçla farklı kaynaklardan toplanan 50 adet peynir örneğinden mikrobiyolojik ekimlerle *S. aureus* izolasyonu gerçekleştirilerek Gram boyama, katalaz, koagulaz, oksidaz, DNaz, Mannitol Salt Phenol Red Agar'da üreme testleri yapılmıştır. Ayrıca elde edilen koagulaz pozitif *S. aureus* izolatlarına antibiyotik duyarlılık testleri gerçekleştirilmiştir. Yapılan mikrobiyolojik ekim neticesinde 50 adet peynir örneğinin 33'ünde (%66) koagulaz pozitif *S. aureus* tipik koloni varlığı tespit edilmiştir. Biyokimyasal tanımlama amacıyla 33 örnekten öze yardımıyla en fazla 5 adet koloni seçilmiş ve sonuç olarak 50 örneğin 14'ünde (%28) koagulaz pozitif *S. aureus* tespit edilmiştir. Koagulaz pozitif *S. aureus* tespit edilen 14 farklı suşa uygulanan antibiyotik duyarlılık testleri neticesinde, örneklerin amikasin, amoksisilin-klavulanik asit, sefalotin, seftazidim, siprofloksasin, klindamisin, gentamisin, linezolid, metisilin, nitrofurantoin, ofloksasin, oksasilin, penisilin, rifampisin ve vankomisine karşı dirençleri sırasıyla %21, %21, %35, %29, %0, %50, %35, %0, %21, %0, %57, %50, %86, %21, %21 olarak belirlenmiştir. Peynirlerde tespit edilen koagulaz pozitif *S. aureus* sayısı nispeten düşük olsa da çoklu antibiyotik dirençlerinin olmasının halk sağlığı açısından riskli olduğu düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Peynir, Koagulaz Pozitif *S. aureus*, Halk Sağlığı, Kastamonu.

**INVESTIGATION OF THE PRESENCE OF COAGULASE-POSITIVE
STAPHYLOCOCCI IN CHEESE SOLD IN KASTAMONU AND DETERMINATION
OF ANTIBIOTIC RESISTANCE**

Abstract

Staphylococcus are Gram-positive, facultatively anaerobic, non-spore-forming, and catalase-positive bacteria. Thirty-five different species of *staphylococcus* have the potential to produce coagulase. *S. aureus*, *S. intermedius*, *S. hyicus*, *S. delphin*, *S. schleiferi* subsp. *coagulans* and *S. lutrae* species in this genus constitute coagulase-positive *staphylococcus* (CPS). *Staphylococcus* are important microorganisms in terms of public health because they cause infections and food intoxications in humans and animals. Dairy products, especially cheese, produced under unsuitable conditions are among the risky foods. Especially cheeses made from raw milk are among the high-risk foods associated with pathogenic *S. aureus* and other CPS. This study was conducted to investigate the presence of coagulase-positive *S. aureus* in various cheeses offered for sale in Kastamonu and determine their antimicrobial resistance. For this purpose, *S. aureus* was isolated from 50 cheese samples collected from different sources by microbiological cultivation. Gram staining, catalase, coagulase, oxidase, DNase, and Mannitol Salt Phenol Red Agar growth tests were performed. Antibiotic susceptibility tests were also performed on the coagulase-positive *S. aureus* isolates. As a result of microbiological cultivation, coagulase-positive *S. aureus* typical colonies were detected in 33 (66%) of 50 cheese samples. For biochemical identification, a maximum of five colonies were selected from 33 samples with the help of a needle. As a result, coagulase-positive *S. aureus* was detected in 14 (28%) of 50 samples. As a result of antibiotic susceptibility tests performed on 14 different coagulase-positive *S. aureus* strains, resistance to amikacin, amoxicillin-clavulanic acid, cephalothin, ceftazidime, ciprofloxacin, clindamycin, gentamicin, linezolid, methicillin, nitrofurantoin, ofloxacin, oxacillin, penicillin, rifampicin, and vancomycin were 21%, 21%, 35%, 29%, 0%, 50%, 35%, 0%, 21%, 0%, 57%, 50%, 86%, 21%, 21% respectively. Although the number of coagulase-positive *S. aureus* detected in cheeses is relatively low, multiple antibiotic resistance is considered risky for public health.

Keywords: Cheese, Coagulase-Positive *S. aureus*, Public Health, Kastamonu.

1. INTRODUCTION

Staphylococcus are ubiquitous, Gram-positive, facultatively anaerobic, non-spore-forming, and catalase-positive bacteria (Pinchuk et al., 2010). There are 35 different species of *staphylococcus* depending on their coagulase production potential. *S. aureus*, *S. intermedius*, *S. hyicus* (Bergdoll, 1989), *S. delphin* (Martin and Iandolo, 2000), *S. schleiferi* subsp. coagulans and *S. ultra* (Paulin et al., 2012) species within this genus constitute CPS.

Foodborne *staphylococcal* intoxications are observed 30 minutes to 8 hours after ingestion of heat-resistant, superantigenic, and pepsin-resistant staphylococcal enterotoxins (SE) produced in foods by enterotoxigenic CPSs, mainly *S. aureus*. Symptoms of SE intoxication are characterized by nausea and vomiting, sometimes accompanied by abdominal pain, diarrhea, headache, and decreased blood pressure (Paulin et al., 2012). In addition to food poisoning, SEs also induce non-specific T-cell proliferation (Harris et al., 1993), toxic shock-like syndrome, arthritis, allergic reactions, and autoimmune diseases (Balaban and Rasooly, 2000). Symptoms of intoxication in staphylococcal intoxications occur when 0.1-10 µg enterotoxin is present in 100 g/ml food (Erol, 2007). Although *staphylococcal* food poisoning is one of the most common bacterial food poisoning cases worldwide (Atanassova et al., 2001), the hospitalization rate related to infection is 6.4%. It has been reported that the reason for this situation is that the symptoms of poisoning are rarely severe, and the number of registered cases reported is lower than the actual cases (Scallan et al., 2011).

To date, 13 enterotoxin types have been identified: A, B, C (C1, C2, C3), D, E, G, H, I, J, and K (Jay et al., 2005). Approximately 80% of staphylococcal intoxications are caused by type A toxin, followed by SEB and SED types (Erol, 2007).

Staphylococcus are important microorganisms in terms of public health as they cause infections and food intoxications in humans and animals (Bergdoll, 1989). Mastitis ranks first among the animal diseases caused by *S. aureus*. Therefore, the most critical transmission means contaminated milk from animals with subclinical mastitis (Jay et al., 2005; Erol, 2007). Dairy products, especially cheese, produced under unsuitable conditions are also among the risky foods. Approximately %10 of European cheese is made from raw milk. (Beuviel and Buchin, 2004). This situation is also valid in our country. Apart from production from raw milk, the high salt tolerance of the organism causes cheeses to be among the foods responsible for *staphylococcal* food poisoning. Therefore, cheeses from raw milk are among the high-risk foods for pathogenic *S. aureus* and other CPS (André et al., 2008). The role of milk and dairy products in *staphylococcal* foodborne poisonings reported in 16 European countries has been reported as 1-9% (EC, 2003). The annual number of SE-induced cases in the USA is approximately 241,000, and dairy products are 2.1% of the responsible foods (Doyle et al., 2012). The most significant food poisoning caused by *staphylococcal* intoxication of dairy origin (yogurt made from skimmed milk powder and low-fat milk) was observed in Japan in 2000, and 13,420 cases were reported. In this case, no live microorganism could be isolated, but enterotoxin (4 ng/g) was detected (Asao et al., 2003). There are studies on the presence of *staphylococcus*, CPS, and *S. aureus* in raw milk and various types of cheese in different countries of the world, including Turkey (Rosec et al., 1997; Kurşun et al., 2008; Yücel and Anıl, 2011; Gökmen et al., 2013). Antibiotic-resistant *Staphylococcus* strains have become more prevalent in recent years. Because of this, the majority of studies on *S. aureus* have concentrated on the antibiotic resistance of this food-isolated bacterium (Fijałkowski et al., 2016). Meat and meat products

(Pesavento et al., 2007), milk and dairy products (Pereira et al., 2009), and fish products (Vazquez-Sanchez et al., 2012) have been shown to be antibiotic-resistant. Because they can manufacture toxins and are resistant to antibiotics, *S. aureus* is a highly harmful bacteria.

This study aimed to investigate the presence of coagulase-positive *S. aureus* in various cheeses offered for sale in Kastamonu and to determine its antibiotic resistance. Although there are studies on the subject in the literature, the fact that it is the first study in Kastamonu province constitutes the original value of the study. The necessity of hygienic cheese production, which has an essential place in daily life in terms of nutrition and public health, further emphasizes the importance of our study.

2. MATERIAL AND METHODS

This study analyzed 50 samples of various kinds of cheese offered for sale in Kastamonu. The samples were purchased from markets, grocery stores, and local sellers, brought to the laboratory under cold chain (+4°C), and microbiological, biochemical, and antibiotic susceptibility analyses were performed.

Ten milliliters of the sample were aseptically removed for isolation, homogenized with 90 milliliters of Maximum Recovery Diluent solution, and diluted to 10^{-6} . Using the spread plate technique, 0.1 cc of the dilutions were collected and plated on egg yolk tellurite-containing Baird Parker Agar. Shiny, smooth-edged, black, convex colonies with a diameter of around 1-1.5 mm were assessed as suspicious *S. aureus* colonies after 24-48 hours of incubation at 37 °C. Tryptic Soy Agar was used to cultivate a maximum of five typical colonies. The colonies that grew here were identified using the Gram stain, catalase, coagulase, oxidase, DNase, and Growth Tests on Mannitol Salt Phenol Red Agar. Using Mueller Hinton Agar and the disk diffusion method, antibiotic susceptibility tests were conducted for strains of *S. aureus* that were found to be coagulase-positive. Zone diameters were assessed by the National Committee for Clinical and Laboratory Standards Institute (NCCLS, 2008). Amikacin (30 mcg), amoxicillin-clavulanic acid (20 mcg), cephalothin (30 mcg), ceftazidime (30 mcg), ciprofloxacin (5 mcg), clindamycin (DA, 2 mcg), gentamicin (10 mcg), linezolid (30 mcg), methicillin (5 mcg), nitrofurantoin (F, 300 mcg), ofloxacin (5 mcg), oxacillin (1 mcg), penicillin (P, 10U), rifampicin (5 mcg), and vancomycin (30 mcg) antibiotics were made from disks.

3. RESULTS AND DISCUSSION

In this study, *S. aureus* was isolated by microbiological cultivation from 50 cheese samples collected from different sources to investigate the presence of CPS in cheese sold in Kastamonu and to determine their antimicrobial resistance. Gram staining, catalase, coagulase, oxidase, DNase, and Mannitol Salt Phenol Red Agar growth tests were performed to identify the isolated strains. Antibiotic susceptibility tests were also performed on the CPS isolates.

Table 1: Isolation and identification results of the samples

Isolate No.	Possible Colony Existence	Gram stain	Catalase	Coagulase	Oxidase	DNase	Growth on Mannitol Salt Phenol Red Agar
1	Positive	+	+	-	-	+	-
2	Positive*	+	+	+	-	+	+
5	Positive*	+	+	+	-	+	+
6	Positive	+	+	+	+	+	+
7	Positive	-	-	+	-	+	+
8	Positive	+	-	-	-	-	+
10	Positive	+	-	-	-	-	+
12	Positive*	+	+	+	-	+	+
13	Positive*	+	+	+	-	+	+
15	Positive*	+	+	+	-	+	+
18	Positive*	+	+	+	-	+	+
20	Positive	-	-	-	+	+	-
22	Positive	+	-	+	+	+	-
23	Positive*	+	+	+	-	+	+
24	Positive*	+	+	+	-	+	+
25	Positive*	+	+	+	-	+	+
26	Positive	+	+	+	+	+	+
28	Positive	+	+	+	+	+	+
30	Positive*	+	+	+	-	+	+
33	Positive	+	+	-	-	+	-
34	Positive*	+	+	+	-	+	+
36	Positive	+	+	+	+	+	+
37	Positive*	+	+	+	-	+	+
38	Positive	-	-	-	+	+	-
39	Positive	+	+	-	-	+	-
40	Positive	+	+	-	+	+	-
42	Positive	-	-	-	-	+	+
43	Positive	+	-	-	-	+	+
44	Positive	+	+	+	+	+	+
46	Positive*	+	+	+	-	+	+
47	Positive	-	-	+	+	+	+
48	Positive	-	-	-	+	+	-
49	Positive*	+	+	+	-	+	+

The study considered typical black, convex colonies with a clear zone around them as possible *S. aureus*. As a result of microbiological cultivation, typical *S. aureus* colonies were detected in 33 (66%) of 50 cheese samples. For biochemical identification, a maximum of 5 colonies were selected from 33 samples with the help of a needle, and as a result, CPS was detected in 14 (28%) of 50 samples. The results are given in Table 1.

As a result of antibiotic susceptibility tests performed on 14 different CPS strains, it was determined that the strains were susceptible to ciprofloxacin, linezolid, and nitrofurantoin antibiotics. Although they resisted other antibiotics at different rates, the highest resistance was found against penicillin (86%). The results related to antibiotic susceptibility are given in Figure 1.

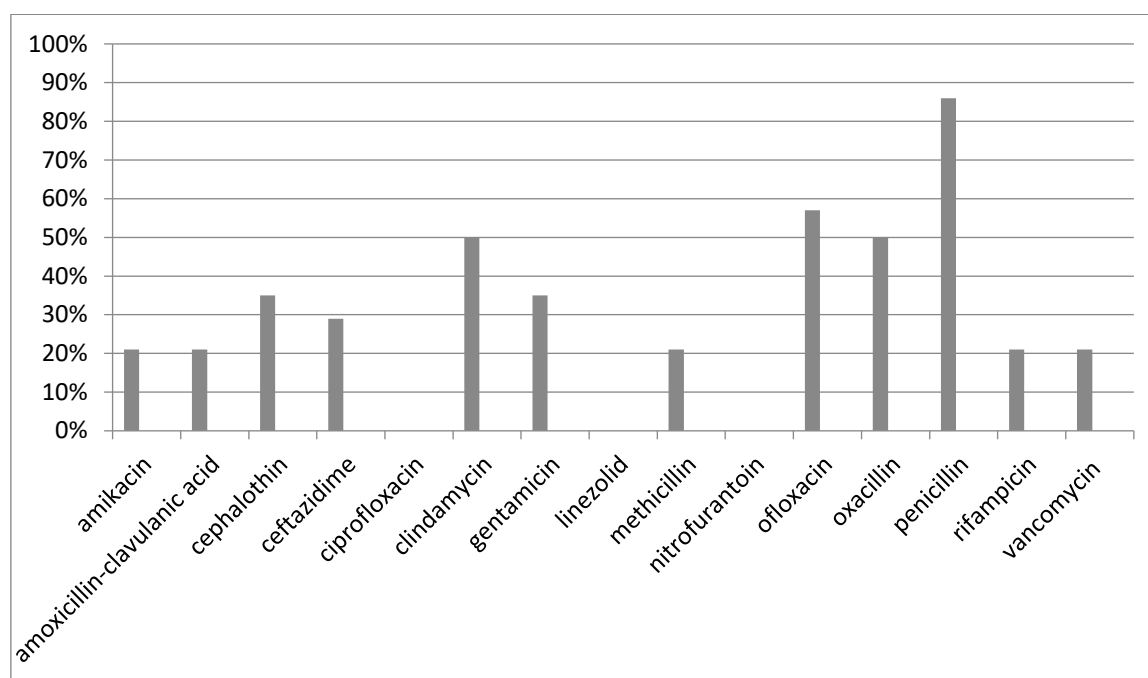


Figure 1 Antibiotic resistance rates of coagulase-positive *S. aureus* strains (%)

Staphylococcal intoxication is the most common cause of foodborne toxicity in many countries. Milk and dairy products are suitable foods for the growth of *S. aureus* due to their high protein content. In Europe, the rate of food poisoning caused by milk and dairy products ranges from 1-9%, with an average of 4.8%. Among the foodborne poisoning agents in the European Union countries, *S. aureus* was detected at a rate of 1-13.6%. This rate was reported as 1% in the UK, 1.8% in Italy, 2.8% in Germany, 4.1% in Spain and 13.6% in France. Among all suspected foods responsible for foodborne *staphylococcal* intoxications in these European countries, dairy products accounted for 3% in the UK, cheese 3.6% and ice cream 2.4% in Italy, dairy products 3.9% and cheese 0.1% in Germany, dairy products and cheese 1.6% in Spain and milk 13.6% in France. When the data are analyzed, it is seen that dairy products, especially milk and cheese, are among the foods associated with typical foodborne mass poisonings caused by SEs (EC, 2003).

In general, cheese-originated food intoxications are much more common than milk-originated food intoxications in different mass poisoning cases. This may be due to the differences in intrinsic and extrinsic factors between raw milk and cheese. For example, the salt concentration of cheese is important in this sense. The causative agent is highly tolerant to salt and can grow at salt concentrations of 10% or even 20%. It has been reported that increasing the salt concentration in cheese production accelerates the growth of *S. aureus* but suppresses the competitive flora. Eliminating the competitive flora in heat-treated cheeses and cross-contamination during the production phase can also be counted among the reasons (Erol, 2007; Paulin et al., 2012). Studies have reported that *S. aureus* reaches high concentrations in the early stages of cheese production. When enterotoxigenic *S. aureus* grows in large numbers in the early stages of cheese making, enterotoxins can be formed. Even if the number of staphylococci decreases during ripening and storage, enterotoxins may remain, and cheeses may be consumed. Therefore, it is recommended that *S. aureus* should be analyzed for SE two days or more after cheese making (EC, 2003, Paulin et al., 2012). *Staphylococcal* food poisoning caused by

cheeses is a widespread problem worldwide. Apart from the reported factors, other reasons, such as unpasteurized use of milk containing *S. aureus*, insufficient starter culture activity, contamination of milk after pasteurization, and storage under inappropriate conditions, can also be listed (Dos Santos and Genigeorgis, 1981; Gómez-Lucía et al., 1992).

Within the scope of the study, 50 cheese samples were analyzed, and CPS was detected in 14 of them (28%). In similar studies conducted abroad, this rate was found to be 50% in Italy (Spanu et al. 2012), 25% in Iran (Arefi et al. 2014), 50% in Poland (Rola et al. 2016), 87.32% in Serbia (Bulajic et al. 2017), 27.7% in China (Liu et al. 2017), 45% in Norway (Mehli et al. 2017), 25.93% in Korea (Jang et al. 2018) and 73.6% in Brazil (Pereira et al. 2018). When the studies conducted abroad are examined, it is seen that the *S. aureus* isolation rate obtained in our study is similar and lower. Similarly, the *S. aureus* isolation rate from cheese was found to be 10% in Malaysia (Sasidharan et al. 2011), 15% in Tanzania (Massawe et al. 2019), and 19.2% in Tunisia (Gharsa et al. 2019), which is lower than the rate in our study. The reasons for the different *S. aureus* contamination rates are thought to be the differences in cheese-making stages between countries and whether or not the hygiene rules are paid due attention to. In similar studies conducted in Turkey (Yücel and Anıl 2011, Can and Çelik 2012, Gündoğan and Avcı 2014, Can et al. 2017), the rate of *S. aureus* isolation from white cheeses varied between 9.5% and 48%. The data obtained in our study are similar to those collected in Turkey.

Due to their growing antibiotic resistance, *Staphylococcus* has emerged as a significant health concern in hospitals and community-acquired illnesses. The World Health Organization regards this and other antibiotic resistance as severe threats to public health. Antibiotic-resistant isolates in food point to unsafe health conditions and inadequate cleanliness habits. The primary cause of this is the extensive and unregulated use of antibiotics (Aslım and Yucel, 2008). In our study, resistance to penicillin was found to be 86%. The high rate of penicillin G resistance is consistent with the data obtained by Can et al. (2017), Gonzalez et al. (2017), Dehkordi et al. (2017), Pereira et al. (2018), and Gharsa et al. (2019). The oxacillin resistance rate (50%) detected in our study does not support the data in the literature stating that they detected lower oxacillin resistance rates than this rate (Gonzalez et al. 2017; Liu et al. 2017; Pereira et al. 2018). This high rate is of concern due to the use of this antibiotic in both human and animal treatment. In addition, evaluating the high oxacillin resistance rate as an MRSA indicator (Arefi et al. 2014) is another concern. An antibiotic called vancomycin is used to treat MRSA infections. Additionally, a lot of people utilize it to combat Gram-positive bacteria (Peeters et al. 2016, Asses et al. 2017, Khan 2017). The vancomycin resistance rate in our investigation was found to be 21%. In contrast to this information, the vancomycin resistance rate was not reported in the studies conducted by Arefi et al. (2014), Spanu et al. (2014), Massawe et al. (2019), and Matallah et al. (2019). MRSA illness is also treated with clindamycin, an antibiotic from the lincosamide group (Khan 2017). Jamal et al. (2017) suggest that lincosamides are often among the most popular animal treatment antibiotics. In contrast to this result, the clindamycin resistance rate in *S. aureus* strains isolated from cheese was found to be between 2.1% and 35.2% (Bulajic et al. 2017, Gonzalez et al. 2017, Liu et al. 2017, Matallah et al. 2019). The high prevalence of clindamycin resistance could indicate unregulated use in veterinary medicine. The rate of rifampicin resistance in our study was 21%. As a safe antibiotic for both humans and animals, rifampicin is on the WHO's list of essential medications (Khan 2017). Rifampicin resistance in *S. aureus* strains was determined to be 35.13% by Dehkordi et al. (2017), 6.45% by Gonzalez et al. (2017), and 11.1% by Bulajic et al. (2017). In our study, resistance to ciprofloxacin, linezolid, and nitrofurantoin antibiotics was 0%. The high susceptibility to these

antibiotics is thought to be because these antibiotics are not widely used in animal treatment. Resistance rates of *S. aureus* strains to these antibiotics have rarely been discussed in the literature.

4. CONCLUSION

Detection of coagulase-positive *S. aureus* in cheese samples shows a lack of sanitation in production and poses a risk to public health. For these reasons, among the measures to prevent many food poisonings, especially SEs, we can mention using heat-treated milk as raw material in cheese production, using a starter culture, and taking measures to prevent cross-contamination that may occur during the production phase. In addition, it is also essential to prevent consumers, especially children, from consuming raw milk.

5. REFERENCES

- André M.C.D.P.B., Campos M.R.H., Borges L.J., Kipnis A., Pimenta F.C., Serafini Á.B.C. (2008): Comparison of *Staphylococcus aureus* isolates from food handlers, raw bovine milk and Minas Frescal cheese by antibiogram and pulsed-field gel electrophoresis following *SmaI* digestion. *Food Control*, 19, 200–207.
- Arefi, F., Mohsenzadeh, M., Razmyar, J. (2014). Isolation, antimicrobial susceptibility and *mecA* gene analysis of methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* in Iranian White cheeses. *Iranian Journal of Veterinary Research*, 15(2): 127-131.
- Asao, T., Kumeda, Y., Kawai, T., Shibata, T., Oda, H., Haruki, K., Nakazawa, H., & Kozaki, S. (2003). An extensive outbreak of staphylococcal food poisoning due to low-fat milk in Japan: estimation of enterotoxin A in the incriminated milk and powdered skim milk. *Epidemiology and Infection*, 130(1), 33–40.
<https://doi.org/10.1017/s0950268802007951>.
- Aslim, B., & Yucel, N. (2008). In vitro antimicrobial activity of essential oil from endemic *Origanum minutiflorum* on ciprofloxacin-resistant *Campylobacter* spp. *Food Chemistry*, 107(2), 602-606.
- Asses, L.M., Nedeljkovic, M., Dessen, A. (2017). New strategies for targeting and treatment of multi-drug resistant *Staphylococcus aureus*. *Drug Resistance Updates*. 31: 1-14.
- Atanassova V, Meindl A, Ring C (2001): Prevalence of *Staphylococcus aureus* and staphylococcal enterotoxins in raw pork and uncooked smoked ham—a comparison of classical culturing detection and RFLP-PCR. *Int J Food Microb*, 68, 105–113.
- Balaban N, Rasooly A (2000): Staphylococcal enterotoxins. *Int J Food Microbiol*, 61, 1-10.
- Bergdoll MS (1989): *Staphylococcus aureus*. 463-523. In: Doyle MP (Ed): *Foodborne bacterial pathogens*. Marcel Dekker, Inc., New York.
- Beuquier E, Buchin S (2004): Raw milk cheeses. 319–345. In: Fox PF, McSweeney PLH, Cogan TM, Guinee TP (Eds.) *Cheese: chemistry, physics and microbiology*. Elsevier Academic Press, Amsterdam.
- Bulajic, S., Colovic, S., Misic, D., Djordjevic, J., Savic-Radovanovic, R., Asanin, J., Ledina, T. (2017). Enterotoxin production and antimicrobial susceptibility in *Staphylococci* isolated from traditional raw milk cheeses in Serbia. *Journal of Environmental Science and Health, Part B*, 52(12):864-870.
- Can, H.Y., Çelik, T.H. (2012). Detection of enterotoxigenic and antimicrobial resistant *S. aureus* in Turkish cheeses. *Food Control*, 24: 100-103.
- Can, H.Y., Elmalı, M., Karagöz, A. (2017). Molecular typing and antimicrobial susceptibility of *Staphylococcus aureus* strains isolated from raw milk, cheese, minced meat and chicken meat samples. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*, 37 (2): 175-180.
- Dehkordi, S.F., Gandomi, H., Basti, A.A., Misaghi, A., Rahimi, E. (2017). Phenotypic and genotypic characterization of antibiotic resistance of methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* isolated from hospital food. *Antimicrobial Resistance and Infection Control*, 6:104.
- Dos Santos, E. C., & Genigeorgis, C. (1981). Survival and growth of *Staphylococcus aureus* in commercially manufactured Brazilian Minas cheese. *Journal of Food Protection*, 44(3), 177-184.
- Doyle ME, Hartmann FA, Lee Wong AC (2012): Methicillin-resistant staphylococci: implications for our food supply? *Anim Health Res Rev*, 13(2), 157-80.

- EC-European Commission. (2003). *Opinion of the Scientific Committee on Veterinary Measures Relating to Public Health on Staphylococcal Enterotoxins in Milk Products, Particularly Cheeses*. Health & Consumer Protection Directorate-General. Access adres: http://ec.europa.eu/food/fs/sc/scv/out61_en.pdf Access date: November 10, 2024.
- Erol İ (2007): Gıda Hijyeni ve Kontrolü. Pozitif Matbaacılık Ltd. Şti., Yenimahalle, Ankara. 135-144.
- European Commission (EC) (2003): Health & Consumer Protection Directorate-General. *Opinion Of The Scientific Committee On Veterinary Measures Relating To Public Health On Staphylococcal Enterotoxins in Milk Products, Particularly Cheeses*. http://ec.europa.eu/food/fs/sc/scv/out61_en.pdf. Erişim tarihi: 11.05.2013.
- Fijałkowski, K., Peitler, D., Karakulska, J. (2016). Staphylococci isolated from ready-to-eat meat-Identification, antibiotic resistance and toxin gene profile. *Int J Food Microbiol*, 238: 113-120, doi: 10.1016/j.ijfoodmicro.2016.09.001.
- Gharsa, H., Chairat, S., Chaouachi, M., Yahia, H.B., Boudabous, A., Slama, K.B. (2019). High Diversity of genetic lineages and virulence genes of *Staphylococcus aureus* isolated from dairy products in Tunisia. *Annals of Microbiology*, 69:73-78.
- Gómez-Lucía, E., Goyache, J., Orden, J. A., Domenech, A., Hernandez, F. J., Ruiz-Santa Quiteria, J. A., ... & Suárez, G. (1992). Growth of *Staphylococcus aureus* and synthesis of enterotoxin during ripening of experimental Manchego-type cheese. *Journal of dairy science*, 75(1), 19-26.
- Gonzalez, A.G.M., Marques, L.M.P., Gomes, M.D.S.A., Beltrao, J.C.D.C., Pinheiro, M.G., Esper, L.M.R., Paula, G.R., Teixeira, L.A., Aguiar-Alves, F. (2017). Methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* in minas frescal cheese: evaluation of classic enterotoxin genes, antimicrobial resistance and clonal diversity. *FEMS Microbiology Letters*, 364: fnx232.
- Gökmen M, Gürbüz Ü, Torlak E, İnal M (2013): Identification of *Staphylococcus* spp. Isolated in Different Production Stages of White Cheese and Detection of Enterotoxin. *Kocatepe Vet J*, 6(2), 7-11.
- Gündoğan, N., Avcı, E. (2014). Occurrence and antibiotic resistance of *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* and *Bacillus cereus* in raw milk and dairy products in Turkey. *International Journal of Dairy Science*, 67(4): 562-569.
- Harris TO, Grossman D, Kappler JW, Marrack P, Rich RR (1993): Lack of complete correlation between emetic and T-cell- stimulatory activities of staphylococcal enterotoxins. *Infect Immun*, 61, 3175-3183.
- Jamal, M., Shareef, M., Sajid, S. (2017). Lincomycin and tetracycline resistance in poultry. *Matrix Science Pharma*, 1(1): 33-38.
- Jang, K., Lee, J., Lee, H., Kim, S., Ha, J., Choi, Y., Oh, H., Yoon, Y., Lee, S. (2018). Pathogenic Characteristics and Antibiotic Resistance of Bacterial Isolates from Farmstead Cheeses. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*, 38(1):203-208.
- Jay J, Loessner MJ, Golden DA (2005): *Staphylococcal Gastroenteritis*. Seven Edition. Springer Science+Business Media Inc. In: *Modern Food Microbiology* (Chapter 23).
- Khan, M.F. (2017). Brief History of *Staphylococcus aureus*: A Focus to Antibiotic Resistance. *E-Cronicon Microbiology*, 5(2): 36-39.
- Kurşun Ö, Kırdar SS, Akcan Kale AS, Güner A (2008): Burdur'da Tüketime Sunulan Beyaz Salamura Peynirlerin Mikrobiyolojik Kalitesinin Belirlenmesi. *Türkiye 10. Gıda Kongresi*; 21-23 Mayıs, Erzurum, 2008.
- Liu, H., Li, S., Meng, L., Dong, L., Zhao, S., Lan, X., Wang, J., Zheng, N. (2017). Prevalence, antimicrobial susceptibility, and molecular characterization of *Staphylococcus aureus*

- isolated from dairy herds in northern China. *Journal of Dairy Science*, 100(11): 8796-8803.
- Martin SE, Iandolo JJ (2000): *Staphylococcus*. In: Robinson, R.K., Batt, C.A., Patel, P.D. (Eds.), *Encyclopedia of Food Microbiology*. Academic Press, pp. 2062 – 2065.
- Massawe, H.F., Mdegela, R.H., Kurwijila, L.R. (2019). Antibiotic resistance of *Staphylococcus aureus* isolates from milk produced by smallholder dairy farmers in Mbeya Region, Tanzania. *International Journal of One Health*, 5:31-37.
- Matallah, A.M., Bouayad, L., Boudjellaba, S., Mebkhout, F., Hamdi, T.M., Ramdani-Bouguessa, N. (2019). *Staphylococcus aureus* isolated from selected dairies of Algeria: Prevalence and susceptibility to antibiotics. *Veterinary World*, 12(2): 205-210.
- Mehli, L., Hoel, S., Thomassen, G.M.B., Jakobsen, A.N. (2017). The prevalence, genetic diversity and antibiotic resistance of *Staphylococcus aureus* in milk, whey, and cheese from artisan farm dairies. *International Dairy Journal*, 65: 20-27.
- Paulin S, Horn B, Hudson AJ (2012): *Factors influencing staphylococcal enterotoxin production in Dairy Products*. NewZealand Ministry for Primary Industries, Wellington. Erişim: <http://www.foodsafety.govt.nz/elibrary/industry/factors-staphylococcal-enterotoxin-dairy.pdf>
- Peeters, O., Ferry, T., Ader, F., Boibieux, A., Braun, E., Bouaziz, A., Karsenty, J., Forestier, E., Laurent, F., Lustig, S., Chidiac, C., Valour, F. (2016). Teicoplanin-based antimicrobial therapy in *Staphylococcus aureus* bone and joint infection: tolerance, efficacy and experience with subcutaneous administration. *BMC Infectious Diseases*, 16:622.
- Pereira, C.T.M., de Oliveira, D.S.V., Veloso, V.S., Silva, S.S.P., Santos, L.S., Neto, A.F.L., de Alcântara Oliveira, F.A., de Melo, M.C.N., dos Santos Soares, M.J. (2018). Microbiology quality, detection of enterotoxin genes and antimicrobial resistance of *Staphylococcus aureus* isolated from milk and Coalho cheese. *Ciências Agrárias, Londrina*, 39 (5): 1957-1968.
- Pereira, V., Lopes, C., Castro, A., Silva, J., Gibbs, P., Teixeira, P. (2009). Characterization for enterotoxin production, virulence factors, and antibiotic susceptibility of *Staphylococcus aureus* isolates from various foods in Portugal. *Food Microbiol*, 26(3): 278-282, doi: 10.1016/j.fm. 2008.12.008.
- Pesavento, G., Ducci, B., Comodo, N., Lo-Nostro, A. (2007). Antimicrobial resistance profile of *Staphylococcus aureus* isolated from raw meat: a research for methicillin resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA). *Food Control*, 18: 196-200, doi: doi.org/10.1016/j.foodcont.2005.09.013.
- Pinchuk IV, Beswick EJ, Reyes VE (2010): *Staphylococcal enterotoxins*. *Toxins* 2, 2177–2197.
- Rola, J.G., Czubkowska, A., Korpysa-Dzirba, W., Osek, J. (2016). Occurrence of *Staphylococcus aureus* on Farms with Small Scale Production of Raw milk Cheeses in Poland. *Toxins*, 8:62.
- Rosec JP, Guiraud JP, Dalet C, Richard N (1997): Enterotoxin production by staphylococci isolated from foods in France. *Int J Food Microbiol*, 35 (3), 213-221.
- Sasidharan, S., Prema, B., Yoga Latha, L. (2011). Antimicrobial drug resistance of *Staphylococcus aureus* in dairy products. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 1(2): 130-132.
- Scallan E, Hoekstra RM, Angulo FJ, Tauxe RV, Widdowson MA, Roy SL, Jones JL, Griffin PM (2011): Foodborne illness acquired in the United States—major pathogens. *Emerg Infect Dis*, 17, 7–15.

- Spanu, V., Scarano, C., Cossu, F., Pala, C., Spanu, C., De Santis, P.L. (2014). Antibiotic Resistance Traits and Molecular Subtyping of *Staphylococcus aureus* Isolated from Raw Sheep Milk Cheese. *Journal of Food Science*, 79 (10):M2066-2071.
- Spanu, V., Scarano, C., Cossu, F., Pala, C., Spanu, C., De Santis, P.L. (2014). Antibiotic Resistance Traits and Molecular Subtyping of *Staphylococcus aureus* Isolated from Raw Sheep Milk Cheese. *Journal of Food Science*, 79 (10):M2066-2071.
- Vazquez-Sanchez, D., Lopez-Cabo, M., Saa-Ibusquiza, P., Rodriguez-Herrera, J.J. (2012). Incidence and characterization of *Staphylococcus aureus* in fishery products marketed in Galicia (Northwest Spain). *Int J Food Microbiol*, 157(2): 286-296, doi, 10.1016/j.ijfoodmicro.2012.05.021.
- Yücel N, Anıl Y (2011): Çiğ süt ve peynir örneklerinden *Staphylococcus aureus* ve koagülaz negatif stafilokokların identifikasyonu ve antibiyotik duyarlılığı. *Türk Hij Den Biyol Derg*, 68 (2), 73-78.
- Aslim, B., & Yucel, N. (2008). In vitro antimicrobial activity of essential oil from endemic *Origanum minutiflorum* on ciprofloxacin-resistant *Campylobacter* spp. *Food chemistry*, 107(2), 602-606.

**BIOFERTILIZERS FOR CLIMATE-SMART AGRICULTURE IN SUB-SAHARAN
AFRICA**

Dr. Umar Balarabe IBRAHIM (ORCID:0000-0001-6292-5330)

Department of Microbiology, Faculty of Chemical and Life Sciences, Usmanu Danfodiyo
University, Sokoto, Nigeria

Email:umar.ibrahim3@udusok.edu.ng

Dr. Haruna Yahaya ISMAIL (ORCID:0000-0003-0190-4338)

Department of Microbiology, Faculty of Science, University of Maiduguri, Nigeria

Email:yismailh@gmail.com

Abstract

This paper reviews the current state and impact of biofertiliser use in Sub-Saharan Africa (SSA), assessing its potential to enhance sustainable agriculture in the region. Biofertilisers, which consist of natural microorganisms promoting soil fertility and plant growth, are evaluated as an alternative to chemical fertilisers, which often lead to soil degradation and are costly for smallholder farmers. The review examines the benefits of biofertilisers, such as improved crop yields, enhanced soil health, and environmental sustainability, alongside the challenges, including limited awareness, lack of infrastructure, and regulatory hurdles. The paper highlights case studies from SSA where biofertiliser applications have led to notable yield improvements in staple crops like maize and legumes, emphasizing the need for targeted research, government support, and regional collaboration to enhance biofertiliser adoption. The review assesses various case studies and research findings from across Sub-Saharan Africa, highlighting both the successes and challenges of implementing biofertiliser use on a broad scale. Positive outcomes include increased yields for staple crops such as maize, sorghum, and legumes, as well as improved soil health over time. However, the adoption of biofertiliser technologies is hindered by limited awareness, inadequate access to quality biofertiliser products, and a lack of robust distribution networks. Recommendations are provided for scaling biofertiliser use through farmer education, subsidy programs, and partnerships with private and public sectors, aiming to foster sustainable agricultural practices and food security in Sub-Saharan Africa.

Keywords: Biofertilisers, Sustainable Agriculture, Sub-Saharan Africa (SSA), Soil Fertility

**ANALYZING THE RELATIONSHIP BETWEEN ENVIRONMENTAL QUALITY
AND NIGHTTIME ECONOMIC DEVELOPMENT AT NINH KIEU QUAY,
CAN THO CITY, VIETNAM**

Mr. Nguyen Minh TRI (ORCID:0000-0001-9383-5426)
Colleague of Rural Development, Can Tho University
Email:trib2106165@student.ctu.edu.vn

Ms. Nguyen Ngoc Bao CHAU (ORCID:0009-0005-9350-6266)
Colleague of Rural Development, Can Tho University
Email:chaub2112647@student.ctu.edu.vn

Ms. Ly My TIEN (ORCID:0000-0002-3035-6847)
Faculty of Social Sciences and Humanities, Can Tho University
Email:lmtien@ctu.edu.vn

Abstract

Can Tho City, a vibrant city located in the heart of the Mekong Delta, has great potential to develop a prosperous night economy. The unique combination of cultural heritage, natural landscapes, and its strategic geographical location makes this place an attractive destination for both domestic and international tourists. Among its many attractions, Ninh Kieu Quay stands out as an ideal location to develop a vibrant nightlife atmosphere. With its beautiful riverside scenery and vibrant atmosphere, this area can become a highlight for various nighttime activities, from traditional markets and street food stalls to cultural performances and entertainment venues. However, the rapid development of this nighttime economy comes with significant challenges. It is important to achieve a balance between economic growth and environmental sustainability to ensure that the benefits of tourism do not come at the cost of the city's natural beauty and ecological health. The success of the night economy in Can Tho will largely depend on the city's ability to integrate these two important aspects, allowing a robust tourism industry to thrive while still respecting and preserving its environment. This study aims to explore the complex relationship between environmental quality and the development of the night-time economy, with a particular focus on Ninh Kieu Quay. By examining factors such as air quality, noise pollution, and lighting conditions, the study will assess how these factors affect the overall experience of both tourists and local residents. Additionally, the research will explore other socio-economic factors affecting the nighttime economy, including infrastructure development, the diversity of available products and services, the quality of the workforce, and public safety measures. Above all, the research proposes sustainable solutions that can guide the development of the nighttime economy in Can Tho. This model should prioritize economic growth while simultaneously supporting environmental protection and enhancing social welfare. By achieving a balance between these three essential pillars - economic feasibility, environmental sustainability, and social equity - Can Tho City can become a unique and attractive nighttime tourist destination. Such development not only enriches the experiences of tourists but also brings long-term benefits to local residents, creating a vibrant community that thrives both culturally and economically.

Keywords: environment, night-economic, impact, Ninh Kieu Quay.

1. INTRODUCTION

Overall, the night economy plays an important role in creating a continuous cycle, helping the economy operate at maximum speed and promoting sustainable development. The night economy not only helps increase income for localities and nations but also contributes to the reconstruction and development of urban areas, regions that are not fully utilized during the day, and maximizes the potential of spaces that are still underused. In addition, it stimulates domestic consumption, creates a stable source of tax revenue for local governments, and especially boosts the development of the tourism industry, attracting a large number of both international and domestic visitors. The night economy also creates job opportunities for workers, helping to reduce the unemployment rate and providing many development opportunities for the community. Equally important, it also contributes to social stability by creating a bustling and dynamic economic environment, thereby establishing a space for cultural exchange and community activities.

In Vietnam, the concept of “night economy” has also begun to receive attention and develop in recent years. The Vietnamese government has approved the “Project for the Development of Night Economy in Vietnam,” aiming to exploit and promote the potential of the night economy, in order to seize opportunities for economic development, increase people's incomes, and enhance the quality of life. This project also particularly focuses on mitigating potential negative impacts, thereby ensuring political security and social order during the development of the nighttime economy. Based on that, some major cities like Can Tho have begun implementing night economy activities through organizing traditional cultural events, promoting distinctive cuisine, and developing regional tourism tours. This model has been implemented in Ninh Kieu District, with a focus on Ninh Kieu Quay. This not only helps to exploit the unique cultural values of the ethnic groups in the Mekong Delta region but also creates opportunities for the development of service, tourism, and trade sectors.

Although it brings many economic benefits, nighttime economic development also carries significant risks, particularly negative impacts on environmental quality. In recent years, the Vietnamese government has particularly focused on environmental protection, considering it one of the three key pillars of sustainable development. However, the reality of environmental pollution is still on the rise, with many serious incidents directly affecting the lives and production of the people. When the night economy is developed strongly, nighttime economic activities can put pressure on infrastructure systems, increasing the volume of waste, air, water, and noise pollution. Especially, densely populated urban areas and river basins may face more severe pollution, affecting ecosystems and public health.

These issues can have negative impacts not only on the tourism industry but also on social life in general. Environmental pollution and issues related to the protection of natural landscapes can reduce the attractiveness of tourist destinations, affecting the experience of tourists and the reputation of localities. Therefore, the development of the night economy needs to be implemented in conjunction with effective environmental protection measures, to ensure sustainable development, both promoting the economy and protecting and maintaining the quality of the living environment for the community. Therefore, this study aims to analyze the relationship between environmental quality and nighttime economic development at Ninh Kieu Quay, Can Tho City.

Therefore, developing the night economy with the aim of not only increasing income and boosting the economy but also ensuring environmental stability and the quality of life for residents has become one of the major concerns of the community and government at all levels. The close coordination between functional agencies, businesses, and the community is very important to find effective solutions that both exploit the potential of the night economy and ensure environmental protection and sustainable development in the future.

2. DATA AND RESEARCH METHODS

2.1. Overview of the data

The night-time economy (NTE) first appeared in the UK in the 1970s and became widely popular in the 1990s. At that time, the night-time economy (NTE) only included activities from 6 PM to 6 AM the next morning. (Abraham et al., 2019). Interest in the night-time economy (NTE) is increasing due to its potential to drive economic growth, create jobs, develop culture, and maintain community safety. However, this development also carries many negative impacts such as violence, crime, noise, environmental pollution, and a decline in quality of life (Hobbs et al., 2005; Philpot et al., 2019).

Studies indicate that the increase in nighttime economic activities can lead to severe environmental pollution, degrading air and water quality, and increasing CO₂ emissions, especially when the economy is growing rapidly. (Adejumo, 2022). This underscores the necessity of developing a sustainable NTE model that integrates technological, economic, environmental, and social factors to protect ecosystems and public health (Zmyslony & Pawlusiński, 2020).

The research also shows that tourists are increasingly interested in environmentally friendly destinations, willing to pay more for sustainable products and services. (Walsh & Dodds, 2017). The environmental image of a destination significantly influences consumer behavior and travel decisions. (Bilynets et al., 2023; Han et al., 2021).

Businesses with environmental protection strategies can create sustainable competitive advantages, enhance their reputation, and attract customers (González-Rodríguez et al., 2020; Ahmed & Streimikiene, 2021). To develop the night-time economy sustainably, it is necessary to build “green” night-time economy models that align with sustainable tourism principles and meet the needs of environmentally conscious tourists. An environmentally friendly image will be an important factor in attracting tourists and creating a competitive advantage for destinations.

2.2 Research Methods

2.2.1. Method of collecting and processing secondary data

The secondary data used in the article is collected from printed and online sources. These data sources are processed through comparison, evaluation, and synthesis methods to ensure the authenticity, value, and relevance of the information inherited in the research.

2.2.2. Method of collecting and analyzing primary data

The research sample includes 120 domestic tourists, and primary data was collected through a questionnaire using a convenience sampling method. This sample size meets the criterion of $n \geq 100$ proposed by Hair et al. (2009, cited by Dương Quế Nhu et al., 2014), Williams et al. (2010, cited by Võ Thị Thanh Lộc and Huỳnh Hữu Thọ, 2015), and Dương Quế Nhu et al. (2014). The primary data, after being collected, will be analyzed using SPSS 20.0 software, employing analytical methods including scale reliability assessment and mean value analysis based on tourist evaluations.

3. RESULTS AND DISCUSSION

3.1. Overview of the research sample

Out of the total 120 survey participants, 82 were female, accounting for 68.3%, while the rest were male. Regarding age, the group of tourists under 30 years old accounted for the largest proportion with 70 people (58.8%), while the group aged 31 to 45 had 27 people (22.7%). The number of tourists aged 46 to under 60 is only 17 people (14.3%), and the group over 60 years old accounts for the smallest percentage with 5 people (4.2%).

In terms of income, tourists with a monthly income of 10 to 20 million VND make up the largest proportion, with 55 people (45.8%). About 25% of the survey participants have an income below 10 million VND, while 29.2% have an income above 20 million VND per month.

Regarding the frequency of travel experiences in Ninh Kieu district, 76 tourists (63.3%) have visited more than 3 times, indicating their familiarity and fondness for this destination. Meanwhile, 20 people (16.7%) visited for the second time, and 19 people (15.8%) were first-time visitors. Only 5 people (4.2%) visited for the third time.

Survey data shows that female tourists clearly dominate, while the age group under 30 constitutes the majority, reflecting the travel trends of the current younger generation. Regarding income, a large portion of tourists have an average income, indicating a reasonable ability to pay for tourism activities. Especially, the high frequency of visits to Ninh Kieu indicates the area's attractiveness and popularity among tourists, which can serve as a solid foundation for policymakers and tourism businesses to develop service products that meet the diverse needs of customers.

Table 1. General information of the survey sample

Index	Frequency	Percent
Sex		
Male	38	31,7
Female	82	68,3
Total	120	100
Age		
Under 30	70	58,8
31 – 45	27	22,7
46 – 60	17	14,3
Over 60	5	4,2
Total	120	100
Monthly income		
Under 10M Vietnam Dong	30	25
10M – 20M Vietnam Dong	55	45,8
Over 20M Vietnam Dong	35	29,2
Total	120	100
Number of experiences		
First time	19	15,8
Second times	20	16,7
Third times	76	63,3
Over third times	3	4,2
Total	120	100

(Source: Results of direct surveys of tourists by the authors' group in 2024, n=120)

3.2. The level of tourists' evaluation of the connection between the environment and the night economy at Ninh Kieu Quay

3.2.1. Average rating of environmental quality

The evaluations of tourists regarding the factors affecting their satisfaction with night tourism at Ninh Kieu Quay are presented based on a 5-point Likert scale: (1) Strongly disagree, (2) Disagree, (3) Neutral, (4) Agree, and (5) Strongly agree. The evaluation results of 120 domestic tourists are specifically presented through tables. The evaluation of tourists is expressed through five groups of factors. To facilitate the evaluation process, the author stipulates as follows:

1.0 ≤ Mean ≤ 1.80: Level “Strongly Disagree”

1.81 ≤ Mean ≤ 2.60: Level “Disagree”

2.61 ≤ Mean ≤ 3.40: Level “Average”

3.41 ≤ Mean ≤ 4.20: Level “Agree”

4.21 ≤ Mean ≤ 5.00: Level “Strongly Agree”

Based on the average value of each observed variable of the infrastructure factor. Tourists believe that “There is littering in the surrounding area” (4.03) with a very Agree level of assessment, and this is the variable with the highest average value in the environmental quality factor. The remaining observed variables of this criterion were also rated by tourists from average to agree, in decreasing order: “Noise from industrial activities and traffic affecting

the tourism/living experience” (3.99), “Clean drinking water sources” (3.80), “Fresh air” (3.79), “Not much smoke, fine dust, and unobstructed visibility due to dirt” (3.78), “Wide coverage of green areas” (3.51), and “Surface water polluted by waste and chemicals” (3.34), which had the lowest average values among the observed factors (Table 2). Overall, based on the evaluation of tourists, the environmental quality at Ninh Kieu Quay is generally rated as agreeable/good. However, the district needs to address the issue of surface water pollution because this factor is rated low by tourists and directly affects their experience when participating in night tourism here.

Table 2. Average evaluation level of environmental quality

	Scale	Average rating	Standard deviation	Level evaluation
E1	There is not much smoke, fine dust, and visibility is not restricted by dirt.	3,78	0,900	Agree
E2	Fresh air.	3,79	0,839	Agree
E3	The drinking water source is ensured to be clean.	3,80	0,875	Agree
E4	Surface water sources are polluted by waste and chemicals.	3,34	1,004	Average
E5	There is a large area covered by greenery.	3,51	0,994	Agree
E6	There is a problem with littering in the surrounding area.	4,03	0,835	Agree
E7	Noise from industrial activities and traffic affects the tourism/living experience.	3,99	0,728	Agree

(Source: Results of direct surveys of tourists by the authors' group in 2024, n=120)

3.2.2. Assessment of the potential for developing night tourism

The survey results from 120 tourists indicate a high level of satisfaction with the development potential of Ninh Kieu Quay, with an average rating score ranging from 3,96 to 4,14. Specifically, tourists highly value the image of Ninh Kieu Quay as a “green destination,” affirming that this is a significant competitive advantage. In addition, the ability to attract tourists in the future is also highly regarded, as reflected in comments such as “I will add this location to my list of priority destinations for upcoming trips” (4,05) and “I believe this location will become an attractive night tourism destination in the future” (3,96).

These results indicate that Ninh Kieu Quay is on track to becoming a sustainable tourist destination, especially with a focus on developing night tourism. Customer satisfaction with the quality of the environment and the development potential of the destination is a positive signal, while also setting higher demands on managers to maintain and enhance service quality, as well as effectively exploit the local advantages.

Table 3. Level of assessment regarding the potential for developing nighttime tourism

Scale		Average rating	Standard deviation	Level evaluation
N1	The destination has been identified as a green destination.	4,14	0,725	Agree
N2	I believe this location will become an attractive night tourism destination in the future.	3,96	0,760	Agree
N3	I will add this location to my list of priority destinations for upcoming trips.	4,05	0,849	Agree

(Source: Results of direct surveys of tourists by the authors' group in 2024, n=120)

3.3. Reliability of the scale (Cronbach's Alpha)

The Cronbach's Alpha measure reliability test aims to reflect the correlation level between the observed variables within the same factor. The test shows which observed variables of the same factor contribute or do not contribute to measuring the concept of the factor. From the data collected from the survey questionnaire, the article evaluated the reliability of the variable measurement scale using Cronbach's alpha coefficient. The article analyzed and interpreted the results as follows: The reliability of the environmental quality scale was assessed through the Cronbach's alpha coefficient, reaching a level of 0,9, indicating very high internal reliability. This means that the questions constituting the scale all measure the same concept, ensuring the consistency and stability of the research results. The pairwise correlation coefficients between the component variables in the scale also reached significant levels ($r > 0,3$), with the highest value being 0,786 and the lowest being 0,644. This shows that the component variables are closely related to each other, further reinforcing the evidence of the convergent validity of the scale. Based on the above analysis results, it can be concluded that the environmental quality scale used in this study has high reliability and validity, ensuring the accuracy of the measurement results.

Table 2. The reliability of environmental factors for tourists when participating in night tourism (E)

Variable Coding Variable	Total Variable Correlation Coefficient	Cronbach's Alpha of Variable Type
Environmental quality (E) (Cronbach's Alpha = 0.908)		
E1	0,753	0,891
E2	0,752	0,891
E3	0,717	0,895
E4	0,786	0,887
E5	0,679	0,899
E6	0,748	0,892
E7	0,644	0,903

(Source: Results of direct surveys of tourists by the authors' group in 2024, n=120)

3.4. Current state of environmental quality and nighttime economic development at Ninh Kieu Quay

3.4.1. Environmental quality

Based on the evaluations of tourists, the environmental quality at Ninh Kieu Quay is rated as fairly good. Although there have been significant improvements in the city's environmental protection efforts over the past few years, the results achieved have not truly met expectations. This shows that improving environmental quality in this area still has many shortcomings.

The climate in Can Tho City is significantly affected by climate change, manifested through increasingly frequent extreme phenomena. During the rainy season, flooding occurs frequently, severely affecting the cultivated area and the livelihoods of the people. Conversely, the prolonged dry season leads to a severe shortage of freshwater, especially in areas affected by saltwater intrusion and salinity. The unusual fluctuations in climate have increased the seasonality in agricultural production, requiring flexible adaptation solutions to ensure food security.

The air quality in Can Tho city is generally considered acceptable; however, there are still concerning issues, especially in highly urbanized areas. Most monitoring indicators show that air quality meets national standards. However, the air pollution situation becomes more complicated in areas with high traffic density, such as main roads, intersections, and around large construction sites. Here, the concentration of air pollutants such as PM2.5 fine dust, nitrogen dioxide (NO₂), and sulfur dioxide (SO₂) often exceeds permissible levels, especially during peak hours. Fine dust, with its ultra-small size, has the ability to penetrate deep into the respiratory system, causing serious health issues such as asthma, bronchitis, and cardiovascular diseases. In addition, emissions from vehicles, industrial production activities, and the burning of household waste also contribute to increased air pollution, affecting the quality of life of the residents.

Regarding water resources, Can Tho City is currently able to basically meet the daily and production needs of the people. However, the quality of the water source has been significantly declining in recent years. One of the important factors affecting this situation is the water flow from the upper Mekong River, particularly the An Giang region and Cambodia. The rapid development of agricultural activities in these areas, with the excessive use of chemical fertilizers, pesticides, and growth stimulants, has led to severe water pollution. These chemicals not only directly pollute water sources but also degrade soil quality, affecting the self-purification ability of the ecosystem. In addition, industrial and service production activities in industrial zones and urban areas also discharge a large amount of untreated or substandard-treated waste, causing water and air pollution. Households, especially those living along rivers and canals, also contribute significantly to the pollution due to the habit of directly dumping waste into the water sources. The state of water pollution not only affects human health, causing gastrointestinal and dermatological diseases, but also reduces biodiversity and impacts economic activities such as fisheries and tourism.

Additionally, the issue of noise pollution is becoming increasingly serious in Can Tho city, especially in the central areas and near major traffic routes. Noise from traffic, construction sites, business activities, and large events has exceeded permissible levels, severely affecting

the health and quality of life of the residents. Studies show that prolonged exposure to noise can lead to health issues such as insomnia, stress, hypertension, and hearing loss.

In addition, although there have been significant improvements in solid waste management, some limitations still exist. Every day, the city collects about 650 tons of household waste, achieving a fairly high collection rate. However, waste treatment still mainly focuses on landfill methods, not fully utilizing the renewable energy sources from waste. In addition, the situation of littering in some areas, especially tourist spots and traditional markets, is still ongoing. This not only detracts from the urban aesthetic but also poses a risk of soil and water pollution.

3.4.2. The development of the night economy

At Ninh Kieu Quay, a variety of souvenirs and agricultural products are sold at many night markets, with about 5 different large and small markets. Among them, the Ninh Kieu night market is located on the Vo Van Tan – Nguyenx Thai Hoc, Phan Boi Chau – Phan Chu Trinh streets, the Can Tho ancient market, and the Song Hau night market, each with its own unique characteristics. Specifically, the Ninh Kieu Night Market on Phan Bội Châu – Phan Chu Trinh Street mainly focuses on food and beverages; while the night market on Võ Văn Tần – Nguyễn Thái Học Street primarily offers accessories and clothing; the Can Tho Old Market stands out with traditional souvenirs and handicrafts; and the Song Hau Night Market specializes in serving dishes like seafood hotpot and barbecue. The night markets usually operate from 4 PM to 11 PM.

On the other hand, the performing arts programs on Hai Ba Trung Walking Street also attract a large number of tourists. The activities include traditional music performances, cải lương on the Ninh Kieu cruise ship, folk games, and magic shows. Along the street, visitors will enjoy performances of musical instruments from traditional to modern, as well as various forms of modern dance, folk dance, and ballroom dancing. Especially, Đờn ca tài tử, a traditional Vietnamese music genre recognized by UNESCO as an intangible cultural heritage, has a wide influence across 21 provinces in the southern region. This art form developed in the late 19th century, originating from ceremonial music, royal court music of Hue, and folk literature, and is performed using instruments such as the double-stringed lute, flock of storks, plucked zither, and monochord. Participants are usually friends and neighbors, creating a joyful and informal atmosphere without being too elaborate in their attire. In addition, Ninh Kieu district also organizes many events to attract tourists, such as the Ninh Kieu Lantern Night Tourism Festival, the Can Tho Exhibition Fair, and the Traditional Cake Festival.

In addition to sightseeing activities, visitors to Can Tho can also experience the nightlife at food and entertainment establishments such as bars, pubs, and cafes. The system of these establishments is increasingly developing, mainly concentrated in the city center and operating late into the night, with some places even open until 2-3 AM. With a variety of design styles, services, and types of beverages, cafés have become familiar destinations for tourists. In Ninh Kieu District, famous brands such as Highlands Coffee, The Coffee House, Trung Nguyễn Legend, Phuc Long, and Katinat attract a large number of customers.

Cuisine has always been one of the important factors contributing to the cultural identity of Ninh Kieu District, especially in the Ninh Kieu Quay area. Besides enjoying meals at restaurants, tourists are increasingly inclined to seek out unique street food experiences. Ninh

Kieu District is famous for its vibrant night food streets, such as Bung Xang Lake Food Street, Xang Thoi Lake Food Street, and Ninh Kieu Night Market. Here, visitors have the opportunity to enjoy a variety of local specialties, from simple seasonal snacks like dried fish, skewers, and grilled corn to more elaborate dishes. In addition, the system of restaurants and eateries specializing in traditional Vietnamese cuisine is also a highlight that attracts tourists to Ninh Kieu. Dishes such as Ninh Kieu fermented fish hotpot, Hai Van grilled pork rolls, and Thành Giao braised duck with fermented tofu have become culinary symbols of the region. Especially, the riverside restaurants along the Hau River and Can Tho River offer diners unique culinary experiences with rustic dishes such as sliced fish cake, grilled snakehead fish, coconut heart salad with shrimp and pork, and roasted field mice, among others. Street food and traditional restaurants coexist and complement each other, creating a diverse and rich culinary landscape in Ninh Kieu District.

The tourist tram system in Ninh Kieu district has been and continues to contribute positively to diversifying the tourism products of Can Tho city. With flexible operating hours from 6 AM to 11 PM daily, along with a centralized pick-up point at Ninh Kieu Quay, this system offers tourists many options to explore attractive tourist destinations in the area, such as Phong Điền district and Ninh Thủy district. This is considered a pioneering initiative in the tourism sector in the Mekong Delta, contributing to enhancing the travel experience for tourists and promoting the image of Can Tho city to friends both domestically and internationally. The implementation of this electric vehicle system not only meets the transportation needs of tourists but also helps reduce traffic congestion and protect the environment.

3.5. The actual relationship between environmental quality and nighttime economic development at Ninh Kieu Quay, Can Tho City

The development of night tourism is not merely about creating entertainment activities but also contributes positively to improving the quality of life and protecting the environment. First, to meet the needs of tourists, service businesses at Ninh Kieu Quay often invest in upgrading the lighting system, using energy-saving LED lights that create a high aesthetic effect. This not only beautifies the urban landscape but also helps reduce energy consumption and protect the environment. In addition, the construction and upgrading of wastewater and waste treatment systems are also mandatory requirements for tourism businesses. Thanks to this, the quality of water and air environments has significantly improved, reducing pollution and creating a healthier living environment for the community. Moreover, tourists' concern for environmental issues is increasing, especially regarding eco-tourism destinations. This encourages local businesses to pay more attention to implementing environmental protection measures in their production and business processes, such as using eco-friendly products, reducing waste, and saving energy.

However, the development of the night economy also means facing serious consequences for the living environment. Indeed, the noise from recreational activities, bars, pubs, and especially from transportation vehicles like motorcycles and cars, which extends late into the night, has become a perplexing problem. Not only does excessive noise cause discomfort, but it also affects mental health, increases stress, and reduces concentration and work efficiency. In addition, excessive noise also negatively impacts the ecosystem, disrupting the lives of various animal species.

In addition, air pollution is also a concerning issue. Specifically, dust and smoke from vehicles, cooking activities at restaurants and bars, and especially from the rampant burning of waste have increased the concentration of pollutants such as fine dust, carbon monoxide, and nitrogen dioxide in the air. As a result, inhaling polluted air for a long time can cause respiratory diseases such as asthma, bronchitis, and even lung cancer. Thirdly, water pollution is an extremely serious issue. For example, household waste, grease from restaurants and eateries, and waste from small-scale production and business activities are often directly discharged into rivers and canals, thereby causing surface water pollution. This not only reduces the quality of drinking water but also affects the aquatic ecosystem, diminishing biodiversity.

5. CONCLUSION AND RECOMMENDATIONS

To address the issue of environmental pollution and ensure the sustainable development of nighttime tourism at Ninh Kieu Quay, close coordination and consensus among multiple parties are required. First of all, the local government plays a leading role in the development and implementation of detailed plans for nighttime tourism. Specifically, it is necessary to clearly define the areas where business activities are permitted, limit operating hours, and set maximum allowable noise levels. In addition, investing in upgrading urban infrastructure is also an urgent solution. For example, investing in the construction of modern wastewater treatment plants, upgrading waste collection and treatment systems, and building underground parking lots to reduce traffic congestion. At the same time, it is necessary to encourage tourism businesses to adopt green technologies, use renewable energy, minimize waste, and conserve water. For example, encourage restaurants and hotels to use local products, reduce plastic packaging, and use energy-saving lighting systems.

To raise community awareness, it is necessary to organize propaganda and education activities about environmental protection, encouraging people to participate in volunteer activities such as cleaning the environment and sorting waste. In addition, developing sustainable tourism programs that combine cultural exploration and environmental protection is also an effective solution. Finally, the active participation of non-governmental organizations and environmental experts is needed to advise and support businesses and local communities in implementing environmental protection activities.

5. REFERENCES REFERENCE MATERIALS

- Abraham, H., David M. Scantlebury, and Abed E. Zubidat. (2019). The loss of ecosystem-services emerging from artificial light at night. *Chronobiology International* 36: 296–98.
- Adejumo, O.O (2020). Environmental quality vs economic growth in a developing economy: complements or conflicts. *Environ Sci Pollut Res*, 27, 6163–6179. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-07101-x>
- Ahmed, R. R., & Streimikiene, D. (2021). Environmental issues and strategic corporate social responsibility for organisational competitiveness. *Journal of Competitiveness*, 13(2), 5–22. <https://doi.org/10.7441/joc.2021.02.01>
- Bilynets, I., Knezevic Cvelbar, L., Dolnicar, S. (2023) Can Publicly Visible Pro-Environmental Initiatives Improve the Organic Environmental Image of Destinations? *J. Sustain. Tour*, 31, 32–46. [CrossRef]
- González-Rodríguez MR, Díaz-Fernández MC, Font X (2020) Factors influencing willingness of customers of environmentally friendly hotels to pay a price premium. *Int J Contemp Hosp Manag*, 32(1):60–80. <https://doi.org/10.1108/IJCHM-02-2019-0147>
- Han, H. (2021). Consumer Behavior and Environmental Sustainability in Tourism and Hospitality: A Review of Theories, Concepts, and Latest Research. *J. Sustain. Tour*, 29, 1021–1042. [CrossRef]
- Hobbs, D., Hadfield, P., Lister, S., Winlow, S., (2005). Violence and control in the night-time economy. *Eur. J. Crime. Crim. Law Crim. Justice*, 13 (1), 89–102. <https://doi.org/10.1163/1571817053558310>
- Philpot, R., & Liebst, L., & Moeller, K., & Lindegaard, M., & Levine, M., (2019). Capturing violence in the night-time economy: A review of established and emerging methodologies. *Aggression and Violent Behavior*. 46. 10.1016/j.avb.2019.02.004.
- Walsh, P. R., & Dodds, R. (2017). Measuring the choice of environmental sustainability strategies in creating a competitive advantage. *Business Strategy and the Environment*, 26(5), 672–687
- Zmyslony, P., & Pawlusiński, R. (2020). Tourism and the night-time economy: the perspective article. *Tourism Review*, 75(1), 194-197. <https://doi.org/10.1108/TR-05-2019-0158>

**DEVELOPING TOURISM INTERTWINED WITH AGRICULTURE IN THE
MEKONG DELTA: SUSTAINABLE DEVELOPMENT DIRECTION**

Nguyen Thi Huynh PHUONG

School of Hospitality and Tourism, Hue University
School of Social Sciences and Humanities, Can Tho University

Abstract

The Mekong Delta is a key economic region for agricultural development, known as the rice bowl, fruit basket, and seafood hub of the country. Agricultural tourism is considered one of the solutions to increase income, improve the material and spiritual lives of rural residents, while also protecting the ecological environment and ensuring the sustainability of the national target program for building new rural areas. In recent years, many agricultural tourism products have been developed from agricultural production models to serve tourists. Through an assessment of the potentials and current state of agricultural tourism development in the Mekong Delta, this study proposes some feasible solutions to promote the development of agricultural tourism in this area.

Keywords: Agricultural tourism, sustainable development, Mekong Delta

1. Introduction

Agricultural tourism has emerged as a pivotal tool for fostering economic diversification, bolstering income streams, and enhancing the quality of life in rural areas (Sharon & Kirsty, 2010; Torres & Momsen, 2011; Tiraieyari Hamzah, 2012; Garcia & Brown, 2015; Yeboah et al., 2017; Yamagishi et al., 2021). By facilitating sustainable progress, agricultural tourism serves as a driving force for both economic and social rejuvenation. The active participation of local inhabitants plays a crucial role in securing the enduring viability of agritourism, leading to local economic expansion and enhanced living standards (Bagi, 2012; Chase et al., 2019; Mirjam et al., 2021; Togaymurodov, 2023). Moreover, local engagement fortifies social bonds and community backing, further nurturing sustainable progress (Li, 2012; Khanal, 2019; Dinh et al., 2022). The World Commission on Environment and Development (1987) crafted a definition that characterized sustainable development as "development that satisfies present needs without jeopardizing the ability of future generations to meet their own needs." This definition garnered consensus among various societal factions and began to be implemented in practice (MacLellan, 1997). Sustainable development has since evolved into a focal point on the global agenda across a spectrum of development realms in its most comprehensive sense (Sofield, 2003; Daniela, 2004; Rob et al., 2012; Iwona, 2014; Amerta et al., 2018). According to UNEP UNWTO (2005), sustainable tourism is a category of tourism that considers its current and future economic, social, and environmental impacts, catering to the needs of travelers, industry, environment, and host communities. These definitions highlight that sustainable tourism represents a contemporary approach to development in the present and future contexts (Cerutti et al., 2016). The Mekong Delta region is one of the six economic-social regions in the country, comprising 13 provinces and centrally-run cities (Long An, Tien Giang, Dong Thap, Vinh Long, Tra Vinh, Hau Giang, Soc Trang, Ben Tre, An Giang, Kien Giang, Bac Lieu, Ca Mau, and Can Tho) with a total area of about 40,600 km², accounting for 13% of the country's natural area. This region includes approximately 1.5 million hectares of the most fertile rice-growing land in Vietnam and the world. The population of the region is around 17.5 million people, representing nearly 18% of the country's population. It is one of the largest and most fertile deltas in Southeast Asia and the world, being a major producer and exporter of rice, food, aquaculture products, and fruits in the country. It contributes approximately 50% of the rice output, 95% of the rice export volume, nearly 65% of aquaculture production, 60% of the exported fish volume, and almost 70% of the country's fruit varieties. The Mekong Delta region has significant potentials and advantages for economic development and agricultural tourism. Nonetheless, there are obstacles to overcome in the realm of progress and drawing visitors to the area. This research endeavors to assess the opportunities and existing conditions for advancing agricultural tourism in the Mekong Delta while suggesting remedies to enhance its expansion.

2. Research methods

2.1. Secondary data collecting and processing

Secondary data related to agriculture tourism in Mekong Delta are collected from various sources in the last 5 years, in the form of text, data, maps, images, etc. Analytical and synthetic methods were used to process these data.

2.2. Primary data collection and processing

2.2.1. Field survey method

Field surveys were conducted in Tan Loc islet from May to July 2024 for observations, in-depth interviews, photographs and actual data collection. This field survey method helps to assess the potentials and advantages for tourism development, and at the same time, it also shows the limitations in tourism development in Tan Loc islet.

2.2.2. In-depth interview method

To gather insights from key stakeholders, a methodology involving interviews was employed. The research involved conducting interviews with 8 local officials, including representatives from the Department of Culture, Sports, and Tourism in select provinces and cities, as well as representatives from the Mekong Delta Tourism Association. The discussions revolved around themes such as tourism management strategies, the region's tourism growth potential, local objectives for tourism development, and the challenges faced in the area. Furthermore, the study incorporated perspectives from 40 households actively engaged in agricultural tourism within the Mekong Delta. These interviews delved into diverse aspects of tourism services, perceived advantages and disadvantages, the impact of tourism on their daily routines, and their recommendations for enhancements. The interviews took place between June and July of 2024.

3. Research results

3.1. Agricultural tourism potentials in Mekong Delta

With a tropical monsoon climate, stable weather conditions, and minimal storms, the Mekong Delta region (Đồng bằng sông Cửu Long) offers favorable conditions for the development of agritourism. Furthermore, agricultural tourism products can be integrated with other forms of tourism such as ecotourism, craft village tourism, cultural tourism, spiritual and religious tourism, community-based tourism, and more.

3.1.1. Agricultural tourism potentials linked to the diverse ecosystem in Mekong Delta

According to experts, this area boasts a diverse and unique ecosystem ranging from coastal ecosystems, islands, river mouths, flooded lands, mangrove forests, to alluvial plains, featuring numerous biosphere reserves, national parks, and nature reserves with high biological diversity. These areas attract visitors for exploration and research. Some notable locations include Mui Ca Mau National Park, U Minh Hạ National Park (Ca Mau), U Minh Thuong National Park, Phu Quoc National Park (Kiên Giang), Tram Chim National Park (Dong Thap), Láng Sen Flooded Forest Nature Reserve (Long An), and Lung Ngọc Hoàng Nature Reserve (Hau Giang).

The vast sea area includes islands such as Phu Quoc, Hon Trem, Hon Nghe, Hon Rai (Kieng Giang), Hon Khoai, Hon Chuoi (Ca Mau), and archipelagos like Tien Hai, Ba Lua, Nam Du, Tho Chu (Kien Giang). These areas are rich in marine biodiversity, making them ideal for combining agricultural tourism with ecotourism. Aquaculture and fisheries activities thrive, offering a variety of products such as shrimp, fish, blood cockles, pearls, providing a foundation for creating diverse tourism products that cater to the varied needs of tourists.

3.1.2. Fruit orchards in the Mekong Delta

Due to the richly fertilized soil and abundant water sources, agriculture in this region thrives with a diverse farming system and high levels of cultivation. Particularly renowned for its fruit orchards, this area is known for its "garden civilization," creating opportunities for the development of orchard tourism featuring a variety of specialty fruits such as mangoes, durians, milk apples, oranges, pomelos, strawberries, lychees, and more. Noteworthy fruits in this region include Hoa Loc mangoes, Vinh Kim milk apples, Ngu Hiep durians, Cai Be pink grapefruits (in Tien Giang province), Nam Roi pomelos, An Binh lychees (in Vinh Long province), Hau Chau strawberries, An Phuoc plums (in Can Tho province), and others.

One of the earliest forms of agricultural tourism to develop in the Mekong Delta is orchard tourism. Households in the delta's orchards have embraced tourism, offering products such as fruit tours, fruit tasting in orchards, fruit purchases, local fruit-based dishes, and indigenous cultural experiences like enjoying traditional music performances, visiting historical sites, attending festivals, and learning about local customs.

Moreover, visitors can walk or cycle through village roads, or take a small boat along the canals to explore the serene countryside, experience the daily life of orchard farmers—engaging in activities like planting and caring for trees, harvesting fruits, and preparing orchard-inspired dishes. Currently, numerous orchard tourism destinations are attracting an increasing number of tourists, such as Thoi Son islet (Tien Giang), An Binh islet (Vinh Long), orchard tourism locations in Phong Dien district, and Tan Loc islet (Can Tho), among others.

3.1.3. Rice farming in the Mekong Delta

Rice farming has been a prominent and thriving profession for hundreds of years in the Mekong Delta, known for its famous rice varieties such as Nang Thom Cho Dao, Nang Huong, Nang Nhen, Huyet Rong, and Nanh Chon, alongside various unique farming models combined with diverse products, all tailored to the local ecological conditions. Each region boasts its own exceptional indigenous knowledge, offering enormous potentials for the development of agricultural tourism products. Visitors to the Mekong Delta can witness vast, seemingly endless rice fields, learn about the famous local rice varieties, explore traditional farming tools like sickles, transplanters, sickle blades, harvesting sickles, rice mortars, and rice pounders. They can also visit and experience activities in craft villages and savor rice-based dishes such as rice paper, rice vermicelli, rice noodle soup, rice vermicelli, and rice noodles.

3.1.4. Agricultural tourism models based on livestock and aquaculture activities

Agricultural tourism models focusing on livestock and aquaculture activities are gaining attention and investment for development. Examples include Dong Tam Snake Farm (Tien Giang), Chau Doc Fish Village (An Giang), and the pearl farming area in Phu Quoc (Kien Giang). Many locations in the Mekong Delta have successfully organized experiences for tourists to participate in traditional fishing activities such as trap fishing, angling (Tien Giang, Vinh Long, Can Tho), hunting for catfish in the Mekong River in Phu Tan (An Giang), and squid fishing in Phu Quoc (Kien Giang).

3.1.5. Traditional craft villages associated with agricultural production

In the Mekong Delta, there are numerous craft villages linked to agriculture or the activities of farmers during the off-season, which have become attractive tourist destinations. These villages include those specializing in making rice paper, mooncakes, sesame candy, Chinese sausage, palm sugar; weaving nets, mats, and baskets; producing mats, terra cotta pottery, ceramics, etc., by various ethnic groups such as the Kinh, Khmer, Cham, and Chinese. Particularly, there are many villages in the Mekong Delta known for growing flowers and traditional ornamental plants for centuries, now transformed into appealing tourist spots, such as Sa Dec Flower Village (Dong Thap), Cho Lach Flower Village (Ben Tre), and Ba Bo Flower Village (Can Tho).

The Mekong Delta region has around 210 small handicraft villages, each renowned for its distinctive products. An Giang is known for its silk weaving, palm sugar, and fish sauce; Vinh Long for pottery and weaving crafts; Soc Trang for mooncakes and Chinese sausage; Tien Giang for ancestral altar making, conical hat villages, and shrimp paste; Ben Tre for coconut candy and various handicrafts made from coconut trees; Kien Giang for fish sauce and dried squid; Dong Thap for ornamental flower villages, bonsai, and ancient trees. Each craft village produces a unique product specific to each province in the region. Recently, some provinces in the Mekong Delta have seized opportunities to develop tourism, attracting visitors with their distinctive local handicrafts. Conversely, tourists can effectively promote traditional handicraft villages. Each craft village represents a cultural aspect of the ethnic groups, preserving the cultural identity of the region. Tourism development provides investment opportunities for craft villages, creates jobs for locals, promotes the export of traditional handicrafts, facilitates cultural exchanges between local and foreign tourists, contributes to economic restructuring in rural areas, shifts agricultural labor to the service sector, stimulates infrastructure development through tourism activities, and conserves the precious traditional cultural values of craft villages.

3.1.6. Agricultural tourism potentials associated with local food

The Mekong Delta can further develop various forms of tourism products associated with local specialty dishes that bear the distinctive characteristics of the region, such as fermented fish hotpot, unique snakehead fish hotpot, various types of dried fish, fish sauce, cylindrical glutinous rice cake, grilled snakehead fish, fried elephant ear fish, sour soup with climbing perch, and more.

Therefore, the Mekong Delta offers favorable conditions for the development of tourism products and the establishment of tourism agricultural supply chains vertically and horizontally, laying the foundation for the formation and development of collaborative models between localities within and outside the Mekong Delta. In particular, the renowned specialties of the Mekong Delta can form global chains to attract international tourists to this magnificent and rich lower Mekong River delta region.

3.1.7. Exploring the values of indigenous culture in agricultural tourism development

The essence of the culture and history of the indigenous inhabitants linked to the heritage of don ca tai tu music and many traditional folk festivals with unique characteristics; the cultural space of rivers and water, the vibrant life on famous floating markets have become prominent factors, creating attractiveness for the tourism region of the Mekong Delta.

Distinctive tourism products include: Experiencing the community life associated with the values of the water landscape and indigenous culture; Ecotourism: understanding and experiencing the diverse biological values, landscapes, and indigenous cultures in typical wetland ecosystems of the Mekong Delta region; Experiencing the typical cultural values of the Mekong Delta region, notably don ca tai tu music - the intangible cultural heritage representative of humanity. The system of distinctive regional tourism products includes: Phu Quoc beach resort tourism; Ha Tien landscape exploration tourism; Group of tourism products experiencing Vam Co River.

3.2. Current status of agricultural tourism activities in O Mon district

The Mekong Delta is naturally blessed with immense potentials for developing agricultural tourism, especially eco-agritourism, orchards, and water-based tourism. However, many localities have not fully utilized, exploited, and developed their advantages in a proportionate and effective manner, resulting in significant waste that does not align with the region's inherent potential.

New agricultural tourism products mainly cater to basic visitor needs such as sightseeing, rest, and dining for the day, without enhancing visitors' spending capabilities through supplementary services, failing to leave a lasting impression to encourage longer stays or offer diverse activities and experiences for visitors. Additionally, agricultural tourism activities in the area remain fragmented, with many small-scale and overlapping initiatives lacking cohesive interconnections among localities to collectively reap benefits. The development of agricultural tourism also tends to be self-initiated, primarily driven by individual households engaging in small-scale tourism endeavors. Residents are hesitant to invest in tourism development and reluctant to hire external labor, leading to overcrowding during peak seasons. The tourism products are rudimentary and simplistic, following a "backyard" approach, lacking creativity to stand out and failing to offer many attractions to entice visitors. Another noteworthy point is that agricultural tourism heavily relies on the seasonal nature of agricultural production. Developing off-season agricultural products and coordinating across households to sustain products for tourism purposes have not been given due attention. Furthermore, environmental protection efforts in some destinations have been inadequate, with deficiencies in public sanitation facilities, waste management systems, and wastewater treatment in many agricultural tourism areas lacking comprehensive and systematic investment.

3.3. Proposals for agricultural tourism development in O Mon district

To develop sustainable agricultural tourism in the Mekong Delta, localities and relevant authorities need to establish comprehensive and specific plans for agricultural tourism development in the region. They should build a common information system about agricultural tourism in the Mekong Delta to compile and update general information for decision-makers

responsible for tourism development in various localities, creating a database to support regional policy planning.

The tourism sector should enhance the development of cross-provincial agricultural tourism routes and destinations with a more professional and distinctive approach. Encouraging travel enterprises to form and operate cross-provincial agricultural tourism routes will strengthen connections and contribute to exploiting unique attractions, selecting and avoiding product duplication among localities.

In addition to market factors, agricultural tourism in the Mekong Delta should pay more attention to infrastructure and culinary culture. While aiming to introduce visitors to the rustic and simple rural life, it is essential to provide a relaxing, friendly, and clean environment for tourists. When visitors engage in farm activities, they want to experience authentic farming life, but when they return to their accommodations, they expect full services and amenities to standard to attract and retain them longer, making them feel comfortable enough to consider returning for future trips.

There is a need to enhance the development of human resources in agricultural tourism through training sessions, knowledge enhancement, and tourism skills for farmers and agricultural businesses entering the tourism sector. Training and developing personnel to participate in agricultural tourism product chains, such as tour guides, service staff, and family members involved in tourism activities, are crucial for the overall success of agricultural tourism in the region.

Enhancing the involvement of the local community: To ensure the success of agricultural tourism, it must be closely linked with the community and the cultural characteristics of the destination. In Vietnam, rural areas where agricultural production takes place are often adjacent to or intertwined with residential areas, making it challenging to operate standalone agricultural tourism activities as most of them are part of rural tourism spaces. The key participants in organizing agricultural tourism can be household owners, gardeners, forest owners, farm owners, facility owners, agricultural cooperatives, collaborative groups, agricultural business owners, etc. Farmers engaging in tourism from various agricultural production models should not only rely on tangible assets like flower gardens, fruit trees, or rice fields but also leverage the local cultural and social capital of the community in their area.

It is essential to promote agricultural tourism information and marketing in a systematic, coherent, and effective manner, avoiding situations where farmers independently organize these activities in a fragmented way. Additionally, there is a need to raise awareness among residents and tourists about the development of sustainable, eco-friendly tourism. Encouraging people to enhance the green and clean environmental landscape by creating green fences, planting ornamental flowers for decoration to create picturesque scenes for visitors, designing distinctive entrances to unique garden tourism spots to make them more attractive and eye-catching is crucial.

4. Conclusion

With its diverse and rich ecosystem, serene water landscapes, friendly and hospitable people, and unique cultural values, agricultural tourism activities in the Mekong Delta have made significant strides, bringing about certain economic, social, and environmental benefits. However, agricultural tourism development in the Mekong Delta is still fragmented and spontaneous; agricultural tourism products are still lacking in variety, simplistic, akin to a "backyard garden" style, with quality not yet at a high level. There is also a lack of collaboration and coordination with travel companies to attract tourists to agricultural tourism, and farmers have not received comprehensive training and education on how to conduct tourism activities effectively.

The current situation highlights the urgent need to leverage the potentials and advantages of agricultural tourism in the Mekong Delta, contributing to the restructuring of the economy in a positive direction. This effort can help promote the development of new rural areas, fostering the growth of both tourism and agriculture towards sustainable and green growth.

REFERENCES

- Amerta, I. M. S., Sara, I. M., & Bagiada, K. (2018). Sustainable tourism development. *International Research Journal of Management, IT and Social Sciences*, 5(2), 248-254.
- Bagi, F. S., & Reeder, R. J. (2012). Factors Affecting Farmer Participation in Agritourism. *Agricultural and Resource Economics Review*, 41(02), 189–199. doi:10.1017/s1068280500003348
- Cerutti, A. K., Beccaro, G. L., Bruun, S., Donno, D., Bonvegna, L. and Bounous, G. (2016), Assessment methods for sustainable tourism declarations: The case of holiday Farms, *Journal of Cleaner Production*, vol. 111: pp. 511-519
- Chase, L., Conner, D., Quella, L., Wang, W., Leff, P., Feenstra, G., Singh-Knights, D., & Stewart, M. (2019). *Multi-State Survey on Critical Success Factors for Agritourism*. Sustainable Tourism and Outdoor Recreation.
- Daniela, D. (2004), “Principles and practice of sustainable tourism planning”, in: *Nationala pentru Turism, Strategia de ecoturism a Romaniei: cadru theoretic de dezvoltare*, Bucuresti, Romania. pp. 77-80.
- Dao Ngoc Canh (2022). Exploiting the potentials and advantages to develop agricultural tourism in the Mekong Delta. SDMD Forum for Sustainable Development of the Mekong Delta. <https://sdmd2045.ctu.edu.vn/van-de-noi-bat/kinh-te-xa-hoi/135-khai-thac-tiem-nang-loi-the-de-phet-trien-du-lich-nong-nghiep-dong-bang-song-cuu-long>
- Dinh, H. P., Vo, P. H., Pham, D. N., & Ngo, T. Q. (2022). Factors affecting Farmers' decisions to participate in agricultural tourism activities: a case study in the mekong delta, vietnam. *AgBioForum*, 24(1), 30-40.
- Garcia, M., & Brown, P. (2015). Forms of community participation in agritourism: Case studies from Europe. *Tourism Management*, 46, 562-575.
- Government (2017). *Resolution No. 120/NQ - CP dated November 17, 2017 on sustainable development of the Mekong Delta in response to climate change*. http://vanban.chinhphu.vn/portal/page/portal/chinhphu/hethongvanban?class_id=509&_page=1&mode=detail&document_id=192249
- Iwona, N. (2014), *Sustainable tourism development*, Regional formation and development studies 8 (3), 157-166.
- Khanal, A. R., Mishra, A. K., & Omobitan, O. (2019). Examining organic, agritourism, and agri-environmental diversification decisions of American Farms: are these decisions interlinked?. *Review of Agricultural, Food and Environmental Studies*, 100, 27-45.
- Li, Y. (2012). *Impacts and challenges in agricultural tourism development in Yunnan, China*, *Tourism Planning & Development* 9(4), 369 - 381.
- MacLellan, R. (1997). The effectiveness of sustainable tourism policies in Scotland. In M. J. Stabler (Ed.), *Tourism and sustainability: Principles and practice* (pp. 305-322). CABI: Wallingford.
- Mirjam, B., Gert-Jan, H., Dirk, R. (2021). *Searching for success factors of agritourism: the case of kleve county* (Germany).
- Rob, H., Peter, W., Tony, G. R. (2012). *Sustainable Tourism: A Global Perspective*, pp. 297.
- Sharon, P., Colin, H. & Kirsty, B. (2010). *Atypology for defining agritourism*, *Tourism management* 31(6), 754 - 758
- Sofield, T. H. B. (2003). *Empowerment for sustainable tourism development*. Amsterdam; New York: Pergamon. Tan, W.J.; Yang, C.F.; Château, P.A.; Lee, M.T.; Chang, Y.C. *Integrated coastal-zone management for sustainable tourism using a decision support*

- system based on system dynamics: A case study of Cijin, Kaohsiung, Taiwan. *Ocean Coast Management*. 2018, 153, 131–139.
- Thanh Tra, Ha Phuong & Ha Nguyen (2021). Developing agricultural tourism in the land of the "Nine Dragons". Baotintuc.vn electronic information page. <https://baotintuc.vn/long-form/emagazine/phat-trien-du-lich-nong-nghiep-vung-dat-chin-rong-20210416152736474.htm>
- Tiraeyari, N. and Hamzah, A. (2012). Agri-tourism: Potentials opportunities for Farmers and local communities in Malaysia, *African journal of agricultural research*, vol. 6, no. 31: pp. 4357-4361
- Togaymurodov, E., Roman, M., & Prus, P. (2023). Opportunities and directions of development of agritourism: Evidence from Samarkand Region. *Sustainability*, 15(2), 981.
- Torres, R. and Momsen, J. (2011), *Tourism and agriculture: new geographies of consumption, production and rural restructuring*, Routledge, London
- United Nations (2003). *Earth Summit Agenda 21*, United Nations, New York.
- World Commission on Environment and Development (1987). *Our Common Future*. Oxford; New York: Oxford University Press.
- WTO (2004). *Indicators of Sustainable Development for Tourism Destinations*, Madrid, Spain, p. 507.
- Yamagishi, K., Gantalao, C., & Ocampo, L. (2021). The future of Farm tourism in the Philippines: Challenges, strategies and insights. *Journal of Tourism Futures*. <https://doi.org/10.1108/JTF-06-2020-0101>
- Yeboah, A., Owens, J., Bynum, J., & Okafor, R. (2017). Factors influencing agricultural tourism adoption by small Farmers in North Carolina. *Journal of Agricultural Extension and Rural Development*, 9(5), 84-96.

**LEVERAGING POTENTIALS AND ADVANTAGES TO DEVELOP
AGRICULTURAL TOURISM IN O MON DISTRICT, CAN THO CITY, VIETNAM**

Nguyen Thi Huynh PHUONG

School of Hospitality and Tourism, Hue University
School of Social Sciences and Humanities, Can Tho University

Dao Vu Huong GIANG

School of Social Sciences and Humanities, Can Tho University

Mai Thi Kieu LAN

Faculty of Tourism - Dalat University

Abstract

Agricultural tourism is commonly acknowledged as a crucial strategy for strengthening the rural economy, increasing financial resources, and improving the welfare of local communities. In recent years, agricultural tourism is the type of tourism chosen by many localities in the Mekong Delta as a sustainable development direction. Among them, O Mon district presents prospects for developing agricultural tourism with its vast rice fields, abundant orchards, plentiful aquatic resources, pristine environment and serene landscapes. Additionally, the district features various tourism resources such as historical - cultural and spiritual landmarks, lively festivals, and traditional craft villages associated with agriculture. Drawing from an evaluation of O Mon district's agricultural tourism potentials, this research proposes some suggestions to promote the development of agricultural tourism in the area.

Keywords: Agricultural tourism, potentials, O Mon district, Can Tho.

1. Introduction

Agricultural tourism has become a vital approach for diversifying rural economies, boosting income, and improving the livelihoods of local communities (Cristina et al., 2017; Yeboah et al., 2017; Van Zyl & Van de Merwe, 2021; Holland et al., 2022; Francis, 2024). It serves as an effective means to promote economic and social recovery while supporting sustainable development in rural areas. The active participation of local residents is key to the sustainability of agritourism, driving local economic growth and enhancing community living standards (Bagi & Reeder, 2012; Giaccio et al., 2018; Busby & Rendle, 2021; Mirjam et al., 2021; Yung-Lun et al., 2023; Togaymurodov, 2023). Furthermore, local involvement fosters strong social ties and community support, which are essential for furthering sustainable development (Lupi et al., 2017; Chase et al., 2019; Khanal, 2019; Dinh et al., 2022).

O Mon is a district located in the center of Can Tho city, with a strategic position along the banks of the Hau River. O Mon District is known for its rich and distinctive culture of the Southern Vietnam region, along with its characteristic features of history and economic development throughout time. With a charming natural landscape and a unique blend of modern and traditional elements, O Mon attracts tourists and locals alike due to its richness in cultural heritage and characteristic cuisine of the Southwestern region. This study aims to explore the agricultural tourism potentials in O Mon district and suggest some solutions to enhance this distinctive form of tourism.

2. Research methods

Field survey method: From June to August 2024, comprehensive field surveys were conducted in O Mon district, utilizing various research techniques such as observations, in-depth interviews, photography, and data collection. These surveys were essential for assessing the potentials and benefits of agricultural tourism development, while also identifying the current limitations faced by the district in its agricultural tourism initiatives.

In-depth interview method: This method was used to gather perspectives from key stakeholders. Interviews were conducted with four local officials, including two representatives from the Department of Culture, Sports, and Tourism of Can Tho city, and two from the Culture and Information Office of O Mon district. The discussions centered on topics such as tourism management strategies, potentials for tourism growth, local objectives for tourism development, and the challenges encountered in the region. Additionally, the study included insights from 30 households actively involved in agricultural tourism within O Mon district. These interviews examined various aspects of tourism services, perceived benefits and drawbacks, the impact of tourism on their daily lives, and their suggestions for improvement. The interviews were carried out between July and August 2024.

3. Research results

3.1. Agricultural tourism potentials in O Mon district

O Mon District, Can Tho, with a total area of 126.35 km², includes 37.47 km² of urban areas and 107.7 km² of agricultural land. Due to its proximity to large rivers and its location within Can Tho, O Mon District has a network of rivers, canals, and streams. The regular sedimentation from the Hau River and other rivers makes the land in O Mon District relatively fertile within Can Tho city. Generally, the climate and soil conditions in O Mon District are very favorable for developing a diversified agriculture sector with a variety of crops and livestock.

3.1.1. Agricultural tourism potentials linked to agricultural ecosystem

The land in O Mon is conducive to agricultural development, producing abundant rice crops in a peaceful water environment, making it an ideal place with beautiful scenery that can be well integrated with agricultural tourism development. The district boasts many efficient economic models like duck farming in Long Hung Ward, and cultivation of ponkan oranges, green-peel pomelos in Thoi An Ward, with orchards bearing fruit throughout the year.

The annual rice production remains stable and steadily increasing at over 92,000 tons, with an average yield of over 4.93 tons/ha/year. The total annual area for cash crops exceeds 2,200 hectares, focusing on high-yield crops with stable markets such as soybeans, sesame, hybrid corn, mung beans, and specialty fruit orchards covering over 2,500 hectares, providing an annual output of around 25,000 tons of fruit, which can be well connected to ecotourism development.

The riverside wards like Phuoc Thoi, Thoi An, Thoi Long are also developing in aquaculture with fish farming including catfish, pangasius, tilapia, common carp, and grass carp, along with shrimp production totaling about 50,000 tons per year.

3.1.2. Agricultural tourism potentials associated with historical - cultural - spiritual relics

Pothi Somron Pagoda

This is an ancient Khmer pagoda, recognized as a city-level cultural and historical relic in 2006. The pagoda has undergone two relocations: first built in Vom O Mon, then moved to Bo Rich, and later relocated to its current location at Rach Pagoda.

Within the pagoda grounds, there are many trees, including a species called Somron, hence the pagoda is named Somron. Khmer pagodas typically have central towers, but perhaps few maintain a tower over 200 years old like at Pothi Somron Pagoda. The central tower in front of the main hall, constructed with laterite, honeycomb stone, and brick tiles, dates back to the 18th century. Inside this central tower are the remains of many devout Buddhists, preserved through generations.

Thoi An Communal House

This communal house was built in the early 19th century and was conferred the title of Thanh Hoang Bon Canh by King Tu Duc in 1852. On November 15, 2004, the People's Committee of Can Tho City issued a decision to rank Thoi An Communal House as a city-level cultural and historical relic. Thoi An Communal House is constructed in a rectangular shape facing east, with a unique artistic architectural style deeply rooted in the traditional architecture of the people. The communal house worships ancestors who reclaimed wasteland, founded villages, and developed prosperity for the community, as well as officials and soldiers who sacrificed for the nation. During the resistance against French colonialism, Thoi An Communal House served as the headquarters of the temporary administrative resistance committee of O Mon District. Every year, the people of Thoi An hold two significant festivals: the Upper Temple and the Lower Temple, praying for favorable weather, abundance, and happiness. It is also a time to honor the heroic martyrs who contributed to the nation and homeland.

3.1.3. Agricultural tourism potentials associated with traditional crafts

Ba Rich Confectionery Village

Among the traditional craft villages in Can Tho, this attractive destination cannot be missed. The trade village with many famous and famous confectionery brands is processed by delicious handmade methods established by the Chinese people more than 60 years ago. The number of diverse and quality models such as hemp cake, cream sponge cake, sandwiches, sesame cakes, ... are sold everywhere and are loved by people. Do not forget to come here to visit the production process and enjoy it on the spot.

Today, there are approximately 50 large and small stable production and business establishments in Ba Rich. Most products are manufactured on modern production lines that ensure environmental hygiene, and the products have been improved in quality and design. The primary current market for consumption is the provinces in the Mekong Delta region, some northern provinces, the central region, and exports to Cambodia.

Ba Rich Confectionery Village was recognized as a traditional craft village in July 2015. Since its recognition, the district leadership has always been attentive to creating conditions for the village to develop better. The district's Economic Department has organized and guided production and business establishments to access and benefit from the craft village's policies. Confectionery products (from Ba Rich Confectionery Village) are one of the 20 OCOP products of Can Tho in 2020.

Thoi Long Weaving Village

Situated a short distance from the urban hub, this village is renowned for its craftsmanship in crafting specialized tools for capturing fish, shrimp, and eels—a practice deeply ingrained in the lives of the locals in the Southwest region. Throughout the year, the villagers are immersed in their trade, but it's during the annual flood season, spanning from July to October, that the village truly comes alive with activity. This period coincides with the commencement of the harvest and fishing seasons in the Mekong River Delta, creating a surge in demand that necessitates a swift response from all residents to fulfill orders promptly.

Visitors to this traditional artisan village are greeted with a serene panorama of modest thatched houses adorned with abundant bamboo. Generations have resided here, passing down their

expertise from grandparents to parents and onward. Consequently, their hands exhibit remarkable dexterity, enabling them to work swiftly while upholding meticulousness and elegance in every piece they create. Observing them navigate through each phase—from splitting and weaving to the final assembly of products—underscores the dedication and reverence they hold for this time-honored vocation.

3.1.4. Agricultural tourism potentials associated with local food

"Bánh tằm tép" are sold at the local market in Thới Long, O Mon, and are a familiar breakfast dish for the locals. "Bánh tằm tép" are small in strands and eaten with "tép" (small shrimp) and fish sauce. Despite being made from simple ingredients like shrimp and cassava, nearly all the residents here enjoy starting their day with this dish.

Other local specialties include: "bánh công" (made primarily from green bean flour and shrimp), grilled snails with green pepper, "bánh tét" wrapped in magenta leaves, duck cooked with fermented tofu, "banh xeo" pancakes, fish hotpot with "điên điên flower", grilled sticky rice with banana, spring rolls, and a variety of traditional cakes and sweets such as hemp cake, cream sponge cake, sandwiches, sesame cakes, ... which are beloved and chosen by many customers.

3.2. Advantages and difficulties in developing agricultural tourism in O Mon district

3.1.1. Advantages in developing agricultural tourism in O Mon district

- Conveniently situated within the city of Can Tho, at the heart of the Mekong Delta region, O Mon District is adjacent to numerous provinces and cities.
- It boasts attractive natural resources, a stable and pristine climate, and is predominantly an agricultural area with farming and freshwater aquaculture as primary activities. The agricultural characteristics remain relatively intact in the daily lives and production of the local residents.
- The environment is secure, safe, and stable, with service costs being reasonable.
- Agricultural tourism is still relatively new and holds substantial untapped potentials for utilizing natural resources to develop rural tourism.
- The local residents of O Mon District are hospitable and enthusiastic but lack the necessary skills for tourism development.

3.1.2. Difficulties in developing agricultural tourism in O Mon district

- The absence of specific mechanisms and policies for its development, a lack of skilled tourism personnel due to inadequate training, and insufficient cohesion between the local community and government.
- The infrastructure and technical facilities are somewhat advanced but lack synchronization across different areas within the district. Despite investment in development, infrastructure—especially transportation—is limited and lacks cohesion between different localities.
- Competing in tourism development with neighboring areas where various types of tourism have been explored poses challenges, making it difficult to develop distinctive tourism products.

3.3. Suggestions for agricultural tourism development in O Mon district

3.3.1. Enhancing local authorities' management

Local authorities need to study ways to encourage the participation of farmers in order to add value through their agricultural resources to develop tourism services that directly serve industrial zones, amusement parks, entertainment areas, etc. Additionally, there is a need to establish a mechanism for fair and harmonious benefit-sharing among stakeholders and partners involved in tourism development in artisan villages and communities in the area.

It is necessary to make information about tourism planning, development policies, and plans transparent and public to actively engage local communities. Authorities at all levels, especially grassroots levels, should organize forums for people to contribute opinions on tourism planning and development plans in the area. Maintaining regular communication channels and information exchange is crucial to help community members and relevant parties see themselves as important stakeholders in the decision-making process and the implementation of tourism projects.

Developing mechanisms to attract capital investment from the local population for tourism development, implementing socialization of conservation efforts, respecting historical sites, scenic spots, festivals, traditional cultural activities, artisan villages, etc., to serve tourism development. Encouraging various economic entities to participate in tourism business activities is essential. Particularly, encouraging and creating favorable conditions for locals to invest in developing industries linked to the local tourism development program.

Organizing propaganda, training, and education to enhance awareness about tourism and the role of tourism in development and integration for stakeholders involved in tourism activities in the area: officials at all levels, officials from related sectors, local communities, teachers, and students. Conducting training sessions on tourism knowledge, tourism culture, environmental protection, and tourism management for officials at district and commune levels in areas with tourist attractions.

3.3.2. Developing agricultural tourism linked to environmental protection and landscape

The current environmental and landscape situation in O Mon district has not been significantly impacted. However, in the future as tourism develops, to ensure sustainable development and minimize negative impacts on the environment and landscape, the author proposes the following directions:

Community engagement

- Explain to local residents that the surrounding landscape is also a form of tourism resource to attract visitors.
- Encourage the use of clean energy, construction of standardized sanitation facilities to welcome tourists, and improve the quality of life.
- Organize environmental cleanup movements and design competitions using local materials to beautify the rural landscape.

Local Government policies

- Local authorities should have stringent management policies for ongoing projects, requiring project management boards to commit to assessing environmental impacts and implementing environmental protection measures.
- Construction activities and environmental improvements for agricultural tourism should involve consultation with experts to maintain the region's unique ecological landscape.
- Avoid disrupting landscape architecture planning that erodes the original image of the locality.
- Enhance state policies supporting agricultural tourism development by refining tourism planning for each locality and strengthening state management to implement approved plans, preventing inconsistent development.

3.3.3. Encouraging local residents to participate in tourism

Increasing the benefits derived from engaging in agricultural tourism activities is crucial. Historically, locals have focused on farming, livestock, and selling harvested agricultural products. Encourage residents to engage in tourism activities using their land, gardens, fish ponds, and traditional family handicrafts. Their participation and support will be vital for the development of agricultural tourism based on existing natural conditions, culture, and people. This will contribute to boosting the economic income of local residents.

Limiting barriers to participating in agricultural tourism development. One of the fundamental reasons hindering the participation of the community in tourism development activities is that they lack opportunities and conditions to participate. Specifically, there needs to be initial support for newcomers in tourism, such as investment consultation, production and business technical advice, organization of training sessions, opening training classes, and fostering knowledge and skills, helping them have the conditions to participate in agricultural tourism development.

Raising people's awareness of agricultural tourism is carried out through methods such as: visiting households, chatting and listening to people's thoughts, group discussions, organizing training programs for the people. Additionally, raising people's awareness by combining educational, propaganda, and economic methods.

4. Conclusion

O Mon district has great potentials for agricultural tourism through its geographical location and tourism resources: O Mon district is located in Can Tho city, bordering many provinces and cities, many areas in O Mon still preserve natural landscapes, long-standing agricultural activities, characteristic culinary culture of rivers and lakes, and the hospitable people are significant potentials for tourism. However, most areas in O Mon district have limited accessibility, inconsistent infrastructure and technical equipment, and some areas are still underdeveloped. Moreover, local people lack the skills for tourism development and have not received training. Therefore, for effective agricultural tourism development, the involvement of management authorities, businesses, and especially the local people is necessary.

REFERENCES

- Bagi, F. S., & Reeder, R. J. (2012). Factors Affecting Farmer Participation in Agritourism. *Agricultural and Resource Economics Review*, 41(02), 189–199. doi:10.1017/s1068280500003348
- Busby, G., & Rendle, S. (2021), The Role of Agricultural tourism in Sustaining Family Farms, *Journal of Rural Tourism*, 28(3), 259-274.
- Can Tho City People's Committee (2022). Decision No. 774/QD-UBND dated February 22, 2022 on approving the project "Developing agricultural tourism in Can Tho City for the period 2021-2025, with a vision to 2030" (in Vietnamese).
- Chase, L., Conner, D., Quella, L., Wang, W., Leff, P., Feenstra, G., Singh-Knights, D., & Stewart, M. (2019). Multi-State Survey on Critical Success Factors for Agritourism. *Sustainable Tourism and Outdoor Recreation*.
- Cristina, M., Iamandi, I., Munteanu, S. M., Ciobanu, R., Țarțavulea (Dieaconescu), R., & Lădaru, R. (2017). Incentives for developing resilient agricultural tourism entrepreneurship in rural communities in Romania in a European Context. *Sustainability Science*, 9(12), 2205. <https://doi.org/10.3390/su9122205>
- Dinh, H. P., Vo, P. H., Pham, D. N., & Ngo, T. Q. (2022). Factors affecting farmers' decisions to participate in agricultural tourism activities: a case study in the mekong delta, vietnam. *AgBioForum*, 24(1), 30-40.
- Francis, O. E. (2024), Agricultural tourism and Socioeconomic Potentials of Orchards: A case of Laro Yewa Land Ogun State Southwest Nigeria, *Journal Kepariwisata: Destinasi, Hospitalitas dan Perjalanan*, 8(1), 10-19.
- Giaccio, V., Giannelli, A. and Mastronardi, L. (2018). Explaining determinants of agricultural tourism income: Evidence from Italy, *Tourism Review*, vol. 73, no. 2: pp.216-229.
- Holland, R., Khanal, A. R., & Dhungana, P. (2022), Agricultural tourism as an alternative on-farm enterprise for small us farms: Examining factors influencing the agricultural tourism decisions of small farms, *Sustainability*, 14(7), 4055.
- Khanal, A. R., Mishra, A. K., & Omobitan, O. (2019). Examining organic, agritourism, and agri-environmental diversification decisions of American farms: are these decisions interlinked?. *Review of Agricultural, Food and Environmental Studies*, 100, 27-45.
- Lupi, C., Giaccio, V., Mastronardi, L., Giannelli, A. and Scardera, A. (2017). Exploring the features of agricultural tourism and its contribution to rural development in Italy, *Land use policy*, vol. 64: pp. 383-390.
- Mirjam, B., Gert-Jan, H., Dirk, R. (2021). Searching for success factors of agritourism: the case of kleve county (Germany).
- Togaymurodov, E., Roman, M., & Prus, P. (2023). Opportunities and directions of development of agritourism: Evidence from Samarkand Region. *Sustainability*, 15(2), 981.
- Van Zyl, C. C., & Van der Merwe, P. (2021). The motives of South African farmers for offering agritourism, *Open Agriculture*, 6(1), 537-548.
- Yeboah, A., Owens, J., Bynum, J., & Okafor, R. (2017). Factors influencing agricultural tourism adoption by small farmers in North Carolina. *Journal of Agricultural Extension and Rural Development*, 9(5), 84-96.
- Yung-Lun, L., Jui-Te, C., Pen-Fa, K. (2023), The benefits of tourism for rural community development, *Humanities and Social Sciences Communications*, <https://doi.org/10.1057/s41599-023-01610-4>.

**VALUE OF SORGHUM ON BODY WEIGHT, SPERMIOGRAM, TESTICULAR
AND EPIDIDYMAL MORPHOMETRIC TRAITS AND GONADAL SPERM
RESERVE OF RABBIT (*Oryctolagus cuniculus*) BUCKS**

Assoc. Prof. Ibitoye, E.B.(ORCID:0000-0003-3456-0009)

Department of Theriogenology and Animal Production, Faculty of Veterinary Medicine
Usmanu Danfodiyo University, Sokoto, Nigeria
Email: eb.ibitoye@gmail.com

Dr. Suleiman, M.A.

Department of Theriogenology and Production, Faculty of Veterinary Medicine Ahmadu
Bello University, Zaria, Nigeria
Email: suleimanmahmud98@gmail.com

Prof. Adeyeye, A.A.(ORCID:0000-0002-3419-0557)

Department of Theriogenology and Animal Production, Faculty of Veterinary Medicine
Usmanu Danfodiyo University, Sokoto, Nigeria
Email: Ibitoye, E.B. eb.ibitoye@gmail.com

Abstract

This study evaluated the impact of substituting maize with sorghum on the body weight, semen quality, epididymal and testicular morphometric traits and gonadal sperm reserve of rabbit bucks. Eight (8) apparently healthy bucks comprising New Zealand White, Californian White and Chinchilla, of 8 ± 2.0 months old and 1.41 ± 0.18 kg as the age and average body weight respectively, were used for the study. The rabbit bucks were housed individually in wooden cages, and in a randomised version were assigned into two dietary groups of maize- (Group I) and sorghum-based (Group II) diets comprising of four bucks each balanced on a weight basis in replicates. An acclimatization period of 7 days was allowed. The experiment lasted for 49 days during which the rabbit bucks were trained for semen collection using a cycling non-pregnant teaser doe. Data on live body weight, semen quality analysis, epididymal and testicular morphometric traits and gonadal sperm reserve were taken. It was observed in this study that, the feeding trial did not significantly ($p>0.05$) affect the body weight, semen quality, epididymal and testicular morphometric traits and gonadal sperm reserve of the bucks. Therefore, a complete dietary replacement of maize with sorghum for rabbit bucks without compromising the body weight and reproductive capability of rabbit bucks is possible.

Introduction

While the population of developing nations, like Nigeria, continues to grow quickly, that of industrialised nations is stabilising (Mailafia *et al.*, 2011). Nigeria is the most populous country on the African continent with a projection its population may exceed 400 million by the end of 2050 (FMFBP, 2022). Economic indices suggest that more people will need to be fed as long as this population growth persists (Mailafia *et al.*, 2011). This exponential increase in the human population has pushed up the demand for animal protein which is known to be more digestible to humans compared to plant protein (Berrazaga *et al.*, 2019) and this has put more pressure on the livestock sectors. The demand for animal-based protein in Nigeria has significantly outpaced supply (Adeyonu *et al.*, 2021). Contrary to records available from the developed world, animal protein supply and intake in Nigeria is at a 20% deficit from the stipulated 45% requirement (Ibitoye *et al.*, 2020). The high and protracted poverty rate, coupled with the low level of indigenous livestock productive capacity due in part to inferior genetics, endemic diseases, long generational and maturity intervals, and the prohibitive cost of animal products tied to the costly nature of production has negatively impacted animal protein intake of all types in Nigeria (Oseni, 2016). Therefore, animals with high fecundity, short generations and maturity intervals must be raised to meet this demand (Ladokun *et al.*, 2006), and rabbits fall within this category.

Rabbit (*Oryctolagus cuniculus*) is characterised by a short gestation length, high fertility, short maturational interval, genetic diversity and requires minimal space (Amao & Oladele, 2016). The domestic rabbit can yield roughly 47 kg of meat, which is sufficient to supply a medium-sized family's needs for animal protein on its own. Its meat is fine-grained, low in fat and a suitable replacement for other types of meat (Ladokun *et al.*, 2006), due to its high level of protein, low fat and cholesterol. In addition, it contains significant levels of omega-3; omega-6; linolenic and linoleic fatty acids and is rich in calcium and phosphorus (Nistor *et al.*, 2013; Gbenge *et al.*, 2021). The best way to classify Nigerian rabbit production would be rudimentary or primitive, given the country's scanty population of rabbit keepers, inadequate infrastructural inventory, low rate of rabbit meat consumption, and lack of a formal market for products made from rabbit meat (Onifade *et al.*, 2010). There has been a consistent lack of interest and poor participation in rabbit production in Nigeria despite being a promising enterprise (Ironkwe & Amaefule, 2007).

The exorbitant price of concentrate feeds is a major limitation of rabbit production in Nigeria (Nworgu, 2006). Maize chiefly supplies the energy component in rabbit feeds in Nigeria (Nevin *et al.*, 2021). Due to its widespread uses, coupled with inadequate production, stiff competition for maize persists (Dei, 2017), despite Nigeria being the second largest producer of maize on the continent (Nevin *et al.*, 2021). It is therefore laudable that alternatives to maize in rabbit feed production such as sorghum have been evaluated. Sorghum can serve as an alternative to maize due to its comparable nutritional composition, widespread abundance and affordability (Etuk *et al.*, 2012). Sorghum has been adjudged to have effectively replaced maize with no adversarial impacts on the haematology, growth and carcass performance of rabbits (Ibitoye *et al.*, 2020; Igwebuikwe *et al.*, 2013). However, a paucity of information persists about the effect of sorghum on the semen characteristics, testicular and epididymal morphometric traits and gonadal sperm reserve of rabbit bucks fed with sorghum as an energy source. Therefore, this experiment was conducted to assess the impact of the total substitution of maize with sorghum on the body weight, semen characteristics and gonadal sperm reserve of rabbit bucks.

Materials and Methods

Study area

The experiment was done at the animal house of the Department of Theriogenology and Production, Faculty of Veterinary Medicine, Ahmadu Bello University, Zaria, Nigeria. The study area is located in the Northern Guinea Savannah zone. It lies between latitudes 11°3'N and 12°N, longitudes 7°42'E and 8°E, and at an elevation of 646 m above sea level with a mean annual rainfall of 1100 mm.

Grain samples

Sorghum; *Sorghum bicolor* (L) Moench, Kaura variety and Maize; *Zea mays*, white variety were sourced from local markets around Zaria, Kaduna State. Proximate analysis of maize and sorghum was done using the AOAC (1990) method and the metabolizable energy (ME) was estimated using a formula as described by Ponzenga (1985). Tannin concentration in the sorghum grain was determined according to the methods of Allen *et al.* (1974).

Experimental diets and animals

The experimental diets were of isocaloric and isonitrogenous values consisting of maize, sorghum, fish meal, groundnut cake, groundnut haulm, limestone, salt and vitamin premix (Table 2). Eight apparently healthy rabbit (*Oryctolagus cuniculus*) bucks comprising New Zealand White, Californian White and Chinchilla breeds were used. The rabbit bucks were 8 ± 2.0 months-old and the average body weights were 1.41 ± 0.18 kg. The rabbit bucks were assessed, quarantined and treated against ectoparasite, and helminthic infestation using an endectocide (Ivanor[®] 1%) at 0.5 mg/kg prior to the commencement of the research.

Experimental design

The rabbit bucks were acclimatised for one week in individual pens, during which they were housed in well-ventilated wooden cages measuring 62 cm × 53 cm × 58 cm, with water provided *ad libitum* and feed in little quantities. Subsequently, they were randomly and equally placed into the two dietary maize-diet (group I) and sorghum-based diet (group II), then the feeding trial followed by the provision of water and experimental feeds *ad libitum*. The experimental bucks were trained for semen collection using a non-pregnant doe as a teaser wherein the bucks were monitored for response to the presence of the female (libido) and eventual mounting attempts. The feeding trial period lasted for 49 days, while semen samples collection commenced on 35th day, four times; twice a week on alternate days for two weeks using an improvised artificial vagina (AV) for rabbits.

Data collection

Live body weight (kg) was measured for each buck using an electronic kitchen weighing scale (Electronic kitchen weighing scale, Model number: SF-400, Capacity: 10000g × 1g/353oz × 0.1oz) and recorded appropriately. This was done before and at the feeding trial. By deducting the starting body weight from the end body weight, the body weight gain was computed.

Semen was collected using an improvised AV for rabbits. The collected semen samples were kept in a water bath at 37°C, and each ejaculate was assessed following the methods of Zemjanis (1970). These include microscopic analysis for gross motility, semen concentration, percentage of living spermatozoa, and percentage of morphological abnormalities, as well as visual or gross evaluation of the ejaculate shortly after collection for volume and pH. The volume of the ejaculate was measured directly from the calibrated tube used for the collection and recorded in millilitres (ml). By dipping a litmus paper (Merck KGA, 64271 Darmstadt, Germany) into the ejaculate, the pH was measured. Colour variations were then observed and recorded, along with the corresponding results (Matthew *et al.*, 2016). Semen samples were subjected to a rapid examination for forward progressive sperm motility, which involved depositing a drop of undiluted semen on a glass slide that had been pre-warmed. The samples were then inspected under ×10 magnification using a field microscope and covered slips. As described by Azawi & Ismaeel (2012), semen concentration was computed using a Neubauer hemocytometer. The formula for semen concentration was as follows:

$$\text{Concentration (sperm cells/mL)} = \text{Number of sperm cells counted in the 25 small squares} \times \text{dilution factor} \times 10^6.$$

In accordance with Estes *et al.* (2006), the percentage of living spermatozoa was ascertained. On a spotless, grease-free glass slide, a small smear of semen was created and stained with two drops of Eosin-Nigrosin stain. By creating a thin smear of the semen sample on a spotless, grease-free glass slide and staining it with Eosin-Nigrosin, the percentage of morphological abnormalities was ascertained. Under light microscopy at ×40 magnification, one hundred sperm cells (normal cells and various sorts of morphological sperm abnormalities) were counted and recorded per slide using a manual counter.

Determination of testicular morphometric traits: Following the humane sacrifice of two bucks from each group, their testes were gently removed. Using a measuring tape, digital weight balance, and water displacement method, respectively, the length, weight, and volume of each testis were measured and recorded. Determination of epididymal morphometric traits: Using the two rabbit bucks initially sacrificed from each group, the right and left testes were carefully separated from the right and left epididymis, measured using a measuring tape and weighed separately using a weighing balance according to Zahid *et al.* (2002). Determination of gonadal sperm reserves: Using the two rabbit bucks initially sacrificed from each group, the methods of Rekwot *et al.* (1994) with slight modifications was employed to assess the gonadal sperm reserve of experimental bucks.

Data analysis

Data were analysed using independent sample student's t-test using IBM® SPSS® Statistics version 23 and were expressed as mean ± standard error of the mean. P < 0.05 were considered significant.

Results and Discussion

The chemical composition (Table 1) of the sorghum variety showed lower values for ME (3382 Kcal/kg), crude protein (12.75%), ether extract (3.5%), crude fibre (7.75%) and ash (1.49%) compare to those reported by Igwebuike *et al.* (2013). Similarly, values for ME (3454 Kcal/kg), crude protein (10.10%), ether extract (3.25%) and crude fibre (5.50%) of the maize variety were lower than those of Igwebuike *et al.* (2013). The chemical compositions of the maize and sorghum revealed similar values for ME, with sorghum having a higher crude protein content. This also agrees with the results of Igwebuike *et al.* (2013). The tannin content of the sorghum variety was 5.85 mg/100g agreeing with the study of Igwebuike *et al.* (2013) who documented values of 1.54 and 7.44 mg/100g for low and high tannin sorghum varieties respectively. The differences noticed in the chemical compositions of maize and sorghum in relation to those reported by other authors could be ascribed to variances in varieties of sorghum, soil conditions, use of chemical fertilizers and storage time.

Table 3 shows that the feeding trial did not affect ($p > 0.05$) the body weight of the experimental rabbit bucks. Nonetheless, it was observed that the weight gain (0.37 ± 0.22 kg) was higher in bucks on the maize-based diet, this corroborates the findings of Ibitoye *et al.* (2020). This could be attributed to the fact both studies used 100% of sorghum replacement. However, this report is divergent from other reports wherein the sorghum-based diet statistically enhanced the weight gain of rabbit bucks above the maize-based diet (Igwebuike *et al.*, 2013). This might be due to the lower amount of sorghum 17 kg and 34 kg by Igwebuike *et al.* (2013) as against the 58.75 kg used in this study.

In Table 4 the overall semen characteristics of the experimental rabbit bucks were presented. The experimental diets had no statistical significance ($p > 0.05$) on the overall semen characteristics of the experimental rabbit bucks. It was however noted that the semen volume, concentration, percentage of live spermatozoa and pH were slightly higher in bucks on the sorghum-based experimental diet, except for semen concentration, while the maize-based group had a higher percentage of semen abnormalities. The higher semen ejaculate volume could have been due to possible contamination of the semen by urine during collection (Matthew *et al.*, 2016; Roca *et al.*, 2005), as the normal ejaculate volume of rabbit buck ranges between 0.3 – 0.6 ml (Campos *et al.*, 2014); this is slightly below the values of 0.73 ± 0.14 ml recorded for rabbit bucks fed sorghum-based diet.

Table 5 shows the epididymal and testicular morphometric traits and gonadal sperm reserve of the experimental bucks. Substituting maize with sorghum non-significantly affected ($p > 0.05$) the epididymal and testicular morphometric traits and gonadal sperm reserve of the experimental rabbit bucks. However, the bucks fed a sorghum-based diet were observed to have slightly higher epididymal length, testicular weight and volume morphometric traits, and also presented with lowered gonadal sperm reserve in contrast to those given a diet based mostly on maize.

**ISPEC 16th INTERNATIONAL CONFERENCE ON AGRICULTURE, ANIMAL
SCIENCE & RURAL DEVELOPMENT
November 15-17, 2024 / Konya, Türkiye**

Table 1. Proximate and anti-nutritional analyses of maize and sorghum

Components	Maize	Sorghum
Dry matter (%)	86.57	93.02
Crude protein (%)	8.69	11.20
Crude fibre (%)	2.15	4.00
Ash (%)	1.45	1.49
Nitrogen-free extract (%)	84.73	81.42
Metabolizable Energy (ME) (Kcal/kg)	3060.794	3147.402
Tannin (mg/100g)	-	5.85

Table 2. Experimental diets and their proximate analysis

Ingredients (kg)	Group I (Maize)	Group II (Sorghum)
Maize	58.75	0.00
Sorghum	0.00	58.75
Fish meal	3.00	3.00
Groundnut cake	5.70	5.70
Groundnut haulm	30.00	30.00
Limestone	2.00	2.00
Salt	0.25	0.25
Premix	0.30	0.30
Total	100.00	100.00
	Analysed values	
Dry matter (%)	92.18	92.91
Crude protein (%)	20.04	21.59
Ether extract (%)	4.08	4.00
Crude fibre (%)	12.20	14.16
Ash (%)	6.60	7.07
Nitrogen-free extract (%)	57.08	53.18
Metabolizable Energy (Kcal/kg)	2799.32	2739.18
Tannin (Mg/100g)	3.90	4.64

Table 3. Mean \pm SD live body weight changes of experimental rabbit bucks

Parameters	Treatment groups		p-value
	Group I	Group II	
Initial body weight (kg)	1.42 \pm 0.08	1.40 \pm 0.14	0.8690
Final body weight (kg)	1.79 \pm 0.19	1.67 \pm 0.05	0.5620
Body weight gain (kg)	0.37 \pm 0.22	0.27 \pm 0.10	0.7150

Table 4. Mean \pm SD semen characteristics of experimental rabbit bucks

Parameters	Treatment groups		p-value
	Group I	Group II	
Ejaculate volume (ml)	0.61 \pm 0.07	0.73 \pm 0.14	0.4350
Gross motility (%)	80.42 \pm 2.34	80.42 \pm 2.92	1.0000
Semen concentration ($\times 10^6$ /ml)	90.00 \pm 11.49	125.67 \pm 16.00	0.1000
Percentage live spermatozoa (%)	85.56 \pm 1.94	86.11 \pm 2.61	0.8660
Percentage semen abnormality (%)	20.22 \pm 3.17	19.78 \pm 2.68	0.9160
Semen pH	6.58 \pm 0.14	6.79 \pm 0.11	0.2520

**ISPEC 16th INTERNATIONAL CONFERENCE ON AGRICULTURE, ANIMAL
SCIENCE & RURAL DEVELOPMENT
November 15-17, 2024 / Konya, Türkiye**

Table 5. Mean \pm SD epididymal and testicular morphometric traits and gonadal sperm reserve ($\times 10^6/g$) of experimental rabbit bucks

Parameters	Treatment groups		p-value
	Group I	Group II	
<i>Epididymal traits</i>			
<i>Weight (g)</i>			
Left epididymis	0.73 \pm 0.60	0.58 \pm 0.60	0.2190
Right epididymis	0.69 \pm 0.33	0.55 \pm 0.20	0.7490
Paired	1.42 \pm 0.39	1.11 \pm 0.80	0.5930
<i>Length (cm)</i>			
Left epididymis	5.90 \pm 0.30	6.15 \pm 0.55	0.7380
Right epididymis	6.35 \pm 0.35	6.30 \pm 0.50	0.9430
Paired	6.13 \pm 0.33	6.23 \pm 0.03	0.8100
<i>Testicular traits</i>			
<i>Weight (g)</i>			
Left testis	1.39 \pm 0.30	1.63 \pm 0.58	0.7560
Right testis	1.71 \pm 0.01	1.64 \pm 0.61	0.9270
Paired	3.10 \pm 0.29	3.27 \pm 1.19	0.9100
<i>Length (cm)</i>			
Left testis	2.85 \pm 0.15	2.75 \pm 0.25	0.7710
Right testis	2.70 \pm 0.40	2.60 \pm 0.40	0.8760
Paired	5.55 \pm 0.28	5.35 \pm 0.33	0.8370
<i>Volume (cm³)</i>			
Left testis	17.00 \pm 2.00	17.5 \pm 2.50	0.8910
Right testis	19.00 \pm 0.00	19.00 \pm 5.0	1.0000
Paired	36.00 \pm 2.00	36.5 \pm 7.50	0.9580
<i>Gonadal sperm reserve ($\times 10^6/g$)</i>			
Left testis	47.00 \pm 8.00	37.00 \pm 1.00	0.4270
Right testis	58.5 \pm 15.50	24.50 \pm 6.50	0.2390
Paired	105.50 \pm 23.50	61.50 \pm 7.50	0.2930

Conclusion

It is possible to conclude from the study's findings that the total substitution of maize with sorghum in the diet of the experimental rabbit bucks had no significance ($p > 0.05$) on the body weight and body weight gain. In addition, replacing maize with sorghum showed no adverse impact on semen characteristics, epididymal and testicular morphometric traits and gonadal sperm reserve. Based on the study, it is therefore recommended that similar study be undertaken using a larger sample size and different animal model to ascertain the findings in this study.

References

- Adeyonu, A. G., Okunola, A., Alao, M. E., Oyawoye, E. O., & Okonkwo, C. E. (2021). An assessment of broiler value chain in Nigeria. *Open Agriculture*, 6(1), 296–307. <https://doi.org/10.1515/opag-2020-0168>
- Amao, A. O., & Oladele, P. O. (2016). Testicular and Epididymal Characteristics of Rabbit Bucks Fed Diets Containing Cottonseed Cake Supplemented with Carrot (*Daucus carota*) or Ginger (*Zingiber officinale* Roscoe). *Journal of Biology, Agriculture and Healthcare*, 6(16), 48–53. www.iiste.org
- AOAC. (1990). Association of Official Analytical Chemists Official Methods of Analysis (15th ed.).
- Azawi, O. I., & Ismaeel, M. A. (2012). Effects of seasons on some semen parameters and bacterial contamination of awassi ram semen. *Reproduction in Domestic Animals*, 47(3), 403–406. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0531.2011.01888.x>
- Berrazaga, I., Micard, V., Gueugneau, M., & Walrand, S. (2019). The role of the anabolic properties of plant-versus animal-based protein sources in supporting muscle mass maintenance: a critical review. *Nutrients*, 11(8), 1–21. <https://doi.org/10.3390/nu11081825>
- Campos, A. C. N., Gadelha, C. R. F., Guerreiro, M. E. F., Pereira, E. S., Lima, I. C. S., Linard, M. A. B., Meneses, H. M., Castelo-Branco, K. F., & Estevam, F. N. L. (2014). Male Rabbit Reproductive Physiology. *Standard Research Journal of Agricultural Sciences*, 2, 120–128.
- Dei, H. K. (2017). Assessment of Maize (*Zea mays*) as Feed Resource for Poultry. In *Poultry Science*. InTech. <https://doi.org/10.5772/65363>
- Esteso, M. C., Soler, A. J., Fernández-Santos, M. R., Quintero-Moreno, A. A., & Garde, J. J. (2006). Functional significance of the sperm head morphometric size and shape for determining freezability in Iberian red deer (*Cervus elaphus hispanicus*) epididymal sperm samples. *Journal of Andrology*, 27(5), 662–670. <https://doi.org/10.2164/jandrol.106.000489>
- Etuk, E. B., Ifeduba, A. V., Okata, U. E., Chiaka, I., Okoli, I. C., Okeudo, N. J., Esonu, B. O., Udedibie A.B.I., & Moreki, J. (2012). Nutrient Composition and Feeding Value of Sorghum for Livestock and Poultry: a Review. *J Anim Sci Adv*, 2012(6), 510–524. www.grjournals.com
- Federal Ministry of Finance and Budget and Planning. (2022). United Nations Population Fund Country programme document for Nigeria.
- Gbenge, A. A., Kaankuka, A. A., & Tuleun, F. G. (2021). Proximate composition and response of growing rabbits fed sundried yam-cassava peel composite meal as replacement for maize. *Nigerian J. Anim. Sci.*, 23(3), 167–176.
- Ibitoye, E. B., Jimoh, A. A., Hussaini, A., & Sanni, B. S. (2020). Comparative evaluation of three different energy sources on performance, carcass characteristics, hematology and serum biochemistry of rabbits. *Nigerian J. Anim. Sci.*, 22(3), 139–146. <https://www.ajol.info/index.php/tjas>
- Igwebuike, J. U., Medugu, C. I., Raji, A. O., & Bature, I. (2013). Growth and Economic Performance of Growing Rabbits Fed two Varieties of Sorghum as Replacement for Maize in a Hot Tropical Environment. *Global Journal of Bio-Science and Biotechnology*, 2(2), 238–241. <https://www.researchgate.net/publication/356508598>
- Ironkwe, M. O., & Amaefule, K. U. (2007). Economics of rabbit production in Rivers State, Nigeria. In E. A. Agiang, L. N. Agwunobi, & O. O. Olawoyin (Eds.), *Sustainability of*

- the Livestock Industry in an Oil Economy. Proceedings of the 32nd Annual Conference of the Nigerian Society for Animal Production (NSAP).
- Ladokun, A., Adedamola Sokunbi, O., Ladokun, A., Egbunike, G., Adejumo, D., & Sokunbi, O. (2006). The Effect of Three Dietary Crude Protein Levels on Digestibility and Tests Function in Male Pubertal Rabbits. *TROPICULTURA*, 24(1), 3–6. <https://www.researchgate.net/publication/45266519>
- Mailafia, S., Onakpa, M., & Owoleke, O. (2011). Problems and prospects of rabbit production in Nigeria - a review. *Bayero Journal of Pure and Applied Sciences*, 3(2). <https://doi.org/10.4314/bajopas.v3i2.63213>
- Matthew, S., Nwannenna, A., & Shiradiyi Bugau, J. (2016). Spermogram of Rabbit Bucks fed diets supplemented with *Allium sativum* (garlic). 9(2), 20–26. <https://doi.org/10.9790/2380-09222026>
- Nevin, A. S., Erhie, E., Oyaniran, T., Agbeyi, E., Nnake, C., Omosomi, O., Umweni, K., & Olakiigbe, O. (2021). Positioning Nigeria as Africa's leader in maize production for AfCFTA. www.pwc.com/ng
- Nistor, E., Bampidis, V., P, N., cal, cal, Pentea, M., Tozer, J., & Prundeanu, H. (2013). Nutrient Content of Rabbit Meat as Compared to Chicken, Beef and Pork Meat. *Journal of Animal Production Advances*, 3(4), 172. <https://doi.org/10.5455/japa.20130411110313>
- Nworgu, F. C. (2006). *Prospects and Pitfalls of Agricultural Production in Nigeria* (1st ed.). Blessed Publication.
- Onifade, A. A., Abu, O. A., Obiyan, R. I., & Abanikannda, O. T. F. (2010). Rabbit Production in Nigeria: Some Aspects of Current Status and Promotional Strategies. *World Rabbit Science*, 7(2). <https://doi.org/10.4995/wrs.1999.380>
- Oseni, I. O. (2016). Exchange rate volatility and private consumption in Sub-Saharan African countries: A system-GMM dynamic panel analysis. *Future Business Journal*, 2(2), 103–115. <https://doi.org/10.1016/j.fbj.2016.05.004>
- Pauzenga, U. (1985). Feeding parent stock. *Zoo Tech. International*, 22–25.
- Rekwot, P. I., Oyedipe, E. O., & Ehoche, O. W. (1994). The effects of feed restriction and alimentation on the growth and reproductive function of Bokoloji bulls. *Theriogenology*, 42, 287–295.
- Roca, J., Martínez, S., Orengo, J., Parrilla, I., Vázquez, J. M., & Martínez, E. A. (2005). Influence of constant long days on ejaculate parameters of rabbits reared under natural environment conditions of Mediterranean area. *Livestock Production Science*, 94(3), 169–177. <https://doi.org/10.1016/j.livprodsci.2004.10.011>
- Zahid, I. A., Lohdi, L. A., Rehman, N., & Akhtar, M. S. (2002). Effects of gossypol on micrometry of teddy male goats. *Pakistani Veterinary Journal*, 22(3), 101–104. <https://www.researchgate.net/publication/26579437>
- Zemjanis, R. (1970). Collection and Evaluation of Semen. In *Diagnostics and Therapeutic Techniques in Animal Reproduction* (2nd ed., pp. 139–156). Williams and Wilson Co.

**EFFECT OF METHANOL EXTRACT *Abrus precatorious* ON HEMATOLOGICAL,
BIOCHEMICAL AND HISTOPATHOLOGICAL PARAMETERS IN MICE**

Fatima Mohammad MADAKI*

Department of Biochemistry, School of Life Sciences, Federal University of Technology,
Minna, Niger State Nigeria
Email: nmmadakigmail.com

Adamu Yusuf KABIRU

Department of Biochemistry, School of Life Sciences, Federal University of Technology,
Minna, Niger State Nigeria

Emmanuel Olufo OGBADOYI

Department of Biochemistry, School of Life Sciences, Federal University of Technology,
Minna, Niger State Nigeria

Abdullahi MANN

Department of Chemistry, School of Physical Sciences, Federal University of Technology,
Minna, Niger State Nigeria

Abstract

Abrus precatorious is a plant known for its diverse pharmacological applications. It has been used for the treatment and management of numbers of infectious and non-infectious diseases. This study aimed at evaluating the toxicological profile of *Abrus precatorious* methanol leaf extract. Acute toxicity and sub-chronic toxicity were performed following standard methods. In the acute toxicity test, mice were administered with 10, 100, and 1000 mg/kg body weight extract in the phase I while doses of 2600, 3900, and 5000 mg/kg body weight were respectively administered to different groups of mice. For the sub-chronic study, mice in their respective groups were administered with 200, 400, and 600 mg/kg body weight extract. The LD₅₀ of the extract was found to be greater than 5000 mg/kg body weight. Significance difference was recorded in albumin aspartate aminotransferase (AST), alanine aminotransferase (ALT), alkaline phosphatase (ALP) among the liver biomarkers analysed. The haematological status of the mice administered with the extract were comparable ($p > 0.05$) with the control, especially at doses of 200 and 400 mg/kg body weight, respectively. The histological micrographs showed preserved architectures of liver and kidney. In conclusion, the methanol extract of *Abrus precatorious* is relatively safe to use as its administration does not result in serious biochemical, haematological, and histological alterations.

Keywords: *Abrus precatorious*, acute toxicity, sub-chronic toxicity, biochemical, haematological, histological.

1.0 Introduction

Abrus precatorius, commonly known as the rosary pea or jequirity bean, is a tropical plant renowned for its medicinal properties (Santhosam *et al.*, 2023). Traditionally, various parts of this plant have been utilized in folk medicine for their anti-inflammatory, analgesic, and antimicrobial effects (Shahrajabian and Sun, 2023). Recent scientific inquiries have begun to elucidate the phytochemical constituents of *Abrus precatorius*, revealing compounds with potential therapeutic applications (Qian, *et al.*, 2022).

Methanol extract of *Abrus precatorius* has garnered interest due to its rich profile of bioactive compounds, including flavonoids, alkaloids, and saponins, which may exert significant effects on biological systems (Kaur *et al.*, 2022). Understanding the impact of *Abrus precatorius* extract on hematological, biochemical, and histopathological parameters is crucial, particularly in evaluating its safety and efficacy (Amoateng *et al.*, 2024).

Hematological parameters, including blood cell counts and hemoglobin levels, provide vital insights into the overall health and immune status of organisms (Khanjani *et al.*, 2023). Biochemical markers, such as liver and kidney function indicators, help assess the organ's response to potential toxins or therapeutic agents (Singh *et al.*, 2018). Furthermore, histopathological examinations can reveal structural changes in tissues, offering a deeper understanding of the extract's impact at the cellular level (Santos *et al.*, 2021).

This study aims to investigate the effects of methanol extract of *Abrus precatorius* on these critical parameters in a controlled murine model. By elucidating the extract's pharmacological profile, this research seeks to contribute to the growing body of knowledge surrounding its potential health benefits and safety, paving the way for future therapeutic applications.

2.0 MATERIALS AND METHODS

2.1 Reagent and chemicals

Organic solvents (analytical grade) used for extraction of the plant material (methanol) was purchased from Sigma Chemical Co St. Louis M.O (USA). All biochemical assay kits were obtained from Randox Laboratories Ltd, United Kingdom or Agape Diagnostics, Switzerland Sigma Chemical Co St. Louis M.O (USA). All other chemicals were of analytical grade.

2.1.1 Experimental animals

Wistar albino mice, were used for screening, they were purchased from National Institute for Trypanosomiasis and Onchocerciasis Research, Kaduna, Nigeria. The animals; wistar mice weighing between the range of 30- 32 kg were also acclimatized at the Animal Holding Unit, Department of Biochemistry, Federal University of Technology Minna, for subsequent use. All experiments involving the animals were conducted in compliance with the internationally accepted principles for laboratory animal use and care as contained in the Canadian Council on Animal Care (CCAC, 1997) guidelines on animal use protocol review. The Ethical Committee of the Federal University of Technology approved Assigned Number: 000082 for the use of experimental animal.

2.1.2 Plant Sample Collection and Identification

Abrus precatorius was collected at Tunga-Minna in Niger state between the months of May to August, 2019 and identify at the herbarium of plant science department, University of Ilorin and assign with the following voucher number UILH/001/2019/574.

2.2 METHODS

2.2.1 Preparation of plant samples

Leaf of *Abrus precatorius* was removed fresh, washed under running tap water and dried at room temperature in the laboratory for two weeks. The dried leaves sample was milled into powdered form using electric blending machine. The powdered samples were stored in clean polythene bags until required for use (Sadowski *et al.*, 2024).

2.2.2 Preparation of crude extract

Hundred grams (100 g) of the blended *Abrus precatorius* sample was weighed and extracted with 600 mL methanol by cold maceration and left for 72 hrs, filtered and evaporated at 45 °C to obtain the residue. The extract was dried using rotary evaporator (40 °C) Using modified method described by Kolle *et al.* (2023) and stored in the refrigerator at 4°C

2.2.3 Experimental design, Animals grouping and Crude Extract Administration

A completely randomized design was implemented with animals of equal number (5 mice per group), sex (male), and weight randomly distributed into all groups as shown below:

Group A (Normal control): administered 2 mL/kg bw. normal saline

Group B: administered 200 mg/kg bw. crude extract

Group C: administered 400 mg/kg bw. crude extract

Group D: administered 600 mg/kg bw. crude extract

The body weight of the mice in their respective groups was monitored once a week throughout the experimental period.

2.3.1 Acute toxicity testing on the Mice

The LD₅₀ of the crude extract was determined following the method described by Chung *et al.* (2022). A total of twenty five (25) mice were distributed into five (5) groups of 5 mice each. The mice in their respective groups were administered with 5000 mg/kg BW of the crude. They were then observed for 24 hours for signs of toxicity and mortality.

2.3.2 Sub-acute and chronic toxicity testing of *Abrus precatorius* methanol extract on Mice

The method described by Chung *et al.* (2022) for toxicological evaluations of substances was adopted for the acute and sub-chronic toxicity of the methanol leaf extract of *A. precatorius*. Mice were administered with 10, 100, and 1000 mg/kg body weight extract in the phase I while doses of 2600, 3900, and 5000 mg/kg body weight were respectively administered to different groups of mice in acute toxicity. While for the sub-chronic study, mice in their respective groups were administered with 200, 400, and 600 mg/kg body weight extract. The extract was administered orally for 28 days.

2.3.3 Serum preparations

Serum was prepared by using the procedure described by Ibrahim *et al.* (2022). For sub-acute and chronic toxicity testing respectively, the mice were euthanized by cardiac puncture under diethyl ether anaesthesia and the blood samples were collected into sterile plain bottles. The blood samples were allowed to clot at room temperature and serum was collected by centrifuging at 3000 rpm for 10 min.

2.3.4 Liver function test

Serum levels of aspartate aminotransferase (AST), alanine aminotransferase (ALT), alkaline phosphatase (ALP), total bilirubin, total protein, albumin, triglycerides, cholesterol, high density lipoprotein (HDL), and low-density lipoprotein (LDL) were analyzed with AGAPPE[®] kit (Switzerland) following manufacturer's instructions.

2.3.5 Kidney function test

Serum levels of creatinine, urea, uric acid, sodium, potassium, and bicarbonate were analyzed with AGAPPE[®] kit (Switzerland) following manufacturer's instructions.

2.3.6 Histology of the liver and kidney

For the histological analysis of the liver and kidney tissues, a section of both tissues fixed in neutral buffered formalin solution (10%) immediately after excision from the animals. The conventional paraffin embedding technique (dehydration by ascending grades of ethanol, using chloroform for clearing and embedding with paraffin wax at 60 °C) was employed in processing of the fixed tissues. Sections of 3-4 μm thick were obtained and stained with haematoxylin and eosin from prepared paraffin blocks and view under light microscope (magnification X40), the histology observations were made (Adeniyi *et al.*, 2023).

2.4 Data analysis

Data obtained were analyzed using Statistical Package for Social Sciences (SPSS) version 23.0 and graph pad prism version 8.0 ($P \leq 0.05$). The statistical significance was tested using One way Analysis of Variance (ONEWAY ANOVA) and Duncan's Multiple Range Tests (DMRT) at $P \leq 0.05$.

3.0 Results

3.1 Acute toxicity of methanol extract of *Abrus precatorius*

Table 1 shows the signs of toxicity and mortality recorded following administration of methanol extract of *Abrus precatorius*. It was observed that neither signs of toxicity nor mortality was recorded following administration of the extract at different doses. Ultimately, the absence of mortality at dose of 5000 mg/kg BW implies that the LD₅₀ of the extract is > 5000 mg/kg BW.

Table 1: Acute toxicity of methanol extract of *Abrus precatorius*

Dose (mg/kg body weight)	Signs of toxicity	Mortality
10	Nil	0
100	Nil	0
1000	Nil	0
2900	Nil	0
3600	Nil	0
5000	Nil	0

3.2 Effects of Methanol Extract of *Abrus precatorius* on liver damage markers in mice

Table 2 shows the effects of methanol extract of *Abrus precatorius* on liver damage markers in mice. There were significant ($p < 0.05$) difference across the group in the albumin, ALP, ALT and AST level, with the values ranges from (6.13 ± 1.59 - 8.86 ± 1.59), 400 mg/kg BW extract recorded the highest value and least value obtained from 200 mg/kg BW for albumin, for the ALP the value ranges from (41.25 ± 0.00 - 66.00 ± 22.00), the control and 600 mg/kg BW groups recorded the highest value respectively while group administered with 400 mg/kg BW gave the least value. Furthermore, the, ALT values range from (5.64 ± 0.00 - 15.04 ± 5.64), the highest value was recorded from the control group and least value documented from the group administered with 200 mg/kg BW. The AST value ranges from (68.40 ± 0.00 - 79.20 ± 7.20) with the highest values recorded from mice administered 400 mg/kg BW and least from 200 mg/kg BW.

Table 2: Effects of Methanol Extract of *Abrus precatorius* on liver damage markers in mice

Grouping	Total Protein (mg/dL)	Albumin (mg/dL)	ALP (U/L)	ALT (U/L)	AST (U/L)	Bilirubin (mg/dL)
Control	39.90 ± 11.40^a	8.40 ± 0.68^a	66.00 ± 22.00^a	15.04 ± 5.64^a	75.60 ± 14.40^a	$0.48 \pm 0.16_a$
200 mg/kg BW	$39.90 \pm 11.40_a$	6.13 ± 1.59^b	48.12 ± 1.37^b	5.64 ± 0.00^b	68.40 ± 0.00^b	0.43 ± 0.10^a
400 mg/kg BW	36.10 ± 0.00^a	8.86 ± 1.59^a	41.25 ± 0.00^b	11.28 ± 3.76^a	79.20 ± 7.20^a	0.59 ± 0.05^a
600 mg/kg BW	38.00 ± 1.90^a	$8.63 \pm 0.00_a$	66.00 ± 22.00^a	12.22 ± 4.70^a	73.800 ± 5.40^a	0.54 ± 0.00^a

Values presented as mean \pm standard error of mean (SEM) of three replicates Values with different superscripts along column are significantly different at $p < 0.05$.

3.3 Effect of Methanol Extract of *Abrus precatorius* on kidney damage markers in mice

Table 3 shows the effects of methanol extract of *Abrus precatorius* on renal damage markers in mice. It was observed that administration of the extract at different doses showed significant ($p < 0.05$) differences in the levels of urea, with the values range from (145.08±2.45-236.06±2.45), however, the control group recorded highest. While the least value was recorded from the group administered with 200 mg/kg BW.

Table 3: Effect of Methanol Extract of *Abrus precatorius* on kidney damage markers in mice

Grouping	Creatinine (mg/dL)	Urea (mg/dL)	Potassium (mEq/L)	Sodium (mEq/L)	Chloride (mEq/L)
Control	0.717±0.05 ^a	236.06±2.45 ^a	7.15±0.71 ^a	137.93±0.95 ^a	101.50±4.94 ^a
200 mg/kg BW	1.23±0.35 ^a	145.08±2.45 ^b	6.30±0.65 ^a	136.99±3.90 ^a	102.28±9.30 ^a
400 mg/kg BW	1.10±0.48 ^a	228.68±9.83 ^a	6.25±0.55 ^a	135.03±2.06 ^a	107.77±4.87 ^a
600 mg/kg BW	1.12±0.46 ^a	201.63±39.34 ^a	6.09±0.05 ^a	136.84±6.06 ^a	112.99±0.06 ^a

Values are presented as mean ± standard error of mean (SEM) of three replicates. Values with different superscripts along column are significantly different at $p < 0.05$.

3.4 Effect of methanol extract of *Abrus precatorius* on haematological parameters in mice

The effects of methanol extract of *Abrus precatorius* on haematological parameters in mice is shown in Table 4. The following parameters HB, PCV, MCHC and PLC, appeared with statistical ($p < 0.05$) difference, the HB value ranges from (13.53±1.90- 15.35±1.67) with the highest value from the group administered 600 mg/kg bw and least value documented from the group administered with 400 mg/kg bw. The PCV value ranges between (41.34±0.45-48.75±1.32) with the highest value recorded from control group while group administered with 600 mg/kg bw gave the least value. The MCHC value ranges between (39.89±1.99-51.34±1.90), the highest value was recorded from the group administered with 600 mg/kg bw and those in the control group gave the least value. For the PLC it value ranges from (197.23±4.56 -234.56±3.45), the highest value was obtained from administered with 600 mg/kg bw while those control group gave the least value.

Table 4: Effect of methanol extract of *Abrus precatorius* on haematological parameters in mice

Parameter	Control	200 mg/kg bw	400 mg/kg bw	600 mg/kg bw
HB	13.56±0.78 ^b	14.43±0.24 ^b	13.53±1.90 ^b	15.35±1.67 ^a
PCV	41.34±0.45 ^a	42.45±1.82 ^a	43.32±1.98 ^a	48.75±1.32 ^b
MCV	44.42±2.67 ^a	45.43±2.56 ^a	44.42±2.67 ^a	42.45±2.34 ^a
MCH	13.32±0.56 ^a	14.45±0.78 ^a	14.21±0.89 ^a	15.56±0.88 ^a
MCHC	39.89±1.99 ^a	47.32±2.34 ^{ab}	41.89±0.89 ^a	51.34±1.90 ^b
RBC	7.03±0.23 ^a	7.17±0.79 ^a	7.91±0.67 ^{ab}	8.4.62±0.46 ^a
PLC	197.23±4.56 ^b	218.67±3.78 ^a	234.56±3.45 ^a	225.76±4.56 ^a
TWBC	4.91±0.46 ^a	4.32±0.46 ^a	4.06±0.45 ^a	4.39±0.29 ^a
Neutrophils	32.57±0.68 ^a	32.46±0.56 ^a	29.67±0.56 ^a	30.24±0.98 ^a
Lymphocyte	42.46±0.89 ^a	44.435±0.79 ^a	41.35±1.35 ^a	40.57±1.68 ^a
RDW+	33.56±0.45 ^a	32.56±0.57 ^a	34.67±0.45 ^a	32.56±0.7 ^a

Values are mean ± SEM of 3 determinations. The values along the same row with different superscripts are significantly different (p<0.05)

3.5 Histopathology of kidney and liver

3.5.1 Effect of *A. precatorius* methanol extract on kidney histology of albino mice

The control photomicrograph revealed the architectural structure of the kidney well preserved and outlined; the kidney cells appeared normal. 200, 400 and 600 mg/kg BW showed renal tissue characterized by preserved architecture composed of normal glomeruli, tubules and stroma in the kidney cell of the mice. There is no inflammation, and no features of acute or chronic damage. The features are consistent with normal histology (Plate 1).

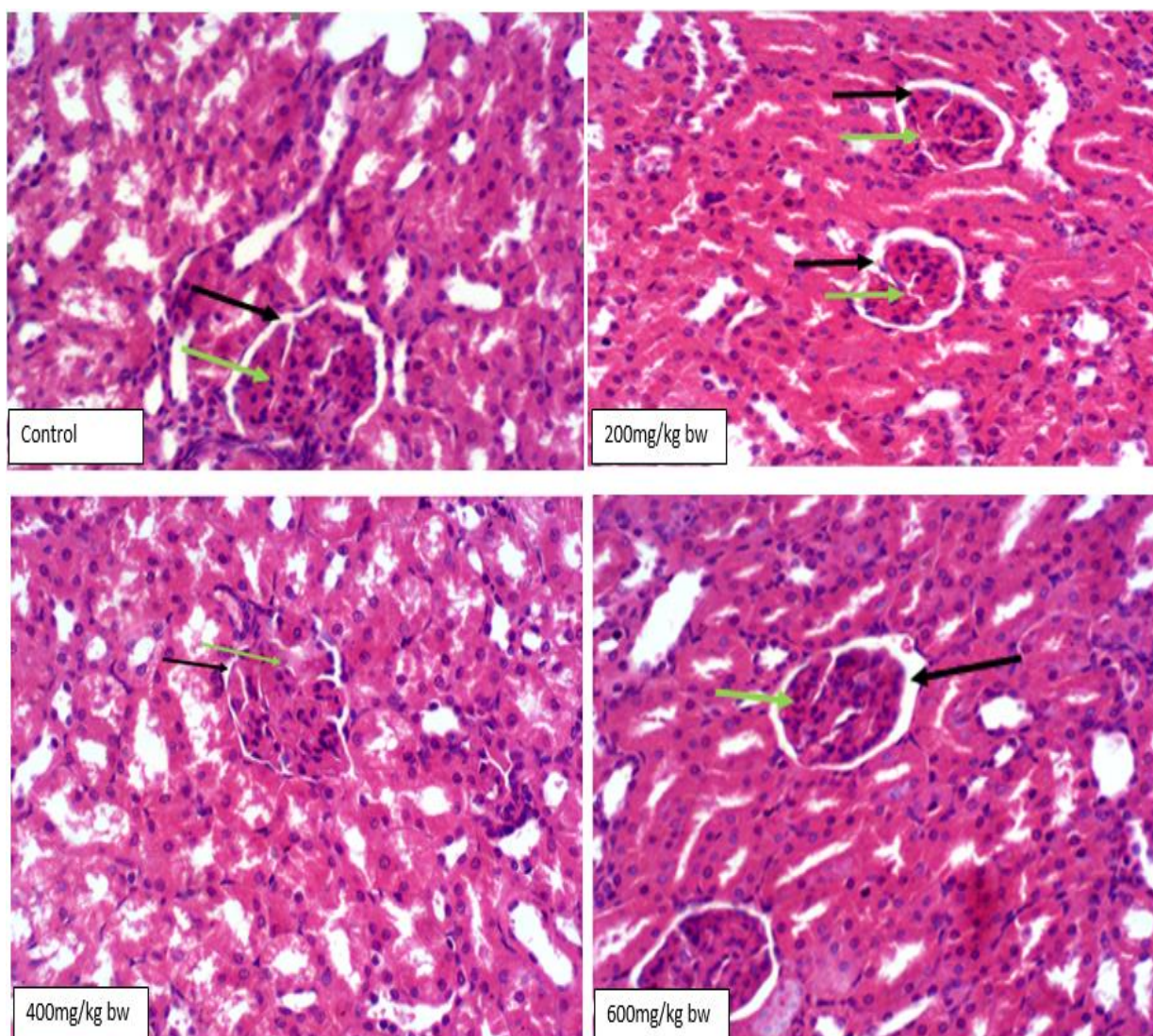


Plate I: Photomicrograph of the kidney of Albino Mice Treated with *A. precatorius* Methanol Extract. (x 40 magnification, eosin & haematoxylin stain).

3.5.2 Effect of *A. precatorius* methanol extract on liver histology albino mice

Control shows liver tissue characterized by preserved architecture. The portal tract shows few pigment laden macrophages. There were no features of acute or chronic damage. The 200, 400 and 600 mg/kg BW *A. precatorius* treated mice showed liver tissue characterized by preserved architecture and normal hepatocytes. The portal vein showed congestion and there is moderate infiltration of the portal tract by inflammatory cells. There were no features of acute or chronic damage.

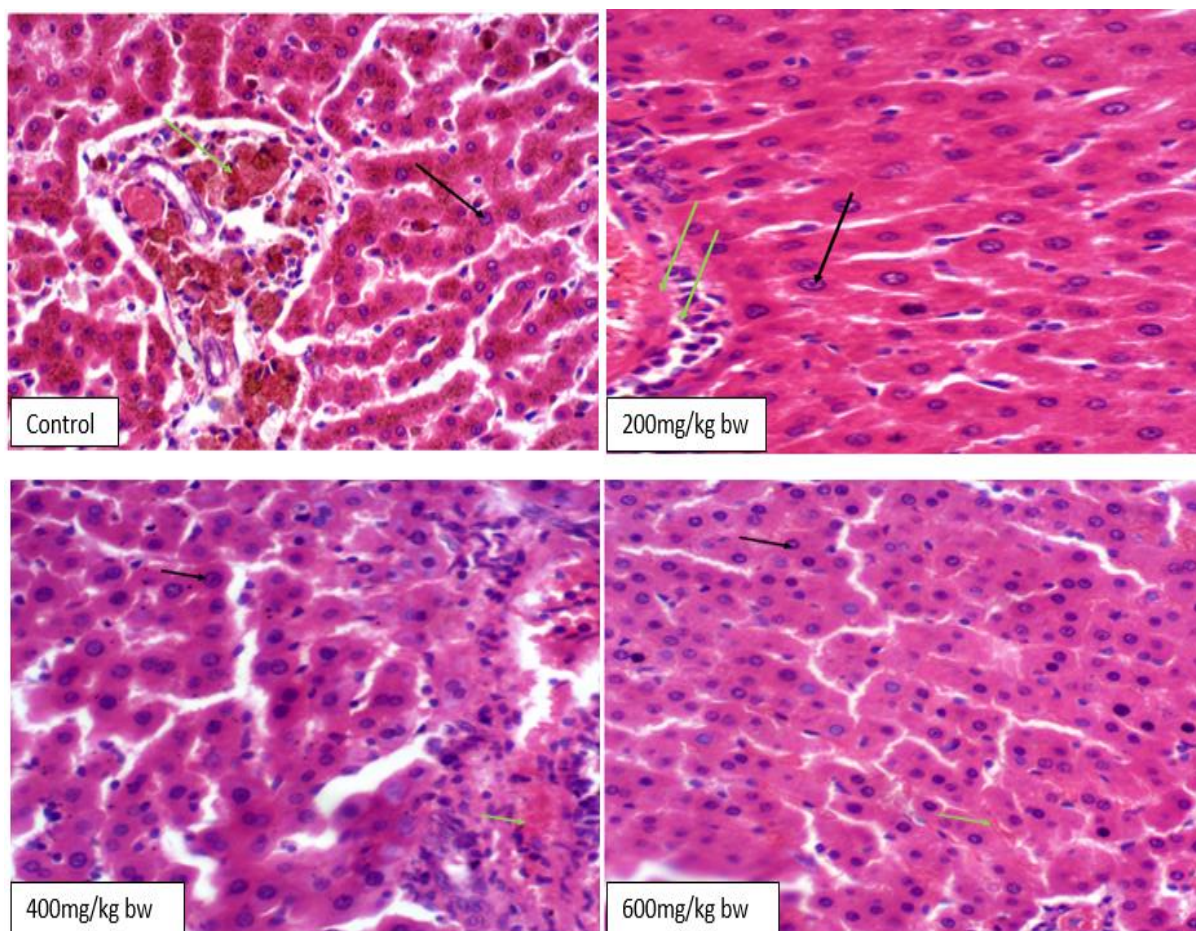


Plate II: Photomicrograph of the Liver of Albino Mice Treated with *A. precatorius* Methanol Extract. (X 40 magnification, eosin and haematoxylin stain)

4.0 Discussion

Herbal medicines as well as their derivatives have been used as an alternative to allopathic medicines in the treatment of various diseases in many countries. Acute toxicity testing (LD_{50}) is the first step in the toxicological evaluation of substances including medicinal plants (Kanina *et al.*, 2022). According to Erhirhie *et al.* (2018), substances with no mortality at dose of 5000 mg/kg BW are regarded as being safe. Therefore, the absence of mortality at dose of 5000 mg/kg BW extract means that the LD of the extract is > 5000 mg/kg BW. This finding agrees with the finding of Mondal *et al.* (2017) who reported absence of mortality at dose of 200 mg/kg BW of ethanol leaf extract of *A. precatorius*.

Assessment of liver and kidney functions is a vital tool in ascertaining the toxicity of substances since they are primary metabolism machineries which dictate the survival of an animal (Olorunsola *et al.*, 2022). The statistical difference recorded in ALT, AST, and ALP were comparable to normal control groups which is not an indication of markers of liver been damage. Elevated levels of these enzymes in the serum depicts injury to the liver since they are primarily found in the liver in substantial amounts. ALT and AST are markers of hepatocellular injury while ALP is commonly used as a marker of hepatobiliary injury (Aulbach and Amuzie, 2017). Leakage of these enzymes into extracellular compartment occurs when there is injury to

the liver, and it is easily detected in the serum. While the elevated levels of ALT may be as a result of enzyme induction (Petrichev, 2021). However, unlike, ALT that is predominantly found in the liver, AST and ALP are found in other organs or tissues of the body including skeletal muscle, heart, kidney, pancreas, and erythrocytes. As such, ALT is the most sensitive marker of liver damage. As a result, non-significant differences observed between the control group and groups administered different doses of methanol leaf extract of *A. precatorius* indicates non-toxic effects of the extract. Mondal *et al.* (2017) also reported that the administration of ethanol leaf of *A. precatorius* did not result in elevated levels of these enzymes which may be indicative of liver damage. These findings further correlate with the finding of Mondal *et al.* (2017) who reported non-significant differences in the levels of liver damage markers between the control group and group administered 500 mg/kg BW.

Serum total protein and albumin are also markers of liver damage indicating the synthetic capability of the liver. Albumin is a serum protein which functions in the maintenance of osmotic pressure of the body fluids and transport hormones, fatty acids and drugs (Eslam *et al.*, 2022). Decreased level of serum proteins indicate reduced nutrients transportation which could be as a result of damage to the liver (Arshad *et al.*, 2019). As a result, non-significant differences in the level of serum protein between the control group and groups administered the extract could imply that the extract does not alter liver synthetic function which could be attributed to liver damage.

The primary roles played by renal system include electrolyte/fluid regulation, buffering effect and in the elimination of waste products (Busari *et al.*, 2021). Creatinine is considered a marker of acute renal injury often regarded as late indicator of renal damage (Coca and Parikh, 2008). Non-significant differences observed in the levels of creatinine, urea, uric acid, sodium, potassium, and bicarbonate between the control group and the treatment groups in the sub-acute toxicological evaluation shows that the crude extract is not toxic to renal cells up to a dose of 600 mg/kg BW since the groups administered the dose were found to be more comparable to the control. Mondal *et al.* (2017) also reported non-significant differences in the levels of renal damage markers between the control group and group administered 500 mg/kg BW.

Histological examinations of the liver and kidney tissues revealed that, at doses of 200, 400 and 600 mg/kg BW, the extract triggered no histological abnormalities with liver and kidney micrographs of mice administered these doses, showed preserved liver and kidney architectures similar to the control group. Similarly. Mondal *et al.* (2017) also reported no evidence of acute tubular necrosis and glomerular changes in histopathological analysis of *Abrus precatorius*.

4.1 Conclusion

From the results obtained in this study, it can be concluded that the methanol leaf extract of *A. precatorius* is relatively safe and pose no serious biochemical, haematological or histological alterations.

References

- Santhosam, S. D., Selvam, P., and Danodia, A. (2023). *In vitro* Anti-bacterial, Anti-Tuberculosis and Anti-Malarial Activity of Gujan (*Abrus precatorius*) Seeds: *World Journal of Pharmaceutical Research*, 12,4, 1246-1256.
- Shahrajabian, M. H., and Sun, W. (2023). Survey on medicinal plants and herbs in traditional Iranian medicine with anti-oxidant, anti-viral, anti-microbial, and anti-inflammation properties. *Letters in Drug Design & Discovery*, 20(11), 1707-1743.
- Qian, H., Wang, L., Li, Y., Wang, B., Li, C., Fang, L., and Tang, L. (2022). The traditional uses, phytochemistry and pharmacology of *Abrus precatorius* L.: a comprehensive review. *Journal of Ethnopharmacology*, 296, 115463.
- Kaur, A., Sharma, Y., Kumar, A., and Bala, K. (2022). Metabolites of *abrus precatorius* targeting multiple oncogenic and onco-suppressive signaling for cancer prevention and intervention. *Journal of microbiology, biotechnology and food sciences*, 12(2), e5437-e5437.
- Amoateng, E. O., Amoateng, P., Ossei, P. P. S., Fenteng, E. A., Amponsah, I. K., Ayibor, W. G., and Narh-Bedu, T. (2024). An acute and sub-acute toxicological assessment of *Reissantia indica* plant extract in male Sprague-Dawley rats: Hematological, serum biochemical and histopathology. *Scientific African*, 23, e02089.
- Khanjani, M. H., Sharifinia, M., and Emerenciano, M. G. C. (2023). A detailed look at the impacts of biofloc on immunological and hematological parameters and improving resistance to diseases. *Fish & Shellfish Immunology*, 137, 108796.
- Singh, N., Kumar, A., Gupta, V. K., and Sharma, B. (2018). Biochemical and molecular bases of lead-induced toxicity in mammalian systems and possible mitigations. *Chemical research in toxicology*, 31(10), 1009-1021.
- Santos, T. S., Santos, I. D. D., Pereira-Filho, R. N., Gomes, S. V., Lima-Verde, I. B., Marques, M. N., ... & Albuquerque-Júnior, R. L. D. (2021). Histological evidence of wound healing improvement in rats treated with oral administration of hydroalcoholic extract of *vitis labrusca*. *Current issues in molecular biology*, 43(1), 335-352.
- CCAC (Canadian Council on Animal Care) (2003). Guide to the Care and Use of Experimental Animals. *Canadian Veterinary Journal*. 44(8):631. PMID: PMC340226.
- Sadowski, Z., Feder-Kubis, J., & Wirwis, A. (2024). Biosynthesis of Silver Nanoparticles Using Leaf Extracts Characteristics. *Nanofabrication: Enrapturing Cues and Prodigal Applications*, 19.
- Kolle, S. N., Flach, M., Kleber, M., Basketter, D. A., Wareing, B., Mehling, A., ... & Landsiedel, R. (2023). Plant extracts, polymers and new approach methods: practical experience with skin sensitization assessment. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, 138, 105330.
- Chung, W. Y., Jadhav, S., Hsu, P. K., & Kuan, C. M. (2022). Evaluation of acute and sub-chronic toxicity of bitter melon seed extract in Wistar rats. *Toxicology Reports*, 9, 1024-1034.
- Ibrahim, Y. O., Busari, M. B., Yisa, M. A., Abubakar, A. N., Madaki, F. M., & Yusuf, R. S. (2022). Assessment of toxicity and anti-trypanosomal activities of toad venom in rat models. *Comparative Clinical Pathology*, 31(3), 417-425.
- Adeniyi T, Moronkeji A, Ekundina V. (2023). Histological evaluation of the liver, kidney, and testes of adult male Wistar rats exposed to heavy metals-contaminated waterways. *mljgoums*; 17 (5) :4-8.

- Kanina, L., Solehah, M., Plumeriastuti, H., Widyowati, R., & Wardoyo, B. P. E. (2022). Acute and Subchronic Toxicity Assessment of 70% Ethanol Extract of Gendarusa Leaves In Vivo. *J. Farm. Dan Ilmu Kefarmasian Indonesia*, 9(1), 39-47.
- Erhirhie, E. O., Ihekwereme, C. P., & Ilodigwe, E. E. (2018). Advances in acute toxicity testing: strengths, weaknesses and regulatory acceptance. *Interdisciplinary toxicology*, 11(1), 5-12.
- Mondal, S., Ghosh, D., Anusuri, K.C. and Ganapaty, S. (2017). Toxicological studies and assessment of pharmacological activities of *Abrus precatorius* L. (Fabaceae) ethanolic leaves extract in the management of pain, psychiatric and neurological conditions: An *in-vivo* study. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*. 7 (02)207-216.
- Olorunsola, E. O., Davies, K. G., Essien, E. B., Alozie, M. F., Adedokun, M. O., & Ahsan, F. (2022). Orally Administered Prosochit®-Based Nanoparticles of Insulin Ameliorates Alloxan-Induced Diabetes in Rats. *Scientia Pharmaceutica*, 90(4), 66.
- Aulbach, A. D., & Amuzie, C. J. (2017). Biomarkers in nonclinical drug development. In *A Comprehensive guide to toxicology in nonclinical drug development* (pp. 447-471). Academic Press.
- Petrichev, M. (2021). Some important biochemical parameters in clinical veterinary toxicology. *Trad. Mod. Vet. Med.*, 6(2), 130-141.
- Eslam, M., El-Serag, H. B., Francque, S., Sarin, S. K., Wei, L., Bugianesi, E., & George, J. (2022). Metabolic (dysfunction)-associated fatty liver disease in individuals of normal weight. *Nature reviews Gastroenterology & hepatology*, 19(10), 638-651.
- Arshad, K., Naz, R., Nasir, M., & Akram, N. (2019). Branched Chained Amino Acids Enriched Bar and Chronic Liver Disease: A Case Study. *Journal of Natural and Applied Sciences Pakistan*, 1(1), 18-22.
- Busari, M. B., Hamzah, R. U., Muhammad, H. L., Yusuf, R. S., Madaki, F. M., Adeniyi, J. O., ... & Berinyuy, E. B. (2021). Phenolic rich-extracts from *Nauclea latifolia* fruit restored Lead acetate-induced liver and kidney damaged in Wistar rats. *Clinical Phytoscience*, 7, 1-10.
- Coca, S.G., Parikh, C.R. (2008). Urinary biomarkers for acute kidney injury: perspectives on translation. *Clin J Am Soc Nephrol*. 3(2):481-90.

**ABORTE KOYUN FETUSLARINDAN LİSTERİOZİSİN KONVANSİYONEL VE
MOLEKÜLER YÖNTEMLERLE ARAŞTIRILMASI**

Arş.Gör. Seda GÖKDEMİR (ORCID:0000-0002-6040-6569)

Kafkas Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Mikrobiyoloji Anabilim Dalı, Kars

Email:sedaadurhan@gmail.com

Doç. Dr. Aliye GÜLMEZ SAĞLAM (ORCID:0000-0002-7639-5075)

Kafkas Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Mikrobiyoloji Anabilim Dalı, Kars,

Email:alis_6223@hotmail.com

Dr. Öğr. Elif ÇELİK (ORCID:0000-0003-4531-3863)

Üyesi Kafkas Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Mikrobiyoloji Anabilim Dalı, Kars,

Email:elita_3609@hotmail.com

Özet

Önemli zoonotik patojenler arasında yer alan *Listeria monocytogenes*, insan ve hayvanlarda *Listeria* enfeksiyonlarına neden olmaktadır. *L. monocytogenes* farklı ekolojik ortamlarda, suda, toprakta, gıdalarda, hayvanların ve insanların organlarında ve dışkılarında bulunabilir. Listeriozis, hayvanlarda septisemi, yavru atma, gastroenteritis, mastitis, merkezi sinir sistemi ve göz enfeksiyonu dahil olmak üzere farklı hastalık tablolarında görülebilir. Listeriozis'e bağlı abortlar daha çok sığır, koyun ve keçilerde tespit edilmektedir. Gebeliğin geç evresinde (üçüncü) yüksek oranlarda görülür. Soğuk havalarda, özellikle kış aylarında veya erken ilkbaharda daha sık görülen mevsimsel bir hastalıktır. Hayvanlarda *Listeria* enfeksiyonlarının temel kaynağı kontamine silajla beslenmedir. Dolayısıyla, silajla beslenmenin yoğun olduğu yerlerde enfeksiyon riski artmaktadır. Bu çalışmada, Kars yöresinde yetiştirilen koyunlarda meydana gelen abort vakalarında *Listeria* spp.'nin varlığını araştırmak amaçlanmıştır. Bu kapsamda, 2023-2024 yılları arasında Kafkas Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Mikrobiyoloji Anabilim Dalı'na getirilen 15 adet atık koyun fetusu *Listeria* varlığı yönünden araştırılmıştır. Bu amaçla, aborte koyun fetuslarında *Listeria* varlığını belirleyebilmek için konvansiyonel ve moleküler metodolojilerden yararlanılmıştır. Laboratuvara getirilen aborte koyun fetuslarına ait iç organlardan (akciğer, karaciğer, dalak, abomasum içeriği) kültürel incelemeler yapılmıştır. Aseptik koşullar altında fetuse ait 25 gr organ homojenize edilerek 225 ml *Listeria* Enrichment Broth'a aktarıldı ve mikroaerobik koşullar altında 30°C'de 24 saat boyunca inkübe edilmiştir. İnkübasyonu takiben ön zenginleştirme besiyerinden, *Listeria* Selective Agar'a (LSA) inoküle edilen örnekler mikroaerobik ortamda 30 °C'de 24 saat inkübe edilmiştir. Örneklerin kültürünü takiben, LSA besiyerinde üreyen ve *Listeria* olduğundan şüphelenilen parlak gri-siyah merkezli, pürüzsüz, yuvarlak kolonilerin tanımlanması Gram boyama özellikleri, 25°C'de yarı katı besiyeri hareketliliği belirlenerek gerçekleştirilmiştir. Kültür işlemleri sonrasında elde edilen *Listeria* şüpheli izolatların tanımlanması için iap geninin (invazyon ilişkili protein) amplifikasyonunu hedefleyen primerler kullanılarak cins ve tür spesifik PCR'ler gerçekleştirilmiştir. Kültür işlemlerinin ardından fetal organlardan elde edilen izolatların ekstraksiyonu Fenol-Koloroform-İzoamil Alkol yöntemi kullanılarak gerçekleştirildi. Cins spesifik PCR analizi ile toplam 2 (%13.3) örnekte *Listeria* spesifik DNA tespit edilmiştir. Daha sonra tür düzeyinde yapılan PCR sonucunda ise bu 2 örneğin *L. monocytogenes* olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelime: *Listeria*, Koyun, PCR, Kültür, Abort

**INVESTIGATION OF LISTERIOSIS IN ABORTED SHEEP FETUSES BY
CONVENTIONAL AND MOLECULAR METHODS**

Abstract

Listeria monocytogenes, which is an important zoonotic pathogen, causes *Listeria* infections in both animals and humans. *Listeria* is a widespread microorganism in nature and can be found in different ecological environments, in water, soil, different types of food, organs and feces of animals and humans. Listeriosis can be seen in animals in different disease in the tables, including septicemia, fowlbrood, gastroenteritis, mastitis, central nervous system and eye infections. Abortions due to listeriosis are mostly detected in cattle, sheep and goats. It is seen at higher rates in the late stage (third) of pregnancy. It is a seasonal disease that is more common in cold weather, especially in winter or early spring. The main source of *Listeria* infections in animals is feeding contaminated silage. The risk of infection increases in areas where silage feeding is intensive. In this study, it was aimed to investigate the presence of *Listeria* spp. in abortion cases occurring in sheep reared in Kars region. In this context, 15 aborted sheep fetuses brought to Kafkas University, Faculty of Veterinary Medicine, Department of Microbiology between 2023-2024 were investigated for the presence of *Listeria*. For this purpose, conventional and molecular methodologies were used to determine the presence of *Listeria* in aborted sheep foetuses. The internal organs (lung, liver, spleen, abomasum content) of aborted sheep foetuses were transported to the laboratory for subsequent culturing. In accordance with aseptic procedures, 25 grams of fetal organs were homogenized and transferred to 225 milliliters of *Listeria* Enrichment Broth. The mixture was then incubated under microaerobic conditions at 30 degrees Celsius for a period of 24 hours. Subsequently, the samples transferred from the pre-enrichment medium to *Listeria* Selective Agar (LSA) were incubated at 30°C for 24 hours under microaerobic conditions. Following the incubation of the samples, the identification of the smooth, round colonies with bright grey-black centres and shiny grey-black centres, which were suspected to be *Listeria*, was carried out by determining their Gram staining characteristics and semi-solid medium mobility at 25°C. In order to identify *Listeria* isolates that were suspected to be *Listeria*, genus- and species-specific PCRs were performed using primers that targeted the amplification of the *iap* gene (invasion-associated protein). Following the completion of the culture procedures, the isolates obtained from the fetal organs were extracted using the phenol-chloroform-isoamyl alcohol method. *Listeria*-specific DNA was detected in a total of two samples (13.3%) by genus-specific PCR analysis. Subsequently, these two samples were identified as *L. monocytogenes* by species-level PCR.

Keyword: *Listeria*, Sheep, PCR, Culture, Abortion

1. GİRİŞ

1.1. Tarihçe

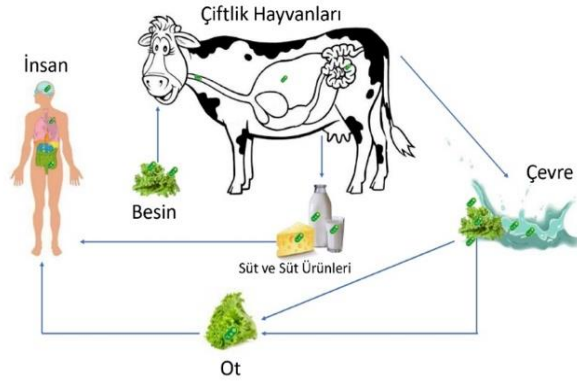
Listeria cinsi basiller, ilk olarak E.G.D. Murray ve arkadaşları tarafından 1926 yılında tanımlanmıştır. Tavşan ile yaban domuzlarından izole edilmiştir ve mononükleer lökositoya neden olmasından dolayı bu yeni etkene *Bacterium monocytogenes* denilmiştir (1). Daha sonra Pirie tarafından, koyun karaciğerinden izole edilmiş ve Dr. Lister'i onurlandırmak için *Listerella hepatolytica* olarak adlandırılmıştır (1,2,3). 1940 yılında ise Gram pozitif bu basil, taksonomik adlandırmaya uygun olması için *Listeria monocytogenes* olarak yeniden tanımlanmıştır (1).

1.2. Tanımı

Listeriosis, insan ve evcil hayvanlar başta olmak üzere birçok memeli hayvanı etkileyen invaziv ve oldukça bulaşıcı bir hastalıktır (4,5). *Listeria*, *Listeriaceae* ailesine ait iki cinsten birisidir. Günümüzde *Listeria* cinsi içerisinde tanımlanan 22 alt türden üçü önemli patojen olarak bilinmektedir. Bunlardan ilki *Listeria monocytogenes* olup insan ve birçok hayvan türünde hastalık etkeni olarak izole edilen en önemli patojendir. Diğer iki patojen tür olan *Listeria ivanovii* ve *Listeria innocua* ise daha az sıklıkla hayvan hastalıklarından sorumludur (6, 7). *Listeria monocytogenes*, Gram pozitif, 0,5-2,0 µm uzunluğa ve 0,4-0,5 µm genişliğe sahip, fakültatif anaerobik, kapsülsüz, sporsuz ve fakültatif intracellüler bir bakteridir. Etkenin optimum üreme sıcaklığı 35-37°C olmakla birlikte 1-45°C gibi geniş bir ısı aralığında üreyebilme potansiyeli vardır. Peritrik flagellaya sahip olan *L. monocytogenes*, 20-25°C'de 24 saatlik taze kültürde aktif hareket ederken, 37°C'de daha zayıf hareket etmektedir (8,9). Halotolerant ve bu nedenle %10'a kadar NaCl içeren ortamlarda çoğalabilmektedir (10). Düşük pH'lara tolerans gösterirler ve buzdolabı koşullarında gelişebilme yeteğine sahiptirler (11).

1.3. Bulaşma

Listeriozis, başta ılıman ve soğuk iklimler olmak üzere dünyanın birçok yerinde görülmektedir. Doğada geniş bir yayılma alanına sahip olan *Listeria* türleri su, silaj, mezbahane atıkları, hayvansal kaynaklı pişmemiş gıdalar, çiğ süt ve süt ürünleri, pişmemiş sebze ve meyveler, deniz ürünleri, insan ve hayvan dışkısı gibi pek çok alandan izole edilmektedir (8,9). Bu sebeple hastalığın başlıca bulaşma yolu; silaj, hasta veya asemptomatik hayvanların dışkısıyla kirlenmiş yem, su, çevre veya aborte hayvanlardan atılan fetal membran ve maternal plasentadır (1,12). *Listeria monocytogenes*'e karşı oldukça duyarlı olan ruminantlar (özellikle koyun ve keçiler), bu bakteriyi gastrointestinal kanallarında taşıyabilirler ve aralıklarla veya sürekli olarak uzun bir süre çevreye saçabilirler (13). *L. monocytogenes*, hayvanlarda genellikle subklinik seyrederken, epidemik ya da sporadik vakalar şeklinde de ortaya çıkabilir (14). Epidemik salgınlar şeklinde görülen listeriozis vakalarının çoğunda silajla beslenme gibi tek bir odağın hastalık kaynağını oluşturabileceği belirlenmiştir.



Resim 1. *L. monocytogenes*'in bulaş yolları

Kış mevsiminde kontamine silajla beslenme ve *L. monocytogenes*'in soğuk ortamlarda diğer patojen bakterilerin gelişmesini engellemesi ve kendisinin bu sıcaklarda çoğalmaya devam etmesiyle ilişkilendirilmektedir (1). Geviş getiren hayvanlarda, kontamine silaj yoluyla alınan *L. monocytogenes* ağız epitelini geçer, trigeminal sinir yoluyla beyin sapına ilerler ve tek taraflı cranial nerves felci ve dairesel hastalık sendromuna (circling disease) yol açar (15, 16).

Kuluçka süreleri hastalığın patogenezine göre değişir. Bu nedenle, septisemi formu için 1-2 gün kadar, abort için 2 hafta ve ensefalitik form için 4 ile 6 hafta arasındadır (1). Geviş getiren hayvanlarda klinik semptomlar arasında daha sık septisemi, ensafalit, abort gözlemlenirken, nadiren mastitis ve keratokonjunktivite de rastlanmaktadır (17, 14). Septisemi formu genellikle yenidoğan kuzularda görülmektedir. En sık görülen hastalık formları arasında yer alan ensafalit formu ise yetişkin evcil ruminantlarda kranial sinir felcine yol açan beyin sapına lokalize olmaktadır. Abort formu ise gebeliğin geç (son trimester) döneminde meydana gelmekte ve ateş, depresyon veya endometrit, birkaç gün boyunca kanlı vajinal akıntı ile birlikte görülebilir (1,14).

1.4. Tedavi

Listeria türleri, tüm hücre tiplerini invazive edebildiği için tedavisi oldukça güçtür (18). Bu yüzden erken dönemde tedavi uygulanması oldukça önemlidir. Tedavi süresi infeksiyonun şiddetine göre değişebilir. Genellikle, koyun ve keçilerde sinirsel semptomlar ortaya çıkmaya başladıktan hemen sonra ya da kronik formda tedavinin önemi kalmamaktadır (18). *Listeria* spp. sefalosporinler hariç mevcut olan birçok antimikrobiyal ajanlara duyarlıdır. Listeriozisin tedavisinde daha çok ampisilin ve gentamisin tercih edilmektedir (1). Koyun ensefalit formunda antibiyotik tedavisine yanıt genellikle zayıftır. Yüksek dozda bir aminoglikozid ile ampisilin (veya amoksisilin) uzun süreli tedavi rejimleri ile birlikte önerilir (19). Diğer antibiyotiklerden de sülfonamidler, penisilin ve tetrasiklinler profilaktik olarak kullanılabilir. Bunlara ilaveten terapötik olarak intravenöz sıvı ve bikarbonat uygulamasıyla dehidratasyon ve asidozun düzeltilmesi sağlanabilir (1). Fakat bağışıklık sistemi baskılanmış konakta iyileşme oranı düşüktür (18). İritis olgularında, subkonjonktival enjeksiyon şeklinde antibiyotik ve kortikosteroidlerin kombine kullanımıyla belirgin olarak iyileşme görülmektedir (19).

1.5. Koruma ve Kontrol

Listeria türleri, hayvalarda ciddi hastalık tablolarının oluşumuna neden olmakla beraber alınacak tedbirler ile kontrol altında tutulabilecek etkenler arasında yer almaktadır. Abort yapan hayvanlar kronik taşıyıcılar haline gelebilir bu sebeple sürüden ayrılmalıdır. *Listeria monocytogenes* yüksek oranda çevre kontaminasyonu (saman, silaj, ot, su ve çiftlik toprakları) ilişkilidir ve *Listeria* türlerinin tamamen ortadan kaldırılması mümkün değildir (1,20). Özellikle silajla ilişkilendirilen bir hastalık olduğu için silajın hazırlanmasında dikkatli olunmalıdır ve endemik bölgelerde hayvanlara silaj yedirilmemelidir (1,18). Hastalık salgınlarında koruyucu önlem olarak risk altındaki hayvanların rasyonlarına tetrasiklin kullanılmalıdır (18). Hayvan altlıkları için kullanılan malzemenin kaliteli olması ve kuru tutulması kontaminasyonu en aza indirmek için iyi bir önlemdir. Toprakları özellikle *L. monocytogenes*'in biyofilm hücrelerini yüzeylerden ayırmak ve bakterilerin yayılmasını azaltmak için enzimatik deterjan kullanılması bir diğer önemli uygulamadır (20). Yıllık vaka sayısını azaltmak için çiğ sütün rutin olarak test edilmesi gerekmektedir (21). Fakültatif intrasellüler ve invaziv bir karakteri olması nedeniyle *L. monocytogenes*'e karşı etkili bir aşı geliştirmek zordur. Koruma amacıyla bakteri hücre içinde lokalize olabildiğinden, uzun süreli bir hücresel bağışıklık yanıtı oluşturabildiğinden attenüe bir aşılama yeterli olabilir. Attenüe aşı hem doğal bağışıklığı hem de edinsel bağışıklık tepkisinin uyarılmasına neden olmaktadır (18). Bu çalışmada, Kars yöresinde yetiştirilen koyunlarda meydana gelen abort vakalarında *Listeria* spp.'nin varlığını araştırmak amaçlanmıştır. Bu kapsamda, 2023-2024 yılları arasında Kafkas Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Mikrobiyoloji Anabilim Dalı'na getirilen 15 adet atık koyun fetusu *Listeria* varlığı yönünden araştırılmıştır. Bu amaçla, aborte koyun fetuslarında *Listeria* varlığını belirleyebilmek için konvansiyonel ve moleküler metodolojilerden yararlanılmıştır.

2. MATERYAL VE METOT

2.1 Materyal

Bu çalışmanın materyalini, 2023-2024 yılları arasında Kafkas Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Mikrobiyoloji Anabilim Dalı'na getirilen 15 adet atık koyun fetusu oluşturmaktadır.

2.2 Metod

2.2.1 İzolasyon ve İdentifikasyon

Listeria spp. şüpheli laboratuvara getirilen aborte koyun fetuslarına ait iç organlardan ön zenginleştirme amacıyla, aseptik koşullar altında fetusa ait 25 gr organ örneği, 225 ml *Listeria* Enrichment Broth'a aktarıldı ve homojenize edildi ve mikroaerobik koşullarda 30°C'de 24-48 saat inkübasyona bırakıldı. İnkübasyondan sonra zenginleştirme besiyerlerinden *Listeria* Selektif Agara inokule edilerek 37°C'de 24-48 saat mikroaerobik şartlarda inkübe edildi. Kültüre edilen örneklerden, *Listeria* şüpheli parlak gri-siyah merkezlere sahip pürüzsüz, yuvarlak kolonilerin tanımlanması, Gram boyama özellikleri, 25°C'de yarı katı ortam motilitesi, biyokimyasal testleri (Tablo 1) ve CAMP reaksiyon testlerini takiben izolasyon gerçekleştirilmiştir. Daha sonra hemoliz varlığını görmek için Blood Agar'a inokule edildi ve mikroaerobik koşullarda 37°C'de 48 saat inkübasyona bırakıldı. *Listeria* şüpheli kabul edilen suşların türünü belirlemek için CAMP testine tabii tutuldu ve CAMP testi *R. equi* ile negatif, *S. aureus* ile pozitif bulundu.

<i>Listeria monocytogenes</i>	
Hareket	+
Katalaz	+
Oksidaz	-
Metil Red	+
Voges-Proskauer	+
İndol	-
H₂S	-

Tablo 1. *L. monocytogenes*'in bazı biyokimyasal test sonuçları

2.2.2 DNA Ekstraksiyonu

Moleküler inceleme amacıyla elde edilen *Listeria* spp. şüpheli izolatların ekstraksiyonu klasik Fenol-Kloroform-İzoamil Alkol yöntemi kullanılarak gerçekleştirildi. Bu amaçla, 200 µl FTS içeren ependorflara bir öze dolusu bakteri aktarıldı ve süspanse edildi. Üzerine 3 µl Proteinaz K (20 mg/ml) ilave edilip hafifçe vortekslendi. Daha sonra 400 µl NETS buffer lizis tampon solüsyonu eklenerek karışım 15 saniye vortekslendi. Önceden 65°C'ye ayarlanmış blok ısıtıcıda 20 dakika inkübe edildi. İnkübasyondan sonra hafifçe vortekslenip, üzerine 600 µl kloroform/izoamil alkol (24:1 oranında) ilave edildikten sonra her bir ependorf 15 saniye (süt rengi alana kadar) kuvvetlice vortekslenerek 13.000 rpm'de 10 dk santrifüj edildi. Üstteki süpernatant yeni steril bir godeye alındı. Üzerine (0.1) volüm (3M) sodyum asetat ve 2.5 volüm -20°C'de saklanan absöüt alkol ilave edilerek 15 sn vortekslendi ve bir gece boyunca -20°C'de bekletildi. Ertesi gün 13.000 rpm'de 10 dakika santrifüj edildi. Böylece presipite olan DNA pelet haline geldi. Üstteki sıvı pelete zarar verilmeden boşaltıldı. Sonra godelere -20°C'de saklanan (%70'lik) etanoldan 1 ml eklendi. Vortekslendikten sonra 13.000 rpm'de 10 dakika santrifüj edildi. Pelete zarar vermeden alkol boşaltıldı ve ependorflar kurutma kağıdına ters çevrilerek kuruması için oda ısısında 20 dk. boyunca bekletildi. Kuruduktan sonra üzerine 100 µl distile su eklenerek vortekslendi ve kullanılmaya kadar -20°C'de saklandı (24).

2.2.3 Moleküler Analiz

Ekstrakte edilen DNA'lara Bubert ve ark. (1999) tarafından bildirilen İap genine (invasion associated protein) spesifik amplifikasyonu hedefleyen primerler kullanılarak *Listeria* cins ve türe özel PCR'ler yapıldı. PCR'lerde standart suşlar olarak *L. monocytogenes* ATTC-7644 ve *L. ivanovii* tip 5 SLCC-2379 (Kafkas Üniversitesi kültür koleksiyonundan) kullanıldı.

**ISPEC 16th INTERNATIONAL CONFERENCE ON AGRICULTURE, ANIMAL
SCIENCE & RURAL DEVELOPMENT
November 15-17, 2024 / Konya, Türkiye**

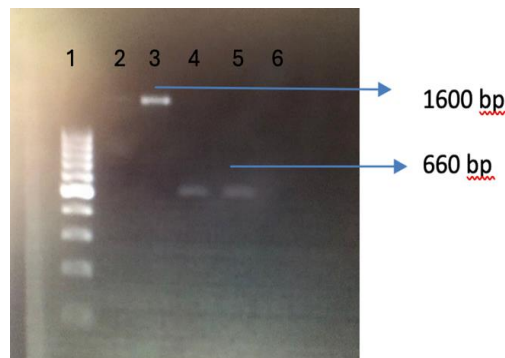
Primerler (5'-3')	Gen	Bant büyüklüğü (bp)	Kaynak
Cins Spesifik PCR			
Lis1A; 5'- ATGAATATGAAAAAAGCAAC -3'	iap	1600	Bubert et al. 1999
Lis1B; 5'- TTATACGCGACCGAAGCCAAC -3'			
Tür Spesifik PCR			
MonoA; 5'- CAAACTGCTAACACAGCTACT -3' (<i>L. monocytogenes</i>)	iap	660	Bubert et al. 1999
Ival; 5'- CTACTCAAGCGCAAGCGGCAC -3' (<i>L. ivanovii</i>)		1100	
Lis1B; 5'-TTATACGCGACCGAAGCCAAC-3' (common for both species)			

Her bir örnek için toplam hacminin 25 µl olarak belirlendiği cins ve türe özgü PCR reaksiyonları; 2,5 µl (10x) PCR tamponu, 2,5 µl (10 mM) MgCl₂, 0,5 µl (10 mM) dNTP, 0,25 µl (20 pmol) Primer F, 0,25 µl (20 pmol) Primer R, 0,2 µl Taq DNA Polimeraz, 14,8 µl ddH₂O ve 4 µl DNA örneğinden oluşturuldu.

Cins ve türe özgü PCR termal döngüsü, 95°C'de 5 dakikalık ilk denatürasyonun ardından 95°C'de 15 saniyelik denatürasyon, 58°C'de 30 saniyelik bağlanma, 72°C'de 50 saniyelik uzatmadan oluşan 30 denatürasyon döngüsü ve 72°C'de 10 dakikalık son uzatma ile programlandı. PCR ile elde edilen aplikonlar %1,5'lik jel elektroforezde yürütüldükten sonra görüntülendi (24).

2. SONUÇ

Bu çalışmada, 15 adet aborte koyun fetusuna ait iç organlardan *Listeria* spp. izolasyonu denenmiştir. Kültür işlemleri esnasında, *Listeria* Selektif Agar besiyerinde düzgün, yuvarlak ve merkezi parlak gri-siyah koloni yapısı ile *Listeria* spp. olarak tanımlanmıştır. Kanlı agarda saf β hemolitik koloniler gözlenmiştir. Suşlar, mikroskopik bulgulara göre spor oluşturmeyen, Gram-pozitif basil şeklinde görülmüştür. 25°C'de yarı katı besiyerindeki hareketliliği, katalaz, metil kırmızısı ve Voges-Proskauer testi ile pozitif reaksiyonu ve *S. aureus* ile pozitif CAMP reaksiyonuna dayanarak *L. monocytogenes* olarak belirlenmiştir. Moleküler analizde, cins spesifik PCR sonucunda 2 (%13.3) örnekte, 1600 bp uzunluğunda DNA bandı elde edilmiş ve *Listeria* spp. olarak tanımlanmıştır. Daha sonra *Listeria* kabul edilen 2 izolat, tür spesifik PCR analizi sonucunda 660 bp uzunluğunda DNA bandı vermiş ve bu 2 izolatta *L. monocytogenes* olarak identifiye edilmiştir (Şekil 1).



Şekil 1: *L. monocytogenes*'in cins ve tür PCR sonuçları: 1-DNA marker (100bp); Cins pozitif saha örnekleri (2-3); Tür pozitif saha örnekleri (4-5); negatif kontrol (6).

3. TARTIŞMA

Listeria monocytogenes, fakültatif hücre içi bir patojen olup başta evcil hayvanlar (sığır, koyun ve keçi) olmak üzere birçok farklı hayvan türünde invaziv hastalıklara neden olabilir (23). Ayrıca diğer gıda kaynaklı patojenlerden farklı olarak buzdolabı ısısında etkenin gelişebilmesi ve %10'a kadar NaCl içeren ortamlarda çoğalabilmesinden dolayı önemli bir halk sağlığı sorununu oluşturmaktadır (10, 19). Ruminantlarda özellikle koyunlarda en sık görülen klinik belirtileri ensefalitis, sepsisemi, abortustur ve ciddi ekonomik kayıplara neden olmaktadır (24). Bu nedenle hastalığın tanısının erken dönemde ve tanısal sensitivitesi yüksek olan tekniklerle yapılması oldukça önemlidir (25).

Ayaz ve ark. (2018), Ankara ve Kırıkkale illerinde yapmış oldukları ve üç farklı mezbahaneden topladıkları örnekleri *L. monocytogenes*'in yaygınlığı ve karakterizasyonu yönünden değerlendirmişler ve 120 adet karkas sürüntüsünden; 4 adet (%3,4) sığırdan ve 3 adet (%2,5) koyundan olmak üzere toplam 7 adet *L. monocytogenes* izole etmişlerdir. Şahin ve Beytut tarafından 2004 yılında yapılan bir çalışmada, Kars ili, Arpaçay ilçesine bağlı Taşlıdere köyünde 120 adet koyundan oluşan sürüde 5 adet aborte fetusun akciğer ve karaciğerinden *L. ivanovii* izole etmişlerdir.

Akça ve Şahin (2011) tarafından yapılan ve Kars yöresindeki atık yaptığı bilinen sığır sürülerinden aldıkları toplam 500 adet süt ve vajinal sıvı örneklerini kültürel olarak değerlendirdiklerinde süt örneğinin 2'sinden (%0.8) *L. monocytogenes*, vajinal sıvı örneklerinin 14 tanesinden *Listeria* spp. izole etmişlerdir, 7'sinden (%2.8) *L. monocytogenes* identifiye etmişlerdir. İap genini hedeflemeye yönelik PCR değerlendirmesinde 16 izolattan 5 adetinde pozitiflik görmüşlerdir. Ayrıca Akça ve ark. (2018) yaptığı diğer bir çalışmada Kars ilinde abort yapan koyunlardan alınan süt, vajinal sıvı ve aborte koyun fetuslarının abomasum içeriklerini kültür ve PCR yöntemleri ile araştırmışlardır. Süt ve vajinal sıvı örneklerinden izolasyon sağlayamamışlardır. Silajla besleme öyküsü olan 46 fetal abomasum içeriğinden sadece bir (%2.17) örnekte *Listeria* şüpheli koloni elde etmişlerdir. Bu izolatu, hem kültürel yöntemler hem de cins ve türe özgü PCR ile *Listeria ivanovii* olarak tanımlamışlardır.

Nightingale ve ark. (2004) tarafından 24 vaka ve 28 kontrol çiftliğinden oluşan bir çalışmada 2.056 örnek toplanmıştır. Toplam 414 (%20,1) örnekte *L. monocytogenes* izole etmişlerdir. Bu çalışmalarında, geniş getiren hayvan dışkılarında, yemlerinde ve çiftlik ortamında *L. monocytogenes*'in yaygınlığını tespit etmişlerdir. Bu çalışma sonucunda, sığırların *L. monocytogenes*'in çiftlik ortamında çoğalmasına ve yayılmasına katkıda bulunduğunu; geniş getiren hayvan ve özellikle sığır çiftlik ekosisteminin, insan listeriozis vakaları ve salgınlarıyla bağlantılı alt tipler de dahil olmak üzere yüksek bir *L. monocytogenes* yaygınlığını koruduğunu ve bu nedenle *L. monocytogenes* için önemli bir doğal rezervuar oluşturabileceğini ve *L. monocytogenes* alt tiplerinin hayvanları enfekte etme ve çiftlik ortamlarında hayatta kalma yetenekleri bakımından farklılık gösterebileceğini göstermişlerdir. Mahmood ve Al-Gburi'nin (2024) yapmış olduğu bir çalışmada ise abort yapmış 50 adet inek iç organının (beyin ve karaciğer) 2'sinde (%4) *L. monocytogenes* tespit etmişlerdir. İap geni kullanılarak yaptıkları moleküler analizde, iki izolatu *L. monocytogenes* bulmuşlardır.

Mevcut çalışmada, Kars yöresinde 15 adet aborte fetus örneği *Listeria* spp. varlığı yönünden konvansiyonel ve moleküler yöntemlerle araştırılmıştır. Çalışma sonucunda, 2 (%13.3) adet aborte fetus örneğinden *L. monocytogenes* belirlenmiştir. Bu çalışma sonuçları diğer çalışmalarla (Ayaz ve ark. 2018, Akça ve Şahin 2011, Akça ve ark. 2018 ve Mahmood ve Al-Gburi'nin 2024) karşılaştırıldığı zaman daha yüksek oranda bulunduğu görülmüştür. Bunun

nedenleri arasında, kullanılan materyalin türü, örnek sayısı, çalışma bölgelerinin farklı oluşu sayılabilir. Ayrıca mevcut çalışmada, silajla beslenme öyküsü olan ve Listeriozis şüphesi olan aborte fetus örnekleri çalışma kapsamında incelenmiştir. Bu durum sonucun daha yüksek çıkmasını desteklemektedir. Sonuç olarak çalışmanın yapıldığı Kars Yöresi'nde atık yapan koyunlarda *L. monocytogenes* varlığı %13.3 oranında belirlenmiştir. Diğer aborta sebep olan bakteriyel etkenlerle beraber *Listeria* türlerinde göz önüne alınması gerektiği ortaya konulmuştur. Özellikle zoonoz karakterde olan bu etkenin abort yapan hayvanlar ve aborte fetus'a ait materyallerle bulaşabileceği göz önüne alınırsa infekte hayvanların belirlenmesi gerekli koruma kontrol önlemlerinin alınması adına önemlidir. Çalışma sonucunda, hayvan yetiştiriciliğinin ve hayvansal ürünlerin fazlaca üretildiği ve pazarlandığı Kars ilinde çiftlik sahiplerinin, hayvan bakıcılarının, gıda ürünleri üretimi yapılan işletmelerin personelinin ve hatta veteriner hekimlerin enfeksiyonlar hakkında bilgilendirilmelerine önem verilmelidir. Ayrıca daha kapsamlı çalışmaların planlanarak uygulamaya konması, halk sağlığı açısından önemli olduğu gibi ekonomik faydalarda sağlayacaktır.

Kaynakça

1. Özçelik, N. (2009). *Listeria monocytogenes*'in tanımı, bulunuşu ve neden olduğu hastalıklar. *Med J SDU*, 1(1).
2. Hof, H. (2003). History and epidemiology of listeriosis. *FEMS immunology and medical microbiology*, 35(3), 199–202. [https://doi.org/10.1016/S0928-8244\(02\)00471-6](https://doi.org/10.1016/S0928-8244(02)00471-6)
3. Seeliger H. P. (1988). Listeriosis history and actual developments. *Infection*, 16 Suppl 2, S80–S84. <https://doi.org/10.1007/BF01639726>
4. Picoux, J.B. (2008). Ovine Listeriosis. *Small Ruminant Research*, 76(1):12-20 DOI: 10.1016/j.smallrumres.2007.12.022
5. Maury, M. M., Chenal-Francisque, V., Bracq-Dieye, H., Han, L., Leclercq, A., Vales, G. ... Lecuit, M. (2017). Spontaneous loss of virulence in natural populations of *Listeria monocytogenes*. *Infection and immunity*, 85(11), e00541-17. <https://doi.org/10.1128/IAI.00541-17>
6. Orsi, R. H., Liao, J., Carlin, C. R. ve Wiedmann, M. (2024). Taxonomy, ecology, and relevance to food safety of the genus *Listeria* with a particular consideration of new *Listeria* species described between 2010 and 2022. *Mbio*, 15(2), e00938-23.
7. Sahin, M. ve Beytut, E. (2006). Abortions in sheep due to *Listeria ivanovii* in the Kars region. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Science*, . 30, 503-506.
8. Berktaş, M., Bozkurt, E. N., Bozkurt, H., Alişarlı, M. ve Güdücüoğlu, H. (2006). Et ve et ürünlerinden *Listeria monocytogenes*'in izolasyonu. *Van Tıp Dergisi*, 13(2),36-41.
9. Yavuz, M. ve Korukluoğlu, M. (2010). *Listeria monocytogenes*'in gıdalardaki önemi ve insan sağlığı üzerine etkileri. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 24(1), 1-10.
10. Bagatella, S., Tavares-Gomes, L. ve Oevermann, A. (2022). *Listeria monocytogenes* at the interface between ruminants and humans: A comparative pathology and pathogenesis review. *Veterinary pathology*, 59(2), 186–210. <https://doi.org/10.1177/03009858211052659>.
11. Vázquez-Boland, J. A., Kuhn, M., Berche, P., Chakraborty, T., Domínguez-Bernal, G., Goebel, W. ... Kreft, J. (2001). *Listeria* pathogenesis and molecular virulence determinants. *Clinical microbiology reviews*, 14(3), 584–640. <https://doi.org/10.1128/CMR.14.3.584640.2001>
12. De Angelis, M. E., Martino, C., Chiaverini, A., Di Pancrazio, C., Di Marzio, V., Bosica, S. ... Pomilio, F. (2022). Co-Infection of *L. monocytogenes* and *Toxoplasma gondii* in a sheep flock causing abortion and lamb deaths. *Microorganisms*, 10(8), 1647. <https://doi.org/10.3390/microorganisms10081647>

13. Schoder, D., Pelz, A. ve Paulsen, P. (2023). Transmission scenarios of *Listeria monocytogenes* on small ruminant on-farm dairies. *Foods (Basel, Switzerland)*, 12(2), 265. <https://doi.org/10.3390/foods12020265>
14. Quereda, J. J., Morón-García, A., Palacios-Gorba, C., Dessaux, C., García-Del Portillo, F., Pucciarelli, M. G. ve Ortega, A. D. (2021). Pathogenicity and virulence of *Listeria monocytogenes*: A trip from environmental to medical microbiology. *Virulence*, 12(1), 2509–2545. <https://doi.org/10.1080/21505594.2021.1975526>
15. Obaidat, M.M. ve AlShehabat, I.A. (2023). High multidrug resistance of *Listeria monocytogenes* and association with water sources in sheep and goat dairy flocks in Jordan. *Preventive Veterinary Medicine*, 215:105922. DOI: 10.1016/j.prevetmed.2023.105922. PMID: 37084631.
16. Chand, P. ve Sadana, J. R. (1999). Outbreak of *Listeria ivanovii* abortion in sheep in India. *The Veterinary record*, 145(3), 83–84. <https://doi.org/10.1136/vr.145.3.83>
17. Cardenas-Alvarez, M. X., Zeng, H., Webb, B. T., Mani, R., Muñoz, M. ve Bergholz, T. M. (2022). Comparative genomics of *Listeria monocytogenes* isolates from ruminant listeriosis cases in the Midwest United States. *Microbiology spectrum*, 10(6), e0157922. <https://doi.org/10.1128/spectrum.01579-22>
18. Dhama, K., Karthik, K., Tiwari, R., Shabbir, M. Z., Barbuddhe, S., Malik, S. V. S. ve Singh, R. K. (2015). Listeriosis in animals, its public health significance (food-borne zoonosis) and advances in diagnosis and control: a comprehensive review. *Veterinary Quarterly*, 35(4), 211-235.
19. Low, J. C. ve Donachie, W. (1997). A review of *Listeria monocytogenes* and listeriosis. *The Veterinary Journal*, 153(1), 9-29.
20. Rodriguez, C., Taminiau, B., García-Fuentes, E., Daube, G. ve Korsak, N. (2021). *Listeria monocytogenes* dissemination in farming and primary production: Sources, shedding and control measures. *Food Control*, 120, 107540.
21. Latorre, A. A., Pradhan, A. K., Van Kessel, J. A., Karns, J. S., Boor, K. J., Rice, D. H. ... Schukken, Y. H. (2011). Quantitative risk assessment of listeriosis due to consumption of raw milk. *Journal of food protection*, 74(8), 1268–1281. <https://doi.org/10.4315/0362-028X.JFP-10-554>
22. Sepahvand, F., Rashidian, E., Jaydari, A. ve Rahimi, H. (2022). Prevalence of *Listeria monocytogenes* in raw milk of healthy sheep and goats. *Veterinary Medicine International*, 2022(1), 3206172.
23. Nightingale, K. K., Schukken, Y. H., Nightingale, C. R., Fortes, E. D., Ho, A. J., Her, Z. ... Wiedmann, M. (2004). Ecology and transmission of *Listeria monocytogenes* infecting ruminants and in the farm environment. *Applied and environmental microbiology*, 70(8), 4458–4467. <https://doi.org/10.1128/AEM.70.8.4458-4467.2004>

24. Akça, D. ve Sahin M. (2011). Kars yöresi sığırlarından alınan süt ve vajinal sıvı örneklerinden *Listeria* türlerinin araştırılması. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 17(6).
25. Akca, D., Buyuk, F., Celik, E., Saglam, A. G., Otlu, S., Dag, S. ve Sahin, M. (2022). Phylogenetic positioning of *Listeria ivanovii* identified in aborted sheep in Kars Region (Turkey). *The Thai Journal of Veterinary Medicine*, 52(1), 145-150.
26. Çeribaşı, S., Kızıl, Ö. ve Karahan, M. (2013). Listeriyozisli koyunlarda klinik, patolojik ve mikrobiyolojik bulgular. *Fırat Üniversitesi Sağlık Bilimleri Veteriner Dergisi*, 27(1), 1-5.
27. Ayaz, N. D., Onaran, B., Cufaoglu, G., Goncuoglu, M., Ormanci, F. S. ve Erol, I. (2018). Prevalence and characterization of *Listeria monocytogenes* isolated from beef and sheep carcasses in Turkey with characterization of locally isolated listeriophages as a control measure. *Journal of food protection*, 81(12), 2045–2053. <https://doi.org/10.4315/0362-028X.JFP-18-310>
28. Mahmood, S. A. ve Al-Gburi, N. M. (2024). Detection of antimicrobial resistance of *Listeria monocytogenes* isolated from aborted cows in Iraq. *Assiut Veterinary Medical Journal*, 70(183):443-454.
29. Bubert, A., Hein, I., Rauch, M., Lehner, A., Yoon, B., Goebel, W. ve Wagner, M. (1999). Detection and differentiation of *Listeria* spp. by a single reaction based on multiplex PCR. *Applied and environmental microbiology*, 65(10), 4688-4692.

VETERİNER PRATİKTE PRE-EMPTİF ANALJEZİNİN ÖNEMİ

Rojda CANLI (ORCID:0000-0002-9041-5802)

Dicle Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Diyarbakır
Email:rojdacanli.vet@gmail.com

Prof. Dr. Sadık YAYLA (ORCID:0000-0001-6734-421X)

Dicle Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Cerrahi Anabilim Dalı, Diyarbakır
Email:sadikyayla@gmail.com

Özet

Geçmişten günümüze insan ve hayvan arasındaki etkileşimin giderek arttığı gözlemlenirken hayvanların toplumda daha fazla yer edindiği dikkat çekmektedir. Bu etkileşim sonucunda insanlar, toplumdaki hayvanların travmatik veya non-travmatik birçok etkene maruz kalma insidansının artmasına bağlı olarak bakımı, beslenmesinin yanısıra sağlık durumları ile de yakından ilgilenme gereksinimi duymaktadır. Meydana gelen lezyonun travmatik veya non-travmatik kaynaklı olması fark etmeksizin günümüzde vital bulgular içerisinde yer alan ağrının mutlaka değerlendirilmesi gerekmektedir. Ağrının varlığı ve kontrol altına alınması hastanın konforu, hekimin mesleki sorumluluğu açısından son derece önemli kabul edilmekte ve iyileşmeyi etkilediğinden göz ardı edilmemelidir. Veteriner hekimlikte ağrının kontrolü için birçok preparat ve yöntem mevcuttur. Bunlardan bir tanesi olan ve literatürde sıklıkla geçen pre-emptif analjezi terimi, cerrahi veya invaziv bir işlemde hemen önce analjeziklerin sistematik olarak uygulanması, ameliyat sonrası ağrı müdahalesine olan ihtiyacı azaltması ile tanımlanmaktadır. Pre-emptif analjezinin, ağrılı uyarandan sonra uygulanan analjeziklere göre daha etkili bir analjezik yöntem olduğu bilinmektedir. Ayrıca ağrı kontrolünde olumlu bir rolü olan pre-emptif analjezinin ve bu yöntemle kullanılan ilaçların, perioperatif anestezi madde kullanımını azaltarak postoperatif süreçte komplikasyon görülme durumlarını en aza indirmektedir. Pre-emptif analjezinin, ağrı oluşturacak her türlü uyarandan önce uygulanması endikedir. Pre-emptif analjezi sağlamak için sıklıkla kullanılan ilaçlar arasında NSAII (Non-Steroid Anti İnflamatuar İlaçlar), opioidler ve lokal anestezi ajanlar yer almaktadır. Uygulanacak işleme ve meydana gelen ağrının şiddetine göre uygun analjezik seçimi çok önemlidir. Bu analjezik ajanların farklı farklı yan etkileri görülse de (örneğin kedilerde opioidlerin uygulanmasını takiben mide bulantısı, kusma, gastroözofageal reflü, disfoni, midriyazis; NSAII kedilerde yaygın kullanımda böbrek yetmezliği, gastrointestinal kanamalar vs.) tek başlarına kullanılabilmesi mevcut iken analjezik etkiyi arttırmak ve analjezik ilaçların yan etkisini azaltmak amacıyla daha düşük dozlarda bir arada kullanılması da mümkündür. Özetle pre-emptif analjezide ilaçlar tek başlarına kullanılabilirdiği gibi birbirleriyle aditif ve sinerjik etki oluşturarak ve multimodal analjezi olarak tanımlanan ağrı kontrolünde önemli rol oynayan analjezik yöntemiyle de kullanılmakta ve veteriner hekimliğinde gün geçtikçe yaygınlaşmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Ağrı, Pre-emptif Analjezi, Ortopedi

IMPORTANCE OF PRE-EMPTIVE ANALGESIA IN VETERINARY PRACTICE

Abstract

While it is observed that the interaction between humans and animals has been increasing from past to present, it is noteworthy that animals have gained more place in society. As a result of this interaction, people feel the need to be closely interested in the health status of animals in society, in addition to their care, nutrition and health conditions, due to the increasing incidence of exposure to many traumatic or non-traumatic factors. Regardless of whether the lesion is traumatic or non-traumatic, pain in vital signs must be evaluated today. The presence and control of pain is considered extremely important in terms of the patient's comfort and the professional responsibility of the physician, and should not be ignored since it affects recovery. There are many preparations and methods for pain control in veterinary medicine. One of these, the term pre-emptive analgesia, which is frequently used in veterinary literature, is defined as the systematic application of analgesics immediately before a surgical or invasive procedure, reducing the need for post-operative pain intervention. It is known that pre-emptive analgesia is a more effective analgesic method compared to analgesics applied after a painful stimulus. In addition, pre-emptive analgesia, which has a positive role in pain control, and the drugs used with this method reduce the use of perioperative anesthetic agents and minimize the occurrence of complications in the postoperative process. Pre-emptive analgesia is indicated to be applied before any stimulus that will cause pain. NSAIDs (Non-Steroidal Anti-Inflammatory Drugs), opioids and local anesthetic agents are among the drugs frequently used to provide pre-emptive analgesia. The selection of the appropriate analgesic according to the procedure to be applied and the severity of the pain that occurs is very important. Although these analgesic agents have different side effects (for example, nausea, vomiting, gastroesophageal reflux, dysphoria, mydriasis following the application of opioids in cats; renal failure, gastrointestinal bleeding, etc. in NSAIDs commonly used in cats), they can be used alone, but it is also possible to use them together at lower doses to increase the analgesic effect and reduce the side effects of analgesic drugs. In summary, drugs can be used alone in pre-emptive analgesia, but they can also be used with an analgesic method that creates additive and synergistic effects with each other and plays an important role in pain control, defined as multimodal analgesia, and is becoming more widespread in veterinary medicine.

Keywords: Pain, Pre-emptive Analgesia, Orthopedics

1. GİRİŞ

Günümüzde veteriner hekimliğinde önemli bir yer tutan ağrı konusunda hala yeterli bir ilerleme kaydedilememiştir. Bu durum hayvanların insanlar gibi iletişim becerisinin olmaması ve mevcut ağrı durumlarını hekime iletememesinden kaynaklanmaktadır. Bu sebepten ötürü veteriner hekimlere ağrının tespiti ve tedavisi gibi bir sorumluluk yüklenmektedir. Ağrının kontrolü amacıyla şu an veteriner pratikte kullanılan birçok preparat mevcut olsa da bu ilaçların istenmeyen birçok etkisi de mevcuttur. Bu ilaçların yan etkileri olsa bile uygun şekilde kullanıldıklarında hastanın sağlığına ve iyileşme sürecine katkıda bulunduğu yadsınamaz bir gerçektir (Pekcan & Yağcı, 2020, s. 74).

2. AĞRI

Uluslararası Ağrı Araştırmaları Birliği (IASP) tarafından “Mevcut veya potansiyel doku hasarı ile ilişkili hoş olmayan duygusal ve emosyonel bir deneyim” olarak tanımlanan ağrı günümüzde vital bulgular içerisinde değerlendirilmektedir. Ağrı, bir hastalık olmasa bile patolojik bir semptomdur ve tedavi edilmelidir (Öngel, 2017 s. 12; Pekcan & Karşlı, 2022, s. 478).

2.1. Ağrı Yönetimi

Ağrının yönetimi ve tedavisindeki ilk basamak ağrının değerlendirilmesidir (Steagall & Monteiro, 2019, p. 25). Ağrısı bulunan hastada birtakım fizyolojik ve davranışsal değişiklikler görülebilir. Ağrılı uyarandan etkilenen hastanın gergin olduğu, endişeli baktığı ve korkulu olduğu yapılan çalışmalarda belirtilerek bunların yanı sıra taşikardi, taşipne, hipertansiyon, aritmiler, pupilla dilatasyonu, salivasyon ve hiperglisemi gibi fizyolojik durumların da görüldüğü dikkat çekmektedir (Alkan & Baydaş, 2001 s. 88; Tan & Yayla, 2018, s. 10). Ağrı yönetimi, hastanın analjezik ihtiyacını tespit etmek ve uygulanan işleme göre ağrının şiddetini belirlemek amacıyla önemlidir (Ermutlu, 2018, s. 45).

Ağrı; hafif, orta ve şiddetli olarak derecelendirilebilir. Minimal invaziv işlemler sırasında ortaya çıkan hafif şiddetli ağrıda, ağrı hasta tarafından tolere edilebilir ve dikkat çekici davranış değişikliklerine sebep olmaz ancak hasta yanına yaklaşılmaması ve ağrılı bölgeye dokunulmasına müsaade etmeyebilir. Orta şiddetli ağrı oluşturacak işlemler için laparotomi, kastrasyon, intraartiküler cerrahi girişimler örnek verilebilir ve bu şiddette ağrısı olan hastada fizyolojik parametrelerin büyük oranda değiştiği gözlemlenirken aynı zamanda hastanın davranışsal tepkilerindeki durumlarda dikkat çekecek boyutta olabilir. Şiddetli ağrı durumları ise genellikle yanıklar, ortopedik operasyonlardan kaynaklı görülmektedir ve şiddetli derecede ağrısı bulunan hastaların hem fizyolojik hem de davranışsal olarak birçok değişikliğe maruz kaldığı görülmektedir. Hafif şiddetli ağrı hasta tarafından tolere edilebilse de orta şiddetli ve şiddetli ağrılarda mutlaka analjezik bir ajan kullanılmalı ve ağrı kontrol altına alınmalıdır (Alkan & Baydaş, 2001 s. 89; Tan & Yayla, 2018, s. 10).

Ağrı yönetiminde rol oynayan ve günümüzde sık kullanılan anestezikler-analjezikler arasında opioidler, alfa-2 adrenoseptör agonistleri (ksilazin, romifidin, medetomidin, deksmedetomidin) ve lokal anestezik ajanlar bulunur. Diğer analjezik ajanlar arasında dissosiyatifler (ketamin ve tiletamin), tramadol, steroidler ve NSAİİ'lar bulunur (Ko, 2013, p. 353).

2.1.1. NSAİİ (Non-Steroid Anti İnflamatuar İlaçlar)

Ağrı kesici, ateş düşürücü, yangı önleyici etkileri bulunan nonsteroidal antiinflamatuvar ilaçlar (NSAİİ) veteriner hekimliğinde yaygın kullanılan analjeziklerdendir ve ağrı yönetiminde önemli bir yer tutmaktadır. Parasetamol, karprofen, ketoprofen, meloksikam, flunixin meglumin, etodolak, derakoksib, firokoksib, tepoksalin bu grupta yer alan preparatlardır. Bu preparatlar kullanılırken hastanın türü, yaşı, cinsiyeti, kronik rahatsızlıkları ve gebelik durumu dikkate alınmalıdır. Örneğin parasetamol kullanılırken kedilerin glukuronidasyon mekanizmasının yeterince çalışmadığı ve karaciğerde metabolize edilen bu ilacın toksisite oluşturma ihtimali göz önüne alınmalıdır. Kedi ve köpeklerde en çok kullanılan preparatlar meloksikam, ketoprofen, karprofendir. NSAİİ ilaçlar, minimal renal veya hematolojik yan etkiye sebep olsa da kullanım süresi ve doza dikkat edilmediğinde gastrointestinal, renal ve hepatik bozukluklara sebep olabilir. Ayrıca duyarlılığı bulunan, kanama bozukluğu, karaciğer ve böbrek yetmezliği gibi kronik rahatsızlığı bulunan ve ilacın atılımında rol oynayan organların fonksiyon bozukluğu bulunan hastalarda kullanımı sınırlandırılmalıdır. Örneğin köpeklerde ketoprofenin anti-trombosit özelliğinden dolayı ameliyattan önce kullanılmaması gerekir. Yine bu ilaçlarla birlikte kullanılan diğer ilaçların mekanizmalarının ve etkilerinin iyi bilinmesi gereklidir. Özellikle kortikosteroidler ile kullanımı iyileşme sürecini olumsuz etkilediğinden ötürü önerilmemektedir. Meloksikam ve robenakoksib, dışkı yolu ile atılır. Meloksikam oksidatif yollarla metabolize edilirken robenakoksibin metabolizması hakkında bir bilgi mevcut değildir (Karademir & Boyacıoğlu, 2014, s. 139; Taylor et al, 2024, s. 3). NSAİİ ilaçlar oral olarak kullanılacaksa anesteziden 1-2 saat önce kullanılmalıdır ancak böyle durumlarda hastada kusma meydana gelebileceği göz önünde bulundurulmalıdır. Enjeksiyonluk preparatlar indüksiyondan sonra, intraoperatif veya postoperatif süreçte analjezi sağlamak için kullanılabilir. Bu ilaçlar ameliyattan hemen önce verilecekse hastanın dehidratasyon durumu değerlendirilmelidir. Premedikasyon için, NSAİİ'lerin oral formülasyonları anestezi indüksiyonundan 1-2 saat önce uygulanabilir veya enjekte edilebilir NSAİİ'ler anestezi öncesi ilaç olarak veya anestezi indüksiyonundan sonra ve hem intraoperatif hem de postoperatif analjezi ve antiinflamatuvar etkiler için ameliyattan hemen önce verilebilir (Ko, 2013, p. 359).

2.1.2. Alfa-2 Adrenoseptör Agonistleri

Bu gruptaki yer alan ksilazin, medetomidin ve deksmedetominin sedatif, kas gevşetici ve analjezik özelliklerinden dolayı veteriner pratikte kullanımları yaygındır. Güvenilir sedasyon sağlanması ve gerektiğinde ilacın etkisini ortadan kaldırmak amacıyla antagonistlerinin bulunması bu ilaçları veteriner pratikte vazgeçilmez kılmaktadır ancak her ilaçta olduğu gibi bu grup ilaçlarda da istenmeyen yan etkiler mevcuttur. Tek başlarına kullanımı sınırlı analjezik sağladığından dolayı analjezik amaçla kullanımları pek tercih edilmez. Genellikle multimodal protokollerle birlikte kullanımı önerilen bu ilaçların kardiyovasküler sistem üzerine birtakım yan etkileri bulunmaktadır. Bradikardi, hipotermi, diürezis ve hiperglisemiye sebep olduklarından dolayı dikkatli kullanılması gerektiği hususunda çalışmalar mevcuttur. Bazı çalışmalarda kalp hastalığı olan kedilerde medetomidinin kullanımıyla alakalı çekinceler vurgulanırken bazı çalışmalarda ise sol ventrikül hipertrofisi olan kedilerde medetomidinin kullanımı önerilmektedir. Yan etkilere sebep olsa bile bu grup ilaçların güvenilir doz aralığına sahip olması ve istendiği zaman ilacın etkilerini geri döndürmek için atipamezol gibi antagonistlerinin bulunması bu ilaçların kullanım oranını arttırmaktadır (Self, 2019, p. 201; Steagall et al, 2022, p. 19). Öte yandan bu ilaçlar kusmaya sebep olduğundan dolayı özellikle

göz içi basıncı ve kafa içi basıncı yüksek hastalarda kullanımından kaçınılmalıdır (Robertson, 2005, p. 265).

2.1.3. Opioidler

Opioidler akut ve kronik ağrı yönetiminde sıklıkla kullanılan etkili bir analjezik grubudur. Bu grupta morfin, fentanil, buprenofin, butarfonal gibi ilaçlar yer alır. Bu ilaçlar sinir sisteminde yer alan opioid reseptörlerine bağlanır ve nörotransmitterlerin salınımını azaltır ve nöronal postsinaptik hücre zarını hiperpolarize ederek afferent duyuşal nöronlarda Ca²⁺ girişini engeller ve inen inhibitör yollarını aktive eder. Net sonuç antinositif bir etkidir, böylece analjezi üretir (Steagall et al, 2022, p. 11). Güçlü analjezik özelliklerinin yanısıra uygulama dozu ve şekli çok önemlidir. Bu ilaçların uygulanması esnasında bireysel etkiler göz önüne alınmalıdır. Opioidlerin kedilerde SC (derialtı) uygulanması kusmaya sebep olduğundan IM ve IV olarak uygulanması önerilmektedir. Bu gruptaki ilaçlar alfa-2 adrenoreseptör agonistleri ile sinerjistik bir etki oluşturur. Birlikte kullanıldıklarında özellikle operasyon öncesinde birçok faydası görülebilir. Hem akut hem de kronik ağrı için etkili bir ilaç grubu olan opioidlerin hem beşerî tıpta hem de veteriner tıpta çok önemli bir yeri vardır. Özellikle kanserle ilişkili ve yoğun bakım sürecindeki hastalar için vazgeçilmez bir etkisi vardır (Epstein et al, 2015, p. 256). Birçok analjezik ilaç grubu olsa da orta şiddetli ve şiddetli ağrıya sahip hastalarda ağrının tedavisi amacıyla opioidler önemli bir yer tutar (Hellyer, 2002, p. 213).

2.1.4. Lokal Anestezikler

Sodyum kanallarını bloke ederek nosiseptif uyarıların iletilmesini engelleyen lokal anestezikler ağrıyı direkt kesen tek analjezik grubudur (Grim et al, 2015, p. 332). Bu grupta lidokain, bupivakain, ropivakain, mepivakain ve artikain yer alır. Bu ilaçlar arasında evcil hayvanlarda en sık kullanılanı lidokain ve bupivakaindir (Vicente & Bergström, 2018, p. 923). Lokal anesteziklerin toksisite oluşturma ihtimali diğer analjezik ajanlara oranla daha düşüktür. Ayrıca genel anesteziklerin kullanım dozunu düşürerek postoperatif dönemde de etkisini sürdüren uzun süreli analjezik etkileri sayesinde iyileşmeye katkı sağlarlar (Grim et al, 2015, p. 332; Grubb & Lobprise, 2020, p. 212). Enjekte edildikten 10-15 dk sonra etkisini gösteren lidokainin 60-120 dakikalık bir etkisi varken bupivakainin etkisi 20-30 dakikada başlar ve 240-360 dakika sürer. İki ilaç kombine kullanıldığında hızlı bir şekilde etki eder ve etki süresi daha uzun sürer. Ayrıca iki ilacın da kullanım dozu düşer (Vicente & Bergström, 2018, p. 923). Ancak bu ilaçların uygulanması esnasında uygulama yeri ve dozuna dikkat etmekte fayda vardır. Lokal anestezikler ister anestezi amacı ile ister analjezi amacı ile olsun her kullanıldıklarında iğne yerinin doğru saptanması ve uygulama öncesi aspire edilmesi önem arz etmektedir. Lidokain dışındaki diğer lokal ajanların IV verilmemesi gerekir (Grubb & Lobprise, 2020, p. 212). Lidokainin IV uygulanması güvenli sayılsa da istenmeyen etkilerin görülme oranı maalesef düşük değildir. Uygun dozda kullanılmayan lidokain birtakım yan etkilere sebep olmaktadır. Düşük doz kullanılması sonucunda kas seğirmeleri, güçsüzlük ve görme problemlerine sebep olurken yüksek doz lidokainin koma, solunum durması ve derin merkezi sinir sistemi depresyonu sonucu ölüm şekillenebilir. Lidokain dışında veteriner pratikte sıklıkla kullanılan bir diğer lokal ajan bupivakaindir. Bupivakainin de lidokaininkine benzer yan etkileri vardır bu yan etkilere ek olarak kardiyotoksik etkisi bulunan bupivakainin bu etkilerinin, diğer lokal anesteziklere nazaran yüksek lipofiliteye sahip olması sebebiyle sodyum kanal blokajının daha uzun sürmesinden kaynaklı olduğu belirtilmiştir. Bu sebeple bu iki ajanın dozuna dikkat etmekte fayda vardır. Lokal ajanların bir diğer olumsuz etkisi ise anafaksi oluşturmalarıdır.

(Steagall et al,2022, p. 15, Grubb & Lobprise, 2020, p. 213)

3. PRE-EMPTİF ANALJEZİ

Preoperatif ve postoperatif süreçte ağrının önlenmesi veya en aza indirilmesi amacıyla özellikle son yıllarda popülerlik kazanan pre-emptif analjezinin amacı, hastanın ağrılı uyarana maruz kalmadan önce uygun doz ve şekilde analjezik ilaçların verilmesiyle ağrının meydana gelmeden ortadan kaldırılmasıdır. Yapılan birçok çalışmada cerrahi travmadan önce kullanılan bir analjezik ajanın etkisinin cerrahi travmadan sonra verilen analjezik ajana göre daha etkili bir analjezi sağladığı görülmüştür. Pre-emptif olarak opioidler, NSAİİ, alfa-2 adrenoreseptör agonistleri ve lokal anesteziyelere süreçte rol oynayabilir. Pre-emptif analjezi sağlamak için bu ilaçlar tek başlarına kullanılabilir gibi aditif ve sinerjik etki yaratarak beraber kullanılıp istenmeyen yan etkileri ortadan kaldırmak ve ilaç kullanım dozunu azaltmak amacıyla multimodal analjezi olarak tanımlanan yöntem ile birlikte de kullanılabilirler (Ko, 2013, p. 353; Pekcan, 2016, s. 633; Gökhan, 2023, s. 29).

4. SONUÇ

Geçmişten günümüze veteriner hekimlik ve bu alanda yapılan çalışmalar giderek ilerlemekte, ayrıca her geçen gün yeni literatürler, bilim camiasına kazandırılmaktadır. Buna rağmen veteriner hekimliği alanında hastalar ile sözlü iletişim kurulamadığından ağrı ve analjezi konusu göz ardı edilmemesi gerekir ve ağrının değerlendirilmesi ve yönetimi konusu hayati bir durum olarak kabul edilmelidir. Ayrıca ağrı, hayvanın daha sonraki yaşamında davranışsal, fizyolojik ve psikolojik olarak sıkıntılı süreçler yaşamasına sebep olmaktadır. Tedavinin gecikmesi veya yapılamamasından dolayı tedavisi daha zor olan kronik ağrının gelişmesi birçok olguda kaçınılmaz bir durumdur. Bu nedenle ağrı yönetimi, travmatik veya non-travmatik durum fark etmeksizin yapılmalıdır. Ağrı yönetimi esnasında dikkat edilmesi gereken bir diğer husus ise ağrı yönetiminin zamanlamasıdır. Ağrılı uyarandan önce önleyici tedavinin uygulanması ağrının başlamadan giderilmesini sağlar. Bu amaçla günümüzde pre-emptif analjezi birçok araştırmacı tarafından önerilmektedir.

Bu çalışmada ağrı, ağrının sebep olduğu sekonder komplikasyonların ciddiyeti ve bu komplikasyonların meydana gelmemesi için etkili bir ağrı yönetimi için analjezik programın önemini vurgulamak amaçlandı.

5. KAYNAKÇA

- Alkan, İ., & Baydaş, B. (2001). Ağrı ve postoperatif analjezi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 14(1), 87-90.
- Epstein, M. E., Rodanm, I., Griffenhagen, G., Kadrlık, J., Petty, M. C., Robertson, S. A., & Simpson, W. (2015). 2015 AAHA/AAFP pain management guidelines for dogs and cats. *Journal Of Feline Medicine And Surgery*, 17(3), 251-272. doi: 10.1177/1098612X15572062
- Ermütlu, C. Ş. (2018). Köpeklerde sevofloran ile oluşturulan inhalasyon anestezi öncesinde ksilazin-ketamin ya da propofol kullanımının postoperatif ağrı üzerine etkinliklerinin karşılaştırılması. *Veterinary Journal Of Mehmet Akif Ersoy University*, 3(1), 43-54. doi: 10.24880/maevfd.401245
- Gökhan, U. L. (2023). Köpeklerde ovariohisterektomi (OHE) operasyonlarında bupivakain-lidokain kombinasyonunun ensizyon hattında ve/veya ovaryum çevresinde kullanımının postoperatif analjezik etkileri. *Yakın Doğu Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Lefkoşa*.
- Grimm, K., Lamont, L., Tranquilli, W. J., Greene, S. A., & Robertson, S. (2015). *Veterinary Anesthesia And Analgesia*. USA: John Wiley & Sons.
- Grubb, T., & Lobprise, H. (2020). Local and regional anaesthesia in dogs and cats: overview of concepts and drugs (part 1). *Veterinary Medicine and Science*, 6(2), 209-217. doi: 10.1002/vms3.219
- Hellyer, P. W. (2002). Treatment of pain in dogs and cats. *Journal Of The American Veterinary Medical Association*, 221(2), 212-215.
- Karademir, Ü., & Boyacıoğlu, M. (2014). Nonsteroidal antiinflamatuvar ilaçların kedi ve köpeklerde etkili ve güvenli kullanımı. *Erciyes Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 11(2), 137-143.
- Ko, J. (2019). *Small Animal Anesthesia and Pain Management: A Color Handbook*. USA: Taylor & Francis Group.
- Öngel, K. (2017). Ağrı tanımı ve sınıflaması. *Klinik Tıp Aile Hekimliği*, 9(1), 12-14.
- Pekcan, Z. (2016). How can better anaesthetic combinations be performed? A review of current knowledge. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 22(4), 631-638. doi: 10.9775/kvfd.2016.15111
- Pekcan, Z., & Karşlı, B. (2022). *Veteriner Genel Cerrahi*. Ankara: Nobel Tıp Kitabevleri.
- Pekcan, Z., & Yağcı, B. B. (2020). Kritik hastalıklı kedi ve köpeklerde akut ağrı yönetimi ve sağaltımın yan etkileri. *Türkiye Klinikleri Veterinary Sciences-Internal Medicine-Special Topics*, 6(1), 74-79.
- Robertson, S. A. (2005). Assessment and management of acute pain in cats. *Journal Of Veterinary Emergency And Critical Care*, 15(4), 261-272. doi: 10.1111/j.1476-4431.2005.00172.x
- Self, I. (2019). *Bsava Guide To Pain Management in Small Animal Practice* (201).
- Steagall, P. V., & Monteiro, B. P. (2019). Acute pain in cats: recent advances in clinical assessment. *Journal of Feline Medicine And Surgery*, 21(1), 25-34. doi: 10.1177/1098612X18808103
- Steagall, P. V., Robertson, S., Simon, B., Warne, L. N., Shilo-Benjamini, Y., & Taylor, S. (2022). 2022 Isfm consensus guidelines on the management of acute pain in cats. *Journal Of Feline Medicine and Surgery*, 24(1), 4-30. doi: 1098612X211066268

- Tan, E., & Yayla, S. (2018). Buzağılarda göbek fitıklarının onarımında greft kullanımının postoperatif ağrı üzerine etkinliğinin değerlendirilmesi. *Türkiye Klinikleri Journal of Veterinary Sciences*, 9(1), 8-16. doi: 10.5336/vetsci.2018-59848
- Taylor, S., Gruen, M., Kukanich, K., X Lascelles, B. D., Monteiro, B. P., Sampietro, L. R. & Steagall, P. V. (2024). 2024 Isfm and AAFP consensus guidelines on the long-term use of NSAIDs in cats. *Journal Of Feline Medicine And Surgery*, 26(4), 1-26. doi: 1098612x241241951.
- Vicente, D., & Bergström, A. (2018). Evaluation of intraoperative analgesia provided by incisional lidocaine and bupivacaine in cats undergoing ovariohysterectomy. *Journal of Feline Medicine and Surgery*, 20(10), 922-927. doi: 10.1177/1098612X17735167.

KÖPEKLERDE DİRSEK DİSPLAZİSİ

Rojda CANLI (ORCID:0000-0002-9041-5802)

Dicle Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Diyarbakır
Email:rojdacanli.vet@gmail.com

Prof. Dr. Sadık YAYLA (ORCID:0000-0001-6734-421X)

Dicle Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Cerrahi Anabilim Dalı, Diyarbakır
Email:sadikyayla@gmail.com

Özet

Binlerce yıl önce evcilleştirilen köpeklerin, avcılık ve koruma gibi birçok işlevinin olması köpekleri toplumda vazgeçilmez kılmaktadır. Toplumda koruma amacıyla tercih edilen orta boy ve büyük boy köpek ırklarının bazı ortopedik rahatsızlıklara kalıtsal yatkınlığı dikkat çekmektedir. Özellikle son zamanlarda veteriner hekimliği alanında birçok çalışmaya konu olan ve dirsek eklemine uyumsuzluğuna bağlı olarak gelişen intraartiküler dejeneratif lezyonlar ile karakterize bir eklem bozukluğu olan dirsek displazisi bunlardan bir tanesidir. Eklem uyumsuzluğuna bağlı olarak gelişen bu dejeneratif lezyonlar arasında processus anconeus ayrılması, humerus'un medial kondilinde osteochondritis dissecans (OCD) ve medial processus coronoideus'un kırığı bulunmaktadır. Etiyolojide genetik, beslenme şekli, egzersiz aktivitesi ve gelişimsel ortopedik hastalığın bulunması sayılabilir. Alman Çoban Köpeği, Kafkas Çoban Köpeği, Labrador Retriever, Golden Retriever, Rottweiler gibi büyük ırk köpeklerde görülme oranı fazladır. 5 aylıktan büyük hastalarda ve erkeklerde dişilere nazaran 2-3 kat fazla bir oranda gözlenmektedir. Bazı olgularda dirsek displazisinin bilateral görüldüğü belirtilmiştir. Dirsek displazisinde klinik belirtiler arasında hastalığın süresine bağlı olarak gelişen hafif, orta, şiddetli derecedeki topallık dikkat çekmektedir. Dirseğin vücuda yakın tutulduğu (addüksiyon) gözlemlenirken Art. metacarpophalangea'nın dışa dönmesi ve köpeğe "ördek ayaklı" bir görünüm vermesi semptomlar arasında yer alırken ağrısı olan hastanın hareket etme isteğinde azalma mevcuttur. Bazı olgularda bölgede şişkinlik gözlemlenmektedir. Kesin tanı için klinik bulgulara ek olarak görüntüleme teknikleri kullanılmaktadır. Bu amaçla artroskopi, radyografi, bilgisayarlı tomografi, sintigrafi ve manyetik rezonans görüntüleme faydalanılabilir. Dirsek displazisi, diğer hastalıklarla benzer semptomlar gösterdiğinden dolayı kesin tanı amacıyla kullanılan görüntüleme tekniklerinde detaylı görüntüler elde edilmelidir. İki boyutlu görüntü sağlayan röntgende bölgenin anatomik yapısından dolayı kemiklerin superpoze olma durumlarını dikkate alarak dirseğin 45 derecelik, 120 derecelik, medio-lateral (M-L) ve antero-posterior (A-P) pozisyonunda farklı görüntüler elde etmeye özen gösterilmelidir. Erken cerrahi tedavi önemlidir. Medial processus coronoideus'un kırığı olgularında artrotomi veya artroskopi yapılarak kırık fragmentinin bölgeden uzaklaştırılması gereklidir. Processus anconeus ayrılması durumlarında eklem yaklaşım yeri lateralden olmalı ve ayrılan/birleşmeyen parça uzaklaştırılarak uyumsuz büyümeyi gidermek amacıyla ulnar osteotomi yapılabilir. Bir diğer seçenek ayrılan/birleşmeyen çıkıntının vida ile fiksasyonudur. humerus'un medial kondilinde osteochondritis dissecans (OCD) olgularında, fibrokartilaje oluşumunu uyarmak için bölgenin küretajı yapılmalıdır. Hastada dejeneratif eklem hastalığı gelişmemişse, postoperatif prognoz olumludur. Postoperatif bakım ve beslemede özen gösterilmeli. Analjezikler özellikle NSAID'ler (örneğin, karprofen, derakoksib, firokoksib, meloksikam, tepoksalin) kullanılabilir.

Eklem sağlığını desteklemek için glikozaminoglikanlar, hyaluronik asit gibi takviyeler reçete edilebilir.

Anahtar Kelimeler: Köpek, Dirsek Displazisi, Ortopedi

ELBOW DYSPLASIA IN DOGS

Abstract

Dogs, which were domesticated thousands of years ago, have many functions such as hunting and protection, making them indispensable in society. Medium-sized and large-sized dog breeds, which are preferred for protection purposes in society, have a hereditary predisposition to some orthopedic disorders. Elbow dysplasia, which is a joint disorder characterized by intra-articular degenerative lesions that develop due to incompatibility of the elbow joint and has been the subject of many studies in the field of veterinary medicine in particular, is one of these. These degenerative lesions that develop due to joint incompatibility include separation of the anconeus process, osteochondritis dissecans (OCD) in the medial condyle of the humerus and fracture of the medial coronoid. Genetics, diet, exercise activity and developmental orthopedic disease can be considered in etiology. The incidence is high in large breed dogs such as German Shepherd Dog, Caucasian Shepherd Dog, Labrador Retriever, Golden Retriever and Rottweiler. It is observed in patients older than 5 months and in males at a rate 2-3 times higher than in females. It has been stated that elbow dysplasia is seen bilaterally in some cases. Among the clinical symptoms of elbow dysplasia, mild, moderate and severe lameness that develops depending on the duration of the disease is noteworthy. While it is observed that the elbow is held close to the body (adduction), the symptoms include the outward rotation of the metacarpophalangeal joint and giving the dog a "duck-footed" appearance, and there is a decrease in the desire of the patient with pain to move. In some cases, swelling is observed in the region. Imaging techniques are used in addition to clinical findings for definitive diagnosis. For this purpose, arthroscopy, radiography, computerized tomography, scintigraphy and magnetic resonance imaging can be used. Since elbow dysplasia shows similar symptoms to other diseases, detailed images should be obtained in the imaging techniques used for definitive diagnosis. In the X-ray, which provides two-dimensional images, care should be taken to obtain different images in the 45-degree, 120-degree, medio-lateral (M-L) and antero-posterior (A-P) positions of the elbow, taking into account the superposition of the bones due to the anatomical structure of the region. Early surgical treatment is important. In cases of medial coronoid fracture, arthrotomy or arthroscopy should be performed to remove the fracture fragment from the region. In cases of processus anconeus separation, the approach to the joint should be from the lateral side and the separated/non-united part can be removed and ulnar osteotomy can be performed to eliminate the incompatible growth. Another option is screw fixation of the separated/non-united protrusion. In cases of osteochondritis dissecans (OCD) in the medial condyle of the humerus, curettage of the region should be performed to stimulate fibrocartilage formation. If the patient does not develop degenerative joint disease, the postoperative prognosis is positive. Care should be taken in postoperative care and feeding. Analgesics, especially NSAIDs (e.g. carprofen, deracoxib, firocoxib, meloxicam, tepoxalin) may be used. Supplements such as glycosaminoglycans and hyaluronic acid may be prescribed to support joint health.

Keywords: Dog, Elbow Dysplasia, Orthopedics

1. GİRİŞ

Dirsek eklemının anormal gelişimiyle karakterize kalıtsal bir rahatsızlık olan dirsek displazisi, 1993'ten beri Uluslararası Dirsek Çalışma Grubu (IEWG) tarafından condylus humeri medialisin osteokondritis dissekansı (OCD), ulnada bulunan processus anconeus ayrılması (united anconeal process-UAP), eklem yüzlerinin uyumsuzluğu ve processus coronoideus medialisin harabiyetini de (medial coronoid disease-MCD) kapsayan dirsek eklemının kalıtsal, patolojik bozuklukları olarak tanımlanmıştır (Kayıkçı & Gençcelep, 2018, s. 1228; Oberbauer, Keller & Famula, 2017, p. 1; Fitzpatrick & Yeadon, 2009, p. 285).

Dirsek displazisi büyümekte olan büyük ve orta boy ırk köpelerde yaygın olarak görülmektedir (Uluslan, 2012, s. 9). Bu ırklar arasında Labrador Retriever, Golden Retriever, Alman Çoban Köpeği, Rottweiler, Bernese Dağ Köpeği, Great Dane, Dogue de Bordeaux, Chow-Chow ve Newfoundland yer almaktadır. Erkeklerde dişilere nazaran 2 kat daha fazla oranda görülür. Bazı vakalarda unilateral bazı vakalarda ise bilateral görülebilir. Etiyolojide rol oynayan faktörler net olarak bilinmemekle beraber genetik ve çevresel faktörlerin dirsek displazisinin gelişiminde rol oynadığı belirtilmiştir (Yurtal & Kulualp, 2023, s. 81).

2. DİRSEK DISPLAZİSİNİN ETİYOPATOGENEZİ

Dirsek displazisinin etiyojisi, tam olarak bilinmese de genetik ve çevresel faktörlerin (yüksek kalorili besinler, aşırı egzersiz) etiyojenezde rol oynadığı belirtilmiştir. Etiyojenezde osteokondritis dissekans (OCD), eklem uyumsuzlukları ve radyoulnar eklemde rotasyonel instabilite olmak üzere üç mekanizma öne sürülmüştür (Kayıkçı & Gençcelep, 2018, s. 1228; Michelsen, 2013, p. 12).

2.1. Osteokondritis Dissekans (OCD)

Endokondral kemikleşme bozukluğu olan osteokondrozis, birincil olarak kırıkdağın ikincil olarak kemiğin etkilenmesine sebep olmaktadır. Osteokondrozisin ilerleyerek eklem yapılarına ulaşması sonucunda ise Osteokondritis Dissekans meydana gelir. Bölgedeki yangı sonucunda eklemde ayrılan parça dissekans olarak bilinmektedir. Bu eklem rahatsızlığı genellikle hızlı gelişen ve büyük boy ırktaki köpeklerde görülmektedir. Erkeklerde dişilere göre daha sık görülür. Etiyojisinde yer alan diğer sebepler kalıtsal yatkınlık, diyet ve travmatize edici faktörlerdir. Bu etkenlere ek olarak etiyojenezde kondral ve subkondral dolaşım yetersizliği OCD oluşumuna zemin hazırlayan önemli bir faktör kabul edilmektedir (Alkan, Aslan, Gençcelep, Bakır & Yüksel, 2006, s.22).

Dirsek ekleminde meydana gelen OCD'nin, medial humerus kondilinde, medial koronoid çıkıntıda veya ankoneal çıkıntının büyüme plağını etkilemesi suretiyle dirsek displazisine sebep olduğu vurgulanmıştır. Dirsek bölgesindeki osteokondroz, köpeklerdeki kırıkdağ lezyonlarına sebep olarak dirsek displazisine zemin hazırlasa da yapılan çalışmalarda bu olguların görülme oranının düşük olduğu bildirilmiştir. Eklem yüzeyleri arasındaki sürtüşmeye bağlı olarak gelişen kırıkdağ kayıpları bu bölgede lokal lezyonlara sebep olarak "öpmüşen lezyon" adı verilen harabiyetlere sebep olmaktadır (Kirberger & Faurie, 1998, p. 43).

OCD'nin sebep olduğu bir diğer patolojik durum, geniş bir şemsiye terim olarak "medial koronoid hastalık"tır.

Normal gelişim sürecindeki bir eklemde, medial koronoid çıkıntının ossifikasyon evresi tabandan uca doğru gelişerek ve ulnanın diafizi ile ayniossifikasyon odağını paylaşarak 5-5.5 ayda tamamlanmaktadır. Bu bölgedeki endokondral ossifikasyon evresinin sekteye uğraması bölgedeki kıkırdak hücrelerinin nekroze olarak erozif lezyonlar ve fragmentler meydana gelmesine sebep olur ve bu fragmentler kalsifiye olur. Bazı çalışmalar medial koronoid çıkıntının harabiyetinin etiopatolojisini bu mekanizma ile açıklasa da bazı yazarlar bu bilginin histopatoloji ile çatıştığını belirterek bu tip lezyonların kıkırdak yapıya sahip olan bu bölgenin sürekli bir yüke ve kuvvete maruz kalması sonucu meydana geldiğini savunmaktadır (Kayıkçı & Gençcelep, 2018, s. 1228; Michelsen, 2013, p. 12).

2.2. Eklem Uyumsuzluğu

Dirsek bölgesinde bulunan cubiti eklemi üç ana eklem bir araya gelmesiyle oluşur. Bunlar; art. humeroulnar, art. radioulnar ve art. humeroradial'dir. Bu bölgede meydana gelen radius ile ulna arasındaki bir uzunluk farkı ve humeroulnar uyumsuzluklar, dirsek displazisinin etiopatogenezinde rol oynayan faktörlerdendir (Kayıkçı & Gençcelep, 2018, s. 1228; Michelsen, 2013, s. 12). Sağlıklı bir hayvanda radius-ulna birlikte gelişir ve birbirleri ile eklem yüzü oluştururken genetik olarak displaziye yatkınlığı bulunan hayvanlarda gelişim esnasında çok küçük sapmalar meydana gelerek uyumsuzluk oluşmasına sebep olmaktadır ve bu durumun bazı gelişim anomalilerine yol açtığı bildirilmiştir (Ulusan, Özdemir & Bilgili, 2019, s.158). Ayrıca bu uyumsuzluklar humeroradioulnar eklem kuvvet yüklenmesi sonucu fragmente medial koronoid prosese (FMCP) ve birleşmemiş anconeal prosese (UAP) sebep olabilir. Hafif ve geçici olgularda tanı koymak güç olabilir. İlerleyen olgularda özellikle kombine lezyonların görüldüğü vakalarda dirsek displazisi ilerleyerek prognozu olumsuz etkileyebilir (Yurtal & Kulualp, 2023, s. 82).

2.2.1. Radioulnar Uyumsuzluk

Radius ile ulnanın eklem bölgesinde yani art. radioulnar'da oluşan uyumsuzluk sebebiyle mediale yüklenen ağırlığın medial koronoid hastalığa zemin hazırladığı birçok vakada sıklıkla görülmektedir (Alves-Pimenta, Ginia & Colaço, 2019, p. 87).

2.2.2. Humeroulnar Uyumsuzluk

Humeroulnar uyumsuzluk, ulna çentiğinin eğrilik yarıçapının humerusun trokleasına oranla daha az veya daha uzun olduğu durumlarda görülür. Bu uyumsuzluk türünde humerus trokleası kraniale yer değiştirerek eklem subluksasyonuna neden olmaktadır (Michelsen, 2013, p. 12; Alves-Pimenta, Ginia & Colaço, 2019, p. 87).

2.3. Processus Anconeus Ayrılması (Ununited Anconeal Process-UAP)

Sıklıkla büyük ırk köpeklerde görülen gelişimsel bir anomali olan birleşmemiş ankoneal çıkıntı veya ankoneal çıkıntının ayrılma durumlarının genç köpeklerde ve bilateral görülme sıklığının yaygın olduğu belirtilmiştir. Bu bölgenin ossifikasyonu 5. Ayda tamamlansa da St. Bernard ve Basset tazılarında bu süreç 7-8 aya kadar uzayabilmektedir. Bölgedeki lineer hat bu anomalinin tespiti için yeterlidir ancak ırklar arası farklılıklar göz ardı edilmemelidir. Genç yaştaki köpeklerin (5-8 aylık) semptomları göz önüne alındığında, hafif derecede topallık ve bölgeye

yapılan manipülasyonlarda meydana gelen ağrı dikkat çekmektedir. Medikal tedaviye yanıt vermediği bildirilerek cerrahi operasyon önerilse de postoperatif süreçte kesin sonuç vermemektedir (Yurtal & Kulualp, 2023, s. 81).

2.4. Processus Coronoideus Medialis'in Kırığı (FMCP)

Yatkın olan ırklar, semptomlar ve etiyopatogenezi osteokondritis dissekans ile benzerdir. Koronoid proses, 3-5. Aylarda proksimale ilerleyebilir. Radiusun ulnaya göre kısa kaldığı durumlarda bu prosesin üzerindeki ağırlık artar ve medial koronoid proseste fragmentasyon meydana gelir. Cubiti ekleminde FMCP'nın, OCD'den daha sık görüldüğü belirtilmiştir. Yapılan klinik muayenede olgular unilateral veya bilateral seyretse de radyografik incelemelerde vakaların birçoğunun bilateral olduğu görülmüştür (Griffon, 2012, p.724).

2.5. Proksimal Radioulnar Eklem Posterolateral Rotasyonel İnstabilite Teorisi

Radius ile ulnanın birbirleri ile eklem yüzleri arasında bir uyumsuzluk varsa, bu bölgede yer alan biceps brachii ile brachial kaslar işlevini yerine getirirken ulnayı laterale çekerek eksternal rotasyona sebep olurlar. Bu rotasyondan dolayı iki eklem yüzünde de bir gerilim hattı oluşarak medial koronoid prosesin ve radial eklem yüzeyinin harabiyetine yol açar (Fitzpatrick & Yeadon, 2009, p. 285).

3. KLİNİK BULGULAR

Displazinin etiyopatogenezisine ve süresine bağlı olarak değişen hafif, orta ve şiddetli derecede topallık gözlenir. Topallık tek taraflı veya çift taraflı olabilir. Genellikle konservatif sağaltıma direnç gösteren bir topallık mevcuttur. Bölgeye yapılan manipülasyonlarda hastada ağrı semptomları gözlemlenir. Erişkin köpeklerde ekstremiteye uygulanan ekstensiyonda eklem hareketlerinde kısıtlanma ve dokunulduğunda krepitasyon dikkat çeker. Görüntüleme yöntemleri olmadan tanı koymak birçok olguda zor olsa da en erken klinik bulgularda dirseğin addüksiyonu, art. metacarpophalangea'nın dışa rotasyonu ve ''ördek ayaklı'' görünüm dikkat çeker (Yardımcı, Çetinkaya & Kürüm, 2010, s.25).

4. TANI

Klinik bulgular tek başına tanı için yetersiz kaldığı için cubiti ekleminde meydana gelen patolojileri tespit etmek amacıyla radyografi, artroskopi, bilgisayarlı tomografi (BT), sintigrafi, manyetik rezonans görüntüleme (MRI) sayılabilir. Radyografik muayenede; görüntü iki boyutlu olduğu için ve bölgenin anatomisinden kaynaklı olarak kemiksel yapıların süperpoze olma ihtimalinden dolayı farklı pozisyonlarda görüntü alınması önerilir. Bölgenin 45 derece, 120 derece, medio-lateral ve anterio-posterior pozisyonlarda incelenmesi gerekmektedir (Yılmaz, Parlak, Uzunlu, Yalçın & Arıcan, 2018, s. 100; Cristi R. Cook & James L. Cook, 2009, p. 144).

5. TEDAVİ

Tedavi medikal tedavi ve cerrahi tedavi olmak üzere ikiye ayrılır. Çoğu olgu, medikal tedaviye yanıt vermez.

5.1. Medikal Tedavi

Bu tedavi yöntemi diyet ve egzersiz kontrolünü içerir. Ağrı ve yangıyı minimize etmek amacıyla parenteral NSAİİ önerilebilir. İntraartiküler eklem destekleyiciler kullanılabilir. Bu amaçla hyaluronik asit, kortikosteroid, trombositten zengin plazma ve kök hücre tedavisi önerilebilir (Yurtal & Kulualp, 2023, s. 88).

5.2. Cerrahi Tedavi

5.2.1. FCMP'nin Tedavisi

Tedavide 16-24. Haftalık yaştaki köpeklerde dinamik ulnar ostektomi önerilebilir. Bu teknikte koronoid proses üzerindeki kuvvet ortadan kaldırılır. Erişkin hastalarda ise ayrılan fragmentin operasyon ile alınması gerekmektedir. Eklem bölgesinde dejeneratif değişiklikler meydana gelmeden önce gerçekleştirilen operasyonlarda prognoz iyi olsa da ilerleyen olgularda postoperatif süreçte prognoz olumsuzdur (Piermattei, Flo & Decamp, 2006, p. 325; Ulusan, Özdemir, Jafaar, Nasiboğlu & Bilgili, 2017, s. 77).

5.2.2. Condylus Humeri Mediale'nin Osteokondritis Dissekans (OCD)

Tedavi kıkırdak flebin veya eklem faresinin eklemden uzaklaştırılması esasına dayanmaktadır. DEH şekillenmeden önce yapılan operasyonlarda iyi klinik sonuçlar elde edilmektedir. Yaklaşık 9 aydan sonra opere edilen köpeklerde şekillenen dejeneratif değişikliklerden dolayı hastalık progresif ve olumsuz bir prognoza sahiptir (Piermattei, Flo & Decamp, 2006, p. 325).

5.2.3. UAP İçin Cerrahi Prosedürler

Birleşmemiş veya ayrılmış unkoneal prosesin sağaltımında üç yöntem mevcuttur. Bunlar proksimal abduksiyon ulnar osteotomi, anconeal çıkıntının uzaklaştırılması ve lag vidalarıyla anconeal çıkıntının ulnaya sabitlenmesidir. Proksimal ulnar osteotomide amaç, proksimal ulnar fragmentin m. triceps brachii tarafından mediale konumlandırılarak radioulnar uyumsuzluğun ortadan kaldırılmasını amaçlar. Ulnar osteotomide yöntem, proksimal abduksiyon ulnar osteotomiye benzer ancak bu yöntemde bölgedeki fragmentler IM pin ile sabitlenir veya fragmente dokunulmaz (Kayıkçı & Genççelep, 2018, s. 1235).

5.2.4. Eklem Uyumsuzluğu İçin cerrahi prosedürler

Radiusun ulnadan daha kısa olduğu formda yani kısa Radius formunda, tedavi Radius ile ulna eklem yüzeyleri arasındaki uyumsuzluğu ortadan kaldırmak için eklem yüzlerini aynı seviyeye getirme esasına dayanır. Bu amaçla ulnar osteotomi ameliyatı önerilir. Bu yöntem radyografi görüntüde Radius ile ulna eklem yüzleri arasındaki mesafenin 2mm den fazla olduğu durumlarda tercih edilir (Kayıkçı & Genççelep, 2018, s. 1233).

6. SONUÇ

Özellikle son yıllarda orta ve büyük ırk köpeklerin bazı kalıtsal rahatsızlıklara yatkın olması veteriner hekimlikte araştırma konusu olmuştur. Bu rahatsızlıklardan biri olan ve gelişimsel bir anomali olarak kabul edilen dirsek displazisine, veteriner camiadaki ilgi ve merak giderek artmakta ve bu durum yeni çalışmalara zemin hazırlamaktadır. Güncel bilgiler doğrultusunda medikal tedavi seçenekleri arasında eklem sağlığı için takviyeler yer alırken cerrahi prosedürler

hastalığın etiopatogenezisine göre değişmektedir. Hastanın yaşı, eklemde harabiyet durumu, erken tanı konulması postoperatif prognozu olumlu etkilerken etiolojinin tam anlamıyla bilinmemesi ve postoperatif bakım yetersizliği prognozu olumsuz etkilemektedir. Bununla ilgili birçok çalışma ve tedavi seçeneği sunulsa da medikal tedavinin yetersizliği bu rahatsızlığa sahip hastaların cerrahi müdahaleye gereksiniminin altını çizerek cerrahi işlem sonrasındaki başarının bazı durumlarda şüpheli olduğunu vurgulamaktadır.

Bu çalışmada; dirsek eklemindeki gelişim anomalilerinden biri olan ve günümüzde önemli bir problem olan dirsek displazisinin etiopatogenezisi, tanısı ve tedavi yöntemleri hakkında bilgi vermek amaçlandı.

7. KAYNAKÇA

- Alkan, İ., Aslan, L., Gençcelep, M., Bakır, B., & Yüksel, H. (2006). Köpeklerde omuz eklemi osteochondritis dissecansın sağaltımında subcondral otogreft kullanılması ve sonuçları (deneysel çalışma). *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 9(2), 22-26.
- Alves-Pimenta, S., Ginja, M. M., & Colaço, B. (2019). Role of elbow incongruity in canine elbow dysplasia: advances in diagnostics and biomechanics. *Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology*, 32(02), 87-96. doi: 10.1055/s-0038-1677513
- Cook, C. R., & Cook, J. L. (2009). Diagnostic imaging of canine elbow dysplasia: a review. *Veterinary Surgery*, 38(2), 144-153. doi: 10.1111/j.1532-950X.2008.00481.x
- Yurtal, Z., & Kulualp, K. (2023). F. Hatipoğlu (Ed.), *Veteriner klinik bilimlerinde güncel yaklaşımlar*. (81-95). Bölüm IV. Köpeklerde dirsek displazisi: genel bakış. Ankara: Bidge Yayınları.
- Fitzpatrick, N., & Yeadon, R. (2009). Working algorithm for treatment decision making for developmental disease of the medial compartment of the elbow in dogs. *Veterinary Surgery*, 38(2), 285-300. doi:10.1111/j.1532-950X.2008.00495.x
- Griffon, D. J. (2012). Surgical diseases of the elbow. *Veterinary surgery small animal*, 1, 724-751.
- Kayıkçı, C., & Gençcelep, M. (2018). Köpeklerde Dirsek Displazisi. *Ahtamara I. uluslararası multidisipliner çalışmalar kongresi tam metin kitabı*. (1228-1237). Adıyaman:İktisad Yayınevi.
- Kirberger, R. M., & Fourie, S. L. (1998). Elbow dysplasia in the dog: pathophysiology, diagnosis and control. *Journal of the South African Veterinary Association*, 69(2), 43-54. doi: 10520/EJC99219
- Michelsen, J. (2013). Canine elbow dysplasia: aetiopathogenesis and current treatment recommendations. *The Veterinary Journal*, 196(1), 12-19. doi: 10.1016/j.tvjl.2012.11.009
- Oberbauer, A. M., Keller, G. G., & Famula, T. R. (2017). Long-Term genetic selection reduced prevalence of hip and elbow dysplasia in 60 dog breeds. *Plos One*, 12(2), doi: 10.1371/journal.pone.0172918
- Piermattei, D.L., G.L. Flo, and C.E. DeCamp. (2006). *Piermattei, and Flo's handbook of small animal orthopedics and fracture repair*. USA: Elsevier Saunders.
- Ulusan, S. (2012). *Köpeklerde dirsek displazisinin uluslararası dirsek çalışma grubu (IEWG) skorumla sistemi ile değerlendirilmesi* (Master's thesis). Ankara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Ulusan, S., Özdemir, Ö. Ç., & Bilgili, H. (2019). İki köpekte kısa radius sendromunun sağaltımı. *Veteriner Hekimler Derneği Dergisi*, 90(2), 158-163. doi: 10.33188/vetheder.494535
- Ulusan, S., Özdemir, Ö., Jaafar, S., Nasiboğlu, Ö., & Bilgili, H. (2017). Dirsek Displazisi ve Operatif Sağaltım Yöntemleri. *Türkiye Klinikleri Veterinary Sciences-Surgery-Special Topics*, 3(2), 76-81.
- Yardımcı, C., Çetinkaya, M. A., & Kürüm, B. (2010). Dirsek displazisi belirlenen 10 köpekte klinik ve radyolojik değerlendirmeler. *Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 57(1), 25-31. doi: 10.1501/Vetfak_0000002305
- Yılmaz, C. K., Parlak, K., Uzunlu, E. O., Yalçın, M., & Arıcan, M. (2018). Köpeklerde dirsek eklemının radyolojik ve bilgisayarlı tomografi sonuçlarının karşılaştırılması. *Eurasian Journal*, 34(2), 99-108. doi: 10.15312/EurasianJVetSci.2018.183

KIRIKLARDA İMPLANT SEÇİMİ ÜZERİNE ETKİLİ OLAN FAKTÖRLER

Arş. Gör. Dr. Nahit SAYLAK* (ORCID: 0000-0003-2008-5403)

Dicle University, Faculty of Veterinary Medicine, Department of Surgery, Diyarbakir-
Türkiye

Email: nsaylak@gmail.com

Prof. Dr. Sadık YAYLA (ORCID: 0000-0001-6734-421X)

Dicle University, Faculty of Veterinary Medicine, Department of Surgery, Diyarbakir-
Türkiye

Email: sadikyayla@gmail.com

Özet

Bu çalışma, veteriner ortopedisinde kırık tedavisinin planlanması ve doğru tedavi yöntemlerinin seçiminin önemini vurgulamaktadır. Kırık tedavisinin temel amacı, hastanın en kısa sürede tam işlevine dönmesini sağlamaktır. Bu amaca ulaşmak için, operasyon öncesinden başlayarak tüm sürecin dikkatlice planlanması gereklidir. Planlama eksikliği, cerrahi sürecin uzamasına, aşırı yumuşak doku travmasına ve çeşitli komplikasyonların ortaya çıkmasına yol açabilir. Bu nedenle, operasyon öncesi hazırlıklar, cerrahın olası komplikasyonlara karşı stratejiler geliştirmesine yardımcı olur ve başarı oranını artırır. Kırık tedavisinde uygun yöntem seçimi, hastanın yaşı, kilosu, genel sağlık durumu, kırığın yeri ve şekli gibi birçok faktöre bağlıdır. Özellikle genç ve sağlıklı hayvanlarda iyileşme süreci daha hızlı ilerlerken, yaşlı ve zayıf hayvanlar için daha uzun süreli stabil implantlar gerekebilir. Ayrıca kırık, kemiğin mekanik ve biyolojik yapısına göre değerlendirilmelidir; bu değerlendirme, kemiğin anatomik redüksiyonunun mümkün olup olmadığını anlamak ve uygun fiksasyon yöntemini seçmek için önemlidir. Tedavi sürecinde açık veya kapalı redüksiyon gibi farklı redüksiyon tekniklerinin seçimi de kırığın yerine ve karmaşıklığına göre yapılır. Açık redüksiyon, anatomik rekonstrüksiyon sağlasa da, cerrahi süreci uzatarak kan akışını bozabilir. Kapalı redüksiyon ise kırığın biyolojisini korur, ancak her kırık için uygun değildir. Osteosentez yöntemleri ise eksternal ve internal fiksasyon olarak iki ana gruba ayrılır. Her bir yöntemin avantajları ve dezavantajları bulunmaktadır; bu nedenle, doğru tekniğin seçimi, başarılı bir iyileşme için kritik önem taşır. Bu kapsamlı yaklaşım, veteriner cerrahların hastanın genel durumunu ve kırığın özelliklerini göz önünde bulundurarak en uygun tedavi yöntemini belirlemesine ve böylece hastanın yaşam kalitesini artırmasına katkı sağlar.

Anahtar Kelimeler: Kırık iyileşmesi, İmplant seçimi, Ortopedi

FACTORS AFFECTING IMPLANT SELECTION IN FRACTURES

Abstract

The aim of this study emphasizes the importance of planning and selecting appropriate treatment methods in fracture management in veterinary orthopedics. The primary goal of fracture treatment is to restore the patient's full function as quickly as possible. Achieving this goal requires careful planning of the entire process, starting from the preoperative stage. A lack of planning can lead to extended surgical time, excessive soft tissue trauma, and various complications. Therefore, preoperative preparation allows the surgeon to develop strategies against possible complications, increasing the success rate. Choosing the appropriate treatment method depends on factors such as the patient's age, weight, general health condition, location, and type of fracture. For instance, while younger and healthier animals typically experience faster healing, older and weaker animals may require more prolonged stable implants. Additionally, the fracture should be assessed based on the mechanical and biological characteristics of the bone; this assessment is crucial for understanding whether anatomical reduction of the bone is possible and for selecting the appropriate fixation method. During treatment, selecting the correct reduction technique, such as open or closed reduction, depends on the fracture's location and complexity. Open reduction allows for anatomical reconstruction but may extend the surgical process and disrupt blood flow. Closed reduction, on the other hand, preserves the fracture's biology but may not be suitable for all fractures. Osteosynthesis methods are divided into two main groups: external and internal fixation. Each method has its own advantages and disadvantages; therefore, selecting the correct technique is critical for successful healing. This comprehensive approach enables veterinary surgeons to determine the most appropriate treatment method by considering the patient's overall condition and the characteristics of the fracture, ultimately enhancing the patient's quality of life.

Keywords: Fracture healing, Implant selection, Orthopaedics

1. GİRİŞ

Tüm hayvanlarda herhangi bir kırığın tedavi edilmesindeki temel amaç, hastanın tam işlevine erken dönmesidir. Bu amaca ulaşmak için tüm cerrahi prosedürün ve ameliyat sonrası bakımın ayrıntılı planlanması ile uygulanmasıdır.

1.1.KIRIK TEDAVİ ÖNCESİ PLANLAMANNIN ÖNEMİ

Kırık osteosenteziyle ilişkili tedavi protokollerini operasyon öncesi planlamanın yapılmaması ve oluşabilecek komplikasyonlara yönelik çözüm stratejilerinin öngörülmemesi daha uzun süren operasyonlara, aşırı yumuşak doku travmasına ve farklı teknik komplikasyonlarla sonuçlanmaktadır. Ortopedist ve ekibi tarafından operasyon öncesinde operasyonla ilgili gerekli planlamaların ve hazırlıkların yapılmadığı durumlarda enfeksiyon, implant komplikasyonları, geç kaynama ve kaynamama gibi problemlerle her zaman daha yüksek bir oranda karşılaşacaktır (Arıcan, 2020; Fossum et al., 2013; Johnson, Houlton, & Vannini, 2005). Proksimal ve distal eklemler dahil olmak üzere etkilenen kemiğin ortogonal görünümü kırığın tam analizinde zorunludur. Ekleme yakın ve eklemi içine alan yada karmaşık kırıkları değerlendirirken kontralateral radyografileri göz önünde bulundurulması oldukça önemlidir (Arıcan, 2020; Tobias & Johnston, 2012).

1.2.KIRIK TEDAVİ YÖNTEMINE KARAR VERME

Kırık tedavisinde hastanın yaşı, kilosu, mevcut sağlık durumu ve beklenen aktivite düzeyi gibi faktörler dikkate alınmalıdır (Fox, 2021). Eş zamanlı yaralanmaların varlığı, hasta sahibinin postoperatif bakımı sağlama becerisi de göz önünde bulundurulmalıdır. Ayrıca kırığın tipi ve kemik üzerine uygulanan mekanik kuvvetlerin yanı sıra, fiksasyonun biyolojik etkileri değerlendirilmelidir (Brown & Black, 2019). Ortopedistin, kırık kemiğin anatomik redüksiyonunun mümkün olup olmadığını belirlemesi ve buna göre bir plan yapması oldukça önemlidir. Anatomik redüksiyonun sağlanması, implant yük paylaşımını kolaylaştırarak postoperatif komplikasyonların azalmasına katkı sağlar (Simpson et al., 2022). Kırık bulunan kemiğin anatomik redüksiyonun sağlanması, ağırlık taşıyan yükün implantla paylaşılmasına izin verir ve post operatif dönemde implant yorgunluğu oluşma riskini azaltırken aynı şekilde postoperatif erken dönemde oluşabilecek implanta bağlı komplikasyonların da oranını azalmasına katkıda bulunur. Ancak anatomik redüksiyonu sağlanamayan bir kırıkta daha dikkatli implant seçimi yapılarak post operatif erken dönemde aksenel yüklemeyi sürdürmek için yalnızca implanta güvenilmesi gerektiği bilinmelidir (Johnson et al., 2005; Piermattei et al., 2006). Politravma veya çoklu ortopedik yaralanmaları olan hayvanlar, o ekstremitenin erken kullanma ve ağırlık yükleme konusunda zorlanabilecekleri için daha güçlü implant sistemlerinin seçilmesi kırık iyileşmesini destekleyecektir. Kırığın biyolojik ortamı da dikkate alındığında aktif bir periosteuma sahip genç hayvanlar ve bol miktarda süngerimsi kemiğe sahip metafiz kırıkları çoğu durumda çabuk iyileşir. Tam aksine parçalanmış yüksek enerjili kırıklar vaskülariteyi bozmuş olabilir ve bu nedenle daha uzun iyileşme süreleri beklenebilir. Geriatrik veya güçten düşmüş hayvanlar ile önemli yumuşak doku yaralanmasına maruz kalmış hayvanlar, uzun süreler boyunca stabil implantlara ihtiyaç duyulmasını gerektiren uzun iyileşme süreleri yaşayacaktır. Hastaya ait bilgiler elde edildikten ve kırığın mekanik ve biyolojik ortamı bilindikten sonra uygun fiksasyon metoduna karar verilebilir. Hastayla ilişkili anamnez bilgileri ile detaylı ileri görüntüleme tetkikleri sonucunda implantların işlev göreceği

mekanik, biyolojik ve klinik ortamı yansıtan ve seçilecek implantlara klavuzluk edecek bir değerlendirme skorundan faydalanılabilir (Arıcan, 2020; Hedlund & Fossum, 2007).

Mekanik değerlendirme; redüksiyon yapılamayan, redüksiyon yapılan ve kompresyon yapan kırıklar olarak sınıflandırılır. Bu sınıflandırmada redüksiyon yapılabilen kırıklar serklaj teli veya vidalarla sabitlenebilen kırıklardır. Çoklu ve küçük fragment kırıklarında ise redüksiyon yapılamaz. Kompresyon kırıklarında ise yük alt fragmente iletileceği için aksiyal olarak alt fragmente geçer ve bu durum implant seçiminde en önemli etmen olarak karşımıza çıkmaktadır. Kırık konfigürasyonu, rekonstrüksiyon potansiyeli ve eş zamanlı kas-iskelet sistemi yaralanmalarının varlığı gibi mekanik faktörler, implantın taşıyacağı yükü etkiler. Kırık konfigürasyonu, rekonstrüksiyon potansiyeli ve eş zamanlı kas-iskelet sistemi yaralanmalarının varlığı gibi mekanik faktörler implantın taşıyacağı yükü etkiler. Mekanik değerlendirme implantların gücünü tahmin eder.

Biyolojik değerlendirmelerde; kallusun oluşum hızının kontrolü için implantların ne kadar süreyle kemiği desteklediğinin bilinmesine yarar sağlar. İmplantın işlev görme süresini yaş, kırık yeri ve yumuşak doku yaralanması gibi biyolojik faktörler etkiler. Biyolojik değerlendirme implantların işlevsel olması gereken süreyi belirler.

Klinik değerlendirme; post-operatif dönemde hasta yakınının uyumu, hastanın uyumu, hastanın çok aktif olması gibi etkenlerde seçilecek olan implant metodunu etkileyen etmenler arasında olup kırık osteosentez yöntemi hastanın durumuna göre belirlenebilir (Arıcan, 2020; Hedlund & Fossum, 2007).

2. GELİŞME

Cerrah, kırık yerine, karmaşıklığına ve seçilen fiksasyon türüne göre mekanik, biyolojik ve klinik faktörleri göz önünde bulundurarak açık veya kapalı redüksiyon yapılacağına karar vermelidir. Açık redüksiyon, kemik grefti, eklem ve parçalanmış kırıkların anatomik rekonstrüksiyonuna izin verir, ancak ameliyat süresini uzatma ve kan akışını bozma dezavantajına sahiptir. Kırıkların kapalı redüksiyonu, kan akışını ve kırığın biyolojisini korur ancak yaş ağaç kırığı, uzun ekstremite dirsek ve diz altındaki nondisloke kırıkları ve uzun kemiklerin parçalı redüksiyon yapılamayan diafiz kırıklarında tercih edilen bir seçenektir.

2.1. KIRIK REDÜKSİYON SEÇENEKLERİ

Cerrah, kırığın yerleşimi, karmaşıklığı ve fiksasyon türüne göre açık ya da kapalı redüksiyon yöntemini tercih etmelidir. Açık redüksiyon, kemik grefti uygulaması veya parçalı kırıkların anatomik rekonstrüksiyonuna imkan tanır; ancak cerrahi süreyi uzatabilir ve kan akışını bozabilir (Thompson, 2023). Kapalı redüksiyon ise, kırık biyolojisini koruyarak dolaşımı sürdürmek için daha elverişlidir. Uygun bir kırık sağaltımı planlaması, kırığın mekanik, biyolojik ve klinik faktörleri detaylı bir şekilde değerlendirildikten sonra uygun implant sisteminin seçilmesi ile gerçekleştirilir. İmplantlar seçilirken aksiyel, eğme ve torsiyon yükleri gibi kırık kemik üzerine etkileyen kuvvetleri etkisiz hale getirmelidir. Anatomik redüksiyonun sağlanmasında en uygun teknik seçilmeli ve implant uygulaması için detaylı bir plan geliştirilmelidir. Spongios kemik otogrefti veya demineralize kemik matriksi allogreftinin kullanılmasına ilişkin karar verilmelidir (Arıcan, 2020; Duhaime, 2012).

2.2. OSTEOSENTEZ YÖNTEMLERİ

Son yıllarda kırık osteosentez tedavi prensiplerinde önemli değişiklikler oldu. Mutlak dengeli internal fiksasyon kırık fragmentlerinin birleşmesini sağlarken, eklemelin ve yumuşak dokuların fonksiyonlarını devam ettirmeyi amaçlar. Interfragment kompresyon metodları kullanılarak yapılan osteosentezin amacı kusursuz anatomik onarımı sağlamak ve erken fonksiyon kazandırmaktır. Osteosentez yöntemleri temelde ikiye (eksternal ve internal fiksasyon) ayrılır. Her bir tekniğin avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır ve bu tekniklerin başarısı doğru kırık olgularında kullanılmasıyla elde edilebilir (Tobias & Johnston, 2012; Perren, 2002). Günümüzde kırık osteosentezinde kullanılan yöntemler, mekanik ve biyolojik önceliklerin öne çıkmasıyla gelişim göstermiştir (Adams et al., 2023). İmplant seçimi, kırık konfigürasyonuna, kırığın rekonstrüksiyon potansiyeline ve çevredeki yumuşak dokuların durumu gibi biyolojik faktörlere göre yapılmalıdır (Davis & Green, 2024). Modern osteosentez yöntemleri, kilitli plak sistemleri, intramedüller çiviler ve dinamik kompresyon plakları gibi gelişmiş implant seçeneklerini içerir. Kilitli plak sistemleri, minimal invaziv yaklaşımlara imkan tanıyarak kırık bölgesindeki kanlanmanın korunmasına yardımcı olur (White & Harris, 2022).

Bütün kırık olgularında mutlak dengeyi hedefleyen tespit yöntemleri kusursuz anatomik iyileşme sağlamakla beraber, kırığın ve çevresindeki dokuların dolaşımının bozulması, geç iyileşme ve kemik kaynaşmama gibi sonuçlara neden olabilir. Son yıllarda ortopedi ve travmatoloji alanında kırıkların internal tedavilerinde mekanik ve biyolojik öncelikler önem kazanmıştır. Göreceli denge tam anatomik redüksiyon sağlanmadan dizilim, rotasyon ve uzunluğun korunmasını amaçlamaktadır. Kırık çevresindeki yumuşak dokular korunarak o bölgenin lokal kanlanması korunur. Kırık osteosentezlerindeki bu yaklaşım' biyolojik internal tespit' olarak tanımlanmıştır. Kilitli internal fiksatörlerin kullanımı ve dolayısıyla minimal implant teması, uzun mesafe köpreleşme ile tespit için daha az vidaya ihtiyaç duyulmasını gerektirir. Bu yöntemlerde kullanılan implantlar; Serklaj uygulama, İntramedüller pinler, Eksternal fiksatör, İnterlocking pin, Plak ve vida dinamik Kompresyon Plağı (DCP), Sınırlı Temaslı DCP (LC-DCP), Veteriner Kesilebilir Plaklar, Rekonstrüksiyon Plağı, Özel Veteriner Plaklar, Miniplaklar ve maksillofasiyel plak, Clamp Rod İnternal Fiksasyon (CRİF), Zincir Plak (SOP) gibi sistemler uygulamalarıdır.

3. SONUÇ

Sonuç olarak, veteriner ortopedisinde kırık tedavisi, yalnızca kemiğin iyileşmesini sağlamakla sınırlı olmayıp, hayvanın en kısa sürede normal işlevine dönmesini hedefleyen kapsamlı bir planlamayı gerektirir. Kırık tedavisinde operasyon öncesi, operasyon sırası ve sonrasında yapılacak tüm adımların detaylı bir şekilde planlanması, başarı oranını artırır ve komplikasyon riskini azaltır. Kırığın yeri, hayvanın yaşı, genel sağlık durumu, yaralanmanın biyolojik ve mekanik özellikleri gibi faktörlerin dikkatlice değerlendirilmesi, uygun fiksasyon yönteminin ve implant seçiminin belirlenmesine katkı sağlar.

Ayrıca, kırık tipine ve hastanın bireysel özelliklerine göre doğru redüksiyon tekniği (açık veya kapalı) ve osteosentez yönteminin (internal veya eksternal fiksasyon) seçilmesi, tedavi başarısının temel taşlarını oluşturur (Piermattei et al., 2006). Geleneksel yaklaşımlar ve biyolojik önceliklere odaklanan güncel yöntemler, kırık iyileşmesini hızlandırmak ve komplikasyonları minimize etmek adına sürekli gelişim göstermektedir. Biyolojik internal

tespitin önem kazandığı günümüzde minimal implant teması sayesinde daha az vida kullanımıyla kırık bölgesinde iyileşme sağlanabilir. Kilitli iç fiksatorler, spongiöz kemik grefti veya demineralize kemik matriksi gibi ek malzemeler kullanılarak tedavi edilen kırıklarda olumlu sonuçlar elde edilmektedir (Hedlund & Fossum, 2007; Arıcan, 2020).

Veteriner cerrahlar için, kırık vakalarının mekanik, biyolojik ve klinik değerlendirmelerini yaparak uygun tedavi planlamasını uygulamaları büyük önem taşır. Bu kapsamlı yaklaşım, hastanın sağlığına daha hızlı kavuşmasına ve yaşam kalitesinin artmasına olanak tanır.

KAYNAKÇA

- Adams, T., Brown, J., & Fox, M. (2023). Advances in fracture management in veterinary orthopedics. *Journal of Veterinary Surgery*, 48(3), 210-220.
- Arıcan, M. (2020). Kedi ve köpek ortopedi ve travmatoloji. Anka Promosyon Matbaa.
- Brown, A., & Black, R. (2019). Biomechanical considerations in fracture healing. *Clinical Orthopedics*, 31(5), 140-155.
- Davis, C., & Green, B. (2024). *Veterinary orthopedic surgery: Principles and applications*. Cambridge University Press.
- Fox, L. (2021). Factors affecting fracture healing in companion animals. *Veterinary Journal of Clinical Medicine*, 12(4), 325-337.
- Johnson, A. L., Houlton, J. E., & Vannini, R. (2005). *AO principles of fracture management in the dog and cat*. AO Publishing.
- Miller, D. (2018). Surgical approaches in veterinary orthopedics. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*, 50(2), 445-459.
- Simpson, R., Lee, H., & Harris, J. (2022). Fracture repair in companion animals: Innovations and challenges. *Journal of Small Animal Practice*, 63(11), 891-905.
- Thompson, P. (2023). Closed vs. open reduction techniques in fracture repair. *Comparative Orthopedic Journal*, 7(2), 101-117.
- Walker, E., & Taylor, M. (2021). Biomechanics of orthopedic implants. *Veterinary Surgery Today*, 14(1), 33-49.
- White, J., & Harris, C. (2022). The evolution of locked plating in veterinary surgery. *Journal of Veterinary Orthopedics*, 9(5), 431-450.
- Wilson, G. (2017). *Fundamentals of veterinary fracture management*. Blackwell Publishing.
- Young, S., & Edwards, R. (2020). *Osteosynthesis in small animal practice*. Saunders Publishing.
- Zhang, Y., & Martin, F. (2022). Comparative techniques in fracture stabilization. *Veterinary Surgical Journal*, 11(4), 277-288.
- Zuckerman, N., & Greenfield, A. (2019). Postoperative care in orthopedic surgery. *Veterinary Medicine*, 19(2), 125-133.

ATLARDA AĞRI YÖNETİMİ

Vet. Hekim Zeynep BALTACI (ORCID:0009-0003-5679-9843)
Dicle Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü
Email:baltacizeynep44@gmail.com

Dr. Öğretim Üyesi Emine ÇATALKAYA (ORCID:0000-0001-7884-5407)
Dicle Üniversitesi, Veteriner Fakültesi
Email:eminecatalkaya21@gmail.com

Özet

Ağrının ana işlevi, organizmayı zarardan koruyan veya zararın etkilerini en aza indirmeyi sağlayan bir uyarı sinyali olarak kabul edilir. Atlarda ağrı durumu çok boyutlu bir deneyimdir. Bireye iyi bir yaşam kalitesi sağlamak için ağrının tanınması ve tedavisi önemlidir. Atlar avlanma potansiyeli olan hayvanlardır, bu nedenle kendilerini korumak için ağrıyı mümkün olduğunca gizlemek doğal içgüdülerinin bir parçasıdır. Ayrıca hastane benzeri alışılmadık ortamlarda bulunmaları halinde de ağrı maskelenebilir. Atlarda en sık görülen ağrı türleri ortopedik ağrı ve karın ağrısıdır. Atlarda ağrı durumlarında yuvarlanma, karına tekme atma, yan izleme, aksama veya blefarospazm gibi davranışlar belirgin olabilir; ağrının ince belirtileri arasında da yüz ifadesinde veya baş pozisyonunda değişiklikler, ahırdaki yer ve palpasyona veya insan etkileşimine yanıt verilebilir. Atlarda ağrı yönetimi için farmakolojik ve farmakolojik olmayan tedavi yöntemleri kullanılmaktadır. Farmakolojik olmayan ağrı yöntemleri fizik tedavi protokollerinden oluşmakta ve kullanılan yöntemler arasında manuel terapi, kriyoterapi, termoterapi, aktinoterapi, transkutanöz elektriksel nöro-stimülasyon, ekstrakorporeal şok dalgası tedavisi, akupunktur, düşük seviyeli lazer tedavisi ve terapötik ultrason yer almaktadır. Farmakolojik ağrı yönetimi için non-steroidal anti-inflamatuarlar, lokal anestezikler, opioidler, alfa-2 reseptör agonistleri, dissosiyatif anestezikler kullanılmaktadır. Steroid olmayan anti-inflamatuar ilaçlar (yani fenilbutazon, flunixin meglumin ve firocoxib), opioidler (yani butorfanol, morfin ve buprenorfin) ve α_2 -adrenerjik agonistler (yani ksilazin, detomidin, romifidin ve medetomidin) en sık kullanılan tedavi seçenekleridir. Lidokain, ketamin ve/veya butorfanolün belirli oranlarda infüzyonlarının kullanıldığı multimodal tedavi, şiddetli ağrı durumlarında tercih edilebilir. Gabapentin gibi nöropatik ağrıyı hedef alan ilaçlar ise laminitis gibi durumlarda kullanımı giderek yaygınlaşmaktadır. Atlarda ağrı yönetimi için en uygun stratejiler vakaların şiddetine, akut veya kronik olma durumuna göre değişebilir. Bu çalışmada ağrıya oldukça duyarlı olan hayvanlar arasında bulunan atlarda ağrı yönetimi hakkında bilgi verilerek at hekimliği pratiğine katkı sağlanması amaçlandı.

Anahtar kelimeler: Ağrı, Nonsteroid Antiinflamatuar İlaç (NSAİİ), At

PAIN MANAGEMENT IN HORSES

Abstract

The main function of pain is considered as a warning signal that protects the organism from harm or minimizes the effects of harm. Pain in horses is a multidimensional experience. Recognition and treatment of pain is important to provide a good quality of life for the individual. Horses are animals with a potential for hunting, so it is part of their natural instinct to hide pain as much as possible to protect themselves. Pain can also be masked if they are in unusual environments such as hospitals. The most common types of pain in horses are orthopedic pain and abdominal pain. In horses, behaviors such as rolling, kicking in the abdomen, side-tracking, limping or blepharospasm may be evident in pain situations; subtle signs of pain may include changes in facial expression or head position, location in the stall and response to palpation or human interaction. Pharmacological and non-pharmacological treatment methods are used for pain management in horses. Non-pharmacological pain management methods consist of physical therapy protocols and the methods used include manual therapy, cryotherapy, thermotherapy, actinotherapy, transcutaneous electrical neurostimulation, extracorporeal shock wave therapy, acupuncture, low-level laser therapy and therapeutic ultrasound. Non-steroidal anti-inflammatories, local anesthetics, opioids, alpha-2 receptor agonists and dissociative anesthetics are used for pharmacological pain management. Non-steroidal anti-inflammatory drugs (i.e. phenylbutazone, flunixin meglumine and firocoxib), opioids (i.e. butorphanol, morphine and buprenorphine) and α 2-adrenergic agonists (i.e. xylazine, detomidine, romifidine and medetomidine) are the most commonly used treatment options. Multimodal treatment using infusions of lidocaine, ketamine and/or butorphanol at certain ratios may be preferred in cases of severe pain. Drugs that target neuropathic pain, such as gabapentin, are increasingly being used in conditions such as laminitis. The most appropriate strategies for pain management in horses may vary depending on the severity of the cases and whether they are acute or chronic. This study aimed to contribute to the practice of equine medicine by providing information about pain management in horses, which are among the animals that are highly sensitive to pain.

Keywords: Pain, Nonsteroidal Anti-Inflammatory Drug (NSAID), Horse

GİRİŞ

1990'lı yılların başlarından bu yana hayvanlarda ağrı araştırmaları ve ilgili fizyoloji ile farmakoloji alanlarındaki gelişmeler, ağrı yönetiminde önemli ilerlemelere katkı sağlamıştır. Ancak ağrı, hayvanlar için hala önemli bir refah sorunudur. Çünkü çiftlik hayvanları rutin olarak anestezi veya analjezi olmaksızın acı verici bakım prosedürlerine maruz kalırken, küçük ve egzotik hayvanlarda perioperatif ağrı yönetimi tutarsızdır. Ayrıca, kansere bağlı ve kronik ağrıların yönetimi halen zorluklarla doludur (Egger ve ark, 2013).

Ağrı, hayvanların yaşam kalitesini ve refahını olumsuz yönde etkileyebilir. Ağrı ayrıca hayvanın iştahını, uyku alışkanlıklarını, tımarını, mizacını ve bağırsak fonksiyonunu etkileyebilir. Tedavi edilmeyen ağrı, aynı zamanda sistemik sorunlara da yol açabilir. Bu nedenle, ağrının etkili bir şekilde yönetilmesi, hayvan refahının sağlanması açısından hayati öneme sahiptir (Egger ve ark, 2013).

Hayvanlarda ağrının tanınması ve değerlendirilmesi konusunda mevcut birçok bilgi bulunmasına rağmen, pratikte tüm türler için geçerli ve güvenilir ağrı skorlama sistemlerinin geliştirilmesi için daha fazla araştırmaya ihtiyaç vardır. Hayvanın ağrısının doğru algılanması, analjezik kullanımını doğrudan etkiler ve bu konuda veteriner hekimler, çiftçiler ve evcil hayvan sahipleri arasında geniş bir tutum farklılığı bulunmaktadır. Bu sorunun en iyi şekilde çözülmesi için eğitim önemli bir rol oynamaktadır (Egger ve ark, 2013).

At analjezisi, nispeten yakın zamana kadar ihmal edilmiş bir konu olmuştur. Özellikle küçük hayvanlardaki, özellikle köpeklerdeki ilerlemelere göre geride kalmış olmasına rağmen, atlarda iyi bir peri-operatif analjeziye olan ihtiyaç artık kabul edilmektedir. Son zamanlarda bu tür için bir dizi yeni yöntem geliştirilmiştir (Taylor Polly, 2005).

GELİŞME

1. AğRININ TANIMI ve İŞLEVİ

Ağrı, Uluslararası Ağrı Araştırmaları Teşkilatı (International Association for the Study of Pain=IASP) tarafından, var olan veya olası doku hasarına eşlik eden, hořa gitmeyen duyuşsal ve duygusal deneyimler olarak tanımlanmaktadır (Egger ve ark., 2013; Yağcı & Saygin, 2019; Cansız ve ark., 20215). IASP'nin tanımından anlaşıldığı üzere, ağrının subjektif ve psikolojik bir niteliği bulunmaktadır (Uyar & Köken, 2017). Bu tanım büyük ölçüde bireyin kendi kendine rapor verme ve dil kullanımına dayandığından, sözlü ifadede bulunamayan insanlar ve hayvanlar için sınırlı kullanıma sahiptir. Dolayısıyla hayvanlarda ağrının standart, evrensel olarak kabul edilen bilimsel bir tanımı bulunmamaktadır (Viñuela-Fernández ve ark., 2007).

Ağrı, doku veya sinir hasarıyla ilişkili homeostatik bir uyarı sistemi olarak gelişmiştir (Muir, 2010; Viñuela-Fernández, 2007) ancak ağrı deneyimi her zaman altta yatan bir doku hasarının varlığını işaret etmez (Uyar & Köken, 2017). Çoğu veteriner hekim, hayvanların ağrı hissettiği gerçeğini kabul etmesine rağmen, postoperatif ağrı kesici uygulaması hala tüm veteriner hastanelerinde ve kliniklerinde rutin bir uygulama değildir (Vedpathak ve ark. 2009). Veteriner hekimin etik bir sorumluluğu, hayvanın ağrısının tanınmasına, değerlendirilmesine ve sonrasında hafifletilmesine yardımcı olmaktır (Vedpathak ve ark. 2009; Waran ve ark., 2010).

2. AĞRININ OLUŞUM MEKANİZMASI

Ağrı, periferde bir yaralanma veya uyarı (nosisepsiyon) ile başlayıp, beyne iletilen ve iletinin bilinçli olarak algılanmasıyla sonuçlanan çok aşamalı bir sürecin son ürünüdür. Nosisepsiyon, omurilik yoluyla beyne bir sinyal başlatan periferik nosiseptörlerin uyarılması olayıdır ve beş adımdan oluşur. Bu aşamalar; transduksiyon, iletim, modülasyon, yansıtma ve algılama şeklinde sıralanmaktadır (Muir, 2010; Vedpathak ve ark. 2009; Barletta, 2022).

Transduksiyon; nosiseptörlerde ağırlı uyarının elektriksel aktiviteye dönüştürüldüğü aşamadır (Derya, 2021; Barletta, 2022). Zararlı bir uyarı (kimyasal, elektriksel, mekanik veya termal) meydana geldiğinde, periferik afferent sinir uçları (nosiseptörler) bu uyarıyı algılar ve sinyali elektrik enerjisine dönüştürür. Nosiseptör türleri arasında mekanoreseptörler, termoreseptörler, kemoreseptörler ve viseral nosiseptörler (iç organ ağrısı için) yer almaktadır (Barletta, 2022).

İletim; sinir impulsunun omuriliğe iletilmesi sürecidir. Nosiseptörlerde, elektrik enerjisini veya sinir sinyalini omuriliğin arka boynuzundaki hücrelere ileten iki farklı tipte akson bulunur: A-delta ve C lifleri. A-delta lifleri miyelinli olduğundan, enerjiyi çok hızlı aktarırlar ve bir uyarının ardından algılanan ilk, hızlı ve keskin ağrı başlangıcını sağlarlar. C lifleri ise miyelinsizdir, dolayısıyla sinyalin iletimi çok daha yavaştır ve daha uzun süreli, daha az yoğun, donuk ağrı veya yanma hissi verirler (Barletta, 2022).

Modülasyon aşamasında; periferden gelen uyarı omuriliğe ulaşır ve beyne giden sinyalin amplifikasyonunu veya baskılanmasını yansıtacak şekilde değiştirilir. A-delta ve C lifleri, dorsal kök ganglionunun hücre gövdelerine ve omuriliğin arka boynuzuna duyuşal girdi gönderir; burada nörotransmitterler (örneğin glutamat), birincil ve ikincil nöronlar arasındaki sinapsa salınır (Barletta, 2022).

Projeksiyon; sinir impulsunun omurilik yoluyla beyne aktarılması sürecidir. Sinir uyarısı, talamustaki üçüncü bir nöronla sinaps olana kadar spinotalamik sistemdeki lifler boyunca beyin sapı boyunca ilerler. Talamusa gönderilen bu sinyalin frekansı ne kadar yüksek olursa, ağrı algısı da o kadar yoğun olur. Üçüncü nöron, talamustan talamokortikal yol yoluyla iç kapsüle ve somatosensoriyel korteks gibi korteksin belirli bölgelerine doğru projekte olur (Barletta, 2022).

Algı; sinir uyarısının bilinçli farkındalığıdır. Ağrının büyüklüğü talamusta belirlenir, ancak sinyalin kaynağı veya lokalizasyonu kortekste algılanır ve işlenir, ardından eferent bir motor yanıtı başlatılabilir (Barletta, 2022).

3. AĞRI SINIFLANDIRILMASI

Ağrı genel itibarıyla başlama süresine, kaynaklandığı bölgeye ve mekanizmasına göre üç temel sınıflandırmaya tabii tutulmaktadır (Egger ve ark., 2013; Yağcı & Saygin, 2019; Guedes, 2017). Başlangıç sürecine göre akut ve kronik olarak iki kategoride incelenmektedir. Akut ağrı, genellikle travma, enfeksiyon veya dokuların oksijen alamaması gibi durumlarla ilişkilendirilir. Kronik ağrı ise genellikle 3-6 aydan uzun süren bir süre boyunca devam eden ve kişinin günlük yaşamını etkileyen davranışlarının, psikolojisinin ve hatta sempatik ve nöroendokrin

fonksiyonlarının karmaşık bir şekilde etkilendiği bir durumu içermektedir (Yağcı & Saygin, 2019).

Ağrı, mekanizmalarına göre üç ana kısımda incelenebilir: Nosiseptif, nöropatik ve inflamatuvar ağrı. Nosiseptif ağrı, doku hasarına veya tahrişine yanıt olarak nosiseptörler tarafından algılanan ve iletilen ağrıdır. Nosiseptörlerin uyarılmasıyla başlar ve tedavi ile sonlanır. Nöropatik ağrı, sinirlerdeki doğrudan etkilenme sonucunda ortaya çıkan bir ağrı türüdür. Örneğin, darbe veya diyabet gibi metabolik hastalıklar bu tür ağrıya neden olabilir (Yağcı & Saygin, 2019). Nöropatik ağrının en belirgin özelliği, nosiseptif uyarı veren bir kaynağın bulunmamasıdır ve genellikle duygusal bozukluklarla ilişkilidir. Ağrı, genellikle aralıklı, kısa süreli, batıcı ve saplanıcı olarak tanımlanır. Ayrıca, merkezi sinir sistemi ile somatosensoryel uyarıların ilişkisinin kesintiye uğradığı durumlarda ortaya çıkan talamik ağrı sendromu gibi farklı ağrı türleri de mevcuttur (Egger ve ark., 2013; Yağcı & Saygin, 2019; Guedes, 2017).

İnflamatuvar ağrı genellikle anti-inflamatuvar ilaçlara yanıt verir, ancak nöropatik ağrı (sinir hasarı veya nöral işlev bozukluğu nedeniyle) non-steroidal anti-inflamatuvar ilaçlara (NSAİ'ler) zayıf yanıt verir ve çoğunlukla opiatlara dirençlidir. Nöropatik ağrı, klinik olarak allodini, hiperaljezi ve spontan ağrı olarak ortaya çıkar. Allodini, normalde zararsız olan uyarıcılardan kaynaklanan ağrı olarak tanımlanır, örneğin hafif dokunuş, hiperaljezi ise ağrılı uyarıcılara aşırı yanıt olarak tanımlanır (Viñuela-Fernández ve ark., 2007).

Ağrı, kaynaklandığı bölgeye göre de somatik ve visseral olarak ayrılmaktadır. Somatik ağrı, kolayca lokalize edilebilen, ağrıyan, bıçaklayıcı veya atıştırıcı bir nitelik taşır ve genellikle akut olarak tanımlanır. Somatik ağrı, genellikle operasyon sonrası kesici veya insizyonel ağrıyı içerir. Bu tür ağrı, sıklıkla yüzeysel (cilt) veya derin (eklemler, kaslar ve periosteum) olarak adlandırılır (Muir, 1998).

Visseral ağrı, torasik, abdominal veya pelvik boşluklardaki organların nosiseptörlerinin aktivasyonundan kaynaklanır ve genellikle derin, donuk bir his olarak tanımlanır. Visseral ağrı, somatik ağrıdan birkaç önemli açıdan farklılık gösterir. İç organlarda ağrı oluşması için yeterli uyarılar arasında içi boş organların genişlemesi, mezenterin çekilmesi, iskemi ve tipik olarak inflamatuvar süreçlerle ilişkili endojen kimyasallar yer alır (Egger ve ark., 2013).

4. ATLARDA AĞRI BULGULARI

Atlarda ağrı durumu çok boyutlu bir deneyimdir. Bireye iyi bir yaşam kalitesi sağlamak için ağrının tanınması ve tedavisi önemlidir (Kata ve ark., 2014). Atlar avlanma potansiyeli olan hayvanlardır, bu nedenle kendilerini korumak için ağrıyı mümkün olduğunca gizlemek doğal içgüdülerinin bir parçasıdır (Kata ve ark., 2014; De Grauw & Van Loon, 2016). Ayrıca hastane benzeri alışılmadık ortamlarda bulunmaları halinde de ağrı maskelenebilir. Ağrı belirtileri başlangıçta hafif olabilir ancak ağrının şiddeti arttıkça belirgin hale gelebilir (Kata ve ark., 2014). Atların aversif uyarıcılara karşı içgüdüsel tepkisi "kaçış"tır (Kata ve ark., 2014; Valverde & Gunkel, 2021). Ancak, bir kısıtlama altına alındıklarında, ağrı kaynağına veya tehdidine karşı saldırgan bir davranış sergileyebilirler (Bussi eres ve ark., 2008).

Ağrı belirtileri atın yaşına, ırkına, mizacına ve spesifik hastalığına göre de değişiklik gösterebilir (Egger ve ark., 2013; Kata ve ark., 2014; Bussi eres ve ark., 2008; Lanci ve ark., 2022). Ağrı davranışı, duygu veya fizyolojik parametrelerdeki değişikliklerle de ortaya

çıkabilir. Ağrının düzeyini ölçmeye çalışırken bu davranışlar ve parametreler değerlendirilmelidir. Değerlendirilecek bulgular arasında davranış/tavır, aktivite düzeyi, genel görünüm, iştah, duruş, yüz ifadeleri, insanlarla ve/veya diğer atlarla etkileşim, çalışma isteği ve kontrolü ele alınmaya verilen tepki yer almaktadır (Kata ve ark., 2014).

Atlarda en sık görülen ağrı türleri ortopedik ağrı ve karın ağrısıdır. Ortopedik ağrı tipik olarak topallık şeklinde ortaya çıkar ve eklem, tendon, uzun kemikler ve sırt problemleriyle ilişkilidir. Topallık, atın diğer uzuvlarına yük bindirerek ağrılı bölgeden kaçınmaya çalışması sonucu oluşmaktadır. Bu hastalık atın binicilik kariyerini sona erdirebilir. Hastalığın ciddiyetine ve ne kadar erken tespit edildiğine bağlı potansiyel olarak ölümcül olabilir. Karın ağrısı veya kolik, mide-bağırsak kanalının yangısı, bağırsaktaki bir veya daha fazla halkada gaz birikmesi, kök mezenterin çekilmesi veya gastrointestinal kanalın iskemisi sonucu ortaya çıkabilmektedir. Kolik, atlarda en sık görülen tıbbi problemlerden biridir ve hızlıca tedavi edilmesi gerekir (Kata ve ark., 2014). Şiddetli karın ağrısıyla ilişkili davranışlar genellikle dramatiktir ve sahipleri tarafından kolayca tespit edilir (Egger ve ark, 2013).

Atlarda ağrının davranışlarda oluşturduğu değişiklikler genel olarak aşağıda sıralandığı şekildedir:

- Depresif/donuk görünüm (kronik ağrı) (Şekil 5.1.C)
- Huzursuzluk, kaygı veya ajitasyon (akut ağrı)
- Terleme
- Artan kalp ve/veya solunum hızı
- İştahta azalma
- Anormal duruş
- Ağrılı bölgeyi izleme (Şekil 5.1.D)
- Genişlemiş burun delikleri
- Saldırganlık (bakıcılara, atlara veya kendi tayına karşı) (Şekil 5.1.B)
- Geride durma
- İnleme/homurdanma
- Karnı tekmeleme
- Yeri eşeleme
- Yatma isteği
- Yerde yuvarlanma (Şekil 5.1.A)
- Yüzeysel solunum
- Şiddetli bir şekilde kendini yere atma (şiddetli kolik)
- Karın şişliği
- Oskültasyonda bağırsak sesleri çok az veya hiç olmayışı
- Anormal ağırlık dağılımı sonucu hafiften şiddetliye kadar değişen topallık
- Bir uzvun korunması
- Uzuvlar arasında ağırlık aktarımı
- Uzuvların işaret edilmesi, askıda tutulması (Şekil 5.2) veya döndürülmesi
- Hareket etme isteksizliği
- Ağrılı bölgenin palpasyonuna karşı duyarlılık
- Ekstremitte fleksiyon testinden sonra tepki
- Toynak test cihazı uygulamasına hassasiyet
- Ağırlığı arka ayaklara yüklemek
- Kas fasikülasyonu

- Artan dijital darbeler (Kata ve ark., 2014)
- Diş gıcırdatma
- Kafanın omuz hizasının altında tutulması
- Kaudal karın bölgesinde palpasyona tepki
- Tımar davranışında eksiklik
- Kısık gözler
- Çene tonusunda artış ve dudaklar arasındaki mesafenin azalması (Egger ve ark, 2013)



Şekil 5.1. Atlarda ağrı bulguları **A.** yerde yuvarlanma, **B.** saldırganlık, **C.** depresif ve donuk görünüm, **D.** ağrılı bölgeyi izleme (Barletta, 2022).



Şekil 5.2. Yaralı uzvun askıda tutulması (Barletta, 2022).

5. AĞRI DEĞERLENDİRME YÖNTEMLERİ

Ağrı yönetimi, doğru ağrı değerlendirmesine dayanmaktadır. Atlarda ağrının değerlendirilmesi için bir altın standardın eksikliği, halihazırda kullanılan geniş yelpazedeki değerlendirme araçlarının geliştirilmesine neden olmuştur. Ne yazık ki, bunlardan hiçbiri henüz klinik uygulamada duyarlı, güvenilir ve tekrarlanabilir bir "ağrı ölçme" yöntemi sağlamamıştır. Bu nedenle klinik karar vermede kullanışlı, güvenilir ve türler arası ölçülebilir araçların geliştirilmesi için daha fazla çalışma gerektiği düşünülmektedir (Viñuela-Fernández ve ark., 2007).

5.1. Fizyolojik Parametreler

Kalp atış hızı ve solunum hızı gibi parametreler ağrıdan etkilenebilir ve kolayca ölçülüp nicelendirilebilir. Bu nedenle, kalp atış hızı genellikle at hekimleri tarafından ağrının ve analjeziye olan ihtiyacın önemli bir göstergesi olarak değerlendirilmektedir. Bununla birlikte, bu parametreler başka faktörlerden de etkilenebilecekleri için tek başlarına ağrının varlığı ve şiddeti için spesifik olmayabilirler. Bu faktörler arasında ortam sıcaklığı, dehidrasyon, heyecan ve kardiyovasküler veya solunum sistemi hastalığı bulunabilir. Çalışmalar genellikle kalp atış hızı ile ağrının varlığı veya şiddeti arasında doğrudan bir ilişki kuramamıştır (De Grauw & Van Loon, 2016).

5.2. Endokrin Ölçümler: Hormon ve Mediatör Konsantrasyonları

Dolaşımdaki endojen kortizol (Egger ve ark., 2013; Lanci ve ark., 2022), β -endorfinler ve katekolaminlerin seviyeleri atlarda ağrının dolaylı göstergeleri olarak değerlendirilmiştir. Ancak, daha önce de belirtildiği gibi, fizyolojik stres, davranışsal rahatsızlık ve ağrı arasındaki ilişki karmaşık bir yapıya sahiptir. Bu nedenle, endokrin ölçümler ağrıya özgü olmayan stres tepkilerini yansıtabilmekte ve değişikliklerin büyüklüğü, ağrının derecesi veya şiddeti ile ilişkili olmayabilmektedir (De Grauw & Van Loon, 2016).

5.3. Gıda ve Su Tüketimi

Yiyecek ve su tüketiminin izlenmesi önemlidir ve ağrı değerlendirmesine dahil edilmektedir. Yemek yeme konusunda isteksizlik veya yemeği çiğnemede zorluk dış ağrısının bir sonucu olarak kendini gösterebilir. Yiyecek ve su kovalarının konumu dikkate alınmalıdır çünkü ön ekstremitte, boyun veya sırt ağrısı olan atlar ön ayakları üzerine ağırlık vermekte isteksiz olabilir ve yemek için başlarını eğmek istemeyebilirler (Egger ve ark., 2013).

Atlarda ağrının nesnel değerlendirmesi için çeşitli skalalar geliştirilmiştir. Bu skalalar arasında görsel analog ölçek (VAS), basit tanımlayıcı ölçek (SDS), sayısal derecelendirme ölçeği (NRS), zaman bütçesi analizi, bileşik ağrı ölçekleri (CPS), yüz ifadelerine dayalı ölçekler gibi yöntemler bulunmaktadır (De Grauw & Van Loon, 2016).

5.4. Görsel Analog Ölçek (VAS)

VAS, ağrı şiddetini temsil eden yatay bir 10 cm'lik çizgiden oluşmaktadır. Bu çizgi, başlangıçta (solda) hiç ağrı olmamasından başlayıp hayal edilebilecek en kötü ağrıya kadar artar (Şekil 6.1). Bir gözlemci, hayvanın algıladığı ağrı miktarına karşılık gelen herhangi bir yeri işaretleyebilir.

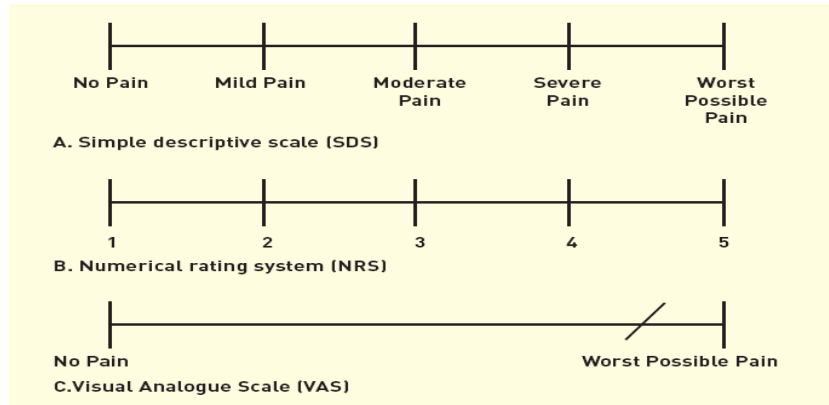
Ağrı puanı daha sonra ölçeğin sıfır ucundan okunur. VAS puanı sürekli bir değişkendir ve kullanımı kolaydır. Ancak, VAS puanlarının gerçekten bir ağrı sürekliliğini mi yoksa belirli sınıfları mı yansıttığı, insanlarda yapılan çalışmalarda sorgulanmıştır. Atlarda VAS puanlamasının, atın gözlemlenme süresine bağlı olarak değişebileceği ve özellikle ağrı ölçeğinin orta ve alt seviyelerinde gözlemciler arası uyumun genellikle optimalin altında olduğu düşünülmektedir (De Grauw & Van Loon, 2016).

5.5. Sayısal Derecelendirme Ölçeği (NRS)

NRS, eşit aralıklarla sıfırdan ona kadar önceden belirlenmiş numara etiketleri olan yatay bir çizgiden oluşur. Yine, “0” ağrının hiç olmayışını ve “10” hayal edilebilecek en kötü ağrıyı temsil etmektedir (Şekil 6.1). Gözlemcilerden, hayvanın deneyimlediği düşünülen ağrı miktarına en yakın olan sayıyı daire içine almaları istenir. Bu nedenle, bir NRS puanı kesikli bir sıralı değişkendir. Kesikli doğası nedeniyle, VAS'e göre daha tekrarlanabilir olma eğilimindedir. (De Grauw & Van Loon, 2016).

5.6. Basit Tanımlayıcı Ölçek (SDS)

Bir SDS skalası, verilerin istatistiksel olarak işlenebilmesi için önceden tanımlanmış ağrı sınıfları veya derecelerinden oluşur. Örneğin, 0, hiçbir; 1, hafif ağrı; 2, orta derecede ağrı; 3, şiddetli ağrı şeklinde sıralanır (Şekil 6.1) Bu ölçekler sıralı olsa da, ölçeğin her ardışık sınıfı arasında eşit farklar olmayabilir, yani 0 ve 1 puanlarının arasındaki ağrı miktarı ile 2 ve 3 puanları arasındaki ağrı miktarı arasındaki fark aynı olmayabilir (De Grauw & Van Loon, 2016).



Şekil 6.1. Ağrı değerlendirmesi için kullanılan “Görsel Analog Ölçek”, “Sayısal Derecelendirme Ölçeği” ve “Basit Tanımlayıcı Ölçek” (29).

5.7. Zaman Bütçesi ve Aktivite Bütçesi Analizi

Hayvanın yaşadığı ağrı davranışlarında değişikliklere neden olduğundan, normal davranış veya aktivite kayıpları ağrının varlığında etkilenmektedir. Bu tür değişiklikleri tespit etmek amacıyla at uzun bir süre yakından izlenir. Davranış kalıplarını ve değişiklikleri analiz etmenin bir yolu, atların sürekli video çekimi kullanılarak gözlemlenmesi ve daha sonra filmlerin ‘aktivite bütçesi’ni belirlemek için değerlendirilmesidir. Bu, hayvanların her biri önceden belirlenmiş davranışlara harcadığı zamanı (örneğin, gıda alımı, başın omuz hizasından aşağıda tutularak

ayakta durması, kulakların ileriye doğru eğilmesi gibi) içerir. Başka bir yaklaşım ise farklı zaman aralıklarında yeterince uzun film klipleri elde etmektir (De Grauw & Van Loon, 2016).

5.8. Birleşik Ağrı Ölçekleri

Ağrı, karmaşık, subjektif ve çok boyutlu bir fenomen olduğundan, duygusal, davranışsal ve fizyolojik tepkilere yol açar. Bu nedenle, ağrıyı daha iyi tanımlamak ve nicelendirmek için çeşitli potansiyel ağrı ile ilişkili parametrelerin eş zamanlı olarak değerlendirilmesi beklenir. Klinik olarak, bu yaklaşım, çeşitli değişkenlerin (davranışsal, fizyolojik veya her ikisi) SDS kullanılarak ayrı ayrı puanlandığı ve ardından birleştirilerek genel bir CPS puanı sağlayan bir bileşik ağrı ölçeği (CPS) oluşturulması şeklinde gerçekleşir. Atlar üzerinde gerçekleştirilen birkaç deneysel ve klinik çalışma, ağrı değerlendirmesi için bileşik değerlendirme araçlarının kullanımını içermektedir. Klinik vakalardaki CPS puanlarının gözlenen maksimum genliği genellikle sınırlıdır ve hafif ağrı durumlarını tanımlamak ve ayırt etmek için sınırlı fayda sağlar. Ayrıca, kurtarma analjezisinin başlatılması gereken anlamlı kesim değerlerinin tanımlanması da önemli bir zorluk olarak kalmaktadır. (De Grauw & Van Loon, 2016).

5.9. Yüz İfadesi Ağrı/At Griması Ölçekleri

Atlarda ağrıya bağlı davranışları belirlemek amacıyla yüz ifadelerinin kullanıldığı bir “At Yüz İfadesi Ölçeği” mevcuttur. Bu ölçekte altı yüz hareketi tanımlanmıştır. Bunlar: dikleşmiş kulaklar, göz kapaklarının açıklığında azalma, göz çevresinde gerginlik, gergin çığneme kasları, ağız bölgesinde gerginlik ve belirgin bir çene ile gergin burun delikleri şeklinde sıralanır (Kata ve ark., 2014) (Şekil 6.2).



Şekil 6.2. Atlarda ağrı değerlendirme yöntemi olarak kullanılan yüz ifadeleri (Pessanha ve ark., 2022).

5.10. Mekanik Eşik Testi

Basınç algometrisi, deneysel olarak sırt ve ön ekstremitte ağrısı oluşturulan atlarda geri çekilme veya kaçınma tepkisini tetiklemek için gereken basıncı ölçmek amacıyla kullanılmıştır. Bu teknik, davranışsal bir kaçınma reaksiyonu gözlemlenene kadar cilt yüzeyine dik olarak sabit bir oranda basınç uygulanmasını içermektedir. Hayvanda çekilme refleksinin olduğu noktada basınç uygulaması durdurulur ve ölçülen değer eşik değer olarak kaydedilir. Bu teknik doğal olarak ortaya çıkan kas-iskelet sistemi hastalığı olan atlarda tedaviye verilen yanıtların izlenmesinde yararlı bir yol olma potansiyeline sahiptir. Bir yanıt üretmek için gereken kuvvetin derecesinin değerlendirilmesi genellikle subjektif olmasına rağmen, klinik uygulamada ayaktaki ağrı alanlarını belirlemek için toynak test cihazları rutin olarak kullanılmaktadır. Palpometre cihazı ise yaraların palpasyonu sırasında geri çekilme tepkisini ortaya çıkarmak için gereken basıncı ölçer ve elektif cerrahi sonrası tedavilerin analjezik etkinliğini araştıran çalışmalarda kullanılmıştır (Egger ve ark, 2013).

5.11. Analjezi Testi

At pratiğinde topallığı lokalize etmek için analjezik testler rutin olarak kullanılmaktadır. Bir at, non-steroidal anti-inflamatuar ilaçlar (NSAİİ'ler), opioidler veya benzeri bir analjezik ile sistemik olarak tedavi edildiğinde, sorunun potansiyel olarak ağrı ile ilgili olup olmadığını belirlemek için sistemik analjezik testi yapılabilmektedir. Bu test, zayıf performans veya sürüş sorunları içeren ve kapsamlı bir inceleme sonucunda herhangi bir tanı konulamayan durumlarda faydalı olmaktadır. Eğer at tedavi edilirken spesifik istenmeyen davranışlar azalır veya ortadan kalkarsa, bu davranışların nedenin büyük olasılıkla teşhis edilemeyen ağrılı bir durumu olduğu düşünülür. Tedavi sona erdikten sonra istenmeyen davranışların tekrar ortaya çıkması durumunda pozitif sonuç doğrulanmış olur. Bu yöntem, nispeten ucuz ve kolay bir teşhis aracıdır; ancak olumsuz bir sonuca güvenmemek son derece önemlidir. Analjezik testinin iyileştirme açısından yüksek özgüllüğü olmasına rağmen duyarlılığı düşüktür. Seçilen analjeziğin söz konusu spesifik ağrı türü için etkili olmaması, dozun yetersiz olması veya test süresinin çok kısa olması nedeniyle tedaviyle iyileşme söz konusu olmayabilmektedir (Gleerup, 2018).

6. TEDAVİ

Yıllardır süregelen bir inanış, yaralı bir vücut parçasındaki ağrının giderilmesi durumunda, hayvanın o vücut parçasını aşırı kullanacağı ve daha fazla hasara neden olacağı yönündedir. Bu düşünce, insani bir yaklaşım olmaması sebebiyle kabul edilemez ve pratik nedenlerle sınırlı temele sahiptir. Ağrı çeken bir at genellikle huzursuzdur ve iyi bir analjezi ile yaralı vücut parçasının fiziksel desteği olan sakin bir hayvandan daha fazla zarar verebilmektedir (Taylor Polly, 2005).

Ağrı kontrolüne mümkünse ağrının oluşumundan önce başlamalıdır. Ağrı başlamadan önce (önleyici analjezi) veya en azından mümkün olan en kısa sürede analjezik ilaçların uygulanması, nöropatik algılama, iletim ve yanıtla ilişkilendirilen patofizyolojik mekanizmaları kontrol altına alır ve reaksiyonları minimize eder. Ayrıca, önleyici analjezi daha düşük dozlarda analjezik ilaçların kullanımını ve daha olumlu bir yanıt alınmasını sağlayabilmektedir (Valverde, 2005). Bununla beraber hastaya optimum analjezi sağlamak, iyileşme süresini,

fizyolojik stresi azaltabilmekte ve postoperatif dönemde maksimum konfor sağlayabilmektedir (Baller & Hendrickson, 2002).

6.1. Farmakolojik Olmayan Ağrı Tedavisi

6.1.1. Fizik Tedavi ve rehabilitasyon

Rehabilitasyonun temel taşı, eş zamanlı olarak ağrıyı yönetebilme ve doku fonksiyonunu geri kazanabilme yeteneğidir. Etkili bir terapi için terapistin, akut ve kronik ağrı yönetimini bilmesi, hareketin biyomekaniğini ve dokuların stres ve gerginlik modellerine nasıl tepki verdiğini anlaması, egzersiz fizyolojisi prensiplerine hâkim olması gerekmektedir (Egger ve ark, 2013). Atlarda en sık karşılaşılan kas-iskelet sistemi hastalıkları osteoartrit ve sırt ağrısıdır. Bu iki durum genellikle birbiriyle bağlantılıdır ve eşzamanlı olarak ele alınmalıdır. Osteoartrit sadece eklem içindeki kıkırdak dejenerasyonu problemi değil; anormal mekanik aşınma ve yıpranmanın nihai bir sonucudur. Osteoartritin yönetiminde multimodal bir yaklaşım en iyi sonuca ulaşılmasını sağlamaktadır. Bu tür bir yaklaşım, uygun cerrahi müdahale, geleneksel farmakolojik yöntemlerle ağrı yönetimi, akupunktur, fizik tedavi, propriosepsiyonu ve nöromüsküler aktivasyonu artıran terapötik egzersizler, kilo kontrolü, beslenme yönetimi ile nutrasötikler ve kondroprotektanları içermelidir (Egger ve ark, 2013).

6.1.2. Manuel Terapi

Manuel terapi veya manipülatif terapi, kas-iskelet sistemi fizyoterapisinde uygulanan pasif veya destekli aktif hareket tekniklerinin eklem, sinir ve kas sistemlerindeki ağrı ve fonksiyon bozukluklarını yönetmesine dayanmaktadır. Bu yöntemle ağrı ve fonksiyon kaybının altında yatan nöromuskuloskeletal sistemdeki mevcut patofizyolojik özellikler ayrıntılı bir şekilde değerlendirilir. Bu değerlendirme hem teşhis hem de tedavi amacıyla yapılmaktadır (McGowan ve ark., 2016). Manuel terapilerin, ağrının duygusal bileşeni üzerinde etkili olup, periferdeki (transdüksiyon, iletim) ve merkezi (modülasyon, projeksiyon) ağrı fizyolojisini de etkilediği düşünülmektedir (Guedes, 2017). Manuel terapi teknikleri arasında masaj terapisi, eklem mobilizasyonu ve manipülasyonu, myofasiyal serbest bırakma, germe egzersizleri, tranksiyon (çekme) teknikleri ve refleks terapisi yer almaktadır (Fossum ve ark., 2017) (Şekil 7.1).



Şekil 7.1. Atlarda manuel terapi egzersizleri (31).

6.1.3. Kriyoterapi

Soğuk kompres, küçük kalibreli miyelinli liflerin (A δ ve C lifleri) sinir iletimini yavaşlatır. Ayrıca periferik vazokonstriksiyona neden olarak kan akışını azaltır ve bu da lokal inflamasyonu hafifletmektedir. Kriyoterapi, akut artrit ataklarında veya ağrıyı hafifletmek ve

inflamasyonu önlemek amacıyla uygulanmaktadır. Kriyoterapiyi uygulamanın en basit yolu, günde 3 ila 6 kez, her seferinde 5 ila 10 dakika boyunca hedeflenen bölgeye soğuk masaj yapmaktır (Vedpathak ve ark., 2009) (Şekil 7.2).



Şekil 7.2. Kriyoterapi uygulaması (32).

6.1.4. Termoterapi

Isı uygulaması, periferik vazodilatasyona yol açarak, lokal analjezi sağlayan kapı kontrol mekanizmalarını artırarak birçok termosensitif reseptörleri uyarmaktadır. Sıcak su şişeleri veya sıcak paketler, yüzeysel ısı uygulamak için basit yöntemlerdir. Bu uygulamayla, doku yaklaşık 1 cm derinliğe kadar ısıtılabilmekte ve özellikle distal eklemler için tavsiye edilmektedir. Yüzeysel ısı uygulamasının, günde 1 ila 3 kez, 15 ila 20 dakika süreyle yapılması tavsiye edilmektedir (Vedpathak ve ark., 2009).

6.1.5. Aktinoterapi

Aktinoterapi, kızılötesi ışık kullanarak hastalık tedavisini içermektedir. Kızılötesi ışınlar, derin dokuları ısıtarak sıcaklık ve analjezi sağlar. Bu tedavi yöntemi, özellikle artritten etkilenen eklemler üzerinde uygulanır. Uygulama süresi 15 dakika ile bir saat arasında olmalıdır (Vedpathak ve ark., 2009).

6.1.6. Transkutanöz elektriksel nöro-stimülasyon (TENS)

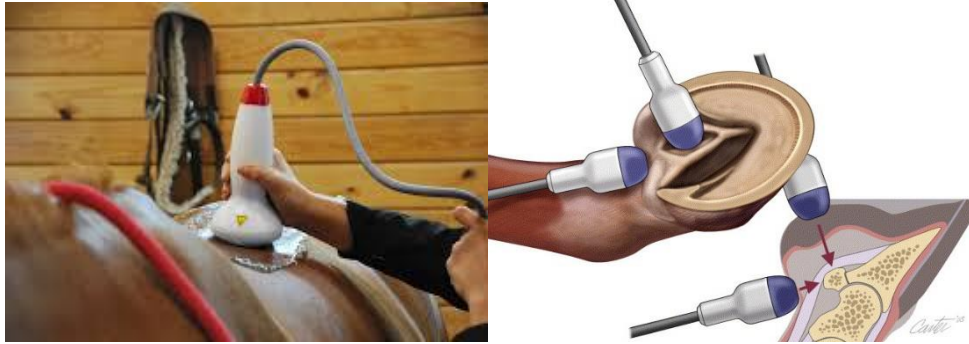
Artritli hayvanlarda, iki farklı TENS (Transkutanöz Elektriksel Sinir Stimülasyonu) akımı yöntemi kullanılmaktadır: kapı kontrollü TENS ve endorfinik TENS. Kapı kontrollü TENS, yüksek frekansta (80 veya 100 Hz) büyük kalibreli duyuşal liflerin (A β) periferik hiperstimülasyonuna neden olarak çalışmaktadır. Bu tür akım, hızlı fakat kısa süreli analjezi sağlar ve esas olarak akut ağrı için endikedir. Endorfinik TENS ise, düşük frekansta (2 ila 8 Hz) küçük kalibreli liflerin (A δ ve C) uyarılmasını sağlar ve bu da endorfin salınımını kolaylaştırır. Endorfinik TENS, subakut ve kronik ağrı için endikedir. TENS akımının etkili olabilmesi için en az 20 ila 30 dakika süreyle uygulanması gerekmektedir (Vedpathak ve ark., 2009) (Şekil 7.3).



Şekil 7.3. Atta Transkutanöz Eletriksel Nörostimülasyon uygulaması (33).

6.1.7. Ekstrakorporeal şok dalgası tedavisi (ESWT)

Litotripsi tekniklerine dayanan ESWT'nin, 1990'lı yıllardan bu yana insanda (epikondilit) ve atlarda (fetlock'un askı bağının desmiti) çeşitli romato-ortopedik bozuklukların tedavisinde etkili bir şekilde kullanıldığı bilinmektedir. ESWT, vücut dışından oluşturulan yüksek enerjili şok dalgalarının belirli bir bölgeye yönlendirilmesiyle uygulanan bir tedavi yöntemidir. Ağrıyı hızlı ve kalıcı bir şekilde azaltmada (ağrı birkaç hafta veya ay boyunca dindirilir) etkili olduğu gözlemlenmiştir (Vedpathak ve ark., 2009) (Şekil 7.4).



Şekil 7.4. Ekstrakorporeal Şok Dalgası tedavisi (McClure & Weinberger, 2003).

6.1.8. Akupunktur

Akupunkturun analjezik etkisi, fokal akupunktur noktalarının tedavisi ile kapı kontrol mekanizmalarını harekete geçirmesi ve uzak akupunktur noktalarının tedavisi ile endojen opioidlerin salınımını uyararak uzun süreli ağrı kesici etki sağlamasından kaynaklanır. Akupunktur, akut, subakut ve kronik artrit ataklarının tedavisinde kullanılabilir. Akut inflamatuvar ataklarda, klinik belirtiler düzelene kadar iki veya üç günde bir uygulama gerekmektedir. Kronik ağrının tedavisinde ise birkaç seans yeterli olabilir (Vedpathak ve ark., 2009-Barletta, 2022).

6.1.9. Düşük seviye lazer terapisi (LLLT)

Düşük seviyeli lazer terapisi sonrasında endorfinlerdeki lokalize ve sistemik artış, ağrının azaldığı klinik olarak birçok çalışmada rapor edilmiştir. Lazer ışınlanması, bu liflerin afferent duyu yolundaki uyarılmasını baskılar. LLLT, sinir hücresi aksiyon potansiyelini normal değerine geri döndürür. Ayrıca, deri ve iç organlardaki nosiseptif afferentleri uyararak ağrıya neden olan bradikininin seviyelerinin azaltılmasına da yardımcı olur (Vedpathak ve ark., 2009) (Şekil 7.6).



Şekil 7.6. Atta düşük seviyeli lazer tedavisi uygulaması (36).

6.1.10. Terapötik ultrason

Terapötik ultrason üniteleri, lokal derin doku ısınmasının termal etkisini sağlayan ses dalgalarını doku içine yaymak için tasarlanmıştır (Şekil 7.7). Terapötik ultrason tendinitis, doku kontraktürü ve kas spazmlarının sağaltımında yardımcı olabilir. Ultrason üniteleri aynı zamanda akut veya kronik yaralarda iyileşmeyi teşvik etmek için düşük yoğunluklu, sürekli veya darbeli modlara ayarlanabilir. Fonoforez, terapötik ultrasonun topikal olarak uygulanan ilaçların ilgili dokuya ulaşmasını arttırmak için kullanılması işlemidir (Fossum ve ark., 2017).



Şekil 7.7. Atta terapötik ultrason tedavisi uygulaması

6.2. Farmakolojik Tedavi Yöntemleri

Ağrıyı tedavi etmek için birçok ilaç ve teknik mevcuttur. Atlarda ağrı yönetiminde kullanılan bu ilaçlar arasında: non-steroidal anti-inflamatuarlar, lokal anestezipler, opioidler, alfa-2 reseptör agonistleri, dissosiyatif anestezipler yer almaktadır (Fossum ve ark., 2017). Farklı etki mekanizmalarına sahip ilaç kombinasyonlarının kullanılması, her ilacın dozunun azaltılmasını sağlayarak yan etkileri azaltırken analjezik etkiyi artırabilir. Ayrıca, farklı ilaçlar farklı yollarla aynı anda verilebilir ve böylece farklı nöropatik algılayıcılara ve ağrı yollarına etki ederek analjezik özelliklerini tamamlayabilirler (Valverde & Gunkel, 2021). Farklı mekanizmalar aracılığıyla etki eden analjeziklerin kombinasyonları, sinerjik bir etki üretebilir. Bu kombinasyonlar, ilaçlar farklı yollarla metabolize edildiğinde ve atıldığında ek toksisite olmadan daha fazla analjezik etki sağlamış olurlar. Multimodal analjezinin diğer hayvan türlerinde oldukça etkili olduğu kanıtlanmış ve atlar için de eşit derecede uygun olan bir yöntem olduğu belirtilmektedir (Taylor Polly, 2005).

Cerrahi veya travma, stres yanıtı ve doku onarımı için gerekli olan enerji miktarını önemli ölçüde artırır. Eğer bu artan enerji gereksinimi karşılanmazsa, belirgin kilo kaybı ve negatif bir enerji dengesi gelişir. Bu durum, şiddetli yaralanma veya enfeksiyon geçiren atlarda, hastalık süreci uygun şekilde tedavi edilmiş olsa bile sıkça görülür. Etkili bir analjezi, genellikle yaralı bir atın iştahsızlığını düzeltir ve iyileşmeyi destekler. En iyi etkiyi sağlamak için, analjezik ilaçlar hem periferik hem de merkezi sinir sistemi bölgelerinde nöropatik algı ve ağrıyı hedeflemelidir. Merkezi duyarlılaşma ve sürekli uyarım, mümkün olan en erken müdahale ve analjezik ilaç uygulamasıyla önlenmelidir (Taylor Polly, 2005).

Önleyici analjezi, geniş kapsamlı yumuşak doku veya ortopedik cerrahiler öncesinde, merkezi sinir sisteminde aşırı duyarlılık ve bunun sonucunda gelişen hiperanaljezi ve alodiniyi minimize etmek amacıyla, analjezik ilaçların 24-48 saat boyunca bilinçli ve planlı olarak uygulanmasını ifade eden bir terimdir (Taylor Polly, 2005).

NSAİİ'lar, düşük dozlarda opioidler veya alfa agonistlerle birleştirilerek, kısa süreli ağrı terapisi için önleyici analjezi amacıyla en yaygın olarak kullanılan ana analjezik ilaçlardır (Taylor Polly, 2005).

6.2.1. Non-steroidal anti-inflamatuar ilaçlar

NSAİİ'lar günümüzde at pratiğinde en yaygın kullanılan analjeziklerden bazılarıdır (Baller & Hendrickson, 2002). NSAİİ'lar, kas-iskelet sistemi ile visseral kökenli akut ve kronik ağrının yönetiminde kullanılmaktadırlar. Oral preparatların bulunması, bu ilaçların kullanımını oldukça pratik hale getirmektedir (Viñuela-Fernández ve ark., 2007). Fenilbutazon, flunixin meglumin ve ketoprofen, at türü için en yaygın kullanılan NSAİİ'lardır (Valverde, 2005). NSAİİ'lar, araziidonik asit metabolizmasının siklooksijenaz (COX) (Vedpathak ve ark., 2009; Muir, 2010) ve tromboksan enzimini inhibe ederek bir dizi anti-inflamatuar, antipiretik ve analjezik etki sağlarlar (McFadzean & McLove, 2009). Prostaglandinler, başta prostaglandin E2 olmak üzere, periferik yüksek eşikli nöropatiklerin eşliğini azaltırlar (Taylor Polly, 2005). COX yolağı, COX-1 ve COX-2 olmak üzere iki enzimden oluşur. COX-1'in mide mukozasının normal fonksiyonları üzerinde; kan akışını ve mukus üretimini artırarak, asit üretimini ise azaltarak faaliyet gösterdiği bilinmektedir. COX-2 enzimi sağlıklı dokuda bulunmaz ancak yaralanma sonucu dokularda indüklenerek yangı oluşumu tetikleyen prostaglandinleri üretmek için

faaliyet gösterir. Şu anda kullanılan NSAİİ'lar her iki enzimin faaliyetlerini engellemektedirler. NSAİİ'lar bu faaliyetleri engellediklerinden dolayı mide-bağırsak mukozasında hasara yol açabilir ve iskemiye takiben mukozal iyileşmeyi engelleyebilirler. Seçici siklooksijenaz-2 (COX-2) inhibitörlerinin teorik olarak mukozal hasar üzerinde daha az etkiye sahip olduğu düşünülmektedir, ancak bu iddianın klinik açıdan önemli olduğunu destekleyen kanıtlar seyrek ve çelişkilidir (Maar, 2007). Özel COX-2 inhibitör ilaçlar kullanarak bu yan etkileri azaltmak için araştırmalar devam etmektedir (Baller & Hendrickson, 2002). Peri-operatif ve uzun süreli analjezik tedavi için NSAİİ seçimi genellikle kişisel tercihe ve maliyete dayanır. NSAİİ'ların opioidlerle birlikte kullanılmasının faydaları, genellikle geniş klinik deneyimle desteklenmektedir. (Taylor Polly, 2005). Atlarda terapötik dozlarda NSAİİ kullanımı için bildirilen potansiyel olumsuz etkiler arasında mide ülseri, böbrek fonksiyon bozukluğu ve sağ sırt koliti yer almaktadır (McFadzean & McLove, 2009).

7.2.1.1. Meloksikam

Meloksikam, akut ve kronik kas-iskelet sistemi bozuklukları ve kolik tedavisi için lisanslanmış bir COX-2 selektif NSAİİ'dır. Çalışmalar, iskemiye takiben bağırsak mukozasının iyileşmesi üzerinde meloksikam kullanımının, fluniksin ile karşılaştırıldığında daha faydalı bir etki gösterdiğini ortaya koymaktadır. Meloksikam, boğulmuş ince bağırsak ameliyatı sonrası analjezi sağlama konusunda fluniksin ile karşılaştırıldığında, fluniksin alan atların ağrı skorlarının meloksikam alanlara göre anlamlı derecede daha düşük olduğu gözlenmiştir (McFadzean & McLove, 2009). Meloksikamın, sükröz geçirgenliği kullanılarak ölçülen gastrik mukozal geçirgenliğe fenilbutazona kıyasla daha az zarar verdiği bilinmektedir (Maar, 2007).

7.2.1.2. Fenilbutazon

Fenilbutazon, klinik etkinliği, düşük maliyeti ve düşük dozlarda görülen güvenliği nedeniyle hala en yaygın kullanılan NSAİİ'dır. İyi antiinflamatuvar özelliklere sahiptir ve etkili analjezi sağlar. Fenilbutazon oral olarak veya intravenöz enjeksiyon yoluyla uygulanabilir, ancak tromboflebiti önlemek için yavaş verilmelidir. İntramüsküler enjeksiyonlar, fenilbutazonun asidik yapısı ve neden olabileceği yakıcı doku reaksiyonları nedeniyle uygulanmamalıdır. Kloramfenikol ve rifampin gibi antibiyotiklerle birlikte kullanımından kaçınılmalıdır, çünkü etkileşim fenilbutazonun eliminasyon hızında önemli bir azalmaya neden olabilir (Baller & Hendrickson, 2002).

7.2.1.3. Fluniksin

Fluniksin muhtemelen atlar için en yaygın olarak kullanılan ikinci NSAİİ ajandır. Fenilbutazon gibi aynı mekanizma üzerinden COX yolunu bloke eder ve inflamasyonu ve ağrıyı inhibe eder. Flunixin ayrıca visseral ağrıyı kontrol etme konusunda üstün etkilere sahiptir ve atlarda endotoksik şok riskini azalttığı tespit edilmiştir. Dolayısıyla fluniksin sıklıkla endotoksemi riski yüksek olan atların tedavisinde kullanılmaktadır. Flunixin'in etkisi, inflamasyonlu dokulardaki birikim nedeniyle 12 ila 24 saat arasında değişebilmektedir. İntravenöz, intramüsküler veya oral preparatları mevcuttur. Atların köpekler ve kediler kadar böbrek perfüzyon sorunlarına duyarlı olmadığı tespit edilmiştir; bu nedenle, ameliyat öncesinde bu ilaçların kullanımı klinik olarak kabul görmektedir. Böylelikle, operasyon için gerekli olan bazı anestezi ilaçlarının dozunu azaltılabilir ve ameliyat sonrası yaşanan ağrıyı daha iyi kontrol etmeyi sağlanabilir (Baller & Hendrickson, 2002).

7.2.1.4. Ketoprofen

Son 10 yılda ketoprofen kullanımında artış gözlemlenmiştir. Geleneksel NSAİİ'lara kıyasla ketoprofenin avantaj sunduğu düşünülmektedir. Bunun nedeni ketoprofenin sadece COX yolunu değil, aynı zamanda inflamatuvar sürecin alternatif yolu olan lipojenazı da engellenmesidir. Bu yol, aynı zamanda inflamatuvar mediatörler olan lökotrienleri üretmektedir. Ketoprofen güçlü bir analjezik olarak kabul edilir, ancak tüm NSAİİ'larda olduğu gibi uzun süreli kullanımında dikkatli olunmalıdır (Baller & Hendrickson, 2002).

Firokoksib, osteoartrit ile ilişkili ağrının tedavisi için, vedaprofen ise ameliyat sonrası ağrının tedavisi için lisanslanmıştır. Firokoksib tedavisi sonrasında topallık skorundaki azalma, fenilbutazon ve vedaprofen ile benzerdir. Tedaviye bağlı tek yan etkiler, muhtemelen firokoksib ve vedaprofenin macun formülasyonu ile ilgili olan dudak ve dil şişmesidir (McFadzean & McLove, 2009). Topikal NSAİİ kremlerin ve jellerinin kullanımı klinik olarak rapor edilip, Kuzey Amerika'da %1 diklofenak sodyum içeren bir krem bulunmaktadır. Günde iki kez etkilenen eklem üzerine uygulanan beş günlük diklofenak tedavisinin, ağrı ve topallık skorunda önemli bir azalmaya neden olduğu bulunmuştur. (McFadzean & McLove, 2009). Laminit dikkatli bir analjezik tedavisi gerektirir ve NSAİİ'lerin yan etkilerinin mevcut olduğu durumlarda multimodal yaklaşımlar faydalı olabilir (Maar, 2007). Açık etiketli, tek kollu bir çalışmada, COX-2'ye özgü inhibitör firocoxib'in 2 haftalık oral uygulanması, osteoartritli 390 attan oluşan bir grubun yaklaşık %80'inde topallık belirtilerinin iyileştiği belirtilmiştir. Yan etkilerin ise (kolik, oral ülserler, dudaklarda ve diş etlerinde ödem, uyuşukluk, sedasyon) tedavinin kesilmesiyle düzeldiği bildirilmiştir (Guedes, 2017). Aşağıda yer alan tabloda ağrı yönetimi için kullanılan nonsteroid anti-inflamatuvar ilaçların kullanım yollarının, dozlarının ve endikasyonlarının bulunduğu bir tablo yer almaktadır (Tablo 7.1).

Tablo 7.1. Nonsteroid anti-inflamatuvar ilaçların kullanım yolları, dozları ve endikasyonları.

İlaç	Kullanım Dozu (mg/kg)	Kullanım Şekli	Endikasyonları
Meloksikam	0.6	SC, IV	Akut ve kronik Kas-iskelet sistemi bozuklukları, Kolik
Flunixin	0.25-1.1	IV, IM, PO	Visseral Ağrı, Endotoksik şok
Fenilbutazon	2.2-4.4	IV, PO	Sinovit, Artrit
Ketoprofen	2.2	IV, PO	Laminit, Sinovit, Kolik, Artrit
Firokoksib	0.1	IV, PO	Osteoartrit, Laminit, Post operatif analjezi
Vedaprofen	2.2	IV, IM, PO	Post operatif analjezi

7.2.1.5. Komplikasyon ve toksisite

NSAİİ'ların kullanımıyla en sık gözlenen komplikasyonlar oral, gastrik, duodenal ve kolonik ülserasyon ve nekroz; renal papiller nekroz; pıhtılaşma sürelerinde değişiklik; plazma total proteininde azalma; ishal; ve perivasküler tahriş ve nekroz yer almaktadır. Toksikite ile klinik olarak ilk gözlenen belirtiler depresyon, iştahsızlık, oral ülserasyon ve karın ödemidir. Prostaglandinler gastrik mukus oluşumuna yardımcı olurken, mukozaya için kan akışını artırmakta ve gastrik asit üretimini azaltmaktadırlar. Prostaglandinlerin inhibisyonu ülser oluşumuna yol açmaktadır. NSAİİ'ların mikrovasküler hasara neden olduğu da bulunmuştur, bu da ülser oluşumuna katkıda bulunmaktadır. Prostaglandinlerin azalması böbreğin dehidrasyon karşısında kan akışını oto-regüle etme yeteneğini azalttığı ve renal papiller nekroza yol açtığı bilinmektedir. Dehidre atlar ve taylar, toksisiteye daha duyarlı oldukları için NSAİİ kullanımından kaçınılmalıdır. McAllister tarafından yapılan 1993 çalışmasında, fenilbutazon, flunixin ve ketoprofenin advers etkilerini karşılaştıran bir çalışmada fenilbutazonun en büyük toksik potansiyele sahip olduğu, onu flunixin'in takip ettiği ve ketoprofenin en az toksik potansiyele sahip olduğu tespit edilmiştir (Taylor Polly, 2005).

7.2.2. Opioidler

Opioidler güçlü analjeziklerdir ve atlarda intramüsküler, intravenöz, epidural veya transdermal yollarla uygulanabilirler (Valverde & Gunkel, 2021). Ancak, diğer türlerle karşılaştırıldığında, özellikle yaygın klinik dozlarda kullanıldıklarında, atlarda analjezik etkinlikleri daha az tanımlanmıştır. (Egger ve ark, 2013). Morfin ve diğer opioidler, intraoperatif olarak intravenöz yolla uygulandığında inhalasyon anestezi gereksinimlerini azaltabilirler (Valverde & Gunkel, 2021)

7.2.2.1. Morfin

Morfinin epidural uygulaması (0,1-0,2 mg/kg) motor fonksiyonu etkilemeden uzun süreli analjezi sağlamaktadır. Ayrıca, her bir ilacın analjezik etkilerini artırmak amacıyla araştırma ve klinik modellerde detomidin (0,03 mg/kg) ile birleştirilmiştir. Bu ilaçların yavaş enjeksiyonları ve epidural boşluğa enjekte edilen toplam hacmin 30 mL'den az tutulması önem arz etmektedir, çünkü daha büyük hacimler rahatsızlık, istenmeyen yan etkiler, uyarılma ve yatma gibi durumlara neden olabilmektedir. Epidural kateterlerin kullanımı, günlerden haftalara kadar tekrarlayan epidural enjeksiyonları gerektiren ağrının uzun süreli yönetimi için yararlıdır. Morfin (0,1 mg/kg), aynı zamanda intraartiküler yolla uygulanmıştır (Valverde & Gunkel, 2021). Morfin kullanımına ilişkin en büyük endişe, gastrointestinal motilite üzerindeki etkileri dolayısıyla potansiyel olarak kolik riskinin artmasıdır. Normal atlara 6 gün boyunca her 12 saatte bir intravenöz 0,5 mg/kg dozun kullanımının, dışkılama sıklığında, dışkı nem içeriğinde ve gastrointestinal seslerde azalmaya neden olduğu tespit edilmiştir (Robertson & Sanchez, 2010).

7.2.2.2. Fentanil

Transdermal fentanil yamalarının (toplam doz 20 mg), 1 saatten kısa sürede analjezik etkilerle uyumlu konsantrasyonlar sağladığı ve bu etkilerin 2-3 gün boyunca korunduğu bildirilmiştir. Atlar için, yamaların en iyi şekilde ön ayakların tıraşlı antebrakiumuna yerleştirilmesi ve bandaj

malzemesi ile kaplanması gerekmektedir (Valverde & Gunkel, 2021). Fentanile atfedilebilecek herhangi bir yan etki gözlenmediği bildirilmiştir. Bu verilerin, fentanil yamalarının atlarda peri-operatif ağrı yönetiminde önemli bir bileşen olabileceğini ortaya koymaktadır (Taylor Polly, 2005).

7.2.2.3. Buprenorfin

Buprenorfin, kısmi bir μ -opioid agonistidir ve atlarda tavan etkisi olduğu düşünülen bir opioid antagonistidir. Atlar üzerinde yapılan çalışmalarda, 10 $\mu\text{g}/\text{kg}$ veya daha yüksek dozlarda tek analjezik ajan olarak uygulandığında, buprenorfinin ölçülebilir antinösetif etkiler sağladığı rapor edilmiştir. Ancak, bu durum önemli düzeyde heyecan, hemodinamik uyarılma ve gastrointestinal motilitede uzun süreli azalmaya da neden olmuştur. (Egger ve ark, 2013).

7.2.2.4. Butorfanol

Butorfanol bolus enjeksiyonla uygulandığında atlarda orta derecede somatik ve biraz daha yüksek derecede visseral analjezi sağlarken, aynı zamanda gastrointestinal sistem motilitesinde azalmaya da neden olmaktadır. Butorfanolün gastrointestinal motilite üzerindeki etkisinin, gastrointestinal sistemin segmentine, dozajına ve uygulama yöntemine göre değiştiği görülmektedir. Tek bir intravenöz enjeksiyondan sonra ataksi, dışkılamada azalma ve borborigmi gibi yan etkiler ortaya çıkmaktadır; ancak bu etkiler, ilaç sürekli infüzyon halinde verildiğinde daha az belirgin olmaktadır (Robertson & Sanchez, 2010). Aşağıda yer alan tabloda ağrı yönetimi amacıyla kullanılan opioid ilaçların, dozlarının, kullanım yollarının ve endikasyonları bulunmaktadır (Tablo 7.2).

Tablo 7.2. At analjezisinde kullanılan opioidler, dozları, endikasyonları ve kullanım şekilleri.

İlaç	Kullanım Dozu	Kullanım Şekli	Endikasyonları
Morfin	0.1-0.2 mg/kg	epidural, İntraartiküler (0.1 mg/kg), Lokal	Ekstremitet iskelet sistemi ağrıları, Kolik, Post operatif analjezi
Fentanil	Total doz 20 mg	transdermal yama	Perioperatif analjezi
Buprenorfin	0.005-0.01 mg/kg	IV, IM	Post operatif analjezi, osteoartrit
Butorfanol	0.02-0.1 mg/kg	IM, Epidural, Lokal	Kolik, Post operatif analjezi

7.2.3. Lokal anestezipler

Lokal anestezipler, periferel sinirler boyunca uyarıların iletimini keserek, zararlı uyarıların transferini önler ve dokularda tam analjezi sağlarlar (Baller & Hendrickson, 2002). Bunlar, sodyum kanallarına bağlanır ve depolarizasyonu engeller (Baller & Hendrickson, 2002; McFadzean & McLove, 2009). Etki süresi, ilacın lipid çözünürlüğüne, çevredeki dokunun pH'ına ve bölgeye olan kan akışına bağlıdır. Anesteziğin lipid çözünürlüğü arttıkça etkileri de

o kadar artar. İnflamasyonun sebep olduğu asidik koşullar, anestezi alımını ve etkililiğini azaltabilmektedir. Epinefrin gibi bir vazokonstriktörle bir bölgedeki kan akımının kısıtlanması, lokal anesteziğin etki süresini artırabilir. Lokal anesteziğin, hastanın bilinci açıkken cerrahi işlemlerde tam analjezi sağlayabilir, cerrahi öncesi ve sonrası dönemde ağrıyı azaltmak için kullanılabilirler. Lokal anesteziğin akut ağrıyı hafifletmek için mükemmel olduğu düşünülmekte ancak uzun süreli kullanım için pratik değildir. En yaygın kullanılan üç lokal anestezi lidokain, mepivakain ve bupivakaindir (Baller & Hendrickson, 2002). Aşağıdaki tabloda ağrı yönetimi amacıyla atlarda kullanılan lokal anesteziğin dozları ve kullanım şekilleri yer almaktadır (Tablo 7.3).

Tablo 7.3. At analjezisinden kullanılan lokal anesteziğin ilaçları (Baller & Hendrickson, 2002).

İlaç	Kullanım Dozu	Kullanım Şekli
Lidokain	%1 çöz. 0.4 ml/kg	el anestezi, Epidural anestezi
Mepivakain		gesel, Epidural anestezi, İntraartiküler
Bupivakain	%0.25 çöz 0.4-0.8 ml/kg	gesel, Epidural anestezi, İntraartiküler

7.2.3.1. Lidokain

Lidokain, hızlı etki başlangıcına sahip kısa süreli bir lokal anesteziğdir. Etkileri yaklaşık olarak 1.5 ila 2 saat sürmekte olup başlangıç etkisi 10 dakikadan az bir sürede görülür. Lidokain, etkinliğinin eksikliği nedeniyle günümüzde at ortopedisinde daha az kullanılan prokainden iki kat daha etkili bulunmuştur. Lidokainin en yaygın kullanımı periferik sinir blokları ve epidural anestezi gerçekleştirilmektedir. Yaygın merkezi sinir sistemi toksisite belirtileri arasında nöbetler, koma ve solunumun durması yer almaktadır. Maksimum güvenli doz 4 mg/kg'dır (1% çözeltinin 0.4 mL/kg'ı) (Baller & Hendrickson, 2002).

7.2.3.2. Mepivakain

Mepivakainin at uygulamalarında en yaygın kullanılan lokal anesteziğdir olduğu düşünülmektedir. Etki süresi lidokaininkine benzerdir, ancak daha az vazodilatör aktiviteye sahiptir ve dokularda daha az lokal ödem oluşturur. Mepivakain, prokainden üç kat daha etkili bulunmuş ve bupivakaine göre daha az toksik olduğu belirtilmiştir. Sinir blokları, epidural anestezi ve eklem içi anestezi için kullanıldığı bilinmektedir (Baller & Hendrickson, 2002).

7.2.3.3. Bupivakain

Bupivakain, en etkili lokal anesteziğlerden biridir. Genellikle başlangıç süresi daha yavaş olup (>10 dakika), etkisi 3 ila 8 saat arasında sürmektedir. Postoperatif kas-iskelet ağrılarının giderilmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Uzun süreli analjezi sağladığı ve motor fonksiyonu önemli ölçüde etkilemediği bilinmektedir. Bununla birlikte, bupivakain diğer lokal anesteziğlere kıyasla daha fazla kardiyotoksik özellik taşımaktadır. Maksimum güvenli dozun

1 ila 2 mg/kg (0.25% çözeltinin 0.4–0.8 mL/kg) olduğu belirlenmiştir (Baller & Hendrickson, 2002).

7.2.3.4. Komplikasyonlar ve toksisite

Lokal anesteziklerde toksisite, yeterince yüksek sistemik konsantrasyonlara ulaşıldığında ortaya çıkabilir. Bu genellikle lokal bir anestezik yanlılıkla intravenöz olarak verildiğinde meydana gelir. Lokal anestezikler, merkezi sinir sistemi üzerinde etki eder ve at üzerinde uyarılma veya depresyon belirtilerine neden oldukları bilinmektedir. İlk klinik belirtiler, yeri eşleme, dönme ve tempolu hareket etme şeklinde gözlenir. Bunları kas titremeleri, koordinasyon bozukluğu ve nöbetler takip edebilir. Miyokardın elektriksel uyarılabilirliğinde bir azalma da meydana gelebilir. Kardiyotoksitenin genellikle bupivakain kullanımı sonucu şekillendiği bilinmektedir. Mepivakainin lokal ödem ve reaksiyon oluşturma konusunda lidokainden önemli ölçüde daha az reaktif olduğu bilinmekte ve at pratiğinde daha yaygın olarak kullanılmaktadır. Lokal anestezikler ne kadar güçlü olursa, sistemik toksisite riski de o kadar büyüktür. Lokal anestezikler, ortopedik cerrahiden sonra dikkatli bir şekilde kullanılmalıdır. At, tamamen hissizlik nedeniyle yaralı uzvun proprioepsiyonunu kaybedebilir ve iyileşme sırasında yaralanma meydana gelebilir. (Baller & Hendrickson, 2002).

7.2.4. A-2 adrenerjik agonist

Bu ilaç grubu (ksilazin, medetomidin, detomidin, deksmedetomidin), inen antinoseptif lifleri aktive ederek ve nosiseptif nörotransmitterlerin (substans P) salınımını engelleyerek etkilerini gösterir. α -2 adrenerjik reseptörler, hem merkezi sinir sisteminde hem de periferde bulunur, bu nedenle bu ilaçların parenteral ve epidural uygulamaları yaygın olarak tercih edilir. Dorsal boynuzun yüzeysel laminaları seviyesinde bulunan bu reseptörler, epidural uygulamanın mümkün ve etkili olmasını sağlar (Valverde & Gunkel, 2021).

7.2.4.1. Ksilazin

Ksilazin, atlarda hem teşhis prosedürleri hem de iç organ ağrısının tedavisi için sedasyon ve analjezi sağlamak amacıyla çok yaygın olarak kullanılmaktadır. Ksilazinin kısa süreli çok iyi visseral analjezi sağladığı bilinmektedir. Kullanımıyla ilişkili yan etkiler arasında, hipertansiyon ve bradikardi yer almaktadır. Bu tür etkilerin genellikle kısa süreli olması, ksilazinin, tek başına veya butorfanol gibi diğer ilaçlarla birlikte kullanılmasıyla, kolik şikayeti olan atların sedasyon ve ağrı kesici ihtiyaçlarını karşılamak için uygun bir seçenek olmasını sağlamaktadır. Yetişkin bir at için genellikle 150 ila 250 mg arasında değişen dozajlar tercih edilir ve bu dozajlar, nazogastrik tüp geçişi ve rektal palpasyon gibi işlemlerin kolaylaştırılması amacıyla uygulanabilir (Robertson & Sanchez, 2010).

7.2.4.2. Detomidin

Detomidin, ksilazinden daha seçici bir alfa-2 agonistidir ve derin analjeziye yol açarken bazı proprioseptif eksiklikler ve ataksi gibi yan etkilere neden olabilmektedir. Önerilen doz, steril su ile seyreltilmiş 0.06 mg/kg'dır, ancak bu dozun istenmeyen ataksiye yol açabileceğini düşünülmektedir. En yaygın kullanım dozu ise 0.04 mg/kg'dır. Detomidinin etki başlangıcının 10 ila 25 dakika olduğu ve etkisinin 2 saat sürdüğü belirlenmiştir. Uzun etkili analjezinin

yanında belirgin sedasyon, orta düzeyde ataksi, minimal kardiyopulmoner depresyon, ikinci derece atrioventriküler blokaj sıklığında artış ve renal diürez gibi yan etkiler gözlemlenmiştir. Detomidinin alt epidural uygulaması, sedasyon üzerinde daha şiddetli sistemik etkilere yol açabileceği şeklinde bulgular göstermiştir (Baller & Hendrickson, 2002).

7.2.4.3. Medetomidin/deksmedetomidin

Atlarda lisanslı olmayan medetomidin ve deksmedetomidin kullanımı, diğer seçeneklere göre daha maliyetlidir. Medetomidin infüzyonları, dengeli bir anestezi protokolünün bir parçası olarak başarıyla uygulanmıştır. Morfinle birlikte kullanılan medetomidin infüzyonları, özellikle ayakta laparoskopi gibi prosedürler için uygun koşullar sağlamıştır. Ancak, deksmedetomidinin atlarda iç organlara yönelik analjezik etkileri henüz değerlendirilmemiştir (Robertson & Sanchez, 2010).

7.2.5. Dissosiyatif anestezi

7.2.5.1. Ketamin

Ketamin, bir tür dissosiyatif anestezi ilacıdır ve aşırı duyarlılığı önlemede önemli bir rol oynayabilir (Robertson & Sanchez, 2010). Ketamin, NMDA reseptörlerine bağlanarak kalsiyum kanalının aktivasyonunu azaltmaktadır. Bu nedenle, doğrudan analjezik etkiye sahip olmamakla birlikte, postoperatif dönemde aşırı duyarlılığı önlemede etkili olduğu düşünülmektedir (Vedpathak ve ark., 2009). Ketamin ayrıca atlar için epidural analjezik olarak da kullanılabilir. Ancak, bu ilaca ilişkin klinik deneyimler sınırlıdır ve spinal hasara yol açabilecek düşük pH değerlerine sahip olması nedeniyle geniş çapta kullanılmamaktadır. Öte yandan araştırma atlarında bu konuda herhangi bir sorun yaşanmamıştır, bu nedenle bu yöntemin klinik koşullarda daha fazla incelenmesi gerektiği vurgulanmaktadır (Taylor Polly, 2005).

SONUÇ

Sonuç olarak etkin ağrı yönetimi, atların normal fizyolojik ve davranışsal fonksiyonlarını geri kazanmalarını destekler, iyileşme sürecini hızlandırır ve yaşam kalitesini artırır. Ayrıca, uzun süreli ağrının kronikleşme riskini azaltarak, hayvanın genel sağlık durumunu korur. Ağrı kontrolü, veteriner hekimlerin profesyonel sorumluluğunun yanı sıra, etik bir zorunluluk olarak da değerlendirilmektedir.

KAYNAKLAR

- 1) Egger C M, Love L, Doherty T. (Eds.). Pain management in veterinary practice. John Wiley & Sons; 2013.
- 2) Taylor Polly M, Pharmacological approaches to pain management in the horse. 2005: 398-402.
- 3) Yağcı Ü, Saygin M, Ağrı fizyopatolojisi. Medical Journal of Süleyman Demirel University. 2019; 26(2): 209-220.
- 4) Cansız D, Alturfan E E, Alturfan A. Endojen opioidlerin ağrı mekanizması üzerine etkileri. Experimed. 2021; 11(Egger ve ark, 2013): 49-56.
- 5) Büyükçoban, S. Deney hayvanlarında ağrı yönetimi. Dokuz Eylül Üniversitesi Tıp Fakültesi Dergisi. 2021; 35(2): 251-260.
- 6) Uyar M, Köken İ. Kronik ağrı nörofizyolojisi. TOTBİD Dergisi. 2017; 16: 70-76.
- 7) Viñuela-Fernández I, Jones E, Welsh, EM, Fleetwood-Walker SM. Pain mechanisms and their implication for the management of pain in farm and companion animals. The Veterinary Journal. 2007; 174(2): 227-239.
- 8) Muir WW. Pain: mechanisms and management in horses. The Veterinary Clinics of North America. Equine Practice. 2010; 6(3): 467-480.
- 9) Vedpathak HS, Tank PH, Karle AS, Mahida HK, Joshi DO, Dhama MA. Pain management in veterinary patients. Veterinary World. 2009; 2(9).
- 10) Waran N, Williams VM, Clarke N, Bridge IS. Recognition of pain and use of analgesia in horses by veterinarians in New Zealand. New Zealand veterinary journal. 2010; 58(6): 274-280.
- 11) Kata CI, Rowland S, Goldberg ME. Pain recognition in companion species, horses, and livestock. Pain management for veterinary technicians and nurses. 2014; 15-29.
- 12) Bussi eres G, Jacques C, Lainay O, Beauchamp G, Leblond A, Cadore JL, Troncy E. Development of a composite orthopaedic pain scale in horses. Research in veterinary science. 2008; 85(2): 294-306.
- 13) De Grauw JC, Van Loon JPAM. Systematic pain assessment in horses. The veterinary journal. 2016; 209: 14-22.
- 14) Valverde A, Gunkel CI. Pain management in horses and farm animals. Journal of Veterinary Emergency and Critical Care. 2005; 15(Cansız ve ark., 2021): 295-307.
- 15) Lanci A, Benedetti B, Freccero F, Castagnetti C, Mariella J, van Loon JP, Padalino B. Development of a composite pain scale in foals: a pilot study. Animals. 2022; 12(4): 439.
- 16) McGowan CM, Goff L, Stubbs N. (Eds.). Animal physiotherapy: assessment, treatment and rehabilitation of animals. 2nd ed. John Wiley & Sons, Limited; 2016.
- 17) Guedes A. Pain management in horses. Veterinary Clinics: Equine Practice. 2017; 33(Egger ve ark, 2013): 181-211.
- 18) Muir WW. Anaesthesia and pain management in horses. Equine veterinary education. 1998; 10(6): 335-340.
- 19) Valverde A. Pain management in the horse. College of Veterinary Medicine University of Florida. 2005.
- 20) Baller LS, Hendrickson DA. Management of equine orthopedic pain. Veterinary Clinics: Equine Practice. 2002; 18(Egger ve ark, 2013): 117-131.
- 21) Vedpathak HS, Tank PH, Karle AS, Mahida HK, Joshi DO, Dhama MA. Pain management in veterinary patients. Veterinary World. 2009; 2(9).
- 22) McFadzean WJM, McLove EJ. Perioperative pain management in horses. Equine Veterinary Education. 2009; 31(7): 374-383.

- 23) Marr, C. Managing pain in horses. Vet Times. 2007; 1-4.
- 24) Robertson SA, Sanchez LC. Treatment of visceral pain in horses. Veterinary Clinics: Equine Practice. 2010; 26(3): 603-617.
- 25) Fossum TW. Fizik Rehabilitasyonunun Esasları. Gordon Evens N, Knap K, Schulz KS, (edlr). Küçük Hayvan Cerrahisi. Medipres Yayıncılık, Malatya; 2017, s:114-131.
- 26) Glerup KB. Assessing pain in horses. In Practice. 2018; 40(10): 457-463.
- 27) Barletta M, Quandt J, Reed R. (Eds.). Equine Anesthesia and Pain Management: A Color Handbook. CRC Press; 2022.
- 28) Derya C. Effects of Endogenous Opioids on Pain Mechanism. Experimed. 2021; 11(Egger ve ark, 2013): 49-56.
- 29) <https://bvna.org.uk/blog/equine-pain-assessment-for-the-vn-by-rachel-eager/> (Erişim tarihi: 12.06.2024)
- 30) Pessanha F, Salah AA, van Loon T, Veltkamp R. Facial image-based automatic assessment of equine pain. IEEE Transactions on Affective Computing. 2022.
- 31) <https://physioequinesolutions.com/2020/09/12/5-signs-your-horse-needs-a-physical-therapist/> (Erişim tarihi: 12.06.2024)
- 32) <https://drdavidmarlin.com/webinar-a-review-of-cold-therapy-cryotherapy-by-dr-david-marlin/> (Erişim tarihi: 12.06.2024)
- 33) <https://animalfisio.co.nz/horse/> (Erişim tarihi: 12.06.2024)
- 34) McClure S, Weinberger T. Extracorporeal shock wave therapy: clinical applications and regulation. Clinical techniques in equine practice. 2003; 2(4): 358-367.
- 35) <https://www.horsejournals.com/horse-care/alternative-therapies/help-your-horse-acupuncture> (Erişim tarihi: 12.06. 2024)
- 36) <https://www.firstchoiceequine.com/post/maximizing-performance-the-power-of-red-light-therapy-for-horses> (Erişim tarihi: 12.06.2024)

YANIKLARDA ACİL MÜDAHALE YÖNETİMİ

Vedat ÖZER (ORCID:0000-0001-6178-4249)
Dicle Üniversitesi Veteriner Fakültesi Cerrahi Anabilim Dalı
Email:vedatozer93@gmail.com

Dr. Öğretim Üyesi Emine ÇATALKAYA (ORCID:0000-0001-7884-5407)
Dicle Üniversitesi Veteriner Fakültesi Cerrahi Anabilim Dalı
Email:eminecatalkaya21@gmail.com

Özet

Ülkemizde son yıllarda meydana gelen orman yangınlarında ve evcil hayvan sayılarında artışa paralel olarak yanıklara maruz kalma durumu artmaktadır. Yanık; dokuların absorbe edip yok edebilecekleri enerjiden daha fazla oranda ve büyüklükte vücudu etkilemesi sonucu meydana gelen doku yıkımlanması olarak tanımlanır. Termal yaralanma, radyasyon yaralanması, kimyasal yaralanma veya elektrik yaralanması sonucu ciddi yanık yaralanması, yanık şoku ve duman inhalasyonu yaralanması oluşabilmektedir. Hayvanın ısı kaynağına maruz kalma süresi ve şiddeti sonucu yüzeysel veya derin yanıklar meydana gelmektedir. Vücutta meydana gelen yıkımlanma sonucu lokal ve sistemik değişiklikler oluşmaktadır. Bu değişiklikler çoğu zaman hayati risk oluşturmakta ve yangın şiddetini arttırmaktadır. Bu yüzden yanık acil müdahale ve hassas bakım, iyi bir yara yönetimi ve sıvı sağaltımı gerektiren riskli yaralanmalar kategorisinde değerlendirilmektedir. Yanıklar derinliğe göre; Birinci derece yanıklar, ikinci derece yanıklar, üçüncü derece yanıklar ve dördüncü derece yanıklar olarak dört grupta sınıflandırılmaktadır. Ayrıca etkilenen yüzey alanına göre; hafif orta ve ciddi yanıklar olmak üzere farklı seviyelerde değerlendirilmektedir. Hafif ve yüzeysel yanıklar hayati risk oluşturmazken derin ve ciddi yanıklar damar geçirgenliği artışına, intravasküler hacim azalmasına, dokularda ödem oluşumu; metabolik, kardiyovasküler ve pulmoner bozukluklar gibi sistemik bozukluklarla hatta ölümle sonuçlanabilmektedir. Yaraların tedavisi yangın derinliği ve ciddiyetine göre belirlenmektedir. Lokal yanıklar metabolik bozukluklar yaratmaz bu yüzden sistemik sağaltım gerekli değildir. Yara bakımı yaranın günlük dekontaminasyonu, debridmanı ve pansumanı sağaltımında yeterli olmaktadır. Ayrıca bakteri kontaminasyonunu önlemek için antimikrobiyal ajanlar topikal olarak uygulanmalıdır. Ciddi yanıklar ise yoğun bakım gerektirir. Ciddi yanıklar yoğun tıbbi ve cerrahi tedavi gerektirmektedir. Sistemik bozukluk meydana gelen durumlarda ilk amaç hipovolemi ve hücre şokundan kaynaklanan iskemiye önlemek ve perfüzyonu yeniden sağlamaktır. Dumana maruz kalındığı durumlarda acil tamamlayıcı oksijenasyonu sağlamak için entübasyon ile hava yolu oluşturulur. Yanık oluşmamış deri yoluyla sıvı resüsitasyonu sağlanmalıdır. Bu amaçla izotonik kristalloidler, doğal ve sentetik kolloidler ve hipertonic salin kullanılmaktadır. Bu derlemenin amacı yanıklarda acil müdahalenin hayati önemi ve yanık yarası iyileşmesi üzerine olan etkisi vurgulanmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Yangın, acil müdahale, hayvan refahı

EMERGENCY RESPONSE MANAGEMENT IN BURNS

Abstract

In our country, exposure to burns is increasing in parallel with the increase in forest fires and the number of pets in recent years. Burn; It is defined as tissue destruction that occurs as a result of affecting the body at a rate and magnitude greater than the energy that the tissues can absorb and destroy. Serious burn injury, burn shock and smoke inhalation injury may occur as a result of thermal injury, radiation injury, chemical injury or electrical injury. Superficial or deep burns occur as a result of the duration and severity of the animal's exposure to the heat source. Local and systemic changes occur as a result of the destruction occurring in the body. These changes often pose a life-threatening risk and increase the severity of the burn. Therefore, burns are considered in the category of risky injuries that require emergency intervention and sensitive care, good wound management and fluid treatment. Burns according to depth; They are classified into four groups: first degree burns, second degree burns, third degree burns and fourth degree burns. Additionally, according to the affected surface area, It is evaluated at different levels, including mild, moderate and severe burns. While mild and superficial burns do not pose a life-threatening risk, deep and severe burns cause increased vascular permeability, decreased intravascular volume, edema formation in tissues; It can result in systemic disorders such as metabolic, cardiovascular and pulmonary disorders and even death. Treatment of wounds is determined by the depth and severity of the burn. Local burns do not cause metabolic disorders, so systemic treatment is not required. Wound care includes daily decontamination, debridement and dressing of the wound. Additionally, antimicrobial agents should be applied topically to prevent bacterial contamination. Serious burns require intensive care. Severe burns require intensive medical and surgical treatment. In cases of systemic disorder, the first goal is to prevent ischemia caused by hypovolemia and cell shock and to restore perfusion. In cases of smoke exposure, an airway is created by intubation to provide emergency supplemental oxygenation. Fluid resuscitation should be provided through unburned skin. For this purpose, isotonic crystalloids, natural and synthetic colloids and hypertonic saline are used. The aim of this review is to emphasize the vital importance of emergency intervention in burns and its effect on burn wound healing.

Keywords: Fire, emergency response, animal welfare

1.GİRİŞ

Ülkemizde son yıllarda meydana gelen orman yangınlarında ve evcil hayvan sayılarında artışa paralel olarak yanıklara sık rastlanılmaktadır. İnsanlar ve hayvanlar arasında kurulan duygusal bağın orman yangınlarında insanların müdahale konusunda etkili olduğu görülmektedir.3 Yangınlar sırasında hayvanların hayatını kurtarmak için insanların kendi hayatlarını riske attıkları bilinmektedir (3,5).

Yanıklar, yaygın görülen bir problem olup bakımları son derece kritiktir. Yanık sonrası hayvanlarda metabolik, kardiyovasküler ve pulmoner bozukluklar gibi ciddi bozukluklara yol açmaktadır. Yanıklar; termal, radyasyon, kimyasal ve elektrik yaralanması olmak üzere 4 ana grupta incelenmektedir. Deri bütünlüğünün bozulması sonucu hastada sıvı- elektrolit ve mineral açığı oluşması kaçınılmazdır. Bu tür durumlarda acil müdahale hayati önem arz etmektedir (9,10).

Yanığın tedavisinde sistemik etkilerin stabilize edilmesi, iyileşmenin sağlanması ve komplikasyon oluşumunun önlenmesi gibi durumlar göz önünde bulundurulmalıdır. Aynı zamanda yanık sonucu bağışıklık sisteminde bozulma ve yara bölgesinde iltihaplanma olduğundan dolayı meydana gelecek reaksiyonların bilinip ekarte edilmesi ve ikincil komplikasyonların önlenmesinde anahtar rol oynamaktadır. Yanık tedavisinde acil ve yoğun bakımın yanı sıra sıvı sağaltımı, kardiyovasküler stabilizasyon, solunum desteği, ağrı kontrolü ve lokal tedavi uygulamaları yapılmaktadır (1,9).

2.GENEL BİLGİLER

2.1. Yanık

Yanık; dokuların absorbe edip yok edebilecekleri enerjiden daha fazla oranda ve büyüklükte vücudu etkilemesi sonucu meydana gelen doku yıkımlanması ile sonuçlanan yaralanmalardır. Etiyolojide, Yangınlar, kimyasal maddeler, elektrik akımı, termal yanıklar, sıcak sıvılar, elektrikli ısıtıcılar, sıcak metaller ve radyasyon gibi etkenler rol oynamaktadır (3,7).

2.2. Klinik Bulgular

Yaranın klinik görünümü yanığın şiddetine göre değişiklik göstermektedir. Ciddi yanıklar, yaralanmadan kısa bir süre sonra kolaylıkla fark edilebilmektedir. Yanık yarasında ölü dokudan oluşan eskar şekillenmektedir. Bununla birlikte derinin koruyucu etkinliği kaybolmakta ve enfeksiyona açık hale gelmektedir (7).

Vazodilatasyon, kapillar permeabilitede artış, ödem ve yangı hücrelerinin bölgeye göçü gibi lokal semptomlar; Renal, pulmoner, kardiyovasküler, nörolojik, metabolik ve endokrin ve Sıvı-Elektrolit değişiklikleri gibi sistemik bulgular meydana gelmektedir. Derin yanıklarda kalıcı metabolik bozukluklar meydana gelmektedir. Yanık sonrası yanık şoku ve duman inhalasyonu sonucu hipoksi görülebilir. Hemodinamik faz olarak belirtilen kimyasal mediyatörlerin salınımı, damar geçirgenliğinde artma, kalp debisinde azalma ve ödem oluşumu ile karakterizedir (3,7,9).

2.3. Yanığın Sınıflandırılması

Combustio Erythematosa: Sadece epidermis katmanının etkilendiği birinci derece yanıklardır. Yara bölgesinde kızarıklık oluşur ve birkaç gün içinde iyileşme meydana gelir. Güneş yanıkları birinci derece yanıklarına örnektir.

Combustio Bullosa: Deri epidermis katmanının tamamı ve dermis katmanının yüzeysel kısmında meydana gelen ikinci derece yanıklardır. Şiddetli ağrı ile karakterize bül oluşumu bu yanıklarda meydana gelmektedir.

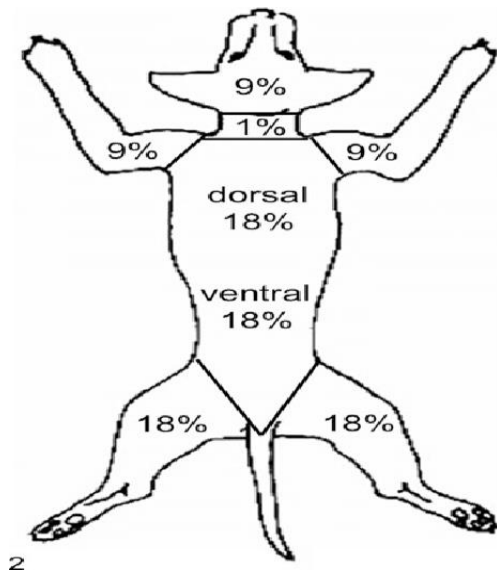
Combustio Escharotica: Bu yanıklarda derinin bütün katmanları ve derialtı etkilenmiş olup nekroz oluşumu ile karakterize üçüncü derece yanıklardır. Bu yanıklarda ağrı hissi bulunmamaktadır.

Carbonization: Dördüncü derece olarak tanımlanan bu tip yanıklarda deri ile kas, tendo ve kemik dokusu da etkilenmiştir.

Son zamanlarda yanıklar decelerine göre sınıflandırılmalarının aksine yaranın derinliğine göre değerlendirilmektedir (3,9).

2.4. Yanık Yüzey Alanının Hesaplanması

Beşeri hekimlik için geliştirilmiş olan ve veteriner hekimlikte de yaygın olarak kullanılan dokuzlar formülü, vücudun toplam yüzey alanının 9'un katları olacak şekilde bölgelere ayrılması ile hesaplanır. Bu hesaplama yanık sağaltımını belirlemede önemlidir. Bu yaklaşımda, baş ve boyun, toraks ön, toraks arka, karın ön, karın arka, her ön ayak, her arka ekstremitenin ön yönü ve her arka ekstremitenin arka yönü dokuzun katları ile hesaplanıp vücudun toplam yüzey alanı yüzdesi olarak hesaplanır (7,9).



Wohlsein, P., Peters, M., Schulze, C., & Baumgärtner, W. (2016). Thermal injuries in veterinary forensic pathology. *Veterinary pathology*, 53(5), 1001-1017. (4).

2.5. Yanıkta Sağaltım

Acil Tedavi; Yanığın ilk tedavisi olay yerinde başlar. Hastanın havayolu, solunum ve dolaşım sisteminin kontrolü şokun önlenmesi açısından büyük önem taşımaktadır. Temel basamaklar gerçekleştirildikten sonra yanığa neden olan ajanı uzaklaştırmak ve yanmayı durdurmak gerekir. Hayvanın stabilizasyonu sağlandıktan sonra mevcut tedavilere müdahale ve komplikasyonlar ekarte edilmeye çalışılmalıdır. Termal yanıklarda ılık su kullanılarak alanın soğutulması gerekmektedir. Daha sonra ağrıyı azaltmak ve kontaminasyonu önlemek için hasta yapışkan olmayan bir pansuman ile örtülür. Karbonmonoksit veya siyanür toksisitesi olan hayvanlarda acil tamamlayıcı oksijen tedavisi şarttır. Çünkü karbonmonoksit ve siyanür yalnızca oksijen tedavisine cevap verir. Bu amaçla oksijen bir yüz maskesi, oksijen başlığı, nazal kanül, oksijen kafesi veya entübasyon tüpü kullanılabilir. Sadece ilk müdahalede değil, ciddi yanıkları olan tüm hastalarda, solunum parametreler normalleşene kadar ilave oksijen tedavisi düşünülebilir (2,3,6,8).

Sıvı Sağaltımı; Sıvı resüsitasyonu, orta ve ciddi yanıklarda organ ve doku perfüzyonunu sürdürmek için sistemik tedavinin temelini oluşturur. Acil sıvı resüsitasyonunda intravasküler hacmi hızla yeniden oluşturmak ve hipotansiyonu düzeltmek amaçlanır. Yanıkta, generalize kardiyovasküler kollaps (yanık şoku) ortaya çıkan erken sonuçlardan birisidir. Bu yüzden ağır hastalarda sıvı sağaltımı en önemli tedavi yöntemidir. Sıvı sağaltımı yanıktan etkilenmemiş ve bütünlüğü bozulmamış damardan verilmelidir. Hızlı ve agresif bir şekilde uygulanması mortalite oranını ciddi derecede düşürmektedir. Sıvı sağaltımının amacı doku perfüzyonunu sürdürmek ve iskemiye önlemektir. Minimum riskle periferik perfüzyonun olabildiğince hız ve tam restorasyonu sağlanmalı ve fazla sıvı verilmesinden kaçınılmalıdır. Sıvı sağaltımında kristalloidlerden ziyade intravasküler volümü genişleterek periferik dolaşımı düzenlemeleri nedeniyle kolloidlerin kullanımı daha endikedir. Bu amaçla %6'lık Dekstran-40, Dextran-70, Hetastarch ya da bu ürünlerin %3 veya %7,5'lük hipertonic NaCl ile kombinasyonları uygulanabilir (2,8,9).

Topikal Tedavi; Lokal tedavide amaç yarayı dış etkenlerden korumak, ağrıyı kontrol altına almak ve yara iyileşmesini sağlamaktır. Bu amaçla nemli bir ortam sağlanıp topikal antibiyotikler kullanılmaktadır. Yanık yarasında bakteri kontaminasyonunu önlemek için ilk dekontaminasyondan sonra topikal antimikrobiyal ajanlar uygulanmalıdır. Daha sonra bölge yapışkan olmayan bir pansuman ile kapatılmalıdır. Bu amaçla, gümüş sülfadiazin, mafenid asetat, bal, insülin ve lazer kullanılmaktadır. Yanık bölgesinde ödem ve mikrotromboz meydana geldiğinden dolayı kullanılan sistemik ajanlar yara bölgesine yeteri konsantrasyonda ulaşamazlar (2,8).

2.6. Yanıkta Cerrahi Yaklaşımlar

Debridman; Tam kalınlıktaki yanık yaralarında nekrotik dokunun uzaklaştırılması tedavide anahtar role sahiptir. Sepsisin kontrolü sağlanır ve canlı vasküler alanın oluşması hızlanır.

Yanık Yarasının Kapatılması; Nekrotik doku ve enfeksiyondan arındırılan bölgelerin çeşitli yöntemlerle kapatılması işlemidir. Bu amaçla deri flepleri veya otojen greftler kullanılmaktadır.

Eskarotomi; Eskar dokusunun sağlıklı dokuya kadar hatta sağlıklı dokunun bir kısmını kapsayacak şekilde uzaklaştırılması işlemidir (2,10).

2.7. Ağrı Yönetimi

Yanık ağrısı, ağrının uyarana ve özelliklerine bağlı olarak işlem ağrısı, arka plan ağrısı veya ani ağrı olarak sınıflandırılabilir. Tam analjezi için ağrının her kategorisi ayrı ayrı değerlendirilmelidir. Bu amaçla Multimodal analjezi protokolü ağrının tedavisinde en etkili yöntemdir. Agresif analjezi başvuru sırasında sağlanmalı ve hastanede yatış süresince hastanın ihtiyaçlarına göre azaltılarak sürdürülmelidir. Yanık olgularında analjezik ajan olarak opioid analjezikler, non-opioid analjezikler, lokal anestezipler ve anksiyolitiklerden faydalanılmaktadır. Yanık yaralanmasının akut fazında intravenöz opioidler birincil analjezi yöntemi olarak kullanılır ve arka plan ağrısı kontrol altına alınabilir. Ketamin HCl ve Deksmetomidin HCl gibi non-opioid ajanlar ile yanık hastalarında analjezi ve sedasyon sağlanabilir. Bu ajanların debridman veya pansuman değişimi sırasında kullanımı işlem ağrısının giderilmesinde kullanılabilir. Ekstremiteleri kapsayan yanıklarda ağrı kontrolü için sinir uzamı anestezisi daha çok tercih edilir. Regional anestezi sistemik analjezi ile sinerjik bir etki gösterir. Bu sayede opioid kullanımı önemli ölçüde azaltılabilir. Anksiyetenin akut ağrıyı şiddetlendirmesi nedeniyle analjeziklerle birlikte anksiyolitiklerin kullanımı da önerilmektedir. Özellikle uzun süre hospitalize edilecek yanık hastalarında yara bakımı sırasında tercih edilen bir uygulamadır. Köpeklerde günde iki kez oral trazodon (3-5 mg/kg) bu amaç için kullanılabilir (3,8,9).

4. KAYNAKÇA

1. Mulder, P. P., Koenen, H. J., Vlig, M., Joosten, I., de Vries, R. B., & Boekema, B. K. (2022). Burn-induced local and systemic immune response: systematic review and meta-analysis of animal studies. *Journal of Investigative Dermatology*, 142(11), 3093-3109.
2. Salibian, A. A., Del Rosario, A. T., Severo, L. D. A. M., Nguyen, L., Banyard, D. A., Toranto, J. D., ... & Widgerow, A. D. (2016). Current concepts on burn wound conversion—a review of recent advances in understanding the secondary progressions of burns. *Burns*, 42(5), 1025-1035.
3. Kurt, B., & Kamiloğlu, A. (2022). *Veteriner Genel Cerrahi*. Ankara: Nobel Tıp Kitabevleri.
4. Wohlsein, P., Peters, M., Schulze, C., & Baumgärtner, W. (2016). Thermal injuries in veterinary forensic pathology. *Veterinary pathology*, 53(5), 1001-1017.
5. Thompson, K. (2013). Save me, save my dog: Increasing natural disaster preparedness and survival by addressing human-animal relationships. *Australian Journal of Communication*, 40(1), 123-136.
6. Goodwin, N. S., Spinks, A., & Wasiak, J. (2016). The efficacy of hydrogel dressings as a first aid measure for burn wound management in the pre-hospital setting: A systematic review of the literature. *International Wound Journal*, 13(4), 519-525.
7. Vaughn, L., & Beckel, N. (2012). Severe burn injury, burn shock, and smoke inhalation injury in small animals. Part 1: burn classification and pathophysiology. *Journal of Veterinary Emergency and Critical Care*, 22(2), 179-186.
8. Vaughn, L., Beckel, N., & Walters, P. (2012). Severe burn injury, burn shock, and smoke inhalation injury in small animals. Part 2: diagnosis, therapy, complications, and prognosis. *Journal of Veterinary Emergency and Critical Care*, 22(2), 187-200.
9. Vigani, A., & Culler, C. A. (2017). Systemic and local management of burn wounds. *Veterinary Clinics: Small Animal Practice*, 47(6), 1149-1163.
10. Altan, S., & Oğurtan, Z. (2016). Termal Yanıklarda Pansuman Uygulamaları. *Dicle Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, (2), 118-126.

SIĞIRLARDA BULAŞICI AYAK HASTALIKLARI

Araş. Gör. Ahmet BAYAT (ORCID:0000-0003-1336-3196)
Ağrı İbrahim Çeçen Üniversitesi, Celal Oruç Hayvansal Üretim Yüksekokulu
Email:ahmetbey.211@gmail.com

Dr. Öğr. Üyesi Emine ÇATALKAYA (ORCID:0000-0001-7884-5407)
Dicle Üniversitesi, Veteriner Fakültesi
Email:eminecatalkaya21@gmail.com

Özet

Ruminatlarda ayak hastalıkları, büyük ekonomik kayıp meydana getirmesi nedeniyle önemli yetiştiricilik problemlerinin en büyüğüdür ve topallıkların % 90'ı ayak ve tırnak hastalıkları ile alakalıdır.(1) Sığır ayak hastalıkları, enfeksiyöz ayak hastalıkları (digital dermatitis, interdigital dermatitis, interdigital flegmon ve ökçe erezyonu) ve boynuz-canlı tırnak lezyonları (taban hemorajileri, taban ülseri, ökçe ülseri, beyaz çizgi hastalığı, tırnak çatlakları ve çift taban oluşumu) olmak üzere iki ayrı grupta toplanmaktadır. Enfeksiyöz ayak hastalıkları daha çok ahır hijyeni ile ilgili bir problem olmakla birlikte; süt sığırcılığında verim kayıplarına sebep olan önemli bir sürü problemidir. Ancak erken tedavi, rutin tırnak bakımı ve ahır hijyeninin sağlanması ile bu hastalıkların görülme sıklığını en aza indirmek mümkündür.(2)

Anahtar Kelimeler: Sığır, Ayak Hastalıkları, Topallık.

INFECTIOUS FOOT DISEASES IN CATTLE

Abstract

Foot diseases in ruminants are the biggest problem in farming because they cause great economic losses and 90% of lameness is related to foot and hoof diseases. (1) Foot diseases in cattle are divided into two main groups as infectious foot diseases (digital dermatitis, interdigital dermatitis, interdigital phlegmon and heel erosion) and horn-live hoof lesions (sole hemorrhages, sole ulcers, heel ulcers, white line disease, hoof cracks and double sole formation). Infectious foot diseases are mostly a problem related to barn hygiene; however, they are an important herd problem that causes yield losses in dairy cattle farming. However, it is possible to minimize the incidence of these diseases with early treatment, routine hoof care and ensuring barn hygiene. (2)

Keywords: Cattle, Foot Diseases, Lameness

1. GİRİŞ

Ayak hastalıkları süt sığırcılığında laktasyon süresi ile süt miktarının azalmasına, kilo kaybına, döl veriminin azalmasına, üretimden erken çıkarılmaya ve yüksek tedavi masraflarına yol açarak finansal kayıplara sebep olan bir hastalıktır (18). Uygun olmayan koşullarda barındırma (sıkışık barındırma, ıslak zemin), iyi beslenememe, mevsim, yaş, ırk, cinsiyet, gebelik ve laktasyon ayak hastalıklarının oluşumunda önemli rol oynamaktadırlar (3, 4)..

2. DİJİTAL DERMATİTİS (DD)

Dijital dermatit, özellikle barınaklarda sığırlarda topallığa neden olan dünya çapında bir hastalıktır. Yaygın doğasına rağmen, tedavisi ve kontrolü ile ilgili deneysel veri sağlayan nispeten az sayıda hakemli makale vardır. Anekdotik inme riskine rağmen, bu inceleme mevcut bilgi durumunu özetlemeye çalışmaktadır. Dijital dermatit tedavisine yönelik üç yaklaşım kullanılmıştır: (5) sistemik antibiyotikler, (6) bireysel topikal tedavi ve (7) ayak banyosu kullanılarak kitlesel topikal tedavi. Sistemik antibiyotikler, maliyetleri ve algılanan etkisizlikleri nedeniyle nadir bir tedavi haline gelmiştir.

Coğrafi yayılma ve antibiyotik tedavisinden sonra iyileşme gibi epidemiyolojik kanıtlar, sığır DD'sini bakterilerin neden olduğu bulaşıcı bir hastalık olarak göstermiştir. Başlangıçta, DD'nin etiyojisi belirsizdi, bunun başlıca nedeni birçok süt ineğinin içinde bulunduğu çamurlu ortamın bir sonucu olarak lezyon yüzeyinde bulunan mikroorganizmaların çokluğu idi. Sığır DD'si belirtilerinde spiroketler, *Bacterioides* spp., *Guggenheimella bovis*, *Campylobacter* spp., *Fusobacterium* spp. ve *Peptococcus* spp. dahil olmak üzere çeşitli bakteri türleri tanımlanmıştır.(8)

2.1 KORUMA V KONTROL

Treponemlerin DD'ye neden olduğunu destekleyen çok sayıda veri göz önüne alındığında, treponem hedefli antibiyotiklerin, aşıların veya bulaşma engellemelerinin bu hastalığın azaltılmasına veya hatta ortadan kaldırılmasına olanak sağlayabileceğini öne sürmek makul olacaktır. DD tedavi stratejilerinin hem ilgili araştırmaları hem de uygulama zorluklarını açıklayan mükemmel bir incelemesinde, DD tedavisinin kontrollü klinik denemelerini tanımlayan hakemli yayınlanmış makalelerin eksikliği ve ilgili araştırmaya acilen ihtiyaç duyulduğu tespit edilmiştir. Çiftliklerde antibiyotik seçimiyle ilgili kararlara yardımcı olmak için, *in vitro* antimikrobiyal duyarlılık verileri en yararlı olabilir ve şu anda DD treponemleri üzerinde bu tür birkaç çalışma yapılmıştır. Bu çalışmalar, DD treponemlerine karşı kullanım için en etkili antibiyotikleri penisilin, penisilin türevleri (amoksisilin ve ampisilin gibi) ve makrolidler 305 eritromisin, azitromisin ve gamitromisin olarak açıkça belirlemiştir.(8)

3. İNTER DİJİTAL DERMATİTİS (İDD)

İnterdigital dermatit ve süt sığırlarında en sık görülen dijital lezyonlardandır. interdigital dermatit/topuk erozyonu (İDD). İDD'nin seyri iki aşama ile karakterizedir. Başlangıçta, *Dichelobacter* (*Bacteroides*) *nodosus* enfeksiyonu (muhtemelen *Fusobacterium necrophorum*'un eşlik ettiği) interdigital deride iltihaplanmaya neden olur. Daha sonra (kronik vakalarda), enfeksiyon topuk boynuzunda yüzeysel bir erozyona yol açar. Ampul boynuzunun büyüme sürecindeki bozukluk, topukta derin yarıklar ve hatta çatlaklara neden olabilir. Topuk

erozyonunun ciddiyeti, çevre koşullarına ve çok faktörlü bir etiyojolojiyi temsil eden ikincil istilacıların varlığına bağlıdır. Sürü düzeyindeki faktörlerin prevalansı etkilemesinin önemi, iki epidemiyolojik çalışmada bulunan IDD sürü prevalansındaki önemli farklılıklarla desteklenmektedir; bu farklılıklar, 101 İsveç süt çiftliğinde %0 ile %91 arasında ve 47 Hollanda çiftliğinde ise bölmeli evlerde %2 ile %93 arasında değişmektedir.(9)

3.1 KORUMA VE KONTROL

Tipik IDD lezyonunun polimikrobiyal yapısı, geniş spektrumlu tetrasiklinler veya tiamfenikol içeren İngiltere lisanslı topikal antimikrobiyal tedavilerinin pratikte aynı derecede etkili olduğu anlamına gelmektedir. Tilosin tozunun etiket dışı kullanımı, dirençli lezyonlar için kaskad altında haklı gösterilebilir; ancak, asgari yasal çekilme sürelerini taşır (et için en az 28 gün ve süt için yedi gün, tedavinin sonundan itibaren). Ayrıca, çözünür toz formunda 10 g tilosin kullanan tek bir tedavinin, tek bir oksitetrasiklin sprey tedavisinin 50 katı antimikrobiyal içerik (mg) içerdiğini belirtmek önemlidir. (10)

IDD tedavisinde bandaj kullanımı konusunda görüşler derin bir şekilde bölünmüştür. Bandajlama için kanıt temeli şaşırtıcı derecede zayıftır, ancak genel olarak görüşler şu anda bandaj kullanımından yanadır. Bir deneme, bandajla daha iyi iyileşme oranlarına doğru anlamlı olmayan bir eğilim gösterdi ve başka bir deneme, tekrarlanan bandajlama ile iyileşme oranının iki katına çıktığını gösterdi.(10)

4. İNTERDİGİRAL FLEGMON (IP)

Literatürlerde sığır tırnağının interdigital flegmonu (IP) için phlegmona interdigitalis, enfeksiyöz interdigital nekrobasiloz, ayak çürümesi ve panaritium gibi çeşitli isimler kullanılmaktadır. Hastalık sporadik olarak ortaya çıkar ancak salgın karakteri gösterebilir.(11) IP genellikle sığırlarda sporadik bir enfeksiyon olarak ortaya çıkar. Laktasyon başına sürü insidansı genellikle %2-5'tir (12, 13), ancak IP'nin daha önceki salgınlarına ilişkin çalışmalar salgınlar sırasında %17-25'lik insidanslar bildirmektedir (14, 15). IP'nin yaygın belirtileri topallıktır; bazen akut bir başlangıçla, interdigital bölgenin ve topukların yumrularının şişmesi ve pis bir koku. İnterdigital yarı boyunca şişmiş çıkıntılı kenarları olan bir çatlak görülebilir. Şiddetli vakalarda ateş, uzanma, iştahsızlık veya süt üretiminde azalma gibi sistemik belirtiler ortaya çıkar (16, 17) . IP süt verimini azaltır (18) ve etkilenen ineğin erken kesilmesini gerektirebilir (18, 19).

Sığırlarda antibiyotik kullanımına ilişkin İsveç yönergelerine göre (antibiyotikler yalnızca bir veteriner tarafından reçete edilebilir), akut klinik IP'nin tedavisi için ilk tercih edilen ilaç, üç gün boyunca benzilpenisilin ile sistemik tedavidir (20). Vakaların %85'inde kullanılan penisilin tedavisi, İsveç çalışmalarına (21, 22) ve sahadan gelen raporlara göre etkilidir. Dahası, İsveç Tıbbi Ürünler Ajansı'nın önerilerine göre, uzun etkili benzilpenisilin, tek doz enjeksiyonla sığır IP'sini tedavi etmek için kullanılabilir (23).

5. ÖKÇE EREZYONU

Sığır toynağı keratini hidrofilik bir jel gibi davranır. Tedavi edilmediğinde şişerken nemi emebilir. Tırnak keratininin su alması ve şişmesi, tırnağın aşınmaya karşı hassasiyetini artırır. Tırnağın tabanı aşınma nedeniyle inceldikçe, kaçınılmaz olarak düzensiz (açılı) zemin veya

zemin yüzeylerine karşı daha az koruma sağlar ve aşırı durumlarda bu, ayakta morarmaya ve ardından ülserasyona yol açabilir. Tabandaki şişmiş keratin, darbe aldığıında veya ağırlık taşıdığıında hidrolitik yırtılma nedeniyle hasara da eğilimli olabilir. Buda ökçe erezyonuna neden olur. (24)

Sığır topuk keratini idrarla temas ettiğinde önemli ölçüde şişebilir. Tırnak tabanı topuktan daha serttir ve bu nedenle daha dayanıklı olması beklenebilir. Ancak klinik deneyim, sığırların ıslak zeminde veya çamurda (dışkı artı idrar) durması durumunda topallama riskinin arttığını ve bunun tırnak tabanının belirgin şekilde yumuşamasıyla bağlantılı olabileceğini göstermektedir. (24)

KAYNAKÇA

1. Tutuş, D., & Gençcelep, M. (2021). Van Muradiye İlçesinde ruminantlarda görülen ekstremite ve ayak hastalıklarının insidansı. *Van Veterinary Journal*, 32(2), 82-90.
2. Yiğitarıslan, K., Candemir Özcan, Ş. E., & Özcan, Ü. A. SİĞİRLARDA ENFEKSİYÖZ AYAK HASTALIKLARININ TEDAVİSİNDE TOPIKAL OZONLANMIŞ YAĞ VE TK DOUBLE D GEL® KULLANIMININ KLİNİK ETKİNLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI.
3. Roy, D., Wong, P.K., Engelbrecht, R.S., Chian, E.S. (1981). Mechanism of enteroviral inactivation by ozone. *Appl. Environ. Microbiol.*, 41(3), 718–723.
4. Yücel, R. (1982). İstanbul ve Tekirdağ bölgesindeki sığırlarda görülen ayak hastalıklarının toplu bir değerlendirilmesi. *İÜ Vet Fak Derg*, 8, 47–61.
5. Barkema, H.W., Westrik, J.D., van Keulen, K.A.S., Schukken, Y.H., Brand, A., 1994. The effects of lameness on reproductive performance, milk production and culling in Dutch dairy herds. *Preventive Veterinary Medicine* 20, 249–259.
6. Berry, S.L., Reed, B.A., Maas, J.P., Schechter, A., 1996. The efficacy of five topical spray treatments for control of papillomatous digital dermatitis in dairy herds. In: *Proceedings of the 29th Annual Conference of the American Association of Bovine Practitioners, San Diego, CA, USA*, p. 188.
7. Berry, S.L., Read, D.H., Walker, R.L., 1998. Topical treatment with oxytetracycline or lincomycin HCl for papillomatous digital dermatitis: Gross and histological findings. In: *Proceedings of the 10th International Symposium on Lameness in Ruminants, Lucerne, Switzerland*, pp. 290–292.
8. Evans, N. J., Murray, R. D., & Carter, S. D. (2016). Bovine digital dermatitis: current concepts from laboratory to farm. *The Veterinary Journal*, 211, 3-13.
9. Somers, J. G. C. J., Frankena, K., Noordhuizen-Stassen, E. N., & Metz, J. H. M. (2005). Risk factors for interdigital dermatitis and heel erosion in dairy cows kept in cubicle houses in The Netherlands. *Preventive Veterinary Medicine*, 71(1-2), 23-34.
10. Bell, N., & Vanhoudt, A. (2020). Treating and controlling digital dermatitis in dairy cattle. *In Practice*, 42(10), 554-567.
11. Osová, A., Mihajlovičová, X., Hund, A., & Mudroň, P. (2017). Interdigital phlegmon (foot rot) in dairy cattle-an update. *Wien. Tierarztl. Monatsschr*, 104(7-8), 209-220.
12. DeFrain JM, Socha MT, Tomlinson DJ. Analysis of foot health records from 17 confinement dairies. *J Dairy Sci*. 2013;96:7329–39
13. Oberbauer AM, Berry SL, Belanger JM, McGoldrick RM, Pinos-Rodriquez JM, Famula TR. Determining the heritable component of dairy cattle foot lesions. *J Dairy Sci*. 2013;96:605–13.
14. David GP. Severe foul-in-the-foot in dairy cattle. *Vet Rec*. 1993;132:567–8
15. Doherty M, Bassett H, Markey B, Healy A, Sammin D. Severe foot lameness in cattle associated with invasive spirochaetes. *Ir Vet J*. 1998;1:195–8
16. Van Metre DC. Pathogenesis and treatment of bovine foot rot. *Vet Clin N Am-Food A* 2017; 33:183–194.
17. Gupta RB, Fincher MG, Bruner DW. A study of the etiology of foot-rot in cattle. *Cornell Vet*. 1964;54:66–77.
18. Hernandez J, Shearer JK, Webb DW. Effect of lameness on milk yield in dairy cows. *J Am Vet Med Assoc*. 2002;220:640–4
19. Booth CJ, Warnick LD, Gröhn YT, Maizon DO, Guard CL, Janssen D. Effect of lameness on culling in dairy cows. *J Dairy Sci*. 2004;87:4115–22.

20. Swedish Society of Veterinary Medicine, SVS. *Guidelines for the Use of Antibiotics in Production Animals*; SVS, Section for Production Animals: Eskilstuna, Sweden, 2016; pp. 19–21.
21. Bergsten, C. Infectious diseases of the digits. In *Lameness in Cattle*, 3rd ed.; WB Saunders: Philadelphia, PA, USA, 1997; pp. 89–100.
22. Andersson, L. Differentialdiagnostik och terapi vid klövspaltflegmon. *Sven. Veterinärtidning* 1984, 36, 349 .
23. Swedish Medical Products Agency, MPA. *Dosering av Antibiotika till nötkreatur och får—ny Rekommendation*; Information från Läkemiddelsverket supplement; MPA: Taberg, Sweden, 2013; pp. 37–40.
24. Gregory, N., Craggs, L., Hobson, N., & Krogh, C. (2006). Softening of cattle hoof soles and swelling of heel horn by environmental agents. *Food and Chemical Toxicology*, 44(8), 1223-1227.

**FACTORS AFFECTING TOURISM DEVELOPMENT IN THUAN HUNG RICE
PAPER VILLAGE, THO NOT DISTRICT, CAN THO CITY**

Dr. Nguyen Thi Be Ba (ORCID:0000-0001-6608-2609)

Chair of Department of History-Geography-Tourism,
School of Social Sciences & Humanities, Can Tho University
Email:ntbba@ctu.edu.vn

Do Van Tien (ORCID:0009-0006-5298-8665)

Student of Department of History-Geography-Tourism,
School of Social Sciences & Humanities, Can Tho University
Email:Tienpham1113y@gmail.com

Abstract

The study was conducted to analyze factors affecting tourism development in Thuan Hung rice paper craft village, Thot Not district, Can Tho city. Research data was collected from 210 tourists in Thuan Hung rice paper craft village. The study used data analysis methods including Scale reliability analysis, exploratory factor analysis, Pearson correlation and multiple linear regression analysis. The analysis shows 5 factors affecting tourism development in Thuan Hung rice paper craft village including tourism resources; infrastructure and technical facilities; human resources; product quality of the craft village; security and environmental sanitation. Of these, the tourism resources factor has the strongest impact and the security and ecological sanitation factor has the weakest impact on tourism development in Thuan Hung rice paper craft village. Based on the research results, the author proposes some solutions to develop tourism in Thuan Hung rice paper craft village in the future.

Keywords: Tourism, Thuan Hung ward, Rice paper, Craft village, Can Tho city

1. PROBLEM STATEMENT

Traditional craft village tourism is increasingly attractive to tourists and is a tourism development direction in many countries around the world. In fact, most of the traditional craft villages in our country have the potential to develop tourism. Some traditional craft villages have exploited that potential to develop craft village tourism, however, most of the tourism development in craft villages is still fragmented and spontaneous, and the craft village tourism products have not really exploited the tourism resources of each craft village to create uniqueness and meet the increasing needs of tourists. Therefore, it has not attracted many visitors to the craft villages.

In the Mekong Delta region, Can Tho is also a famous locality with many typical traditional craft villages such as: Thoi Nhut flower village, Xeo La conical hat village, Thom Rom fishing net village,... Among them, it is impossible not to mention Thuan Hung rice paper craft village in Thot Not district, Can Tho city. This craft village has existed for more than 200 years and is maintained thanks to the love of the profession of many generations. Thuan Hung rice paper village has great potential for tourism development. Typically, the tangible and intangible cultural values are attractive tourism resources. However, these potentials have not been effectively exploited, tourism in the craft village is still spontaneous and underdeveloped. Therefore, the study and proposal of solutions for the development of Thuan Hung rice paper craft village is of great significance in effectively exploiting tourism potential to serve local economic development and preserve traditional craft villages.

In the past, although there have been many studies on factors affecting the development of craft village tourism conducted domestically and internationally, at different destinations, no research has been conducted in Thuan Hung rice paper craft village, Thot Not district, Can Tho city. For the above reasons, the author has chosen the topic: "Factors affecting the development of tourism in Thuan Hung rice paper craft village, Thot Not district, Can Tho city" as a research topic with the aim of finding solutions to develop tourism in craft villages and orienting the development of tourism models in craft villages, thereby contributing to improving the quality of life of people in the area while contributing to making Can Tho tourism increasingly diverse and developed.

2. DATABASE AND RESEARCH METHODS

2.4. Research methods

2.4.1. Data collection method

Primary data was collected using a questionnaire. Questionnaire survey is a method of collecting data by asking the respondents to answer a set of questions in a predetermined order. According to Williams et al. (2010, cited by Nguyen Thi Be Ba and Le Thi To Quyen, 2022), the sample size should be selected from 100 observations. The sampling method used is the convenience sampling method. The survey points are rice paper kilns in Thuan Hung ward. The total number of samples collected is 210 observations of tourists who visited Thuan Hung rice paper craft village.

2.4.2. Data analysis method

After collecting all 210 questionnaires surveyed from tourists, the author filtered and entered data on SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) for Windows version 20.0. Data were analyzed using Scale Reliability Analysis, Exploratory Factor Analysis, Pearson correlation analysis and Multiple Linear Regression Analysis.

2.4.3. Expert method (KIP- Key Information Panel)

The expert method was implemented by in-depth interviews with experts, local leaders and managers and tourism businesses (Nguyen Thi Be Ba and Le Thi To Quyen, 2022). The number of interviewees was 20 people. The interview content aimed to collect information and opinions on the potential, current situation and solutions for tourism development in Thuan Hung rice paper craft village.

2.4.3. Research model

Craft village tourism is a niche yet significant segment of cultural tourism, offering unique experiences that blend traditional craftsmanship with local cultural heritage. This explores the various factors involving the development and success of craft village tourism synthesis based on multiple research studies. Issues that need attention when developing craft village tourism include.

In aspect tourist satisfaction and expectations: Tourist satisfaction in craft villages is influenced by natural characteristics, infrastructure, service quality, government support, and emotional values [1], there is a positive relationship between tourists' expectations, perceived value, satisfaction, and loyalty . Higher expectations and perceived value lead to greater satisfaction and loyalty among visitors [2]

In aspect service quality and infrastructure: Improving the quality of tourism services through professional community engagement and better infrastructure is crucial for attracting more tourists, investment in designing new and unique products can enhance the attractiveness of craft villages [3].

In aspect takeholder collaboration: Strengthening the connection between tourism service suppliers, local authorities, and travel agencies is essential for the development of craft village tourism [3], effective stakeholder involvement, including local government and enterprises, is necessary for the successful implementation and operation of tourism activities [4].

In aspect cultural and economic communities integration: Craft village tourism helps preserve and promote local cultural values, contributes to socio-economic development [3][5], developing facilitation centers at strategic locations can expand the tourist market and leverage economic benefits for rural artisan [5].

In aspect marketing and promotion: Suitable marketing strategies are needed to promote craft village tourism effectively [3], emphasizing the unique cultural and creative aspects of craft villages can attract more tourists and enhance their experience [7].

In aspect challenges and potential: Despite the inherent potential, the development of craft village tourism often does not meet expectations due to various limitations [2], [8], continuous assessment and adaptation to the international economic context are necessary for the sustainable development of craft village tourism [6].

From the theoretical basis and previous research in and abroad, the author synthesizes and identifies factors affecting sustainable ecotourism development in Ca Mau. The results have identified 5 belonging factors Independent variables include: tourism resources, infrastructure and technical facilities, security and environmental sanitation, product quality of craft villages, and human resources.

Table 1. Factors affecting the development of DLBV in Mang Den town

Scale name	Symbol	Observation variable	Scale
Tourism resources	TNDL1	Clean and beautiful environment	5-point Likert scale
	TNDL2	Craft villages still retain their cultural features and identity.	
	TNDL3	Unique and diverse craft village products attract tourists	
	TNDL4	Craft village with long tradition	
	TNDL5	The craft village is located near tourist attractions of Thot Not district.	
Infrastructure and technical facilities	CSHT1	Convenient transportation system to craft villages	
	CSHT2	Spacious and airy parking and reception area	
	CSHT3	Clean water, electricity and toilet systems ensure good tourism services.	
	CSHT4	Communication system in craft villages ensures good tourism service	
	CSHT5	Well organized tourist transport service	
Security and environmental sanitation	TTAN1	No touting	
	TTAN2	Status of waste collected and treated in craft villages	
	TTAN3	There is no begging in the craft village.	
	TTAN4	Security in the craft village is guaranteed.	
	TTAN5	Food safety and hygiene in craft villages is guaranteed.	
Quality of products of craft villages	CLSP1	Diverse and attractive tourism services	
	CLSP2	Reasonable prices for tourism products and services	
	CLSP3	Products ensure food hygiene and safety	
	CLSP4	Food and accommodation services near tourist attractions	
	CLSP5	Shopping stores, souvenir stalls in the craft village are diverse and attractive	
Human resources	NNL1	Villagers are friendly and welcoming to guests.	
	NNL2	People are willing to help and respond to guests' requests under permitted conditions.	
	NNL3	People have good tourism knowledge and skills	
	NNL4	The staff at the accommodation and dining facilities are very friendly and polite.	
	NNL5	People in the craft village have good communication skills.	
Tourism development in craft villages	DGC1	Your satisfaction level with Thuan Hung rice paper village tourism	
	DGC2	Do you plan to return to Thuan Hung rice paper village?	
	DGC3	Do you plan to introduce Thuan Hung rice paper village tourism to your relatives and friends?	

(Source: Author's research synthesis, 2024)

3. RESEARCH RESULTS AND DISCUSSION

3.1. Overview of Thuan Hung rice paper craft village

Thuan Hung rice paper craft village is located in Thuan Hung ward, Thot Not district, Can Tho city. Thuan Hung ward was established in 2008 with the decision to establish Thot Not district with an area of 1,385.39 hectares. According to statistics in 2022, Thuan Hung ward has 21,797 people. Thuan Hung rice paper craft village has a quite favorable geographical location

for trade and economic development when the East borders Tan Loc ward; the West borders Tan Hung ward; the South borders O Mon district; the North borders Trung Kien ward. Located along the Thot Not river. This is an important river of the locality and is a "bridge" to Tan Loc islet - a potential location for developing eco-tourism and community tourism, which can be combined with traditional craft village tourism of Thuan Hung rice paper craft village by river. In addition, Thuan Hung rice paper craft village is quite accessible by road when National Highway 91 passes through Thuan Hung ward. The craft village has a very special location, 1.2km west of Thuan Hung market, suitable for trading for people in the craft village and 1.4km west of Thuan Hung - Tan Loc ferry, the main road connecting to Tan Loc island. In addition, Thuan Hung rice paper craft village is 1km west of Thuan Hung communal house, an ancient cultural and spiritual place of the local people, helping to diversify . In addition to the advantages of road traffic, Thuan Hung rice paper craft village also takes advantage of its special location along the Hau River and a wide system of canals, such as Thot Not River and Thom Rom Canal, from the Hau River flowing through the center of the craft village. This creates a convenient waterway traffic network, opening up many potentials for exploiting and developing riverside tourism.

3.2 . Factors affecting sustainable tourism development in Mang Den town

The study used the method of assessing the reliability of the scale to eliminate ineligible variables if the Item-Total Correlation coefficient < 0.3 and Cronbach's Alpha < 0.6 . The results after the author assessed the reliability of 5 independent scales showed that the Cronbach's α coefficient ranged from 0.740 to 0.760, the adjusted variable-total correlation coefficient of 25 variables ranged from 0.463 to 0.596. For the dependent scale: Cronbach's α coefficient = 0.813, the adjusted variable-total correlation coefficient of the variables ranged from 0.700 to 0.786, confirming that the measurement scale was good and the variables ensured reliability.

Table 2. Cronbach's Alpha coefficient of the scale

Scale	Variance-total correlation coefficient	Cronbach's Alpha
Tourism resources	0.484 – 0.565	0.756
Infrastructure and technical facilities	0.465 – 0.530	0.740
Security and environmental sanitation	0.487 – 0.549	0.752
Product quality	0.463 – 0.596	0.760
Human resources	0.477 – 0.558	0.749
General assessment	0.489 – 0.586	0.724

(Source: Analysis results of the author group, 2024)

Based on the results of Cronbach α test, to study the factors affecting tourism development in Thuan Hung rice paper craft village, the author conducted EFA exploratory factor analysis. The author conducted KMO and Bartlett tests to check the appropriateness of the data. The test results showed that the KMO index = 0.915; Sig. =0.000.; The total cumulative variance of the research data is 55.8%. Thus, the data is suitable for exploratory factor analysis . The author's research sample has 210 respondents, so the measurement variable with a factor loading coefficient greater than 0.5 will be retained. Based on the rotated factor matrix table, it shows that there are 5 factors affecting tourism development in Thuan Hung rice paper craft village,

of which 21 variables out of the total 25 initial variables meet the requirements (factor loading coefficient ≥ 0.5). The unsuitable variables due to factor loading coefficient <0.5 are: Reasonable prices for tourism products and services, Thuan Hung rice paper craft village still retains its cultural features and identity, Clean water, electricity, and toilet systems ensure good tourism services, Staff at accommodation and dining facilities are very friendly and polite. In addition, the results of exploratory factor analysis for the variables of the dependent factor with $KMO = 0.668 > 0.5$; $Sig. = 0.000$; total variance extracted = $64.756\% > 50\%$. The observed variables of the dependent factor remain unchanged, including the 03 observed variables proposed initially. Before conducting multiple linear regression analysis, it is necessary to conduct Pearson correlation analysis to test whether the dependent variable has a linear correlation with the independent variables or not. At the significance level = 0.01, 99% confidence level (Pearson test), to test whether the dependent variable (ĐGC) has a positive correlation with TTAN, CLSP, TNDL, CSHT, NNL or not. Through Pearson correlation analysis, it shows that the values of the correlation coefficients between the independent variables TTAN, CLSP, TNDL, CSHT, NNL and the dependent variable ĐGC all have correlation values with each other, respectively 0.637; 0.662; 0.646; 0.645; 0.649, which are at the "strong" level (According to Hair et al., 2013; cited by Nguyen Thi Hoang Yen, 2016) and the Sig. of the independent variables with the dependent variable are all less than the significance level of 0.05, so it can be said that there is a linear correlation between the variables in the model. To confirm the model has how many factors affecting tourism development in Thuan Hung rice paper craft village and the intensity of impact of each factor, the multivariate linear regression analysis method is used. The results of data testing show that the adjusted R2 value in the model summary table = 0.669, so the impact of the independent variable on the dependent variable is 66.9%; the Sig. value of the F test in the ANOVA table = 0.000; the variance amplification factor (VIF) of the factors in the Coefficients table < 10 ; the first-order serial correlation coefficient (Durbin-Watson) = 1.597 has a value between 1.5 and 2.5, so there is no first-order serial correlation in the model, allowing us to confirm that the data is suitable for multivariate linear regression analysis. The analysis results in Table 3 show that there are 5 factors affecting tourism development in Thuan Hung rice paper craft village in decreasing order: Tourism resources; Infrastructure and technical facilities; Human resources; Quality of products of the craft village; Order, security and environmental sanitation. According to the analysis results, the regression equation of the topic is determined as follows (the study uses standardized Beta coefficient):

$$PTDL = 0.419 + 0.269TNDL + 0.221CSHT + 0.214NNL + 0.174CLSP + 0.167TTAN + u_i$$

Table 3. Results of multiple linear regression analysis

Model	Unstandardized coefficient		Standardization factor		
	B	Standard error	Beta	Sig.	VIF
1(Constant)	0.419	0.171		0.015	
TTAN	0.142	0.047	0.167	0.003	1,906
CLSP	0.138	0.045	0.174	0.003	2,061
TNDL	0.226	0.042	0.269	0.000	1,590
CSHT	0.180	0.043	0.221	0.000	1,756
NNL	0.187	0.046	0.214	0.000	1,767

(Source: Analysis results of the author group, 2024)

The TNDL factor has a coefficient of 0.269 and is positively related to the general assessment scale of tourists on the assessment of tourism development in Thuan Hung rice paper craft village. When tourists rate the factor "Tourism resources" increasing by 1 point, tourism development in Thuan Hung rice paper craft village increases by 0.269 points, corresponding to an unstandardized correlation coefficient of 0.226.

The CSHT factor has a coefficient of 0.221 and is positively related to the general assessment scale of tourists on the assessment of tourism development in Thuan Hung rice paper craft village. When tourists rate the factor "Infrastructure and technical facilities" increasing by 1 point, tourism development in Thuan Hung rice paper craft village increases by 0.221 points, corresponding to an unstandardized correlation coefficient of 0.180.

The NNL factor has a coefficient of 0.214 and is positively related to the general assessment scale of tourists on the assessment of tourism development in Thuan Hung rice paper craft village. When tourists rate the factor "Human resources" increase by 1 point, tourism development in Thuan Hung rice paper craft village increases by 0.214 points, corresponding to an unstandardized correlation coefficient of 0.187.

The CLSP factor has a coefficient of 0.174 and is positively related to the general assessment scale of tourists on the assessment of tourism development in Thuan Hung rice paper craft village. When tourists evaluate the factor "Quality of products of the craft village" to increase by 1 point, the tourism development of Thuan Hung rice paper craft village increases by 0.174 points, corresponding to an unstandardized correlation coefficient of 0.138.

The TTAN factor has a coefficient of 0.167 and is positively related to the general assessment scale of tourists on tourists' assessment of tourism development in Thuan Hung rice paper craft village. When tourists rate the factor "Security and environmental sanitation" increasing by 1 point, tourism development in Thuan Hung rice paper craft village increases by 0.167 points, corresponding to an unstandardized correlation coefficient of 0.142.

3.3. Solutions for tourism development in Thuan Hung rice paper craft village

- Solutions for preserving and promoting tourism resources of craft villages : To develop tourism activities in Thuan Hung rice paper craft village effectively, the first issue that needs attention is to maintain and develop production activities in the craft village in a stable and effective manner. In addition, it is necessary to pay attention to supporting ineffective production households to avoid the craft village from being lost. To maintain and develop Thuan Hung rice paper craft village, production households need to effectively utilize local raw materials such as rice and unique fruits and vegetables. The production process needs attention, from improving formulas, investing in packaging design and building brands. Creating unique rice paper products, imbued with the identity of Thuan Hung rice paper craft village, not only helps increase income for people but also contributes to promoting the image of the craft village to consumers and tourists.

- Solutions on infrastructure, material and technical : Thuan Hung rice paper craft village has the potential to develop tourism, but the current infrastructure is not enough to meet the needs of tourists. Tourism development in Thuan Hung rice paper craft village needs to focus on infrastructure investment, because it directly affects accessibility, tourist satisfaction, and exploiting tourism potential. Technical facilities such as parking lots, public toilets, food and

accommodation facilities, roads, electricity, clean water, and communications play an important role in.

- Solutions to improve the quality of tourism human resources: To develop tourism in Thuan Hung rice paper craft village, the participation and support of local people play an important role. People are not only the main driving force but also the essential human resource for developing tourism activities. To encourage local people's participation, it is necessary to raise awareness of tourism benefits, create opportunities for people to participate in tourism services such as selling specialties, providing food, accommodation and transportation services. At the same time, it is necessary to educate about preserving cultural values, protecting the environment and avoiding negative behaviors such as soliciting or raising prices. Training more knowledge and skills in tourism, along with hospitality, will contribute to enriching the experience of tourists and promoting tourism development. The government needs to organize training courses on tourism expertise and skills for people in craft villages. This will help improve the understanding and capacity of people in craft villages in serving tourists. The shortage of tourism human resources, especially tour guides and interpreters, is a major difficulty in the process of tourism development and needs to be overcome to ensure that Thuan Hung rice paper craft village can attract a large number of visitors.

- Solution to improve the quality of craft village products: Currently, tourism products and tourism service quality in Thuan Hung rice paper craft village are still very poor, not creating a good impression on tourists visiting the craft village as well as tourists who are passionate about learning about local culture. The tourism authorities of Thot Not district in particular and Can Tho city in general need to conduct surveys, collect opinions from local people and tourists on diversifying products of craft villages to suit the tastes of tourists, design tourism services, tours combining visits to craft villages suitable for domestic and foreign tourist markets, stimulate tourism activities in craft villages, contribute to increasing income, improving the lives of people in craft villages. It is possible to promote the exploitation of local cultural values into tourism activities such as: folk games, traditional dishes, traditional means of transportation, unique customs and festivals, etc., contributing to diversifying tourism activities in Thuan Hung rice paper craft village, maximizing the exploitation of available local resources in tourism .

- Ensuring order, security and environmental hygiene in the craft village: The security situation in Thuan Hung rice paper craft village is currently quite good, there is no robbery, begging, stalking or soliciting of tourists. However, local authorities need to regularly check to maintain the safety of tourists. Regarding environmental hygiene, although not polluted, it still does not fully meet the requirements. To improve, it is necessary to propagate and educate people about environmental protection awareness. In addition, it is necessary to upgrade infrastructure, clear land and renovate roads to keep the environment clean, ensure the satisfaction of tourists and develop tourism in the craft village in a sustainable way.

4. CONCLUSION

Thuan Hung rice paper craft village, Thot Not district, Can Tho city has great potential for tourism development with two main potential groups: natural tourism potential and cultural tourism potential. In which, cultural tourism potential plays a leading role, while natural tourism potential is a supporting factor. Cultural tourism potential in the craft village includes traditional

rice paper production techniques and typical products, along with a favorable location near cultural tourist attractions. However, the current tourism status in the craft village has not developed commensurate with the inherent potential of the craft village. The study was conducted with the aim of analyzing the factors affecting tourism development in Thuan Hung rice paper craft village so that stakeholders in tourism development have a scientific basis to establish orientations and solutions for tourism development in the craft village. The research results show that there are 5 factors affecting the development of tourism in Thuan Hung rice paper craft village, the level of influence of the remaining factors is ranked in decreasing order as "Infrastructure and technical facilities", "Human resources", "Quality of products of the craft village", "Security and environmental sanitation". To develop tourism in Thuan Hung rice paper craft village, it is necessary to consider and evaluate the above issues to promote the strengths of the craft village and overcome existing limitations. From the research results, the author proposes a group of solutions for tourism development in Thuan Hung rice paper craft village such as solutions to preserve and promote tourism resources of the craft village, improve infrastructure, technical facilities for tourism, improve the quality of tourism human resources, improve the quality of products of the craft village, and ensure security and environmental sanitation in the craft village. The results of this study have relatively fully reflected the factors affecting tourism development in the research area, providing important arguments for localities in building and implementing policies to develop tourism in craft villages more effectively in the future.

REFERENCES

- 1 . Hair, J.F., Black, B., Babin, B., Anderson, R.E. & Tatham, R.L., 2006. Multivariate data analysis. Prentice-Hall. International, Inc.
2. Quynh, N., & Chi, T. (2019). Factors Affecting Tourist Satisfaction with Traditional Craft Tea Villages in Thai Nguyen Province. *Journal of Economics and Development* . <https://doi.org/10.33301/2019.jed.spi.11> .
3. Thanh, N., Vinh, N., & Tuan, N. (2020). Relationships among Expectations, Satisfaction and Loyalty of Visitors to Craft Village. . <https://doi.org/10.37394/232015.2020.16.80> .
4. Dung, L., Thanh, L., & Nghi, N. (2022). Solutions for Tourism of Chau Giang Brocade Weaving Village, An Giang Province. *International Journal of Research and Review* . <https://doi.org/10.52403/ijrr.20221158> .
5. Ngo, L., & Le, N. (2021). Value chain approach to develop craft village tourism – case study of Que Son cassava noodle, Quang Nam province. *Science & Technology Development Journal - Social Science and Humanities* . <https://doi.org/10.32508/stdjssh.v5i4.655> .
6. Ngo, L., & Le, N. (2021). Value chain approach to develop craft village tourism – case study of Que Son cassava noodle, Quang Nam province. *Science & Technology Development Journal - Social Science and Humanities* . <https://doi.org/10.32508/stdjssh.v5i4.655> .
7. Azharunnisa, A., Gupta, S., & Panda, S. (2022). Craft culture revival through a sustainable approach of integrating tourism with craft promotion: case study of Puri, Odisha. *Journal of Cultural Heritage Management and Sustainable Development* . <https://doi.org/10.1108/jchmsd-07-2021-0120> .
8. Huong, N., Hoa, H., Nang, D., Loan, N., Phuong, N., & Hien, T. (2019). Developing Craft Village Tourism in the Context of International Economic: A Case Study of Vine Phuc Province, Vietnam. *International Journal of Human Resource Studies* , 10, 128-145. <https://doi.org/10.5296/ijhrs.v10i1.16045> .
9. Yen, D., & Trinh, D. (2023). Solutions to Develop Traditional Craft Villages Associated with Tourism in Hanoi Capital. *INTERNATIONAL JOURNAL OF MULTIDISCIPLINARY RESEARCH AND ANALYSIS* . <https://doi.org/10.47191/ijmra/v6-i10-33> .
10. Hieu, V., & Rašovská, I. (2017). Craft villages and tourism development, a case study in Phu Quoc island of Vietnam. *Management* , 21, 223 - 236. <https://doi.org/10.1515/management-2015-0090> .
11. Phu, T., & Thu, H. (2022). Assessment of tourism service quality for traditional craft villages in Da Nang city, Vietnam. *Cogent Social Sciences* , 8. <https://doi.org/10.1080/23311886.2022.2108636> .
12. Dinh, H. (2022). TRANSFORMING AND EXPANDING LIVELIHOODS BASED ON TOURISM DEVELOPMENT FOR COMMUNITIES IN COASTAL CRAFT VILLAGES TOWARD A BLUE ECONOMY. *Journal of Scientific Social Science* . <https://doi.org/10.18173/2354-1067.2022-0059> .
13. Ba, N. T. B., Buu, N. H. H., Ly, H. T. T., & Lac, T. G. (2024, November). RESEARCH TRENDS IN CRAFT VILLAGE TOURISM: THEORETICAL AND PRACTICAL APPROACHES. In *The Fourth International Conference on Innovations Social Sciences Education and Engineering* (Vol. 4, pp. 046-046).

**MAKRO BESİN ELEMENTLERİNİN BİTKİLERE OLAN ETKİLERİ: I. AZOT,
FOSFOR VE POTASYUM**

Yüksek Lisans Öğrencisi Melda KIRLI

Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Email:meldakirli12345@gmail.com

Doç. Dr. Yakup Onur KOCA

Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü

Email:yokoca@adu.edu.tr

Prof. Dr. Osman EREKUL

Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü

Email:oerekul@adu.edu.tr

Giriş

Bitki beslenmesi ve verimliliği, modern tarımın en önemli hedefleri arasında yer alır. Bitkiler büyüme ve gelişme süreçlerinde, en az on yedi temel besin elementine ihtiyaç duyarlar. Bu elementlerin üçü karbon, hidrojen ve oksijendir. Bu elementler, havadan aldığı ve sudan aldığı maddelerdir ve bu yüzde mineral yani maden olmayan bitki besin maddeleri olarak adlandırılırlar. Karbon, hidrojen ve oksijen, bitki kütlesinin yaklaşık %95'ini oluşturmalarına rağmen, bitki beslenmesinde genellikle ihmal edilirler. Bitkilerin büyüme ve gelişmeleri için gerekli olan 14 elementi doğrudan topraktan alır. Bu elementler, moleküller, anyonlar ve katyonlar halinde bitkiler tarafından emilirler. Bitkilerde bulunan besin elementlerinin miktarı, bitki türü, yaşı, kök gelişimi, toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerini, topraktaki elementlerin cinsi ve miktarı, uygulanan tarım teknikleri ve hava koşulları gibi çeşitli faktörlere bağlıdır. Azot, bitki büyümesi ve protein sentezi için hayati bir elementtir. Azot eksikliği, bitkilerin büyüme hızını ve verimini ciddi şekilde düşürebilir. Bu nedenle, tarımda yaygın olarak kullanılan azotlu gübreler, bitkilerin azot ihtiyacını, karşılamak için kritik rol oynar. Ancak, azotun aşırı kullanımı bitki gelişimini olumsuz etkileyebilir ve çevresel sorunlara neden olabilir. Bu yüzden, azotun dengeli ve uygun dozlarda uygulanması, bitkilerin sağlıklı gelişimi için büyük önem taşır. Potasyum, bitkilerin metabolik, fizyolojik ve biyokimyasal işlevleri için vazgeçilmezdir. Potasyum, fotosentez, enzim aktivitesi, besin taşınması ve su dengesi gibi birçok önemli süreçte rol oynar. Potasyum eksikliği, bitkilerin su stresine, daha duyarlı hale gelmesine neden olabilir ve büyüme gerilemesi gibi semptomlarla kendini gösterebilir. Potasyumun dengeli bir şekilde sağlanması, bitkilerin sağlıklı büyümesini ve yüksek kaliteli ürün elde edilmesini destekler.

Fosfor, canlı bir bitkinin oluşabilmesi için hayati öneme sahip bir elementtir. Fosfor, bitkilerin gen oluşumundan kök sisteminin büyümesine kadar çeşitli önemli işlevlerde rol oynar. Türkiye'nin toprak özellikleri, özellikle bazik pH seviyeleri nedeniyle, fosforun bitkiler tarafından kullanılabilirliğini azaltabilir ve bu da fosfor eksikliği sorununu artırır. Fosfor eksikliği, kök gelişiminin azalmasına ve bitkilerin daha koyu yeşil hale gelmesine neden

olabilir. Fosfor fazlalığı ise diğer besinlerin alımını etkileyerek mikro besinlerin eksikliğine yol açabilir.

Epstein ve Bloom (2005), bir bitkinin besin maddesi içermesi gerektiğini belirten iki kriter bulunmaktadır. Bu kriterlerden ilk olanı bitki besin maddesinin bitki strüktürünün veya metabolik faaliyetinin temel bileşeni olan bir maddenin bir kısmını var etmesidir. İkinci olarak büyüme ve gelişme de anormal bir durum göstermesinin nedeni, yetiştirildiği ortamdaki besin elementlerinin eksikliğidir.

Araştırmacıların ve ülkelerin besine olan ihtiyacının elementlerini macro, micro olarak kategorize eder. Makro bileşenleri, micro bileşenlerden yüksek ihtiyaç olan bileşenlerdir. Bundan dolayı micro besin elementlerini minör veya izolementleri olarak da adlandırılır.

Bitki besin elementleri toprakta (1) tuzlar olarak, (2)organik ve anorganik yerlerde absorbe edilmiş ya da değiştirebilir halde, (3) kil minerallerinin arada kalan tabakalarında, (4) organik maddede, (5) toprak biyokütlesinde, (6) silikatların yapısının ana maddesi olarak hareketsiz (immobil) halde ve (7) demir ve mangan oksitlerin içeri bölümlerinde bağlanmış halde bulunmaktadır. Bununla birlikte, elementlerin topraktan alınması, yıkanma, erozyon, immobilizasyon ve gaz(N₂, NH₃ ve azot oksit) olarak atmosfere karışmasıdır.

AZOT

Bitki üretiminde azot, en çok ihtiyaç duyulan besin maddesidir. Bundan dolayı, tarım ürünlerine azot uygulaması yapılmalıdır. Yapay yöntemler, bitkilerin hayatsal faaliyetleri için gerekli olan azotun topraktaki miktarını azaltabilir. Bitkiler, %1-5 oranında azotu genellikle nitrat (NO₃) ve daha az amonyum (NH₄) formlarında alır. Azot bileşiklerinin çoğu, nemli ve iyi hava alan topraklarda bulunma formu nitrattır. Kütle akımı ve yayılma mekanizmaları, bu iki azotu bitki köklerine taşır.

Azotlu gübreler, bitkilerden maksimum verim elde etmek için çok önemlidir. Kök bölgesindeki mineral azot miktarının değerlendirilmesi, azotlu gübre kullanımını azaltabilecek önemli yöntemlerden biridir.

Bitki verimini gösteren ve üretim anında eksikliği en çok karşılaşılan önemli besin elementi azottur. Hem atmosferden hem de topraktan azot alımı yaparlar. Sadece baklagil familyasındaki bitkiler, simbiyotik ilişkiyi rhizobium bakterileri ile oluşturmaları sayesinde atmosferdeki azottan yararlanabilir ve toprağa azot bırakabilirler. Yağmur, yıldırım ve şimşek gibi havada yaşanan olaylar atmosferde bulunan azotun toprağa geçmesini mümkün kılar. Azot hem organik hem de inorganik olarak toprakta bulunabilir. İnorganik azot bileşenleri, toprakta bulunabilir. Bunlar arasında nitroz oksit (N₂O), nitrik asit (NO), azot dioksit (NO₂), amonyum (NH₄), nitrit (NO₂), nitrat (NO₃) ve amonyak (NH₃). Bunların dördü gaz olarak bulunurken, NH₄, NO₂, ve NO₃ ise iyonik formda toprak çözeltisinde bulunurlar.

Su ve azot, besin kıtlığı durumunda en fazla tüketilen iki besin elementidir. Bu nedenle, bitki büyümesini yönetir. Çünkü topraktan gelen inorganik materyaller azot içermez. Atmosfer, doğadaki azotun kaynağıdır. Bunun yanı sıra canlılarda ve hidrosferde bol miktarda azot bulunmaktadır. Organik maddeler topraktaki azotun ana kaynağıdır. Organik maddenin belli bir süreyle yıkılması, içinde bulunan azottan bitkilere yardımcıdır.

Dünyanın büyük bir kısmında azot eksikliği vardır. Ülkemizde organik maddeler az olduğu için topraklarımızda azot bulunur. Bitkilerde bulunan birçok önemli organik bileşiğinin yapısında azot bulunur. ATP, ADP, klorofil, nükleik asitler, amino asitler, enzimler ve proteinler temel organik bileşenlerdir. Azot, bitkide meydana gelen çok sayıda fizyolojik ve kimyasal olayda rolü çok önemlidir. Azot, hem klorofilin hem de proteinlerin sentezinde önemli bir rol oynar. Bitki hücre duvarını oluşturan ana bileşendir. Azot, köklerin solunumunda, çiçeklenmede ve meyvenin (tohumun) oluşma ve olgunlaşmasında önemli rol oynar. Azot bakımından zengin beslenen ağaçlar, zararlılara karşı daha dayanıklı hale gelir.

Azot, bitkilerde yeni hücrelerin oluşumu için gereklidir. Azot eksikliği, bitkilerin büyüme oranını azaltır. Bitkinin özellikle vejetatif gelişimine zarar verir. Gövde sistemi ve yapraklar oldukça zayıftır. Benzer şekilde, kök gelişimi ve dallanma zayıftır. Daha az çiçeklenme ve meyve bulundurma oranı olur ve meyvenin boyutları daha ufak olur. Bitkilerin çoğu yeşili, koyu ve parlak yeşilin aksine daha açıktır. Yaprak alan indeksi azalır ve fotosentez azalır. Noksanlığın büyümesi, yapraklarda klorozun ortaya çıkmasına neden olur. Yaprığın homojen olarak sararması, kloroz olarak bilinir. Yapraklar, azotun azalmasıyla kahverengine dönüşür ve ölür.

Azotun fazla olması, bitkinin vejetatif olgunlaşma sürecini arttırır, çiçeklenme süresini uzatır ve seker sentezlenmesini azaltır. Meyveler olması gerekenden sonra olgunlaşır. Aşırı azot, hastalığa (özellikle mantar hastalıklarına) dayanıklılığı azaltır. Aşırı azot ayrıca hasat sürecini uzatırken, bitkilerin kırılmaya karşı direncini de azaltır. Organik maddeler, yani topraktan kalan hayvansal ve bitkisel artıklar, toprakta azotun kaynağıdır.

Azot, toprağın organik maddenin yaklaşık %5'ini oluşturur. Mikrobiyal faaliyetler, toprakta bitkiye organik maddedeki azotun yaralı olduğu %1'lik kısmını oluşturur. Bundan dolayı, organik madde bakımından düşük olup toprakların çoğunlukla azot içeriği düşüktür. Bitkiler, topraktaki organik maddesinin eriyip parçalanmasının bir sonucu olarak üretilen azotu kullanır. Topraktaki azot miktarı tipik olarak %0,05 ile %0,2 arasındadır.

Bitkide bulunan protein, aminoasit, enzim ve azotun bir parçasıdır. Bitkinin vejetatif (yeşil) kısımları, topraktaki normal düzeylerde iyi gelişir. Fazla azot, ortamda diğer besin maddelerinin de yeterli seviyede bulunması halinde büyümeyi ve erken olgunlaşmasını destekler.

Bitkide azot eksikliği olduğunda, bitkinin bütün kısımları solmuş gibi sarı-yeşil bir renk almakta ve bu sararması tipik olarak yaşlanmış altta olan yapraklardan başlar. Bir ilerleme yoktur. Kökün sistemi oldukça küçüktür. Olgunlaşmayı tamamlamış bitkilerde sap küçüktür ve daha düşük miktarda protein üretirler. Domateste azot eksikliği, genel olarak bitkinin aşağı yapraklarında ortaya çıkar. Yaprakların renk açması ve daha sonraki aşamalarında sararma görülür. Bitki boyu kısalmış, yaprak daha incedir ve daha düşük yaprak ve dal olumu vardır. Ürün adedi üzerinde en çok etkiye sahip besin ögesi olduğu için üründe ciddi bir azalma görülür.

Normalde bitkiler azotu topraktan suda çözülmüş amonyum (NH₄) ve nitrat (NO₃) iyonları şeklinde alırlar. Bu tür nitrojen, bitkilerin kullanabileceği toplam nitrojenin %2'sini oluşturur. Amonyum formundakiler (NH₄⁺) toprağa nitrat nitrojenden (NO₃⁻) daha iyi yapışır ve yağmurla topraktan yıkanma olasılıkları daha azdır. Amonyaklı atıklar toprağa daha dayanıklı olduğundan, yere bırakıldığında (özellikle sıcak, kireçli topraklarda) gaza dönüşerek yok

olabilir. Bu nedenle bitkilerin amonyak ve nitrat formundaki azottan en iyi şekilde yararlanabilmesi için gerekli önlemlerin alınması gerekir. Toprağa verilen azotlu gübrelerin tamamı mikrobiyal aktivite sonucu nitrat azotuna (NO₃-) dönüşür. Nitrat, bitkiler için yararlı olan ancak yağmur veya sulama suyundan kolayca kaybolan bir nitrojen türüdür. Sızıntı nedeniyle nitrat kaybı büyük ölçüde iklim ve toprak koşullarına bağlıdır. Nitrat topraktaki diğer kationların asimilasyonunu desteklerken, amonyum formu anyonların asimilasyonunda faydalıdır. Bakteriler iklim ve toprak koşullarına bağlı olarak amonyum nitrojenini (NH₄⁺) nitrat nitrojene (NO₃-) dönüştürürler. Toprak değişimi yeterli nem, havalandırma, ısı ve toprak reaksiyonu (pH) ile hızlandırılır, ancak soğuk yaşlanma ve aşırı asitlik ile yavaşlar.

Bitkilerin verimliliği genetik potansiyellerine bağlı olmasına rağmen, ekim sıklığı ve azot miktarı gibi faktörler de verim artışında etkilidir. Ayrıca, büyüme sürecinde, toprak bileşimi ile sıcaklık ve yağış gibi ana iklim etmenlerinin, bitki besin maddelerinin topraktaki uygunluğunu, emilimini ve bitki üzerindeki etkilerini etkileyebileceği bilinmektedir. Toprak yapısı ve temel iklim etmenleri olan sıcaklık ve yağış, bitki besin elementlerinin kullanımını ve ürün üzerindeki etkilerinin büyüme sürecinde etkileyebilir.

POTASYUM

Bitkilerin metabolik, fizyolojik ve biyokimyasal işlevleri için hayati önem taşır. Bu özellikler, bitkilerin ürettiği ürün miktarını ve kalitesini artırır. Potasyum, enzim aktivitesine, fotosenteze, besinlerin ve fotosentez ürünlerinin taşınmasına yardımcı olur; protein içeriğini artırmaktadır, turgoru düzenler ve bitkilerde H₂O kaybını ve solmayı önler. Potasyum ayrıca bitkilerde yatmayı önler, soğuğa dayanıklılığı artırır, erken olgunlaşmayı sağlar, azotun etkinliğini artırır ve hastalık ve zararlılara karşı dayanıklılığı artırır. Potasyum bu özellikleriyle ürün miktarı üzerinde olumlu ve önemli bir etkiye sahiptir. Potasyum, protein içeriğini artırarak gıda ve yem bitkilerinin besin değerlerini artırır ve yem bitkilerinin meralarda daha kaliteli olmalarına yardımcı olur. Mısır gibi dane bitkilerinin dolgun ve üniform şekilde erken olgunlaşmasına yardımcı olur. Potasyum, çeşitli meyvelerin renk, büyüklük, tat ve koku gibi özelliklerine olumlu bir şekilde katkıda bulur ve aynı zamanda kaliteyi artırır ve depolama sırasında ağırlık kaybını azaltır. Ülkemizde gübreleme programlarında potasyumlu gübrelerin yer alması çok önemlidir çünkü toprak analizleri dikkate alınmalıdır.

Potasyum, potasyumlu feldispatlar (örneğin mikrolin ve ortoklas) ve mikalar (örneğin biyotit ve muskovit) gibi potasyum içeren minerallerin parçalanması yoluyla toprağa girer. Ek olarak, toprakta ikincil ya da kil mineralleri olarak bulunabilir. Bitkilerde meydana gelen birçok olayda potasyum önemli bir rol oynar. Fotosentez, protein üretimi, nişasta üretimi ve şeker transferi gibi çeşitli enzim ve koenzimin aktivasyonu bitkiler tarafından gerçekleştirilir. Hücre özsuyu, bitkinin su dengesini korumasına ve kuraklığa karşı dayanmasına yardımcı olur. Yaz kuraklığı atlatmada, donlara karşı dayanıklılığında faydalıdır.

Potasyum, bitkilerin hastalıklara karşı daha dayanıklı hale gelmesine yardımcı olur. Potasyum, tohumun olgunlaşmasını ve bitkinin kök sisteminin gelişimini destekler. Ancak klorofilin yapısında yer almaz, ama klorofilin oluşumunda rol oynar. Bitki yapraklarında stoma hücrelerinin açılıp kapanmasını ve kök hücrelerinin su almasını kontrol eder. Toprakta bulunan aşırı azotun zararlı etkilerini azaltır. Fosforun erken olgunlaştırma etkisinden kaynaklanan yetersiz tohum dolgunluğunu zararını önlemek için potasyum erken gelişmeyi geciktirir. Yeterli oranda potasyum alan bitkilerde terleme, su kaybının azalmasına neden olur.

Özellikle kumlu, hafif tekstürlü topraklarda üretilen bitkilerde potasyum eksikliği çok yaygındır. Bitkilerde semptomlar hemen ortaya çıkmaz. Gelişmesinde önce bir gerileme olur, sonra kloroz ve nekrozlar görülür. Yaprak yanları sarardıktan sonra koyu kahverengiye dönüşür. Yokluğu çok fazla olduğu durumlarda, yaprak kenarları siyaha dönüşür. Potasyum eksikliği görülen bitkilerde turgor basıncı azalır, su stresi arttıkça gevrek dokulu hale gelir. Dona ve kuruluğa karşı dayanma gücü azalır. Bitkilerde floem, ksilem dokularının gelişimi gerilemeye başlar.

Azot ve fosfor fazlalığının aksine, fazla potasyum toprakta bitkilere zarar vermez. Bununla birlikte potasyumun bitkilerin Mn alımını azaldığını göstermiştir. Potasyum çok sayıda ülkede ve özellikle yurdumuz topraklarında yaygın olarak mevcuttur, ancak bitkiler bu potasyumdan yararlanamayabilir. Potasyum toprakta 0,3 ile %3'tür. Potasyum, bitkinin tohumları ve diğer yaşlı kısımları ile karşılaştırıldığında, özellikle genç yapraklar, kök uçları ve tomurcuklar gibi hızla büyüyen bölümlerinde daha fazla bulunur. Potasyum, bitkinin tüm yaşam döngüsü boyunca, yaşlı organlardan daha çok ihtiyaç duyulan genç organlara taşınmaktadır. Danelerden daha fazla potasyum, bazı bitkilerin sap ve yapraklarında bulunabilir. Potasyum, ürünün kalitesi ve miktarı üzerinde olumlu bir etkiye sahiptir. Toprakta yüksek fosfor seviyeleri olduğundan, erken olgunlaşmanın normal zamanda gerçekleşmesini sağlar. Potasyum, meyvenin dayanıklılığını artırır, yağ, nişasta ve şeker oranlarını artırır ve renk, tat ve koku gibi özelliklerini düzelterek ürünün kalitesini artırır. Potasyum eksikliği olan topraklarda mısırlar daha zayıf daneli olur, patates daha dolgun olur ve şeker pancarında daha az şeker bulunur. Potasyum, bitkinin metabolizmasına katkıda bulunur, özellikle diğer besin elementlerinin alınması, solunumun düzenlenmesi, terleme ve enzim aktiviteleri. Bitkinin kök gelişimini teşvik eder. Karbonhidrat ve protein üretimini destekler. Bitki, nişasta, şeker ve potasyum gibi karbonhidratları üretmek için nişasta ve diğer maddelerin vücut içinde yer değiştirmesini gerektirir. Çeşitli bitkilerde, potasyum eksikliğinin belirtileri çok farklı olabilir. Mısır bitkisinde, yaprak tepesinden başlayan sararma daha sonra yaprak kenarlarına doğru yayılır ve kahverengi kısım kuruduktan sonra bitkinin tüm yaprakları ölür. Yıllar geçtikçe, yaşlı yaprakların kenarlarında beyaz noktalar belirir. Daha sonra bu noktalar kurur ve kıvrılır. Potasyum eksikliğinin bir sonucu olarak, bitkinin yaşlı yapraklarının soğuğa, kuraklığa ve hastalıklara karşı dayanımlarını önemli ölçüde azaltır ve meyvelerin kalitesi bozulur ve depolama ömürleri kısalmır. Potasyum eksikliği domateste daha da belirgin olabilir.

Potasyum, toprak çözeltisinden K⁺ iyonları olarak bitkilere verilir. Potasyum, toprakta feldispat, mika gibi kil mineralleri veya sülfat ve karbonat gibi potasyum tuzları olarak bulunabilir. Bitkilerin topraktaki potasyumdan yararlanabilmeleri için, potasyumun toprak çözeltisine K⁺ iyonu olarak geçmesi gerekir. Potasyum, bu süreç yoluyla bitkilerde potasyum eksikliği önler.

FOSFOR

Türkiye topraklarında en az bulunan makro elementlerden biri fosfor (P)'dur. Orta seviyedeki fosfor miktarı da dikkate alındığında, Türkiye topraklarının yaklaşık %72'sinde alınabilir. Fosfor seviyesinin yetersiz olduğu görülmektedir. Fosfor, azot (N) ve potasyum (K) ile birlikte bitkilerin en çok ihtiyaç duyduğu besin elementlerinden biridir. Fosfor, gen oluşumunda, bitki kök sisteminin büyümesinde, bitkilerin sıcak ve kurak hava koşullarına, hastalıklara ve zararlılara karşı direncinin artırılmasında ve kaliteli ürünlerin oluşmasında önemli bir rol oynar.

Türkiye'nin çeşitli bölgelerinde yapılan araştırmalar, fosforlu gübrelemenin bitkisel üretimde önemli bir artış sağladığını ve topraklarda bitkinin kullanabileceği fosforun eksik olduğunu göstermiştir. Ülkemizde topraklar, özellikle kireçli ve yüksek pH seviyeleri nedeniyle fosforun yayırlığını azaltmaktadır. Bu durum, yayırlı fosfor eksikliğinin artmasına ve gereksiz fosfor gübrelemesine yol açarak bitki besleme ve gübreleme ile ilgili önemli sorunları ortaya çıkartmaktadır. Fosfor fiksasyonunu etkileyen faktörler arasında kil miktarı, tepkime süresi, gübrelerin uygulanma şekli, toprağın asidik veya bazik özellikleri, toprak sıcaklığı ve organik madde miktarı yer almaktadır.

Türkiye bu toprakları bu özellikleri nedeniyle, fosfor fiksasyonu yüksek olup, bitkilerin fosforlu gübrelerden %20'nin altında yararlanmasını engellemektedir. Bu durum, üreticileri daha fazla fosforlu gübre kullanmaya zorlanmakta ve bitkinin ihtiyaç duyduğu fosfor miktarının yaklaşık dört katına ulaşmasına neden olmaktadır. Fosforlu gübrelerle gübrelenen topraklarda yetiştirilen bitkiler, fosforlu gübrelerin yalnızca %10-30'undan yararlanabilmekte, geriye kalan fosfor ise fikse edilmektedir.

Toprağı zenginleştiren fosfor, kaynağını oluşturan apatit mineralinden alır. Apatit minerali, hem flour apatit hem de hidroksiapatit bileşimlerinde yer alır. Bazalt ve benzer magmatik kayaların fosfor miktarı daha yüksektir. Kaya ve mineral parçalanması sonucunda serbest bırakılan fosfor, bitkiler tarafından emilerek kullanılabilir hale gelir. Ayrıca toprakta organik fosfor bileşikleri de bulunur çünkü organik maddenin yapısında fosfor yer alır.

Bitkiler, fosfora gereksinim duyarak ATP, şekerler ve nükleik asitlerin oluşumunda kullanılır. ATP, enerji ileten en kritik bileşiklerden biridir ve DNA sentezi için gerekli olan bir moleküldür. Fosfor, hücre bölünmesi, çiçek ve meyve oluşumunda büyük bir rol oynar. Aynı zamanda, bitkilerin olgunlaşma sürecini hızlandırır, potasyum emilimini teşvik eder ve hastalıklara karşı dayanıklılıklarını artırır. Bitkilerin köklerinin su alımını düzenleyerek suyun etkili bir şekilde kullanılmasını sağlar. Genç bitkilerde P yokluğu daha erken görülür ve generatif organların zarar görmesine neden olur. Fosfor eksikliği, bitkilerin kök gelişimini zayıflatır, ağaçlarda ve meyvelerde sürgün ve tomurcuk oluşumunu azaltır ve bitki büyümesini yavaşlatır.

Toprakta P çokluğu genellikle diğer mikro besin elementlerinin eksikliğine neden olabilir. Fosfor fazlalığı çinko ve demir eksikliğine yol açarken, kalsiyum bor, bakır ve mangan eksiklerine neden olabilir.

Topraktaki fosfor genellikle %0.02 ile %0.14 arasında değişir ve bu nedenle gübrelerde sıkça tercih edilen elementlerden biridir. Hem hayvan hem bitki artıkları, bitkilerin organik fosforu kullanabilmesi için organik maddenin parçalanması ve çürümesi gerektiğinden dolayı organik fosforu içerir. Fosfor, bitki hücrelerindeki proteinlerin yapılarına entegre olur ve kök sisteminin gelişiminde en büyük rolü oynar. Fosfor açısından zengin topraklarda tohum oluşumu erken başlar ve bitki erken olgunluğa ulaşır, bu da bitkinin hastalıklara ve zararlılara karşı daha dirençli olmasını sağlar.

Fosfor eksikliğinde, bitkilerin kök sistemi ve hacmi azalır, ürün azalır ve tipik olarak daha koyu yeşil görünebilir. Fosfor eksikliği, verim düşüklüğüne, olgunlaşmanın gecikmesine, kalite düşüşüne ve bitkinin donlardan zarar görmesine neden olabilir. Dünyanın çoğu topraklarında fosfor yoktur, bu nedenle dengeli bir P gübrelemesi gerekir.

**MAKRO BESİN ELEMENTLERİNİN BİTKİLERE OLAN ETKİLERİNİN 2.
KALSİYUM, MAGNZEYUM, KÜKÜRT**

Yüksek Lisans Öğrencisi Melda KIRLI

Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Email:meldakirli12345@gmail.com

Doç. Dr. Yakup Onur KOCA

Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü

Email:yokoca@adu.edu.tr

Prof. Dr. Osman EREKUL

Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü

Email:oerekul@adu.edu.tr

Giriş

Fotosentez sürecinde, bitkiler güneş enerjisini kullanılırken, bitkiler güneş enerjisini nüfuz eden karbondioksit (CO₂) moleküllerindeki karbon ve oksijen ile birleştirir. Bu hidrojeni parçalar ve bu hidrojeni, bu yapraklardan stomalardan aracılığıyla birleştirir. Diğer organik moleküller, karbonhidratlar, bu kimyasal reaksiyonun ürünleridir. Bitkinin kuru ağırlığının yaklaşık %90'ını organik maddeler oluşturur. Bitkilerin büyüme ve gelişmeleri için gerekli olan 14 elementi doğrudan topraktan alır. Bu elementler, moleküller, anyonlar ve katyonlar halinde bitkiler tarafından emilirler. Bitkilerde bulunan besin elementlerinin miktarı, bitki türü, yaşı, kök gelişimi, toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerini, topraktaki elementlerin cinsi ve miktarı, uygulanan tarım teknikleri ve hava koşulları gibi çeşitli faktörlere bağlıdır. Kalsiyum, bitki hücre duvarlarının yapısal bütünlüğünü korur ve toprağın pH dengesini düzenleyerek bitkiler için uygun bir büyüme ortamı sağlar. Kalsiyum eksikliği, genellikle genç yapraklarda sararma ve kök gelişiminde yavaşlama ile belgindir. Aşırı kalsiyum ise toprak pH'sını değiştirerek diğer besin maddelerinin alınmasını engelleyebilir ve bitki gelişimini olumsuz etkileyebilir.

Magnezyum, fotosentez ve karbonhidrat metabolizması için gereklidir. Magnezyum, klorofil molekülünün merkez atomu olarak fotosentezde kritik rol oynar ve enzimatik aktivitelerde kofaktör olarak hizmet eder. Magnezyum eksikliği, yaşlı yapraklarda sararma ve beneklenme ile belgindir ve düşük pH seviyeleri, toprak çözeltisinde bulunan diğer iyonlar gibi faktörlerle ilişkilidir. Magnezyum fazlalığı ise diğer iyonların dengesini bozarak bitki gelişimini olumsuz etkileyebilir.

Kükürt, bitkilerin besin elementlerini daha etkili bir şekilde alabilmesi için toprak pH'sını düşürür. Türkiye'de ki yüksek pH ve yüksek kalsiyum karbonat içeriği, kükürt uygulamasının önemini artırır. Kükürt, bitkilerin büyümesini ve gelişimi için gerekli olan birçok bileşeni organik yapılarını içinde barındırarak sağlar. Kükürt eksikliği, bitkilerin protein ve klorofil üretimini olumsuz etkileyebilir.

Epstein ve Bloom (2005), bir bitkinin besin maddesi içermesi gerektiğini belirten iki kriter bulunmaktadır. Bu kriterlerden ilk olanı bitki besin maddesinin bitki strüktürünün veya metabolik faaliyetinin temel bileşeni olan bir maddenin bir kısmını var etmesidir. İkinci olarak büyüme ve gelişme de anormal bir durum göstermesinin nedeni, yetiştirildiği ortamdaki besin elementlerinin eksikliğidir.

Araştırmacıların ve ülkelerin besine olan ihtiyacının elementlerini macro, micro olarak kategorize eder. Makro bileşenleri, micro bileşenlerden yüksek ihtiyaç olan bileşenlerdir. Bundan dolayı micro besin elementlerini minör veya izelementleri olarak da adlandırılır.

Bitki besin elementleri toprakta (1) tuzlar olarak, (2)organik ve anorganik yerlerde absorbe edilmiş ya da değiştirebilir halde, (3) kil minerallerinin arada kalan tabakalarında, (4) organik maddede, (5) toprak biyokütlesinde, (6) silikatların yapısının ana maddesi olarak hareketsiz (immobil) halde ve (7) demir ve mangan oksitlerin içeri bölümlerinde bağlanmış halde bulunmaktadır. Bununla birlikte, elementlerin topraktan alınması, yıkanma, erozyon, immobilizasyon ve gaz(N₂, NH₃ ve azot oksit) olarak atmosfere karışmasıdır.

KALSİYUM

Kalsiyum, bitki hücre duvarlarının temel bir bileşenidir ve bu nedenle bitkiler için en önemli üçüncü besin elementidir. Sonuç olarak, kalsiyum hücre duvarı yapısı üzerinde önemli bir etkiye sahiptir.

Bu minerallerin öğütülmesi ve ayrışması sonucunda serbest kalan Ca²⁺ iyonlarının çoğu, değişim kompleksleri tarafından tutulur. Kalsiyum iyonları, toprağın granülasyonunu artırarak yapısal iyileştirmeye katkıda bulunur ve bu da daha fazla ürün elde etmeyi sağlar. Aynı zamanda toprak pH dengesini düzenler, bitki besin maddelerinin emiliminde ve toprakta bulunan zararlı maddelerin birikmesinde etkili olur. Kalsiyum bitki kök salgılarını kontrol eder ve bitki dokularını donma ve çözünme stresinde karşı korur. Bitkilerin yeterli miktarda kalsiyum içermesi, hastalıklara karşı daha dirençli olmalarını sağlar. Protein sentezinde ve karbonhidratların taşınmasında kalsiyumun önemli bir rolü vardır.

Ca açısından zengin topraklarda verim düşüktür ve ürünlerin protein oranı düşüktür. Kalsiyum eksikliği, bitkilerde meristem dokuların büyümesini yavaşlatır. Bu köklerin, büyüme uçlarında ve sürgün ucu tomurcuklarında gelişmeyi durdurur. Genç yapraklarda bozulur ve kenarlarında siyah ve kahverengi nekrozlar oluşur. Yaprakların uçları kurur ve sonunda ölür.

Kurak bölge topraklarında yüksek Ca seviyeleri nedeniyle, bazı besinlerin mikro besinlerin alınması zorlaşır. Örneğin toprakta fazla Ca varsa, bitkiler K, Fe, P ve diğer elementleri kullanılmaz.

Bitkiler için kalsiyum en önemli besinlerden biridir. Yaşlı topraklarda daha yoğundur ve fosfor ve potasyumun aksine, yapraklarda daha fazla bulunur. Hücre protoplazmasında, hücre zarının yapısında ve bazı proteinlerin içinde bulunur. Hücre bölünmesini ve tohum çimlenme oranını artırır.

Kalsiyum eksikliği, asitli topraklarda daha sık görülür ve bu topraklarda yetişen üçgül ve yonca gibi baklagiller yavaş büyür, az ürün verir ve protein üretirler.

Yağışların yoğun olduğu yerlerde, kireçsiz ana kayalardan oluşan topraklarda Ca ve Mg azaldığından, toprak asidik hale gelir. Bu tür topraklarda Türkiye'nin Doğu Karadeniz bölgesinde bulunur. Kireçleme, asidik toprakların asidik özelliklerini azaltır. Bu, bitkilere kalsiyum ve magnezyum sağlamaktan daha fazlasını sağlar; başka besin elementlerini yararlılığını, zararlı etkilerini, toprağın fiziksel özelliklerini, mikrobiyolojik faaliyetini artırmak için yapılır.

Topraktan alınan Ca²⁺ iyonu veya çözünür kalsiyum tuzları, bitkileri beslemek için kullanılır. Kalsiyum minerali az olan ve bol miktarda yağış alan yerlerin toprakları genellikle kalsiyum açısından yetersizdir. Kurak topraklarda kalsiyum ve baz doygunluğu yüksektir. Çok fazla yağmur, kireç taşıyla kaplı topraklarda bile toprak yüzeyini asidik hale getirir ve kalsiyum eksikliğine neden olur. Toprakta kolloidler tarafından emilmiş kalsiyum iyonları ve çözültideki serbest Ca²⁺ iyonları arasında sürekli bir denge vardır. Bitkilerin Ca²⁺ iyonlarını alması veya yıkaması gibi nedenlerle ortamdan ayrılan Ca²⁺ iyonları, kolloidler tarafından yüzeyde adsorbe edildikten sonra çözültide serbest hale gelir. Tersine bir durumda, toprak çözültisine aşırı miktarda Ca²⁺ iyonu eklendiğinde, bu iyonların bir kısmı kolloidlerin yüzeyinde adsorbe edilir ve denge dengeye gelinceye kadar devam eder. Sonuç olarak, killi topraklara, kumlu topraklara göre çok az kireç uygulanmalıdır. Toprak çözültisindeki Ca, drenaj sularıyla yıkanarak, organizmalar tarafından emilerek, kiler tarafından emilerek veya özellikle kurak havalarda çökerek yarayışsız hale gelir.

Bitkilerin kalsiyum ihtiyacı genellikle toprakta mevcuttur. Bununla birlikte, hafif bünyeli asit içeren topraklarda Ca elementi eksikliği ve çeşitli faktörlerin etkisi görülebilir. Örneğin, tuzluluk, toprağın su potansiyelini düşürdüğü için bitkilerde Ca eksikliğine neden olabilmektedir. Ayrıca düşük baz doygunluğuna sahip asit özelliklerine sahip topraklarda Ca eksikliği olabilir. Kalsiyum fazlalığı ise bitkilerin bazı besinlerin almasını ve kullanmasını engeller. Ortamda fazla miktarda kalsiyum bulunması durumunda, bitkiler fosfor, potasyum ve magnezyum gibi makro besin elementlerini, Mo hariç diğer tüm mikro besin elementlerini alamaz. Kalsiyum fazlalığı ayrıca tohum çimlenmesine zarar verir ve bazı meyvelerde sarı benekler oluşur. Toprak pH'sının değişmesinin ek dolayı etkileri vardır.

MAGNEZYUM

Bitkilerin temel besin ögesi olan magnezyum, fotosentez ve karbonhidrat metabolizmasını destekler. Bitkiler, magnezyumu ya aktif olarak alarak ya da konsantrasyonu gradiyetini doğru pasif olarak bir kanal boyunca difüzyon yoluyla alır. Bitki büyümesi için en uygun olan magnezyum konsantrasyonu, bitki kuru ağırlığının yüzde 15 ile 35 arasında olmalıdır.

Bitki hücrelerinin sitoplazmasında en yaygın olarak bulunan iki değerli katyon arasında magnezyum yer almaktadır. Bitki yaşamında fotosentez ve karbonhidrat metabolizmasındaki rolü nedeniyle son derece önemlidir. Bitkilerde yeterli Mg eksikliği durumunda fotosentez süreci önemli ölçüde geriler, bu da bitkilerin büyüme ve gelişiminde sorunlara neden olur. Klorofil molekülünün merkez atomu olan Mg, fotosentezde oynadığı önemli rol nedeniyle yaşamın devamlılığını sürdürmek için çok önemlidir. Klorofil, bitkideki magnezyumu

%15*20' sini oluşturur ve magnezyum eksikliğinde klorofil miktarı hızla düşer, bu da fotosentez sürecini olumsuz etkiler.

Bitki, magnezyumu birçok enzimatik aktiviteye kofaktör olarak kullanılır. Ribüloz bifosfat karboksilaz ve fosfoenolpirüvat karboksilaz (PEP) enzimleri, fotosentez mekanizması için kritik enzimlerdir. Ayrıca RNA polimeraz, ATPaz, protein kinaz, fosfataz ve glutation sentaz gibi çok sayıda enzimin işlevlerini ve aktivasyonunu sağlar.

Kuru madde esasına göre, bitkilerin magnezyum içeriği genellikle %0.15 ile %1.00 arasında değişmektedir ve çoğu bitki için yeterli miktar %0.25'tir. Bitkilerde magnezyumun %70'inden fazlası inorganik anyonlara ve organik anyonlar malat ve sitrat olarak bilinir. Bu şekildeki bileşikler kolayca çözünür halde difüzyon edebilir. Oksalatlar ve pektatlar da bitkilerde bulunan magnezyumun bir parçasıdır. Bu bileşikler çözünemediğinden, difüzyon edemezler. Inositol heksafosforik asidin veya fitik asidin tuzları, tahıl tanelerinde bulunur. Çeşitli minerallerden alınan magnezyum, suda çözünebilir, değişebilir ve değişmez formlarda bulunur. Bunlar arasında sürekli bir uyum vardır. Magnezyum eksikliği, bitkilerin yaşlı yapraklarında damarlar arasında sararma ve benekli görünümün meydana gelmesine neden olur. Magnezyum eksikliği, toprak çözeltisinde yüksek miktarda bulunan potasyum, kalsiyum, hidrojen ve amonyum gibi iyonları nedeniyle ortaya çıkabilir. Ayrıca, Ph'I beşten düşük olan topraklarda yüksek miktarda alüminyum iyonları magnezyum alımını engelleyebilir.

Asidik topraklarda Mg eksikliği olabilirken, kireçli topraklarda bitkilerin kullanabileceği Mg çoğunlukla yeterli miktarda bulunur. Örneğin, magnezyum eksikliğinin bir sonucu olarak çam fidanlarında "altın uçluluk" semptomu görülebilir. Bu durumda iğnelerin uçları sarı veya turuncu renkte, orta kısımları ise kırmızı renktedir. Magnezyum fazlalığı, serpantin ve klorit içeren topraklarda bitki büyümesini kötü etkileyebilir. Fazla magnezyum, diğer katyonların azalmasına ve iyon dengesizliğine neden olarak verim düşüklüğüne neden olabilir.

Bitkiler için magnezyum çok önemlidir. Kalsiyumdan daha az miktarda bulunur. Mg, bitkilerin topraktan fosfor alımını artırır ve yapraklarda klorofili oluşturur. Magnezyumsuz yeşil bitkileri düşünmek mümkün değildir çünkü her klorofil molekülü magnezyum atomu içerir. Tohumlarda bol miktarda bulunan magnezyum, yağ oluşumu için de gereklidir. Bitkinin alt yapraklarında magnezyum eksikliği görülür. Yaprakların gövdeye bağlandığı yerden başlayarak, damarlar arasında geniş lekeler oluşur ve ardından kahverengi ölü dokular gelişir. Bu durum tarlada daha sık görülür, özellikle hafif bünyeli kumsal topraklarda ve yüksek kireç ve kalsiyum içeriğine sahip topraklarda. Bazı durumlarda, yaprakların erken dökülmesine sebep olabilen bir durum, magnezyum eksikliği olabilir. Pamuk bitkisi yapraklarında morarma, kırmızımsı renk ve damarlarda yeşil renk görülebilir, bu durum magnezyum eksikliğinden kaynaklanabilir. Bazı damarlar yeşil kalmaya devam eder, damarlar arasındaki renk açılır ve yapraklar çizgili bir görünüm alır. Sebzelerdeki magnezyum eksikliği sarı yapraklara yol açar. Toprakta bulunan magnezyum tuzlarının bir kısmı, dolomit, mika, serpantin ve diğer mineraller şeklindeki kil mineralleridir. Toprakta çözünebilir, değişebilir ve değişmeyen magnezyum formları bulunmaktadır. Bu üç kategori, sürekli bir denge durumunda bulunmaktadır. Klorofil, phytin ve pektin, hayatın devamını sağlayan önemli bileşenlerden biri olduğu için magnezyumla oluşturulmuştur ve klorofilin fotosentezde merkezi bir rol oynamasıyla bilinir. Ayrıca, ATP üretiminde önemli bir rol oynar ve şeker ile nişasta gibi ürünlerin miktarı üzerinde olumlu bir etkisi vardır. Protein üretimi, magnezyum ile gerçekleştirilir. Özetle, Mg bitkilerde klorofilin yapısında bulunur ve fotosentezi destekler. Magnezyum ayrıca çok sayıda enzimatik

süreçte kofaktör olarak görev yapar. Magnezyum fazlalığı iyon dengesizliğine neden olurken, magnezyum eksikliği bitkilerde önemli gelişim geriliklerine ve ürün kaybına neden olabilir. Sonuç olarak, bitki gelişimi için uygun magnezyum konsantrasyonu sağlanması çok önemlidir.

KÜKÜRT

Ülkemizde tarım topraklarının çoğu pH 7'nin üzerinde ve yaklaşık %20 kalsiyum karbonat (CaCO₃) bulunmaktadır. Bu nedenle bitkiler mikro besin elementlerini almakta zorlanır. Türkiye'de kireç boldur. Ana materyal ve az yağışlı iklim bunun nedenidir. Yüksek kireç içeriği nedeniyle toprak pH'sı tipik olarak 7 ila 8,5 arasındadır. Birçok bitki için bu pH değerleri çok yüksek kabul edilir. Fosfor ve mikro elementlerin işlevselliğini olumsuz etkiler. Bitkiler, toprakta yeterli miktarda bitki besin elementi bulursa bile, bunu alabilir. Bitkilerin gelişimini en üst düzeye çıkarmak için bu yüksek pH'nın etkisinin azaltılması gerekmektedir. Toprak pH'sını düşürmek için elementsel kükürt kullanmak en iyisidir. İnce öğütüldükten sonra, elementsel kükürt, suda çözünmeyen sarı bir katı maddedir. Toprak mikroorganizmaları onu SO₄ olarak okside eder. Kükürt uygulamasının başarısı, çeşitli faktörlere bağlıdır. Bunlar arasında parça iriliği, uygulama dozu, yöntem, zaman, uygulama yapılan toprağın S-oksidi etme özellikleri ve çevresel koşullar yer almaktadır. Bu durumda, bitkilerin topraktan fosfor alımını artırma da çok önemlidir çünkü P alımı bitkilerin gelişimini iyileştirir. Yapılan araştırmalar, kükürtün önemli bir besin bileşeni olduğunu göstermektedir. Kükürt ayrıca toprağın pH'sını düşürerek diğer minerallerin alımını artırır.

Dünyanın birçok ülkesinde kükürt (S) ile ilgili kapsamlı araştırmalar yapılmış olsa da, ülkemizde kükürt ile ilgili çok az çalışma yapılmıştır. Çiftçilere uzun yıllardır kükürt kullanımı konusunda yardımcı olan Tarım ve Orman Bakanlığı ÇATAK programı çerçevesinde destek sağlamıştır. Toprak analizlerine göre, pH değeri 7,5'in üzerinde olan arazilerde kükürt kullanılmaktadır. Bu, yüksek toprak pH sorununu çözmek ve sürdürülebilir tarımı teşvik etmek amacıyla ülkemizde uygulanmaktadır. Öncesinde ve sonrasında Ekim ayında gerçekleştirilir. Kükürt, organik maddelerin yapısına dahil olduğu için toprakta hem organik hem de inorganik formlarda bulunabilir. Organik kükürt, birçok toprakta bulunan kükürt rezervinin önemli bir kısmını oluşturur. Klorofil oluşumu için gerekli olan kükürt, proteinlerin yanı sıra aminoasitlerden sistein, sistin ve metionin'i içerir. Kükürt eksikliği, protein ve klorofil üretimini azaltır. Ek olarak, bazı enzimlerin yapısında bulunur ve kök büyümesi ve nodül oluşumunu hızlandırır.

Bitkilerde kükürt eksikliğinin belirtileri azot ve molibden eksikliğinin belirtilerine benzerdir. Kükürt eksikliği yaprakları kurutur. Genç yapraklar azot eksikliği dolayısıyla bu sarı renge bürünür. Kükürt içeren aminoasitlerin yetersizliği bitkinin protein üretimini engeller, bu durum bitkinin büyümesini yavaşlatır, yaprak yüzeylerinin küçülmesine neden olur ve yapraklar odunumsu bir hal alır. Ayrıca, bitkiyi incelerken gövde ve kök arasında öncelik kök gelişimine verilmelidir. Bitki kükürt eksikliğinde zayıf ve küçük kalabilir. Bitkilere zarar veren madde olan yüksek kükürt dioksit seviyeleri atmosferde bulunmaktadır. Kükürt dioksit, kloroplast membranları zarar verebilir ve bu da nemli alanlarda sülfürik asit oluşumuna yol açarak asit yağmurlarına sebep olabilir. Bu, farklı ekosistemlere zarar verir. Toprakta nadiren bulunan kükürdün çoğu, genellikle organik maddelerin ayrışmasıyla bitkilerden alınır. Çoğu gübre yüksek miktarda kükürt içermektedir. Bitkilerde var olan proteinler kök büyümesine, klorofil oluşumuna ve baklagillerdeki kök yumrularının gelişimine yardımcı olur. N eksikliği, bitkilerin büyümesini yavaşlatır ve genç yaprakları sarımsı yeşil yapar. Mısır bitkisinin tepe

yapraklarında sarı çizgiler vardır. Yonca bitkisinin tepe yaprakları asitli topraklarda açık renk alır ve ürünlerdeki protein miktarı azalır. Kükürdü topraktaki SO₄-2 iyonları bitkiler tarafından absorbe edilir. Kükürt, topraktaki magnezyum, potasyum ve kalsiyum tuzlarından oluşur. Toprak organik maddesinin yapısında bulunan kükürt, jips ve alçının bileşiminde de bulunur. Bu verilere göre, yüksek toprak pH'sının bitkilerin besin elementlerini almasını sınırladığı ve bitki gelişimini olumsuz etkilediği açıktır. Kükürt kullanımı, toprak pH'sını düşürerek bitkilerin besin elementlerinden daha fazla almasını sağlar ve böylece bitki gelişimini destekler. Bununla birlikte, Türkiye'de kükürt ile ilgili daha fazla araştırma gereklidir. Tarım ve Orman Bakanlığı'nın ÇATAK programı kapsamındaki destekleri, toprak pH'sını düzenleme ve bitki besin elementlerinin yararlılığını artırma açısından önemli bir adım olacaktır.

**ARABİK GAM VE BROMELAIN İLE HAZIRLANAN MATERYALLERLE
KAPLANAN TAVUK YUMURTALARINDA BAZI PARAMETRELERİN
DEĞERLENDİRİLMESİ**

Doç. Dr., Gözde KILINÇ (ORCID:0000-0002-8667-3390)

Amasya Üniversitesi, Suluova Meslek Yüksekokulu, Gıda İşleme, Amasya, Türkiye.
Email:gozde.kilinc@amasya.edu.tr

Dr. Öğr. Üyesi, Fadime SEYREKOĞLU (ORCID:0000-0001-9787-4115)

Amasya Üniversitesi, Suluova Meslek Yüksekokulu, Gıda İşleme, Amasya, Türkiye.

Özet

Bu çalışma arabik gam, bromelain ve gliserin kullanılarak hazırlanan materyallerle kaplanan Lohmann Brown hibrit tavuk yumurtalarında haftalık ve genel ağırlık kaybı (%), bazı yumurta iç kalite özellikleri (yumurta sarısı L*, a* ve b* değerleri, albumen pH), bazı duyuşal özellikler (görünüm, renk, parlaklık, yapışkanlık ve koku) ile genel beğeni üzerine etkilerini değerlendirmek üzere yürütüldü. Bu amaçla, taze tavuk yumurtaları her bir grupta 10'ar adet olmak üzere 5 gruba ayrıldı. Kontrol (K) grubunda bulunan yumurtalar herhangi bir materyalle kaplanmadı. Deneme grupları (AG, AGG, AGB ve AGGB) ise sırasıyla sadece arabik gam (%10) ve arabik gam (%10)-gliserin (%1), arabik gam (%10)-bromelain (%2), arabik gam (%10)-gliserin (%1)-bromelain (%2) kombinasyonları ile daldırma yöntemi kullanılarak kaplandı. 4 hafta süren depolama sonunda ilgili parametreler değerlendirildi. Haftalık yumurta ağırlık kaybı bakımından gruplar arasında önemli bir fark olmadığı ($P>0.05$) ancak genel ağırlık kaybı bakımından gruplar arasında önemli bir fark ($P<0.05$) olduğu tespit edildi. En düşük genel yumurta ağırlık kaybının AGGB grubunda (%1.9) olduğu belirlendi. Albumen pH'sı ve yumurta sarı renginin ise kaplama materyallerinden etkilenmediği ($P>0.05$) tespit edildi. 21 akademik katılımcı ile gerçekleştirilen duyuşal özellik ve genel beğeni testinde de gruplar arasında anlamlı bir fark olmadı ($P>0.05$). Sonuç olarak, arabik gam-bromelain-gliserin kombinasyonu ile hazırlanan yumurta kaplama materyalinin tüketici beğenisini olumsuz yönde etkilemeden yumurtaların oda sıcaklığında 4 haftalık depolama süresince genel ağırlık kaybını azaltmada kullanılabileceği ancak bu materyallerle farklı oranlarda solüsyonlar hazırlanarak denemeler yapılmasının faydalı olabileceği düşünülmektedir.

Anahtar kelimeler: Yumurta kaplama, bromelain, arabik gam, ağırlık kaybı

**EVALUATION OF SOME PARAMETERS IN EGGS COATED WITH MATERIALS
PREPARED FROM ARABIC GUM AND BROMELAIN**

Abstract

This study was carried out to evaluate the effects of materials prepared using gum arabic, bromelain, and glycerin on weekly and overall weight loss (%), some internal egg quality characteristics (yolk L*, a* and b* values, albumen pH), some sensory characteristics (appearance, color, brightness, stickiness, and odor) and general liking in Lohmann Brown hybrid eggs coated. For this purpose, fresh eggs were divided into 5 groups, 10 in each group. Eggs in the control (C) group were not coated with any material. The experimental groups (AG, AGG, AGB, and AGGB) were coated with only gum arabic (%10) and combinations of gum arabic (%10)-glycerin (%1), gum arabic (%10)-bromelain (%2), gum arabic (%10)-glycerin (%1)-bromelain (%2), respectively, using the immersion method. The relevant parameters were evaluated during 4 weeks of storage. It was determined that there was no significant difference between the groups in terms of weekly egg weight loss ($P>0.05$), but there was a difference between the groups in terms of general weight loss ($P<0.05$). The lowest general egg weight loss (1.9%) was determined to be in the AGGB group. It was determined that albumen pH and egg yolk color were not affected by the coating materials ($P>0.05$). There was no significant difference between the groups in the sensory properties and general liking test conducted with 21 academic participants ($P>0.05$). As a result, it is thought that the egg coating material prepared with the combination of gum arabic-bromelain-glycerin can be used to reduce the general weight loss of eggs during the 4-week storage period at room temperature without adversely affecting consumer liking, but it would be useful to conduct experiments by preparing solutions with different ratios of these materials.

Keywords: Egg coating, bromelain, arabic gum, weight loss

GİRİŞ

Yumurta kloakadan atılmadan hemen önce kabuk üzerinde ince bir tabaka oluşmaktadır (Liu ve ark., 2016). Bu tabaka, yumurta kabuğu üzerinde yer alan porları kapatmakta ve bu sayede yumurta dış etkenlerden korunmaktadır (Wardy ve ark., 2010; Yüceer, 2013). Depolama süresi arttıkça yumurta kabuğunda doğal olarak oluşan bu ince tabaka zamanla etkisini kaybetmektedir (Cansız, 2006). Bunun sonucunda, yumurtada ağırlık kayıpları artmakta ve bu da ekonomik kayıplara neden olmaktadır (Pires ve ark., 2021; Pan ve ark., 2023). Literatür incelemesine göre depolama süresine paralel olarak ortaya çıkan ağırlık kayıplarının önlenmesi ve yumurta kalitesinin muhafaza edilebilmesi için farklı yenilebilir özellikte kaplama materyallerinin araştırıldığı çok sayıda çalışma (Nongtaodum ve ark., 2013; Perera ve Wickramasinghe, 2016; Xu ve ark., 2018; Yang ve ark., 2019; da Silva Pires ve ark., 2021; Homsaard ve ark., 2021; Caner ve ark., 2022; Derelioğlu ve Turgay, 2022; Sariyel ve ark., 2022; Seyrekoğlu ve Kılınç, 2022; Pan ve ark., 2023) yer almaktadır. Ancak arabik gam, gliserin ve bromelainin kombinasyon olarak kullanıldığı herhangi bir çalışma yer almaktadır.

Bu çalışma, farklı kaplama materyalleri [arabik gam, arabik gam-gliserin, arabik gam-bromelain, arabik gam-gliserin-bromelain] ile kaplanan yumurtaların 4 haftalık depolama süresince ağırlık kaybı, albumen pH'sı, yumurta sarı rengi (L^* , a^* ve b^* değerleri), duyuşal özellikleri ve genel beğeni durumlarının değerlendirilmesi amacıyla yürütüldü.

MATERYAL VE METOD

Bu çalışma kapsamında arabik gam, bromelain ve gliserin ile hazırlanan materyallerle kaplanan tavuk yumurtalarında genel ve haftalık yumurta ağırlık kaybı (%), albumen pH'sı, yumurta sarı rengi (L^* , a^* , b^* değerleri), bazı duyuşal özellikler ile genel beğeni değerlendirildi.

Kaplama Materyallerinin Hazırlanması

Çalışmada, AG grubu için %10'luk arabik gam çözeltisi saf su ile manyetik karıştırıcı kullanılarak hazırlandı. Diğer gruplarda (AGG, AGB ve AGGB) ise bu çözeltiliye gliserin (%1) ve bromelain (%2) eklenerek yine manyetik karıştırıcıda farklı kaplama solüsyonları elde edildi.

Grupların Oluşturulması ve Yumurtaların Kaplanması

Bu çalışmada kullanılan yumurtalar Amasya Üniversitesi, Suluova Meslek Yüksekokulu, Kanatlı Deneme Ünitesinden temin edildi. Her bir grupta 10'ar adet Lohmann Brown hibrit tavuk yumurtası (taze, günlük) olacak şekilde toplam 5 grup (K, AG, AGG, AGB ve AGGB) oluşturuldu. K (kontrol) grubu yumurtaları kaplanmadan oda sıcaklığında depolandı. AG, AGG, AGB ve AGGB grupları ise sırasıyla sadece arabik gam solüsyonu (%10) ve arabik gam (%10)-gliserin (%1), arabik gam (%10)-bromelain (%2) ve arabik gam (%10)-gliserin (%1)-bromelain (%2) kombinasyonları ile daldırma yöntemi kullanılarak kaplandı. Kontrol grubu yumurtaları ve kaplanan yumurtalar 0.01 g'a duyarlı terazi (KERN PFB) ile tartılarak kaydedildi.

Yumurtalar, laboratuvar ortamında toplam 4 hafta süre ile depolandı. Depolama süresince ortam sıcaklığı ve nem düzeyi rutin olarak kontrol edilip kayıt altına alındı.

Genel ve Haftalık Yumurta Ağırlık Kayıplarının Belirlenmesi

Hassas terazi (KERN PFB) ile deneme başında ve haftalık olarak tartılan yumurtaların ağırlıklarından haftalık ve genel yumurta ağırlık kayıpları aşağıdaki formüle göre % olarak hesaplandı (Bhale ve ark., 2003). Her bir grubun 4 haftalık ortalama ağırlık kayıplarından genel ağırlık kaybı tespit edildi.

$$\text{Haftalık Yumurta Ağırlık Kaybı (\%)} = \frac{[(\text{Başlangıç yumurta ağırlığı}) - (\text{Son yumurta ağırlığı})]}{[\text{Başlangıç yumurta ağırlığı}]} \times 100$$

Albumen pH'sının Belirlenmesi

Depolama süresi bitiminde (4 hafta) yumurta albumen pH'sı ölçüldü. Bunun için 25'er mL'lik cam beherlere alınan yumurta akları ultra-turrax (CAT, 33,000 rpm) ile homojenize edildi. Daha sonra masaüstü bir pH metre (OHAUS) kullanılarak pH'ları ölçüldü.



Resim 1. Yumurta akının homojenize edilmesi ve pH'sının ölçülmesi

Yumurta Sarı Renginin Belirlenmesi

Yumurta sarısı L (parlaklık), a (kırmızılık) ve b (sarılık) değerleri bir kolorimetre (PCE-CSM 4) yardımıyla ölçüldü. Her bir yumurta sarısının 3 farklı noktasından ölçümler yapılarak ortalama değerler alındı.



Resim 2. Kolorimetre ile yumurta sarı renginin belirlenmesi

Duyusal Analizler ve Genel Beğeni

Suluova Meslek Yüksekokulunda 21 akademisyenin katıldığı duysal analiz testinde yumurtaların görünüm, renk, parlaklık, yapışkanlık ve koku özellikleri ile genel beğeni durumları değerlendirildi. Bu amaçla daha önceki çalışmalarda kullanılan duysal analiz test kriterleri dikkate alınarak formlar oluşturuldu ve hazırlanan formlara göre katılımcıların ilgili özelliklere 1-9 arasında (maksimum 9 puan; minimum 1 puan) puan vermesi istendi.

İstatistik Analiz

Çalışmadan elde edilen verilerin istatistiksel analizinde tek yönlü varyans (one-way ANOVA) analizi kullanıldı. Grupların karşılaştırılmasında ise çoklu karşılaştırma testlerinden Duncan testi uygulandı. Bunun için SPSS (21.0) paket programı kullanıldı (IBM Corp., 2012).

BULGULAR VE TARTIŞMA

Yumurta Ağırlık Kaybı

Farklı solüsyonlarla kaplanan tavuk yumurtalarında depolama süresine göre meydana gelen ağırlık kayıpları Tablo 1’de verildi.

Tablo 1. Kaplama materyallerinin haftalık ve genel yumurta ağırlık kaybı (%) üzerine etkileri

Gruplar	Depolama Süresi (Hafta)				
	1	2	3	4	1-4*
K	1.518	2.767	3.926	4.616	3.207 ^a
AG	1.131	2.091	3.148	3.740	2.528 ^{ab}
AGG	1.075	1.954	3.224	3.683	2.484 ^{ab}
AGB	1.151	2.122	2.206	3.854	2.583 ^{ab}
AGGB	0.805	1.545	2.370	2.880	1.900 ^b
SEM	0.076	0.149	0.211	0.246	0.116
P	0.053	0.134	0.244	0.287	0.010

a,b: Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar önemlidir (P<0.05).

*Genel ağırlık kaybı (Tüm haftaların ortalaması)

AG: Arabik gam (%10); AGG: Arabik gam (%10)+Gliserin (%1); AGB: arabik gam (%10)+Bromelain (%2); AGGB: Arabik gam (%10)+Gliserin (%1)+Bromelain (%2)

Çalışma kapsamında arabik gam, bromelain ve gliserinin haftalık (1. hafta, 2. hafta, 3. hafta ve 4. hafta) yumurta ağırlık kaybı üzerine önemli bir etkisinin olmadığı ancak genel yumurta ağırlık kaybı üzerinde ise önemli etkilerinin olduğu belirlendi. En düşük (%1.9) genel yumurta ağırlık kaybının AGGB grubunda yani arabik gam-gliserin-bromelain kombinasyonu ile hazırlanan solüsyonla kaplanan yumurtalarda olduğu ortaya konuldu.

Sariyel ve ark. (2022), yapmış oldukları bir çalışmada farklı oranlarda (%1, 5 ve 10) gam arabik ile kaplanan sofralık yumurtların farklı saklama koşullarında (4°C ve 25°C’de) 4 hafta süre ile

depolamış ve yumurtaların ağırlık kaybı ile yumurta kalite özelliklerini değerlendirmişlerdir. Çalışmada yumurta kabuk mukavemeti, yumurta sarı indeksi ve Haugh birimi parametreleri bakımından gruplar arasında önemli bir fark olmadığını bildirmişlerdir. Sariyel ve ark. (2022), 4°C’de 4 hafta süre ile depolanan yumurtalardaki ağırlık kaybının daha düşük olduğunu ifade etmişlerdir. Çalışma sonunda %10 oranında gam arabik kaplamanın, depolama süresince yumurta kalitesini muhafaza etmek için kullanılabileceğini bildirmişlerdir.

Başka bir çalışmada Pan ve ark. (2023), reyhan esansiyel yağ ilaveli ve ilavesiz gellan gam-pirinç kepek yağ karışımının yumurta ağırlık kaybındaki azalmayı geciktirebileceğini ifade etmişlerdir.

Yumurta albumen pH’sı ve yumurta sarı rengi değerleri

Farklı kaplama materyallerinin yumurta sarı rengi (L*, a* ve b* değerleri) ve albumen pH’sı üzerine etkileri Tablo 2’de verildi.

Tablo 2. Kaplama materyallerinin albumen pH’sı ve yumurta sarısı L*, a*, b* değerlerine etkisi

PARAMETRELER				
Gruplar	Albumen pH	L*	a*	b*
K	10.53	57.47	20.98	53.94
AG	10.37	57.50	20.74	56.26
AGG	10.37	57.31	20.10	54.23
AGB	10.55	55.82	18.79	52.26
AGGB	10.33	56.73	18.63	50.62
SEM	0.039	0.512	0.365	0.790
P	0.243	0.840	0.122	0.213

*: L: Parlaklık, a: kırmızılık, b: sarılık.

AG: Arabik gam (%10); AGG: Arabik gam (%10)+Gliserin (%1); AGB: Arabik gam (%10)+Bromelain (%2); AGGB: Arabik gam (%10)+Gliserin (%1)+Bromelain (%2)

Yumurta sarı rengi L*, a* ve b* değerleri ile albumen pH’sı bakımından gruplar arasında anlamlı bir fark olmadığı belirlendi (P>0.05).

Pan ve ark. (2023), yumurtaların kaplanmasında farklı materyaller (reyhan esansiyel yağ ilaveli/ilavesiz gellan-gam, gellan gam-pirinç kepek yağı) denedikleri çalışmalarında esansiyel yağ ilaveli ve ilavesiz gellan gam-pirinç kepek yağ karışımının Haugh birimi ve sarı indeksindeki düşmeyi ve albumen pH’sındaki yükselmeyi geciktirdiğini bildirmişlerdir. Çalışma sonunda özellikle gellan esansiyel yağ içeren gam-pirinç kepek yağı emülsiyonunun yumurtanın korunmasında önemli bir potansiyel oluşturabileceğini ifade etmişlerdir.

Duyusal Özellikler ve Genel Beğeni

Kaplanan ve kaplanmayan yumurtalara ait duyusal özellikler ve genel beğeni durumu Tablo 3’te verildi.

Tablo 3. Kaplama materyallerinin duyuşsal özellikler ve genel beğeni üzerine etkileri

Gruplar	PARAMETRELER					
	Görünüm	Renk	Parlaklık	Yapışkanlık	Koku	Genel Beğeni
K	6.76	6.91	6.33	5.52	5.62	6.62
AG	6.67	6.76	6.57	5.48	5.81	6.14
AGG	5.76	5.81	5.62	5.43	6.14	6.24
AGB	6.71	6.43	5.86	4.91	6.62	6.48
AGGB	6.33	6.57	6.43	6.00	6.10	6.10
SEM	0.176	0.182	0.190	0.203	0.184	0.178
P	0.345	0.364	0.461	0.574	0.495	0.871

AG: Arabik gam (%10); AGG: Arabik gam (%10)+Gliserin (%1); AGB: Arabik gam (%10)+Bromelain (%2); AGGB: Arabik gam (%10)+Gliserin (%1)+Bromelain (%2)
Maksimum: 9 puan, Minimum: 1 puan

Katılımcıların görüşleri dikkate alındığında, duyuşsal özellikler ve genel beğeni durumunun kaplama materyallerinden etkilenmediği görülmektedir ($P>0.05$).

SONUÇ

Bu çalışmada yumurta kaplama materyali olarak kullanılan arabik gam, gliserin ve bromelainin haftalık yumurta ağırlık kaybı, yumurta sarı rengi, albumen pH'sı ve duyuşsal özellikler ile genel beğeni üzerine önemli düzeyde etkisinin olmadığı ancak bu materyallerin genel yumurta ağırlık kaybı üzerine önemli etkilerinin olduğu belirlendi. Sonuç olarak, çalışmadan elde edilen bulgular doğrultusunda arabik gam-gliserin-bromelain kombinasyonu ile kaplanan tavuk yumurtalarının tüketici beğenisini olumsuz yönde etkilemeden oda sıcaklığında 4 haftalık depolama süresince genel ağırlık kaybını azaltmada kullanılabileceği ortaya konuldu. Ancak bu materyallerin farklı konsantrasyonlarda hazırlanarak denenmesinin faydalı olabileceği düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- Bhale, S., No, H. K., Prinyawiwatkul, W., Farr, A. J., Nadarajah, K. & Meyers, S. P. (2003). Chitosan coating improves shelf life of eggs. *Journal of Food Science*, 68(7), 2378-2383.
- Caner, C., Coşkun, B. M., & Yüceer, M. (2022). Chitosan coatings and chitosan nanocomposite to enhance the storage stability of fresh eggs during storage. *Journal of Food Processing and Preservation*, 46(7), e16642.
- Cansız, Ö. 2006. Farklı organik asitlerle üretilen kitosan kaplama materyalinin yumurta raf ömrü ve kabuk mukavemetini geliştirmede etkinliğinin araştırılması. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 93 s.
- da Silva Pires, P. G., Bavaresco, C., da Silva Pires, P. D., Cardinal, K. M., Leuven, A. F. R., & Andretta, I. (2021). Development of an innovative green coating to reduce egg losses. *Cleaner Engineering and Technology*, 2, 100065.
- Derelioglu, E., & Turgay, Ö. (2022). Effect of chitosan coatings on quality and shelf-life of chicken and quail eggs. *African Journal of Food Science*, 16(3), 63-70.
- Homsaard, N., Kodsangma, A., Jantrawut, P., Rachtanapun, P., Leksawasdi, N., Phimolsiripol, Y., Seesuriyachan, P., Chaiyaso, T., Sommano, S. R., Rohindra, S. R., & Jantanasakulwong, K. (2021). Efficacy of cassava starch blending with gelling agents and palm oil coating in improving egg shelf life. *International Journal of Food Science & Technology*, 56(8), 3655-3661.
- IBM Corp. (2012). IBM SPSS Statistics for Windows, Version 21.0. Armonk, NY: IBM Corp.
- Liu, Y. C., Chen, T. H., Wu, Y. C., Lee, Y. C., & Tan, F. J. (2016). Effects of egg washing and storage temperature on the quality of eggshell cuticle and eggs. *Food Chemistry*, 211, 687-693.
- Nongtaodum, S., Jangchud, A., Jangchud, K., Dhamvithee, P., No, H. K., & Prinyawiwatkul, W. (2013). Oil coating affects internal quality and sensory acceptance of selected attributes of raw eggs during storage. *Journal of Food Science*, 78(2), S329-S335.
- Pan, D., Li, Y., Hu, Y., Li, R., Gao, X., Fan, X., Fang H., Du, Q., & Zhou, C. (2023). Effect of different concentrations of gellan gum with/without 0.50% basil essential oil on the physicochemical properties of gellan gum-rice bran oil coating emulsions and their application in egg preservation. *Food Chemistry*, 418, 136030.
- Perera, T. M. C., & Wickramasinghe, H. K. J. P. (2016). Effect of edible oil coating on physico-functional properties and shelf life of chicken eggs stored at room temperature. Paper presented at the Proceedings of 15th Agricultural Research Symposium, Wayamba, Sri Lanka.
- Pires, P. G. S., Bavaresco, C., da Silva Pires, P. D., Cardinal, K. M., Leuven, A. F. R., & Andretta, I. (2021). Development of an innovative green coating to reduce egg losses. *Cleaner Engineering and Technology*, 2, 100065.
- Sariyel, V., Aygun, A., Coklar, H., Narinc, D., & Akbulut, M. (2022). Effects of prestorage application of gum arabic coating on the quality of table eggs during storage. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 28(3).
- Seyrekoğlu, F., & Kılınc, G. (2022). Evaluation of weight loss and some sensory properties in quail eggs coated using different solutions (molasses, molasses+ agar, molasses+ glycerine, whey). *International Journal of Science Letters*, 4(2), 312-320.
- Wardy, W., Torrico, D.D., No, H.K., Prinyawiwatkul, W., & Saalia, F.K. (2010). Edible coating affects physico-functional properties and shelf life of chicken eggs during refrigerated and room temperature storage. *International Journal of Food Science & Technology*, 45(12), 2659-2668.

- Xu, D., Wang, J., Ren, D., & Wu, X. (2018). Effects of chitosan coating structure and changes during storage on their egg preservation performance. *Coatings*, 8(9), 317.
- Yang, K., Dang, H., Liu, L., Hu, X., Li, X., Ma, Z., Wang, X., & Ren, T. (2019). Effect of syringic acid incorporation on the physical, mechanical, structural and antibacterial properties of chitosan film for quail eggs preservation. *International Journal of Biological Macromolecules*, 141, 876-884.
- Yüceer, M. 2013. Yumurthanın aktif ambalajlama ve yeni muhafaza yöntemleri ile raf ömrünün artırılması. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 289 s.

**LAVANTA (*lavandula angustifolia*) DİSTİLASYON KATI ATIĞININ FENOLİK
MADDE VE DPPH RADİKAL GİDERİM AKTİVİTESİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ**

Doç. Dr., Gözde KILINÇ (ORCID:0000-0002-8667-3390)

Amasya Üniversitesi, Suluova Meslek Yüksekokulu, Gıda İşleme, Amasya, Türkiye.

Email:gozde.kilinc@amasya.edu.tr

Dr. Öğr. Üyesi, Fadime SEYREKOĞLU (ORCID:0000-0001-9787-4115)

Amasya Üniversitesi, Suluova Meslek Yüksekokulu, Gıda İşleme, Amasya, Türkiye.

Özet

Bu çalışma, lavanta (*Lavandula angustifolia*) uçucu yağı elde edilirken su distilasyonu sonrasında açığa çıkan katı lavanta atığının farklı ekstraksiyon koşullarında toplam fenolik madde ile DPPH radikal giderim aktivitesinin belirlenmesi ve doğal bir antioksidan olarak kullanım olanaklarının değerlendirilmesi amacıyla yürütüldü. Ultrasonik banyoda yapılan ekstraksiyonda sabit sıcaklıkta (40-45°C) dört farklı çözücü (etanol, metanol, hekzan ve su) için iki farklı süre (40 dk, 60 dk) uygulandı. Ekstraksiyon işlemi sonrasında sıvı ekstratlar adi filtre kağıdından süzülerek solventler 50°C'de su banyosunda uçuruldu ve böylece katı ekstraktlar elde edildi. Bu ekstraktlardan stok çözeltiler hazırlandı ve grupların antioksidan aktiviteleri belirlendi. Çalışmadan elde edilen veriler tek yönlü varyans analizi; gruplar arasındaki farklılıklar ise Duncan çoklu karşılaştırma testi ile belirlendi. En yüksek DPPH radikal giderim aktivitesi (%75.42) ve fenolik madde içeriği (2069.96 mg GAE/g) 60 dk etanol ile yapılan ekstraksiyon sonucu elde edildi. İkinci en yüksek fenolik madde içeriği (1303.30 mg GAE/g) ise 40 dk su ekstraksiyonunda oldu. Sonuç olarak, elde edilen veriler doğrultusunda lavanta distilasyon katı atığının antioksidan aktivitesinin yüksek olduğu ve doğal bir antioksidan olarak farklı alanlarda kullanılmasının katma değer oluşturabileceği düşünülmektedir.

Anahtar kelimeler: Lavanta, distilasyon atığı, DPPH, fenolik madde, antioksidan

**EVALUATION OF THE PHENOLIC CONTENT AND DPPH RADICAL
SCAVENGING ACTIVITY OF LAVENDER (*lavandula angustifolia*) SOLID
DISTILLATION WASTES**

Abstract

This study was carried out to determine the total phenolic substance and DPPH radical scavenging activity of solid lavender waste released after water distillation while obtaining lavender (*Lavandula angustifolia*) essential oil. Total phenolic content and DPPH radical scavenging activity of the solid waste were determined under different extraction conditions and its usage possibilities as a natural antioxidant were evaluated. In the extraction carried out in an ultrasonic bath, two different periods (40 min, 60 min) were applied for four different solvents (ethanol, methanol, hexane and water) at constant temperature (40-45°C). After the extraction process, liquid extracts were filtered with filter paper and the solvents were evaporated in a water bath at 50°C and thus solid extracts were obtained. Stock solutions were prepared from these extracts, and the antioxidant activities of the groups were determined. The data obtained from the study were determined by one-way ANOVA analysis; the differences between the groups were determined by Duncan's multiple comparison test. The highest DPPH radical scavenging activity (75.42%) and phenolic content (2069.96 mg GAE/g) were obtained in the 60-minute ethanol extraction. The second highest phenolic content (1303.30 mg GAE/g) was in the 40 min water extraction. As a result, according to the obtained data, it is thought that the antioxidant activity of lavender distillation solid waste is high, and its use as a natural antioxidant in different sectors.

Keywords: Lavender, distillation wastes, DPPH, phenolic content, antioxidant

GİRİŞ

Lavanta bitkisi uzun yıllardır tıpta ve kozmetik alanda kullanılan tıbbi aromatik bir bitkidir (Basch ve ark., 2004). Lamiaceae familyasında yer almaktadır (Hajhashemi ve ark., 2003; Prusinowska ve Śmigielski). Uçucu yağları, sulu ekstraktları ve çiçeklerinin kurutulmuş formları kullanılan bu bitkinin antibakteriyel, antioksidan, antifungal ve insektisidal özellikler ihtiva ettikleri bilinmektedir (Erland ve Mahmoud, 2016). Farklı çok sayıda türe sahip olan lavantanın en yaygın ve uçucu yağ üretiminde büyük bir öneme sahip olan türlerinin *Lavandula angustifolia* Mill., *Lavandula hybrida* Rev. ve *Lavandula spica* L. olduğu bildirilmiştir (Marovska ve ark., 2022). Lavanta uçucu yağının farklı sektörlerde kullanımının yaygınlaşmasıyla beraber lavantanın üretiminin de arttığı ve sonuç olarak çok fazla distilasyon atığının da ortaya çıktığı ifade edilmiştir (Binbir ve Türkmen, 2023).

Yapılan bazı çalışmalarda (Méndez-Tovar ve ark., 2015; Slavov ve ark., 2018; Turrini ve ark., 2021; Truzzi ve ark., 2022) lavantanın distilasyon yan ürünlerinin (atığının) güçlü antioksidan özelliklere sahip olduğu bildirilmiştir.

Bu çalışma, lavantanın su distilasyonundan sonra açığa çıkan lavanta katı atığının farklı ekstraksiyon koşullarında toplam fenolik madde ve DPPH radikal giderim aktivitesinin belirlenmesi ve doğal bir antioksidan olarak kullanım olanaklarının değerlendirilmesi amacıyla yürütüldü.

MATERYAL VE METOD

Bu çalışma kapsamında, lavanta katı atığının DPPH radikal giderim aktivitesi ve toplam fenolik madde içeriği belirlendi.

Lavanta Distilasyon Katı Atığı

Çalışmada kullanılan lavanta (*Lavandula angustifolia*) atığı, Suluova Meslek Yüksekokulu Distilasyon Ünitesinden temin edildi. Daha sonra gölgede kurutuldu.

Ekstraksiyon

Lavanta distilasyon katı atığının ekstraksiyonu için etanol, metanol, hekzan ve su olmak üzere dört farklı çözücü madde ve iki farklı ekstraksiyon süresi (40 dk, 60 dk) denendi. Ultrasonik banyoda (Çalışkan Ultrasonic Cleaner) yapılan ekstraksiyon için 40-45°C sıcaklık değeri kullanıldı. Ekstraksiyon işlemi sonrası sıvı ekstreler (Resim 1) kaba filtre kağıdından iki defa süzüldü ve su banyosunda 50°C'de çözücü maddeler uzaklaştırılarak katı ekstraktlar elde edildi.



Resim 1. Ekstraksiyon sonrası elde edilen sıvı ekstratlar

DPPH Radikal Giderim Aktivitesinin Belirlenmesi

Her katı ekstrakt için uygun çözücü maddeler (etanol, metanol, hekzan ve su) ile stok çözeltiler 1000 ppm olarak hazırlandı. DPPH (2,2-difenil-1-pikrilhidrazil) radikal giderim aktivitesinin belirlenmesinde Singh ve ark. (2002) tarafından geliştirilen metod kullanıldı. Buna göre, 0.1 mM DPPH çözeltisi metanol ile hazırlandı. Her bir örnekten cam tüplere 200 µL alınarak üzerlerine 3.8 mL DPPH çözeltisi ilave edildi. Örnek ve DPPH çözeltisi karışımları voltex (IKA Vortex 4 Basic) ile 7-12 sn ile karıştırıldı. Vortex sonrası solüsyonlar 60 dakika oda sıcaklığında karanlıkta 1 saat süre bekletildi. Ardından spektrofotometrede (Genesys 10S UV-VIS, Thermo Scientific) 515 nm’de absorbanslar belirlendi. Bu analiz 3 tekerrürlü olarak yapıldı. Aşağıdaki formül yardımıyla DPPH radikal giderim aktivitesi % olarak belirlendi.

DPPH radikal giderim aktivitesi (%) = $(1 - \text{Örnek Absorbansı} / \text{Kontrol absorbansı}) \times 100$
(Kontrol tüpü: numunesiz)

Toplam Fenolik Madde İçeriğinin Belirlenmesi

Toplam fenolik madde içeriğinin belirlenmesi için Singleton ve Rossi (1965) tarafından geliştirilen yöntem kullanıldı. Buna göre her bir stok çözeltilerden cam tüplere 40 µL alınarak üzerine 2.4 mL saf su ve 200 µL Folin-Ciocalteu ilave edildi. Ardından 600 µL doymuş Na₂CO₃ çözeltisi ve 760 µL distile su ilave edildi. 2 saat süre karanlıkta oda sıcaklığında bekletilen örneklerin absorbansı spektrofotometrede (Genesys 10S UV-VIS, Thermo Scientific) 765 nm’de belirlendi. Sonuçlar mg GAE/g olarak verildi.

İstatistik Analiz

Çalışma kapsamında elde edilen dataların istatistiksel analizi için SPSS (21.0) paket programı kullanıldı (IBM Corp., 2012). Bu paket programında veriler one-way ANOVA (tek yönlü varyans analizi) ile değerlendirildi. Grupların karşılaştırılmasında ise çoklu karşılaştırma testlerinden Duncan testi uygulandı.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Lavanta Distilasyon Katı Atığının DPPH Radikal Giderim Aktivitesi

Çalışma kapsamında değerlendirilen katı distilasyon atığının DPPH radikal giderim aktivitesi (%) Tablo 1’de verildi.

Tablo 1. DPPH Radikal Giderim Aktivitesi

Gruplar	DPPH (%)
40-45°C, 40 dk, E	73.49 ^{bc} ± 2.18
40-45°C, 40 dk, M	74.71 ^{ab} ± 0.86
40-45°C, 40 dk, H	55.21 ^e ± 0.26
40-45°C, 40 dk, S	68.11 ^d ± 0.30
40 -45°C, 60 dk, E	75.42 ^a ± 0.40
40-45°C, 60 dk, M	48.91 ^f ± 0.20
40-45°C, 60 dk, H	17.53 ^g ± 1.42
40-45°C, 60 dk, S	72.58 ^c ± 0.61

Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar önemlidir (P<0.05). DPPH: 2,2-difenil-1-pikrilhidrazil. E: Etanol, M: Metanol, H: Hekzan, S: Su.

Gruplar arasında DPPH radikal aktivitesi bakımından istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edildi (P<0.05). En yüksek DPPH radikal giderim aktivitesinin %75.42 ile etanol ile 60 dk’da ultrasonik banyoda hazırlanan ekstrakta olduğu belirlendi. Yapılan pek çok çalışmada da (Méndez-Tovar ve ark., 2015; Slavov ve ark., 2018; Turrini ve ark., 2021; Truzzi ve ark., 2022) lavantanın distilasyon yan ürünlerinin (atığının) antioksidan kapasitesinin yüksek olduğu bildirilmiştir.

Lavanta Distilasyon Katı Atığının Toplam Fenolik Madde İçeriği

Çalışma kapsamında değerlendirilen distilasyon katı atığının toplam fenolik madde içeriği (mg GAE/g) Tablo 2’de verildi.

Tablo 1. Toplam Fenolik Madde İçeriği

Gruplar	Toplam Fenolik Madde (mg GAE/g)
40-45°C, 40 dk, E	470.96 ^e ± 5.77
40-45°C, 40 dk, M	145.30 ^f ± 8.54
40-45°C, 40 dk, H	564.30 ^d ± 20.00
40-45°C, 40 dk, S	1303.30 ^b ± 3.60
40 -45°C, 60 dk, E	2069.96 ^a ± 15.50
40-45°C, 60 dk, M	114.30 ^g ± 2.50
40-45°C, 60 dk, H	98.96 ^g ± 4.50
40-45°C, 60 dk, S	776.63 ^c ± 10.69

Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar önemlidir (P<0.05).GAE: Gallik asit eşdeğerliği. E: Etanol, M: Metanol, H: Hekzan, S: Su.

Toplam fenolik madde içerikleri bakımından gruplar arasında istatistiksel olarak önemli bir fark olduğu belirlendi. En yüksek fenolik madde içeriği 2069.96 mg GAE/g ile 60 dakika etanol ile yapılan ekstraksiyon işlemiyle elde edildi. İkinci olarak en yüksek fenolik madde içeriği (1303.30 mg GAE/g) ise 40 dakikada su ile yapılan ekstraksiyon işleminde belirlendi. Mevcut

çalışma ile benzer olarak bazı çalışmalarda da (Slavov ve ark., 2018; Turrini ve ark., 2021; Truzzi ve ark., 2022) lavanta distilasyon atığının antioksidan içeriğinin yüksek olduğu belirlenmiştir.

SONUÇ

Mevcut çalışmanın dataları değerlendirildiğinde, lavanta distilasyon sonrası katı atığının fenolik madde içeriğinin yüksek olduğu görüldü. Atığın en yüksek fenolik madde içeriği ve DPPH radikal giderim aktivitesi ise etanol ekstraksiyonunda (60 dakika; 40-45°C) oldu. Sonuç olarak polifenol bakımından yüksek olan bu atığın katma değerinin yüksek olduğu ve pek çok alanda doğal antioksidan olarak kullanılabileceği düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- Basch, E., Foppa, I., Liebowitz, R., Nelson, J., Smith, M., Sollars, D., & Ulbricht, C. (2004). Lavender (*Lavandula angustifolia* miller). *Journal of Herbal Pharmacotherapy*, 4(2), 63-78.
- Binbir, U., & Türkmen, C. (2023). Lavanta (*Lavandula x intermedia*) Bitkisi Distilasyon Atıklarının Silajlık Mısır Bitkisinin Gelişim Özelliklerine Etkisi. *Ziraat Mühendisliği*, (376), 75-87.
- Erland, L. A., & Mahmoud, S. S. (2016). Lavender (*Lavandula angustifolia*) oils. *Essential Oils in Food Preservation, Flavor and Safety*, 501-508.
- Hajhashemi, V., Ghannadi, A., & Sharif, B. (2003). Anti-inflammatory and analgesic properties of the leaf extracts and essential oil of *Lavandula angustifolia* Mill. *Journal of thnopharmacology*, 89(1), 67-71.
- IBM Corp. (2012). IBM SPSS Statistics for Windows, Version 21.0. Armonk, NY: IBM Corp.
- Marovska, G., Vasileva, I., Petkova, N., Ognyanov, M., Gandova, V., Stoyanova, A., Merdzhanov, P., Simitchiev, A., & Slavov, A. (2022). Lavender (*Lavandula angustifolia* Mill.) industrial by-products as a source of polysaccharides. *Industrial Crops and Products*, 188, 115678.
- Méndez-Tovar, I., Herrero, B., Pérez-Magariño, S., Pereira, J. A., & Manzanera, M. C. A. S. (2015). By-product of *Lavandula latifolia* essential oil distillation as source of antioxidants. *Journal of Food and Drug Analysis*, 23(2), 225-233.
- Prusinowska, R., & Śmigielski, K. B. (2014). Composition, biological properties and therapeutic effects of lavender L). A review. *Herba Polonica*, 60(2), 56-66.
- Singh, R. P., Chidambara Murthy, K. N., & Jayaprakasha, G. K. (2002). Studies on the antioxidant activity of pomegranate (*Punica granatum*) peel and seed extracts using in vitro models. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(1), 81-86.
- Singleton, V. L., & Rossi, J. A. (1965). Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *American journal of Enology and Viticulture*, 16(3), 144-158.
- Slavov, A. M., Karneva, K. B., Vasileva, I. N., Denev, P. N., Denkova, R. S., Shikov, V. T., Manolova, M. N., Lazarova, Y. L., & Ivanova, V. N. (2018). Valorization of lavender waste—obtaining and characteristics of polyphenol rich extracts. *Food Sci Appl Biotechnol 1: 11–18*.
- Truzzi, E., Chaouch, M. A., Rossi, G., Tagliazucchi, L., Bertelli, D., & Benvenuti, S. (2022). Characterization and valorization of the agricultural waste obtained from *Lavandula* steam distillation for its reuse in the food and pharmaceutical fields. *Molecules*, 27(5), 1613.
- Turrini, F., Beruto, M., Mela, L., Curir, P., Triglia, G., Boggia, R., Zunin, P., & Monroy, F. (2021). Ultrasound-assisted extraction of lavender (*Lavandula angustifolia* Miller, cultivar rosa) solid by-products remaining after the distillation of the essential oil. *Applied Sciences*, 11(12), 5495.

**ENGAGING RURAL YOUTH IN SMALL RUMINANT FARMING: DOES
SUCCESSION PLAN COUNT IN NIGERIA?**

Adeloye, K. A. (ORCID:0000-0001-7849-8492)

Department of Agricultural Extension and Rural Development, Obafemi Awolowo
University, Ile-Ife, Nigeria.

Corresponding author: Adeloye, K. A.

Email:kolaadeloye@oauife.edu.ng

Abstract

Small ruminant farming (SRF) has been integral part of Nigeria's farming system. From time immemorial, small ruminants are kept by smallholder farmers for meat, hides, wool, milk and savings amongst others. Rural youth, with their appealing drive and innovativeness, are not willing to take up farming due to mass search for elusive white-collar jobs in cities. This paper therefore uses thematic analysis of relevant secondary data to assess potentialities and possibilities of succession plan in engaging the youth in SRF on a sustainable scale. Based on the data collected, the paper reveals and argues that a well-managed succession plan is a risk management strategy to proactively position SRF into groomed youths' hands, ensures competent youth immediately take over SRF in case of emergency and guarantees SRF business exists beyond the life span of the founder. As a result of the finding of this paper, it was concluded that a well-managed succession plan will not only enhance the youth's engagement, but also prepare them to take leading roles in SRF, in the present and future.

Keywords: Succession plan, rural youth, Nigeria, small ruminants, smallholder farmers

Introduction

Sustainable food production is an increasingly important challenge for the world's expanding population. Population growth and increased consumer demand in developing countries, including Nigeria, has resulted in an increase in the consumption of animal products such as meat and dairy. Consequently, sustainable livestock production such as ruminant farming has an important role in food and environmental security.

Small ruminant farming refers to the raising and management of small ruminant animals primarily sheep and goats. These animals are characterized by their small size, four-chambered stomach and ability to digest plant-based foods. They play a vital role in global agriculture, particularly in diverse environments and socio-economic contexts. In this regards, small ruminants appear to be more promising because of their low production cost, short generation interval, suitability to small holdings, multipurpose (meat, milk and fibre) use, ability to utilize crop residues effectively, and most importantly their tolerance to harsh climatic variables (such as low rainfall and heat stress) than cattle and other monogastrics.

As of 2022, Nigeria has approximately 88 million goats and 43.4 million sheep, making it one of the largest populations of small ruminants in Africa (Statista, 2024). These animals are primarily kept by smallholder farmers, particularly in the northern regions. Specifically, about 70 percent of the country's sheep and goat populations are concentrated in northern region of the country (Lawal-Adebowale, 2012). Concentration of Nigeria's ruminant-base in the northern region is most likely to have been influenced by the ecological condition of the region which is characterised by low rainfall duration, lighter sandy soils and longer dry season. This submission is predicated by the fact that drier tropics or semi-arid regions are more favourable to the ruminants, notwithstanding this situation, certain breeds of sheep and goats, particularly the West African Dwarf (WAD) species, are peculiarly adapted to the southern (humid) region of the country and are commonly reared by rural households in the region.

Many research has identified the strength and viability of rural youth the productivity of agricultural enterprises, together with the need for succession plan for continuity. This review is focus on using thematic literature analysis to assess potentialities and possibilities of succession plan in engaging the youth in SRF on a sustainable scale noted as gap to filled by this article.

2. Why small ruminant animals

Rearing small ruminant animals, such as sheep and goats, provides numerous benefits that make them a valuable addition to agricultural and economic systems. Some reasons for keeping small ruminants include:

a. Economic benefits: Small ruminants are a source of regular income through the sale of meat, milk, wool, hides, and manure. Compared to larger livestock, small ruminants require less capital to purchase and maintain. In addition, products like goat milk and lamb meat often have a steady or growing demand (Otchere, 2006).

b. Nutritional benefits: SRF provide high-quality protein essential for human diets. Goat milk is nutritious and often preferred for its digestibility, especially for people with lactose

intolerance. Dairy by-products like cheese and yogurt enhance food diversity, nutritional value and contributing to food security (Lebbie, et al., 2004; Mazhangara, et al., 2019).

c. Adaptability and ease of management: Small ruminants require minimal care and can thrive on a wide variety of feed. They are hardy and can thrive in a variety of climates and terrains, including arid and semi-arid areas where larger livestock struggle. They need less space compared to cattle, making them suitable for smallholder farmers and urban agricultural projects (Saha, et al., 2023).

d. Reproductive efficiency: Small ruminants reproduce quickly, with some species capable of producing multiple offspring per year. They reach reproductive maturity faster, ensuring a quicker return on investment (Saha, et al., 2023).

e. Sustainability and land use: They can graze in areas unsuitable for crop production, making efficient use of available resources. Their grazing habits help control invasive plant species and reduce the risk of wildfires. Manure from small ruminants is a valuable fertilizer for crops and can be used to improve soil quality, increasing agricultural productivity (Adamu, et al., 2021; Zafar, et al., 2024).

f. Social and cultural importance: In many cultures, small ruminants have cultural, social and religious significance, they play a role in rituals, celebrations, and traditional medicine. Women, youth, and marginalized farmers often benefit from rearing small ruminants as they are manageable and less labor-intensive (Pophiwa, et al., 2020).

g. Risk mitigation: Keeping small ruminants alongside crops or other livestock diversifies income and reduces risk from market or climatic changes. In drought-prone areas, they serve as a buffer when crops fail (Zhang, et al., 2022).

By addressing economic, nutritional, and ecological needs, small ruminant animals contribute significantly to livelihoods and sustainable agricultural systems.

3. Challenges facing rural youth in SRF

Rural youths engaged in small ruminant farming face specific challenges that hinder their productivity and success. These challenges are tied to economic, social, and environmental factors. Key issues include:

a. Limited access to land and grazing areas: Many rural youths lack access to sufficient land for grazing or housing animals. Competition for land between crop farming and livestock grazing often creates tension. Poor land management leads to insufficient forage for small ruminants (Chipfupa, & Tagwi, 2021).

b. High costs of inputs: High costs of supplementary feeds during dry seasons can strain finances. Medicines, vaccines, and routine check-ups are expensive and often inaccessible in rural areas. Building shelters or pens for small ruminants may be unaffordable for young farmers.

c. Limited access to financial resources: Youths often face challenges accessing loans or grants for small-scale livestock farming. Financial institutions may require assets that rural

youths do not possess. Available loans may have prohibitive repayment terms (Geza, et al., 2021).

d. Inadequate skills and knowledge: Many youths lack training in modern practices like breeding, disease prevention, and nutrition management. Agricultural extension officers are often scarce in rural areas, leaving youths without guidance. Knowledge about value addition and marketing opportunities is limited (Fawole & Ozkan, 2019).

e. Disease and parasite management: Frequent outbreaks of diseases like peste des petits ruminants (PPR), brucellosis, and gastrointestinal parasites can lead to high mortality rates. Few or no veterinary officers in rural areas to diagnose and treat diseases. Vaccines and regular health monitoring are often unaffordable for young farmers (Munibullah, et al., 2022).

f. Market access challenges: The market for small ruminants and their products (meat, milk, wool) is often unpredictable. Youths frequently receive low prices for their animals due to lack of direct market access, making them vulnerable to exploitation by middlemen. Poor infrastructure and transportation difficulties limit access to urban markets.

g. Climate change and environmental issues: Unpredictable weather such as droughts, floods, and extreme temperatures can reduce forage availability and water for animals. Overgrazing and deforestation lead to degradation of pastures thereby reduce the carrying capacity of land for small ruminants. Access to clean and adequate water is often a challenge.

h. Social and cultural barriers: Livestock farming is often seen as a "low-status" occupation, discouraging youth participation. Young women face additional barriers in accessing resources, land, and training, resulting to gender inequality. Older generations may not involve youths in decision-making or pass on responsibilities (Chima, et al., 2020)

i. Lack of policy and institutional support: Policies and programs specific to supporting rural youth in livestock farming are rare. Lack of subsidies or incentives as government support for purchasing inputs or accessing services. Youths often lack membership in cooperatives or associations that could provide collective bargaining power.

j. Technological and digital gaps: Low awareness of innovations and technologies such as feed formulation tools or disease tracking systems are not widely known. Internet connectivity and mobile technology are not always available in rural areas resulting to limited access to information on SRF.

k. Health and safety concerns: Small ruminant farming is physically demanding, leading to fatigue or injuries. Direct handling of livestock without proper protection increase exposure to zoonotic diseases and could multiply the risk of disease transmission to humans (Fathelrahman, 2021).

Addressing these challenges requires tailored interventions, such as improving access to resources, promoting agricultural education, offering financial incentives, encouraging mentorship programmes like succession plans and creating policies that empower youth to see agriculture, including SRF, as a viable and rewarding career path.

4. What is succession planning?

Succession planning is a strategic process designed to ensure the continuous operation and success of an organization by identifying and developing employees to fill key roles as they become vacant (Goode, 2019). It involves preparing for the eventual replacement of leaders or other critical positions, either due to retirement, resignation, or unforeseen circumstances. Succession planning is a proactive approach that supports long-term organizational health and sustainability by ensuring that the right people are ready to step into the right roles at the right time. In farming enterprises, it involves preparing for the transfer of knowledge, skills, and responsibilities from one generation or individual to the next, particularly in family-run or small-scale farming operations (Beginning Farmers, 2017; Adeloje, et al., 2022)

It involves determination of positions that are critical to organisation's success and focusing on leadership roles, specialized positions or unique expertise. It also entails evaluation of current employees for their skills, performance, and potential to fill future roles. It further leads to using performance reviews, feedback, and assessments to identify high-potential candidates. It includes creation of structured development programmes that would provide training, mentorship, job rotation, or leadership opportunities to prepare them for future roles. Succession planning ensures that institutional knowledge and expertise are transferred or passed on effectively through the use of documentation, shadowing or mentorship programmes. In-built monitoring and evaluation process that entails continuously track the progress of identified successors and adjusting the plan as needed based on changes in the organization or employee development.

Benefits of succession planning include business continuity that reduces disruption during leadership transitions or unexpected departures; talent retention that motivates employees by showing clear career progression opportunities; crisis readiness that prepares the organization to handle sudden vacancies effectively; strengthened leadership pipeline that ensures a steady flow of competent leaders and skilled workers; and cost savings that reduces the need for expensive external hiring and onboarding.

5. The role of succession planning in small ruminant farming

Succession planning plays a vital role in ensuring the sustainability and long-term success of small ruminant farming enterprises. The key roles include the following among others:

a. Ensuring farm continuity: Succession planning engenders sustainability, that is, it ensures that the farm remains operational after the retirement or departure of the current farmer. It also avoids disruption in SRF activities, reduces the risk of interruptions in critical activities like feeding, breeding, or disease management.

b. Preservation of expertise: It facilitates the passing down of practical skills, breeding techniques, herd management practices, and market strategies to successors. Retention of traditional practices is also ensured, protecting valuable local or traditional knowledge about small ruminant farming that might otherwise be lost.

c. Building the next generation of farmers: It attracts youth to farming by identifying and mentoring young people, succession planning encourages youth involvement in small ruminant

farming. It also ensures skill development of the successors through training in modern techniques like artificial insemination, disease prevention, and sustainable grazing practices.

d. Securing farm assets and resources: Succession planning ensures a smooth transfer of farm assets, such as land, livestock, and equipment, to the next owner. Legal and financial arrangements, like wills or business plans, protect the farm's viability during the transition.

e. Adapting to changing markets and challenges: Successors are often more likely to adopt new technologies, innovations, and sustainable farming practices. Ensures that the farm remains competitive by preparing successors to handle market fluctuations and customer demands.

f. Reducing family conflicts: Establishes clarity about who will take over the farm, minimizing disputes over inheritance or ownership. Its open communication through involving the current farmer, family members, and potential successors in planning discussions.

g. Economic stability: Succession planning prepares successors to manage farm operations effectively, ensuring steady income generation. It also reduces the economic risks associated with leadership transitions by having a plan in place.

By fostering a smooth transition, succession planning helps small ruminant farms thrive across generations, contributing to rural development, food security, and sustainable livelihoods.

Conclusion

Succession planning plays a crucial role in sustaining small ruminant farming (SRF) in Nigeria by addressing generational continuity and enhancing youth engagement. The study emphasizes that a well-structured succession plan is a proactive risk management strategy that ensures the transfer of skills, resources, and responsibilities to capable successors. This guarantees the continuity of SRF enterprises, preserves traditional knowledge, attracts youth into farming, and fosters economic and food security. By mitigating challenges like land access, market unpredictability, and insufficient training, succession planning can transform small ruminant farming into a resilient and attractive venture for rural youths.

References

- Adamu, S. G., Kabir, J., Umoh, J. U., & Raji, M. A. (2021). Seroprevalence of *Coxiella burnetii* in sheep flocks in Kaduna state, Northwestern Nigeria. *Acta Veterinaria Hungarica*, 69, 234–238.
- Adeloye, K. A., Torimiro, D. O. & Tunbosun O. Adebayo, T. O. (2022). Factors Influencing a Succession Plan Among Aged Crop Farmers in Rural Communities of Ogun State Nigeria. *The Journal of Agricultural Sciences*. 17(3), 458-470. <http://doi.org/10.4038/jas.v17i3.9925>
- Ahaduzzaman, M., & Reza, M. M. B. (2024). Global and regional seroprevalence of coxiellosis in small ruminants: A systematic review and meta-analysis. *Veterinary Medicine and Science*, 10, e1441. <https://doi.org/10.1002/vms3.1441>
- Beginning Farmers (2017). Farm succession planning. (2015). Available on Farm Succession Planning | Beginning Farmers accessed 16th February, 2024
- Chima, V., Alawode., O. A., Awoloye, A. F., Hawa, O., & Chima, L. I. (2020). Demographic and psychosocial determinants of life satisfaction among youths in Nigeria: Evidence from the multiple indicators cluster survey. *International Journal of Social Science Research*, 8(2), 266-275. <https://doi.org/10.5296/ijssr.v8i2.16802>
- Chipfupa, U., & Tagwi, A. (2021). Youth's participation in agriculture: A fallacy or achievable possibility? Evidence from rural South Africa. *South African Journal of Economic and Management Sciences*, 24(1), Article a4004. <https://doi.org/10.4102/sajems.v24i1.4004>
- Fathelrahman, E.M.; Reeves, A.; Mohamed, M.S.; Ali, Y.M.E.; El Awad, A.I.; Bensalah, O.-K.; Abdalla, A.A. (2021). Epidemiology and cost of peste des petits ruminants (Ppr) eradication in small ruminants in the United Arab Emirates—Disease spread and control strategies simulations. *Animals*, 11, 2649.
- Fawole, W.O., & Ozkan, B. (2019). Examining the willingness of youths to participate in agriculture to halt the rising rate of unemployment in South Western Nigeria. *Journal of Economic Studies*, 46(3), 578–590. <https://doi.org/10.1108/JES-05-2017-0137>
- Geza, W., Ngidi, M., Ojo, T., Adetoro, A. A., Slotow, R., & Mabhaudhi, T. (2021). Youth participation in agriculture: A scoping review. *Sustainability*, 13(16), Article 9120. <https://doi.org/10.3390/su13169120>
- Goode, F. (2019). Succession planning. <https://www.farrellgoode.com.au/services/succession-planning/>
- Jamal, M.A.; Khan, S.; Su, Y.; Yang, C.; Zhao, H.; Xu, K.; Jiao, D.; Cheng, W.; Rauf, A.; Ali, M.; et al. (2022). Small Ruminant Farming in Tribal Areas of Dera Ghazi Khan, Punjab, Pakistan. *Veterinary Science*, 9, 279.
- Lawal-Adebowale, O. A. (2012). Dynamics of Ruminant Livestock Management in the Context of the Nigerian Agricultural System. InTech. doi: 10.5772/52923
- Lebbie, S. H. B., Rey, B. and Irungu, E. K. (2004). Small Ruminant Research and Development in Africa: Proceedings of the Second Biennial Conference of the African Small Ruminant Research Network: AICC, Arusha, Tanzania, 7-11 December 2004: International Livestock Centre for Africa
- Mazhangara, I.R.; Chivandi, E.; Mupangwa, J.F.; Muchenje, V. (2019). The potential of goat meat in the red meat industry. *Sustainability*, 11, 3671.
- Mukwedeya, B., & Mudhara, M. (2024). Factors affecting rural youth participation in the smallholder farming sector. *Journal of Agriculture, Food Systems, and Community Development*. <https://doi.org/10.5304/jafscd.2024.134.014>

- Munibullah, M.; Li, Y.; Munib, K.; & Zhang, Z. (2022). Regional Epidemiology and Associated Risk Factors of Peste des Petits ruminants in Asia—A Review. *Slov. Vet. Res.*, 59, 75–87
- Otchere, E. O. (2006). Small ruminant production in tropical Africa. FAO Animal Production and Health Paper (FAO), no. 58, 203- 210
- Pophiwa, P.; Webb, E. C.; Frylinck, L. (2020). A review of factors affecting goat meat quality and mitigating strategies. *Small Ruminant Research*, v. 183, p. 106035.
- Saha, S., Fukuyama, K., Debnath, M., Namai, F., Nishiyama, K., & Kitazawa, H. (2023). Recent Advances in the Use of Probiotics to Improve Meat Quality of Small Ruminants: A Review. *Microorganisms*, 11, 1652. <https://doi.org/10.3390/microorganisms11071652>
- Statista (2024). Nigeria: stock of live goats | Statista
- Zafar, S.; Sarfraz, M.S.; Ali, S.; Saeed, L.; Mahmood, M.S.; Khan, A.U.; Anwar, M.N. (2024). Recapitulation of Peste des Petits Ruminants (PPR) Prevalence in Small Ruminant Populations of Pakistan from 2004 to 2023: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Veterinary Science*, 11, 280. <https://doi.org/10.3390/vetsci11060280>
- Zhang, M.; Guo, Y.; Su, R.; Corazzin, M.; Hou, R.; Xie, J.; Zhang, Y.; Zhao, L.; & Jin, Y. (2022). Transcriptome analysis reveals the molecular regulatory network of muscle development and meat quality in Sunit lamb supplemented with dietary probiotic. *Meat Science*, 194, 108996.

**ASSESSMENT OF BENEFIT OF AGRICULTURAL COOPERATIVE SOCIETIES TO
ROOT AND TUBER CROP FARMERS IN IKOLE LOCAL GOVERNMENT AREA OF
EKITI STATE, NIGERIA**

Bamigboye Oluwaseun TOSIN

Department of Agricultural Extension and Rural Development, Faculty of Agriculture,
Federal University Oye Ekiti, Nigeria.

Email:oluwaseun.bamigboye@fuoye.edu.ng

Akintunde Feranmi FEYISETAN

Department of Agricultural Extension and Rural Development, Faculty of Agriculture,
Federal University Oye Ekiti, Nigeria.

Abstract

Root and tuber crops, including yam, cassava, and sweet potato, are vital to Nigeria's food security and economic development. This study analyzed the role of agricultural cooperative societies in supporting root and tuber crop farmers in Ikole Local Government Area, Ekiti State. Gender distribution showed male dominance (66%), and the aging farming population, with an average age of 56 years, underscores low youth participation. Most farmers are smallholders (70%) cultivating mixed crops, predominantly yam, cassava, and sweet potato. Findings show that personal savings is the most relied upon source of credit, with only 8% have bank loans. Agricultural cooperatives were beneficial in promoting savings (mean = 2.81) and market linkages (mean = 2.73). However, constraints such as lack of cooperation (mean = 2.81), poor leadership (mean = 2.72) and loan recovery challenges (mean = 2.60) were evident. Correlation analysis revealed significant negative relationships between education level ($r = -0.315$, $p < 0.01$) and farm size ($r = -0.337$, $p < 0.01$) with cooperative benefits, suggesting greater advantages for less-educated, small-scale farmers. Policy recommendations include enhancing formal credit access, improving leadership in cooperatives, and providing financial literacy training. Additionally, cooperatives should promote joint marketing and bulk purchasing to increase farmers' market access and reduce costs. These measures can strengthen cooperative roles in improving farmers' productivity, income, and overall livelihoods while addressing systemic challenges in the sector.

Keywords: Agricultural cooperative society, benefit, crop farmers, root and tuber farmer

Introduction

Agriculture plays a critical role in Nigeria's economy, contributing 22.35% to the nation's Gross Domestic Product (GDP) (Food and Agricultural Organization, FAO, 2022). According to the World Bank (2023), agricultural development is a powerful means to alleviate poverty, drive economic growth, and ensure food security. Rural communities, where agriculture is the primary occupation, rely on this sector not only for sustenance but also for providing raw materials, safeguarding the environment, and supporting socio-economic stability (Rafael, 2023). Among agricultural activities, root and tuber crop farming, including staples such as cassava, yam, and cocoyam, is particularly important for Nigeria's rural population, providing a significant portion of their income and contributing to national food supply (Nanbol and Namu, 2019; Sanginga, 2015).

Root crops, such as cassava and sweet potato, and tuber crops, including yam, cocoyam, and ginger, serve as energy-rich food sources and are essential to small-scale farmers (Nanbol and Namu, 2019). Despite their importance, the increasing demand for these crops due to population growth has outpaced supply, highlighting gaps in infrastructural and market access that hinder efficient production (Eke-Okoro et al., 2014). Moreover, small-scale farmers face numerous obstacles, such as limited access to capital, costly farm inputs, and inefficient credit systems, all of which constrain productivity (Balana and Oyeyemi, 2022, Khan et al., 2024). The availability of capital, as noted by Sanogo et al. (2023), is particularly problematic; without adequate financing, farmers struggle to adopt improved technologies and methods to boost yields.

Agricultural cooperatives offer a potential solution to these challenges by enabling farmers to pool resources, improve bargaining power, and access essential services on favorable terms (Kalogiannidis, et al., 2024). Agricultural cooperative is defined as autonomous associations formed to meet members' economic, social, and cultural needs (International Cooperative Alliance, ICA, 2024), these cooperatives provide rural farmers with critical access to credit, collective purchasing, and technical support that would otherwise be inaccessible. Through agricultural cooperatives, farmers can obtain disease-resistant and high-yield varieties of root and tuber crops, thereby enhancing their productivity and income.

However, despite their potential, root and tuber farmers in Nigeria still face constraints, including inadequate infrastructure, high input costs, and limited market access, which adversely affect their productivity and income levels (Nlebem and Raji, 2019). By examining the role of cooperatives in alleviating these issues, this study aims to assess how agricultural cooperatives impact the productivity and livelihoods of root and tuber farmers in Ikole Local Government, Nigeria.

Methodology

Study area

The study area is Ikole-Ekiti, a Local Government Area (LGA) in Ekiti State, Southwest Nigeria. Primarily inhabited by the Yoruba people, Yoruba is the predominant language spoken. The traditional ruler, known as the Elekole of Ikole Ekiti, oversees the area, which includes twenty-four towns, each led by its own king under the Elekole's authority. Towns within the LGA include Ikole, Ijsha-Isu, Oke-Ayedun, Ootunja, Odo-Oro, Ipao, Itapaji, Ara, Isaba, Usin,

Orin, Odo-Ayedun, Ayebode, Oke-Ako, Irele, Iyemero, Ikosi, Igbona, Asin, Esun, Temidire, Ikunri, Ijebu-Agege, and Ilamo (Ekiti State Government, 2024).

The population in Ikole is primarily composed of Christians and Muslims, with traditional worshippers also present. A notable cultural event is the annual masquerade festival, usually held around August and primarily observed by the youth. The main industries in Ikole include agriculture and lumbering, with active timber and sawmill operations. The area is agriculturally fertile, benefiting from nearby water bodies. The Itapaji Dam, located within Ikole, holds significant potential for mini-hydroelectric power, irrigation, and water supply. The Oye River, flowing into the River Ele, provides substantial alluvial deposits in the Ikole plains, supporting year-round agriculture. Additionally, the Ero Dam in neighboring Moba and the historic Oke Ako Cattle Ranch, established by the former Western Region Government, contribute to the area's agricultural development, along with the State Government's Agricultural Development Project.

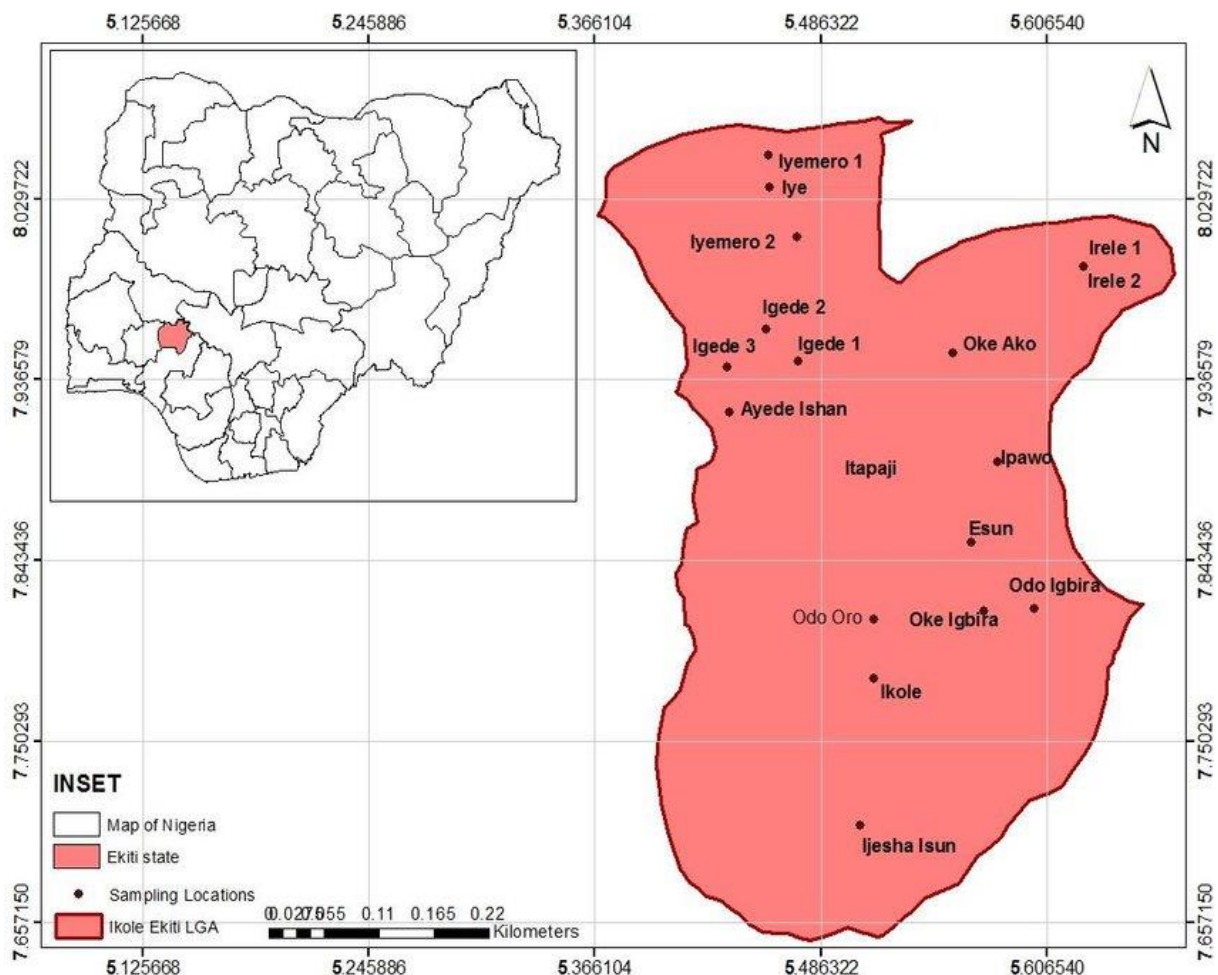


Fig 3.1: Map of Ikole Local Government, Ekiti State. (Olateju et al., (2018))

Sample and Sampling Techniques

A multistage sampling technique was used to select respondents for this study, ensuring representation across the study area. In the first stage, a random sampling method was applied

to select 20% of the 24 towns in Ikole Local Government Area of Ekiti State, resulting in the selection of five towns. In the second stage, twenty root and tuber farmers were randomly selected from each of the five towns. This process yielded a total sample size of 100 respondents, providing a representative sample of root and tuber farmers within the study area.

Source of Data Collection

This research employed primary data sources to address the key issues related to the topic. Data was collected through a structured questionnaire designed to capture respondents' perspectives on the study variables.

Method of Data Collection

The data collection method utilized a questionnaire divided into four sections (A–D). Section A gathered socio-economic information about respondents, including age, gender, education level, marital status, type of farming, farm size, income from the last production season, and types of root and tuber crops cultivated. Section B focused on respondents' sources of credit, while Section C assessed the impact of agricultural cooperative societies on root and tuber crop farmers. Section D explored the constraints faced by farmers in obtaining credit.

Measurement of Variables

The independent variables included the socio-economic characteristics of root and tuber farmers and their sources of credit. The dependent variable was the benefit derived from cooperative societies by root and tuber crop farmers.

Age was measured in years, farm size in plots, and income in Naira (₦).

Sources of Credit: Various sources of credit aside from cooperative societies—such as moneylenders, relatives, friends, online loan apps, bank loans, government interventions, personal savings, and thrift (ajo)—were included. This was measured as multiple responses as Yes=2, No=1.

Benefits of Agricultural Cooperative Societies: Measured on a scale of Always=3, Sometimes=2, and Never=1, with a mean cut-off score of 2.00. Items with a mean score above 2.00 were accepted, while those below were rejected.

Constraints in Credit Procurement: Rated as Highly Severe=3, Severe=2, and Not Severe=1, with a mean cut-off score of 2.00. Constraints with a mean score above 2.00 were accepted, while those below were rejected.

Data Analysis

The data was analyzed using both descriptive and inferential statistics. Descriptive statistics, including frequency counts and percentages, were employed to address the research questions and provide an overview of respondents' characteristics. To test the hypothesis, the Pearson Product Moment Correlation (PPMC) analysis was conducted at a 0.05 significance level to

determine the relationship between selected socio-economic characteristics of root and tuber crop farmers and the benefits derived from agricultural cooperative societies.

Results and Discussion

Demographic Characteristics of Root and Tuber Farmers

Table 1 summarizes the demographic profile of root and tuber farmers, including gender, age, marital status, and education level. The sampled respondents are predominantly male (66%), with females constituting 34%. This aligns with findings in rural agricultural studies (Nanbol and Namo, 2019; Nwafor et al., 2018), where men are often more involved in farming activities due to traditional gender roles, especially in labor-intensive areas like root and tuber farming. However, the significant presence of female farmers (34%) indicates a growing involvement of women in this sector, potentially reflecting shifts toward gender inclusivity in agriculture. The average age of farmers is approximately 56 years, with the majority (60%) aged between 41-70 years. This age range suggests an aging farmer population, which may have implications for the sustainability of root and tuber farming. Younger individuals (1-40 years) represent only 8% of the sample, indicating a low level of youth involvement. This trend is consistent with reports on rural-urban migration, where younger generations are moving to cities for alternative employment opportunities, leaving an aging population in farming communities. Most farmers (84%) are married, followed by 12% who are separated and 4% who are widowed. The high rate of married individuals suggests stable family structures, which could influence labor availability and support for farming activities. Married farmers often benefit from family labor, which may be crucial for managing the labor-intensive requirements of root and tuber farming. Educational attainment among the farmers shows that 52% have tertiary education, 22% secondary, 14% primary, and 12% have no formal education. The high percentage of tertiary-educated farmers indicates an educated farming populace, which can positively impact the adoption of modern farming practices. Education is often linked to better farm management skills, higher productivity, and openness to agricultural innovations, which are essential for sustainable farming.

Table 1
Demographic characteristics of root and tuber farmers

Variable	Categories	Percentage (%)	Min	Max	Mean
Sex	Male	66.0			
	Female	34.0			
Age (years)	1-40	8.0	34	75	~56
	41-50	34.0			
	51-60	24.0			
	61-70	26.0			
	>70	8.0			
Marital status	Married	84.0			-
	Separated	12.0			
	Widowed	4.0			
Level of education	No formal	12.0			-
	Primary	14.0			
	Secondary	22.0			
	Tertiary	52.0			

N=100

Farm and economic characteristics of root and tuber farmers

Findings in Table 2 revealed that the majority of the root and tuber farmers (70%) have small farm sizes between 1-5 acres, with an average of 5 acres. A smaller proportion (18%) cultivates 6-10 acres, and only 12% manage farms larger than 10 acres. This indicates a predominance of smallholder farmers, which aligns with findings in similar studies (Apata et al., 2019; Chiaka et al., 2022) on root and tuber farming in Nigeria. Small-scale farming may influence crop yield and income generation, with potential implications for productivity. The largest percentage of farmers (55%) cultivate a combination of yam, cassava, and potato, showing a trend toward crop diversification among these farmers. This diversification can be a strategic approach to mitigate risks, improve food security, and potentially increase income. However, 22% focus on yam and cassava only, while smaller groups cultivate only cassava (8%) or yam and sweet potato (15%). The choice of crops may be influenced by factors such as market demand, soil suitability, and traditional practices. The income distribution shows that 33% of farmers earn between ₦100,000 and ₦200,000, while 35% fall within the ₦200,001–₦300,000 range. This moderate income range suggests that farming is a substantial livelihood source for these farmers, although only 24% earn above ₦300,000. The reliance on small farm sizes and diversified crop choices might contribute to these income levels, as larger farm sizes often correlate with higher yields and incomes.

Table 2

Farm and economic characteristics of root and tuber farmers

Variable	Categories	Percentage (%)	Mean
Farm size (acres)	1-5	70.0	5
	6-10	18.0	
	11-15	10.0	
	>15	2.0	
Root and tuber crops	Cassava	8.0	-
	Yam and cassava	22.0	
	Yam, cassava and potato	55.0	
	Yam and Sweet potato	15.0	
Income (₦)	<100,000	8.0	-
	100,000 - 200,000	33.0	
	200,001 – 300,000	35.0	
	300,001 – 400,000	24.0	

N=100

Sources of credit

The data in Table 3 shows a variety of credit sources utilized by root and tuber farmers, highlighting diverse means of financial support within the farming community. Personal savings is the most relied upon source of credit, with 100% of farmers indicating they use it. This suggests a high level of self-financing, possibly due to limited access to formal credit facilities or reluctance to incur debt. Informal sources like *ajo* or thrift societies are also prominent, with 96% of farmers participating. This method of communal saving and lending is common in many rural communities and provides farmers with an accessible means of credit

without the stringent requirements typical of formal institutions. Relatives and friends are another important credit source for 66% of the farmers, followed by money lenders at 38%. This reliance on personal networks and informal lending highlights the challenges farmers face in accessing more structured credit options. In terms of formal credit, only 8% have bank loans, reflecting possible barriers such as collateral requirements or high-interest rates. Additionally, only 24% use online loan apps, which might be less popular due to technology access limitations or lack of awareness among farmers.

Table 3

Source of credit

Source of credit*	Percentage (%)
Money lenders	38.0
Relative and friends	66.0
Online loan app	24.0
Bank loan	8.0
Personal savings	100.0
Ajo/Thrift	96.0
Pension	32.0

*Multiple responses

Benefits of joining agricultural cooperative societies

The findings in Table 4 indicate that agricultural cooperative societies offer various benefits to root and tuber farmers, with notable differences in their levels of impact based on the respondents' experiences. A significant majority of respondents (Mean = 2.81) indicated that cooperative societies primarily encourage savings among members, ranking this benefit the highest. This suggests that cooperatives play a crucial role in fostering financial security by promoting a culture of saving among farmers, which may aid in meeting both short- and long-term financial needs. The second-ranked benefit (Mean = 2.73) is the cooperatives' provision of market linkages for product sales. This is vital as it helps farmers reach broader markets, potentially increasing income by reducing reliance on local buyers and minimizing losses associated with poor market access. Training and knowledge enhancement on improving root and tuber crop production rank third (Mean = 2.57), highlighting the cooperative's educational role. This is beneficial for adopting new practices that can lead to better crop yields and increased productivity. The role of cooperatives in improving members' standard of living (Mean = 2.54) is ranked fourth, showing that economic and social improvements are linked to cooperative participation. Access to resources and income generation opportunities within cooperatives likely contributes to better livelihoods for members. Respondents acknowledge the cooperative's role in providing improved crop varieties (Mean = 2.33) and access to subsidized fertilizers (Mean = 2.02). These inputs are essential for increased production but seem to have a moderate impact, possibly due to limited availability or high demand. Benefits related to infrastructural development (Mean = 1.81) and advocacy for modern technologies (Mean = 1.63) are ranked lower, reflecting possible challenges in reaching all members effectively with these services. However, they remain areas where cooperatives can expand support to further benefit members. Crop insurance, though rated as the least accessible benefit (Mean = 1.62), is essential for managing agricultural risks. Low scores in this area indicate that

crop insurance might be less accessible or less emphasized, suggesting a gap that cooperatives could address to provide greater financial security against crop loss.

Table 4
Distribution of Respondents based on Benefit of Agricultural Cooperative Societies

Benefit of Cooperative Societies	Always	Sometimes	Never	Mean	SD	Rank
Encourages savings among members	81	19	-	2.81	0.39	1 st
Provides link to sales of product	73	27	-	2.73	0.45	2 nd
Training on how to improve root/tuber crop production	57	43	-	2.57	0.50	3 rd
Improves standard of living	66	22	12	2.54	0.70	4 th
Provision of improved crop varieties	37	59	4	2.33	0.55	5 th
Inputs provided improve my production output	23	50	27	2.06	0.71	6 th
Access to fertilizer at subsidized or lower price	4	84	12	2.02	0.39	7 th
Access to herbicides at subsidized or lower price	16	56	28	1.88	0.66	8 th
Enhance infrastructural development	4	73	23	1.81	0.49	9 th
Access to quality crop varieties at subsidized or lower price	-	80	20	1.80	0.40	10 th
Advocates adoption of modern technologies	-	63	37	1.63	0.49	11 th
Provision of Crop Insurance	-	62	38	1.62	0.48	12 th

Constraints in the procurement of credit

The result in Table 5 highlight several constraints faced by root and tuber farmers in accessing credit, with different levels of severity reported by respondents. The constraint of lack of cooperation was ranked as the most severe (Mean = 2.81). Cooperation is essential for accessing credit as it often involves collective organization and shared accountability. The high severity of this issue suggests that strengthening cooperative dynamics could improve credit access. The constraint of poor leadership and management also scored highly (Mean = 2.72). Effective management is critical in credit systems, as it ensures smooth operations, transparency, and trust among members. Poor leadership may lead to mismanagement, creating barriers for farmers who rely on structured and well-managed cooperatives for credit. Difficulty in recovering loans (Mean = 2.60) ranked closely behind leadership issues. Loan recovery is a major factor affecting the sustainability of credit systems. If loans cannot be efficiently recovered, the credit system becomes unsustainable, further hindering other farmers' access to loans and creating financial instability. Illiteracy among members (Mean = 2.16) is another constraint, as it limits the understanding of credit terms, obligations, and the management of financial resources. Literacy can impact decision-making and the ability to navigate credit application processes, thus affecting farmers' financial empowerment.

Constraints below the mean score of 2.00 are High interest rates (Mean = 1.90), and bad economic conditions (Mean = 1.73). The high interest rates make credit unaffordable for many farmers. High-interest loans can lead to a cycle of debt, deterring farmers from accessing credit even when needed.

Table 5

Distribution of Respondents based on Constraints in the Procurement of Credit

Constraints	Highly Severe	Severe	Not Severe	Mean	SD
High interest rate	3	88	8	1.90	0.34
Poor leadership and management	72	28	-	2.72	0.45
Difficulty in recovering loans	69	40	-	2.60	0.49
High level of illiteracy among members	24	68	8	2.16	0.55
Lack of cooperation	81	19	-	2.81	0.39
Bad Economic condition	11	51	38	1.73	0.65

Relationship between selected farmers' characteristics and benefits of agricultural cooperative societies

Table 6 shows that there is no significant influence of socio-economic characteristics of root and tuber crop farmers on the benefit of agricultural cooperative societies. Pearson correlation results between the socio-economic characteristics of root and tuber farmers and the benefits they perceive from agricultural cooperative societies. The findings provide insight into how these characteristics influence their engagement and advantages derived from cooperatives. There is a significant negative correlation between education level and perceived cooperative benefits ($r = -0.315$, $p < 0.01$). This suggests that farmers with higher levels of education perceive fewer benefits from cooperatives, possibly due to access to alternative resources or differing expectations from cooperative membership. This result may indicate a need to tailor cooperative benefits to appeal to educated farmers, perhaps by introducing advanced financial or training programs. A significant negative correlation exists between farm size and benefits from cooperatives ($r = -0.337$, $p < 0.01$), indicating that farmers with larger farms perceive fewer benefits. Larger farm owners may have greater resources and less dependency on cooperatives, impacting their perception of cooperative value. To increase engagement, cooperatives could offer specialized resources that support both small- and large-scale farmers. The correlation between age, marital status, income and cooperative benefits were not statistically significant. Age ($r = -0.167$, $p = 0.097$) and income ($r = -0.164$, $p = 0.102$) showed weak negative correlations. Additionally, sex ($r = -0.092$, $p = 0.361$) and marital status ($r = 0.011$, $p = 0.910$) had very low and statistically insignificant correlations, suggesting that these characteristics do not strongly influence perceived benefits from cooperative societies.

Table 6

Pearson correlation showing of socio-economic characteristics of root and tuber crop farmers and the benefit of agricultural cooperative societies

Variables	Pearson Correlation	Sig. (2-tailed)
Sex	-0.092	0.361
Age	-0.167	0.097
Education	-0.315**	0.001
Marital status	0.011	0.910
Farm size	-0.337	0.001
Income	-0.164	0.102

Conclusion and Recommendation

This study evaluated the benefits and challenges of agricultural cooperative societies for root and tuber farmers in Ikole Local Government Area, Ekiti State, Nigeria. The heavy reliance on personal savings, informal savings groups (ajo), and other non-institutional credit sources underscores a clear need for policies that bridge the gap between farmers and formal financial services. Facilitating access to affordable credit through formal channels could enable farmers to invest in improved agricultural inputs, expand their farm sizes, and ultimately enhance productivity. Programs that promote financial literacy and streamline loan procedures could also reduce farmers' reliance on informal credit systems, encouraging their integration into formal financial structures.

The benefits identified from cooperative membership reflect the diverse roles these organizations play in supporting farmers' financial stability, access to markets, and overall productivity. However, certain areas like crop insurance, infrastructure, and access to advanced agricultural technology highlight potential areas for further development. By expanding support in these areas, cooperatives can enhance resilience and productivity, enabling farmers to better manage agricultural risks.

The study also highlighted significant constraints in credit procurement, such as high interest rates and limited cooperative management. Improved cooperative leadership, financial literacy initiatives, and strengthened cooperative collaboration may help address these constraints. Additionally, implementing subsidized or low-interest credit programs could alleviate the burden of high interest rates, making credit more accessible to small-scale farmers.

Lastly, the study found that farmers' education levels and farm sizes influence their perceived benefits from cooperatives. By tailoring cooperative services to meet the needs of more educated and large-scale farmers, cooperatives can boost their engagement and satisfaction. This inclusive approach could help cooperatives attract a wider range of members and offer services that cater to both small and large-scale farmers.

The study recommends that improved access to formal credit by developing policies that make loans more affordable and application processes easier for farmers. This could reduce reliance on informal credit sources and encourage greater use of formal lending services. There is need to expand the range of cooperative services by introducing crop insurance, infrastructure support, and access to modern farming technologies. These added services could increase the resilience and productivity of farmers, helping them manage risks more effectively. The cooperative societies in a group can promote financial literacy among themselves through training programs. By empowering farmers to make informed financial decisions, such initiatives could reduce dependency on high-interest informal loans and improve credit management skills. The management of cooperative need to strengthen themselves through training, which could enhance organizational effectiveness, transparency, and trust among members. There is need to tailor cooperative services to meet the specific needs of educated and large-scale farmers. By doing so, cooperatives could broaden their appeal, attract a diverse membership, and better serve both small and large-scale farms.

References

- Apata, T.G., N'Guessan, Y.G., Ayantoye, K., Borokini, A., Okanlawon, M., Bamigboye, O., Adara, C., Agboola, T.O. and Busari, A.O. (2019). Doggedness of small farms and productivity among smallholder farmers in Nigeria: Empirical linkage and policy implications for poverty reduction. *Business Strategy and Development*, 1–15. <https://doi.org/10.1002/bsd2.83> Wiley Publication.
- Balana, B. B., & Oyeyemi, M. A. (2022). Agricultural credit constraints in a smallholder farming in developing countries: Evidence from Nigeria. *World Development Sustainability*, 1, 100012. <https://doi.org/10.1016/j.wds.2022.100012>
- Chiaka, J. C., Zhen, L., Yunfeng, H., Xiao, Y., Muhirwa, F., & Lang, T. (2022). Smallholder Farmers Contribution to Food Production in Nigeria. *Frontiers in Nutrition*, 9. <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.916678>
- Ekiti State Government, (2024). Ikole. Ekiti State Government Website. <https://www.ekitistate.gov.ng/about-ekiti/local-government/ikole>
- Food and Agricultural Organization, FAO. (2022). Nigeria at a glance | FAO in Nigeria | *Food and Agriculture Organization of the United Nations*. www.fao.org. <https://www.fao.org/nigeria/fao-in-nigeria/nigeria-at-a-glance/en/>
- International Cooperative Alliance, ICA. (2024, January 17). Cooperative identity, values & principles | ICA. www.ica.coop. <https://ica.coop/en/cooperatives/cooperative-identity>
- Kalogiannidis, S., Karafolas, S. & Chatzitheodoridis, F. (2024). The Key Role of Cooperatives in Sustainable Agriculture and Agrifood Security: Evidence from Greece. *Sustainability*, 16(16), 7202–7202. <https://doi.org/10.3390/su16167202>
- Khan, F. U., Nouman, M., Negrut, L., Abban, J., Cismas, L. M., & Siddiqi, M. F. (2024). Constraints to agricultural finance in underdeveloped and developing countries: a systematic literature review. *International Journal of Agricultural Sustainability*, 22(1). <https://doi.org/10.1080/14735903.2024.2329388>
- Nanbol, K. K. & Namu, O. A. T. (2019). The Contribution of Root and Tuber Crops to Food Security: A Review. *Journal of Agricultural Science and Technology B*, 9(4). <https://doi.org/10.17265/2161-6264/2019.04.001>
- Nwafor, S. C., Wegh, F. S., Ikwuba, A. A. and Jacob, A. A. (2018). Marketing extension services, needs of root and tuber crop farmers in Abia State, Nigeria. *Nigerian Agricultural Policy Research Journal* 5(1), 10-19
- Nlebem, B. S. and Raji, W. I. (2019) Impact of Agricultural Cooperative Societies on Farmers Productivity and Rural Transformation in Etche Local Government Area of Rivers State. *Global Scientific Journal*, 7(11), 353-367
- Olateju, D. A., Kayode, A., Ayodele, O., Gabriel, D., Oluwabunmi, A., Olufunmilayo, E., Olugbenga, O., & Lucia, A. (2018). Assessing soil quality issues for crop production function based on farmers' perception: An experience from Itapaji Watershed in Southwestern Nigeria. *Eurasian Journal of Soil Science (EJSS)*, 7, 337-345.
- Rafael, B.M. (2023). The Importance of Agricultural Development Projects: A Focus on Sustenance and Employment Creation in Kenya, Malawi, Namibia, Rwanda, and Uganda. *Journal of Agricultural Chemistry and Environment*, 12(02), 152–170. <https://doi.org/10.4236/jacen.2023.122013>
- Sanginga, N. (2015). Root and Tuber Crops (Cassava, Yam, Potato and Sweet Potato) Roots and Tubers. *Feeding Africa*, 21-23 October 2015. https://www.afdb.org/fileadmin/uploads/afdb/Documents/Events/DakAgri2015/Root_and_Tuber_Crops__Cassava__Yam__Potato_and_Sweet_Potato_.pdf

Sanogo, K. Touré, I., Arinloye, D. A. A., Dossou-Yovo, E. R. & Bayala, J. (2023). Factors affecting the adoption of climate-smart agriculture technologies in rice farming systems in Mali, West Africa. *Smart Agricultural Technology*, 5, 100283–100283. <https://doi.org/10.1016/j.atech.2023.100283>

World Bank (2022). Agriculture and food. *World Bank Group*. <https://www.worldbank.org/en/topic/agriculture/overview>

**SOCIOECONOMIC DETERMINANTS OF POULTRY FARMERS' UTILISATION
OF COPING STRATEGIES AGAINST FEED SHORTAGE IN KWARA STATE,
NIGERIA**

Fatodu, P. A.* (ORCID:0000-0003-3339-7780)

Department of Agricultural Extension and Rural Development,
University of Ilorin, PMB 1515 Ilorin, Nigeria
Email:donfat2003@gmail.com

Kayode A.O.

Department of Agricultural Extension and Rural Development,
University of Ilorin, PMB 1515 Ilorin, Nigeria

Ademola, P. F.

Department of Agricultural Extension and Rural Development,
University of Ilorin, PMB 1515 Ilorin, Nigeria

Abstract

Poultry feed ingredient shortages has been a major problem bedeviling the livestock subsector in developing economies. The ever increasing population of Nigeria and the demand for protein placed a topmost priority on poultry farmers to proffer solution to this ugly trend. The objectives of the study were to describe the socioeconomic characteristics of poultry farmers, identified the type of poultry reared, assess the level of use of coping strategies in poultry feeding and identify the determinants of its use. A simple random sampling technique was used in selecting 257 respondents' for the interviewer administered questionnaire used in obtaining data. Data were analysed using descriptive statistics and the multiple regression analysis. Results show that the mean age, household size, poultry farming experience and years of formal education were 40.9 years, 5 individuals, 4 years and 14 years respectively. Broilers and Layer birds were the most reared poultry (94.9 and 68.1 percent). Level of use of coping strategies in feed management among poultry farmers was high (Mean=3.16) and determined by years of formal education ($\beta=0.026$) and household size ($\beta=0.030$) at $P<0.05$. The study concluded that the use of coping strategies in feed management was high and determined by some socioeconomic factors. It is therefore recommended that poultry farmers should be trained on alternative feed ingredient utilization and importance of private feed milling.

Keywords: Poultry farmers, Coping strategies and Determinants

INTRODUCTION

In the time past, poultry production was not counted as an important occupation but the tide has changed, poultry production has developed and occupied a place of pride among livestock enterprises due to its rapid monetary turnover. The poultry industry has become a diverse industry with a variety of business interests such as egg production, broiler production, hatchery, poultry equipment business and, general logistics. Poultry is reportedly the most commonly kept livestock (Mazimpaka et al., 2018). Poultry production is a commercially viable enterprise contributing significantly, 10% to the Gross Domestic Product of Nigeria (Anosike et al., 2018). Poultry offer protein of animal source and considerable potential for meeting human dietary requirements (Daghir et al., 2021). Poultry has the best feed conversion rate for feed to human food among terrestrial animals (Vaarst et al., 2015). However, it has been established that in Nigeria, the greatest proportional cost in livestock production is expended on animal feeding stuffs constituting over 70% of the total cost of production (Ekeocha et al., 2021). This implies that efforts to increase productivity in the poultry subsector should be directed towards poultry feed ingredients availability, affordability and improved feed formulation system. Conventional feedstuff is very expensive and scarce, the high cost and scarcity derived from crippling realities that are characteristic of third world developing economies. It can be said therefore that, rapid expansion and success of the livestock industry depends largely upon the availability of cheap compounded feeds. Poultry feed ingredients shortage has been linked with climate change, pest and diseases, poor management practices and poor government policies. The competition between humans and livestock for some common feed raw materials worsen the feed situation generally for livestock. In Nigeria, where majority of poultry farmers are resource-poor (Omolehin et al., 2020), private feed milling is one of the strategies they may employ to mitigate the effect of shortages occasioned by rising cost of feed. In addition, the strategy to use depends largely on the type of birds reared and the system of rearing, socioeconomic dynamics, and utilization level.

STATEMENT OF THE PROBLEM

Poultry feed ingredient shortages has been a major problem bedeviling the livestock subsector. The ever increasing population of Nigeria and the demand for protein placed a topmost priority on poultry farmers to proffer solution to this ugly trend. One of the major challenges to food system is the rapidly increasing demand for meat, egg and other animal sourced protein. The surge in poultry feed shortage in Nigeria is alarming, this may be consequent upon government policy or a form of artificial scarcity occasioned by the expectations of future rise in price of inputs. Poultry farmers in an attempt to reduce the effect of this ugly trend have employed various coping strategies, an empirical study of which is therefore needed to examine level of use and socioeconomic determinants of utilization. The type of bird reared could influence the type and quantity of feed ration. It could also be that farmers lack the requisite skill for private feed milling. There could also be some other challenges hindering poultry production which may not be related to feeding. It is against this background that the study examines the socioeconomic determinant of poultry farmers' utilisation of coping strategies against feed shortage in Kwara State, Nigeria. The specific objectives of the study were to:

1. describe the socioeconomic characteristics of poultry farmers;
2. identify the type of poultry reared;
3. assess the determinant and level of use of coping strategies in poultry feeding.

Hypothesis of the Study

H0₁: socio-economic characteristics of poultry farmers do not affect their level of use of coping strategies against feed shortages.

2.2 THEORETICAL FRAMEWORK

The study was premised upon the theory of production. This theory stems from the works of neoclassical economists and partly from behavioral psychology.

Theory of Production - Cobb-Douglas (1928)

The production theory which was propounded by an American economist Cobb-Douglas in 1928, concerns itself with the economic process that describes how certain specific inputs are jointly combined to produce a given level of output. The base of this theory kick starts from the poultry farmers making decisions on the amount of capital to be invested into the poultry business, whether to venture into feed milling or purchasing ready-made feeds among others. These decisions shape the configuration of inputs to be utilized and the quantum of output to be realized. What this exhumes is that the poultry farmer can vary the level and composition of his or her farm inputs and outputs. The poultry farmer derives satisfaction from the quantities of output (for instance broilers, layers, poultry-egg) produced subject to the input combination, with the latter dependent on each input's price, the prices of other inputs, and other sets of socio-economic variables.

METHODOLOGY

The Study Area

The study was carried out in Kwara State, Nigeria which lies between latitude latitude 8.5°N and longitude 4.5°E. Kwara State is located within the North-central geopolitical zone of Nigeria. As at 2021, the population of Kwara state was projected at 5,817,252 and a total land area of 36,825km² square kilometers. Poultry farmers in the state belong to different associations and groups, prominent among which is Poultry Association of Nigeria (PAN). PAN is an umbrella body for keepers of all sorts of domesticated birds in Kwara State.

Participants

The population of this study consisted of all Poultry Association of Nigeria (P.A.N) registered poultry farmers in Kwara State, Nigeria. P.A.N comprises 257 registered members in Kwara State. All the members of PAN, Kwara State chapter represented the sample size for the study. Data collection was done in the first quarter of year 2024.

Data Collection and Analysis

The instrument for data collection was a structured interviewer administered questionnaire. Descriptive and inferential statistics involving the use of frequency counts, percentages, means and multiple regression analysis were used for data analysis and hypothesis testing. Socioeconomic characteristics of respondents were measured accordingly.

Types of bird reared: was measured using a dichotomous scale, common breeds of domesticated poultry birds were listed and respondents were asked to indicate the ones(s) they rear on a dichotomous scale graduated as Yes=1 or No=0. Multiple responses were indicated. *Coping strategies used in poultry feed management:* was measured using four-point Likert-type scale. Strategies were highlighted and presented to respondents, they were required to indicate frequency of utilisation on the scale graduated as follows; never used =1, rarely used =2, often used =3, and always used =4. Scores were aggregated and mean computed. The mean was adopted as a measure of frequency of utilisation of coping strategies against poultry feed shortage.

Hypothesis testing: Multiple Regression Analysis (Ordinary Least Square Method) was used to test for the determinants of utilisation of coping strategies against poultry feed shortage.

Results and Discussion

This section presents results on the socioeconomic characteristics of respondents. The results are summarized in Table 1;

Table 1: Distribution of Respondents by Socio-economic Characteristics (n=257)

Variables	Frequency	Percentage	Mean	Std Deviation
Age (Years)				
≤ 25	4	1.6		
26-35	66	25.7		
36-45	118	45.9	40.9	9.26
46-55	54	21.0		
> 55	15	5.8		
Years of Formal Education				
1-6	13	5.1		
7-12	76	29.6	14.0	2.78
>12	168	65.4		
Household Size(Persons)				
≤ 3	73	28.4		
4-7	165	64.2	5	1.81
8-11	18	7.0		
>11	1	0.4		
Annual Income (₺)				
≤150,000	25	9.7		
150,001-650,000	138	53.7	588,548.6	404,075.07
650,001-1,150,000	76	29.6		
1,150,001-1,650,000	13	5.1		
>1,650,000	5	1.9		
Poultry Farming Experience (Years)				
≤ 5				
6-10	93	36.2		
>10	132	51.4	7.3	3.42
	32	12.5		
Number of Extension Contact in the past 6 months				
0	234	91.1		
1	23	8.9	1.0	0.28

Source: Field Survey, 2024.

The result presented in table 1 shows that the mean age of respondents was 40.9 years implying youthful respondents possess the requisite energy for poultry farm work. Liverpool-Tasie, et al. (2019) reported that, poultry farms are owned by farmers between the ages of 40 and 48 years. The average years of formal education was 14, this implies high literacy level among respondents this could influence knowledge of private feed milling. An average household size of five members with an average annual income of (₦588,548.63) may be partly due to shortages of feed ingredients or surge in prices of commercial feeds which forced the farmers to reduce stock size as a coping strategy. An average of seven years poultry farming experience was observed, thus farmers are expected to be vast in the use of coping strategies against feed shortages. This finding agrees with Duguma & Janssens (2021). The average number of extension contact was one implying a low extension contact in the study area. This may negatively influence farmers' utilization of coping strategies against poultry feed shortage.

Types of Bird Reared

This section discusses the type of birds kept by poultry farmers. Results are presented in Table 2.

Table 2: Types of Bird Reared*

Types of Bird	Frequency	Percentage	Types of Bird	Frequency	Percentage
Broilers	244	94.9	Turkeys	150	58.4
Noilers	161	62.6	Guinea fowl	81	31.5
Layers	175	68.1	Geese fowl	8	3.1
Cockerels	145	56.4	Quail	31	12.1
Muscovy ducks	19	7.4	Pigeons	26	10.1
Mallard ducks	2	0.8			

Source: Field Survey 2024. (*multiple responses)

Results in Table 5 reveal that broilers (94.9%), layers (68.1%) and noilers (62.6%) were the most kept poultry types respectively in the study area this agrees with Anosike et al. (2018). Broilers occupy the top space partly due to the short production cycle and lesser feed consumption per cycle. The type of birds kept influences use of coping strategy; higher feed quantity is required for layer birds. Amos (2006) reported that, there could be more than four production cycles of broiler birds within one production cycle of layer birds' enterprise.

Coping Strategies Used Against Feed Shortage.

This section discusses the coping strategies used against poultry feed shortage. Results are presented in Tables 3 and 4.

Table 3: Distribution of Respondents According to Coping Strategies Used in Feed Management (n=257)

Coping Strategies	N.U	R.U	O.U	A.U	M.S
	F (%)	F (%)	F (%)	F (%)	
Feed milling using alternative ingredients	54(21.0)	33(12.8)	69(26.8)	101(39.3)	2.84
Substituting feed ingredients based on availability and affordability	19(7.4)	28(10.9)	63(24.5)	147(57.2)	3.31
Purchasing of concentrates feed in bulk	95(37.0)	68(26.5)	43(16.7)	51(19.8)	2.19
Reduced herd size	47(18.3)	51(19.8)	53(20.6)	106(41.2)	2.84
Resort to free roaming	94(36.6)	28(10.9)	31(12.1)	104(40.5)	2.56
Rationalize feed	48(18.7)	45(17.5)	60(23.3)	104(40.5)	2.85
Addition of booster to their feed	34(13.2)	69(26.8)	53(20.6)	101(39.3)	2.85
Harvest broilers at the weight (1.8-2.0kg)	27(10.5)	50(19.5)	63(24.4)	117(45.5)	3.05
Early sorting at three weeks old	53(20.6)	35(13.6)	66(25.7)	103(40.1)	2.85
Sourcing product buyers before stocking	4(1.6)	14(5.4)	78(30.4)	161(62.6)	3.54
Target festive season for meat production	4(1.6)	20(7.8)	51(19.8)	182(70.8)	3.59
Prompt diseases control to minimize loss	8(3.1)	6(2.3)	22(8.6)	221(86.0)	3.77
Getting livestock parents' stock history	21(8.2)	19(7.4)	27(10.5)	190(73.9)	3.50
Follow appropriate medication	5(1.9)	6(2.3)	21(8.2)	225(87.5)	3.81
Bio-security measures	7(2.7)	6(2.3)	16(6.2)	228(88.7)	3.80

Source: Field Survey, 2024. **N.U**= Never Used, **R.U**= Rarely Used, **O.U**= Often Used, **A.U**= Always Used, **M.S**= Mean Score

Results in Table 3 show that farmers use various health related, marketing and economic related coping strategies to minimize the effect of feed shortage in poultry production. Farmers practice appropriate medication (M.S= 3.81), bio-security measures (M.S=3.80), and prompt disease control (M.S=3.77) as strategies to reduce the spiral effects of essential feed ingredient shortage. Another strategy used by poultry farmers includes getting the history of the livestock parent's stock (M.S=3.50) as this could help in making an informed and timely decision regarding the nutrition of the birds. Katongole et al. (2012) opined that purchasing feed ingredients in bulk is always the first major coping strategy.

Table 4: Categorization of Respondents Based on Level of Use of Coping Strategies

Coping Strategies	Frequency	Percentage	Mean
Low (<2.00)	3	1.2	3.16±0.39
Fair (2.00-3.00)	84	32.7	
High (>3.00)	170	66.1	

Source: Field Survey, 2024

Table 4 indicates a high level of coping strategies utilisation among respondents with a mean score of 3.16.

Hypotheses

H0₁: Socio-economic characteristics of poultry farmers do not affect the coping strategies used in mitigating feed management.

This section discusses the result of the regression analysis to identify the determinants of coping strategies used in feed management. Results are presented in Table 11.

Table 5: Result of Multiple Regression Analysis of the Determinants of Coping Strategies Used against Feed Shortage

Predictor	Coefficients			
	Beta	Std. Error	t-value	Sig.
(Constant)	2.291	0.142	16.152	0.000
Age	0.004	0.004	1.118	0.265
Years of Formal Education	0.026**	0.009	2.825	0.005
Household Size	0.030**	0.015	1.998	0.047
Annual Income	2.232E-007	0.000	1.751	0.081
Poultry Farming Experience	-0.022	0.010	-0.167	0.867
Extension contact	-0.159**	0.079	-2.001	0.046

Source: Field survey, 2024. **significant at 0.05level (2-tailed), R Square=0.248, Adjusted R Square=0.218, F-value=8.118

The result in Table 5 shows the result of the regression analysis to identify determinants of coping strategies used against feed shortage. The regression model produced $R^2 = 0.248$, $P < 0.05$, a low R square value, the independent variables are statistically significant. Important conclusions about the relationships between the variables therefore could be drawn (Kashyap and Swastik, 2021). It is opined that studies in fields that attempt to predict human behavior typically have low R square values below 50% as humans are harder to predict than physical processes (Sallis et al., 2021). Accordingly, as shown in Table 5, years of formal education ($\beta=0.026$) and household size ($\beta=0.030$) were determinants of coping strategies used against poultry feed shortage. The negative influence of extension contact is indicative of the poor extension service delivery. The education level of farmers is often considered effective for decision-making, it helps farmers respond to challenges such as feed ingredient shortages. The larger household size allows household members participate in early sorting of birds and sourcing for reliable buyers before stocking, this finding agrees with Akinola (2020).

CONCLUSION AND RECOMMENDATIONS

The study concluded that majority of respondents were educated youths who are experienced, low income poultry farmers. Broilers and layers were the most kept poultry types respectively. The use of coping strategies against feed shortage in poultry was high and determined by poultry farmers' level of education and household sizes in Kwara State, Nigeria. It is therefore recommended that; increased awareness of the importance of private feed milling and reorientation on alternative feed ingredient utilisation by the poultry associations and other stakeholders be sustained; extension visits should be increased, with focus on the less experienced poultry farmers.

CONFLICT OF INTEREST

Authors have declared no conflict of interest.

REFERENCES

- Akinola, O. S., Akintola, K. A., & Oluwatosin, O. O. (2020). Broiler chicken, Fishmeal, Infertile egg meal, Performance, Carcass, Blood indices. *Nigerian Journal of Animal Production*, 47(2), 131-143.
- Amos, T. T. (2006). Analysis of backyard poultry production in Ondo State, Nigeria. *International Journal of poultry science*, 5(3), 247-250.
- Anosike, F. U., Rekwot, G. Z., Owoshagba, O. B., Ahmed, S., & Atiku, J. A. (2018). Challenges of poultry production in Nigeria: A review. *Nigerian Journal of Animal Production*, 45(1), 252-258.
- Daghir, N., Diab-El-Harake, M., & Kharroubi, S. (2021). Poultry production and its effects on food security in the Middle Eastern and North African region. *Journal of Applied Poultry Research*, 30(1), 100110.
- Duguma, B., & Janssens, G. P. (2021). Assessment of livestock feed resources and coping strategies with dry season feed scarcity in mixed crop–livestock farming systems around the gilgel gibe catchment, Southwest Ethiopia. *Sustainability*, 13(19), 10713.
- Ekeocha A.H., Aganga A.A., Odumboni A.A., and Ayoola S.K., (2021). Comparative Studies of Three Commercial Layers Feeds on Layers Performance and Egg Qualities Parameters. *Journal of the Austrian Society of Agricultural Economics* 17(03), ISSN: 18158129.
- Kashyap, A. S., & Swastik, S. (2021). Regression Model to Predict Bike Sharing Demand. *International Journal of Innovative Science and Research Technology* 3(6) ISSN No:- 2456-2165
- Katongole, C. B., Nambi-Kasozi, J., Lumu, R., Bareeba, F., Presto, M., Ivarsson, E., & Lindberg, J. E. (2012). Strategies for coping with feed scarcity among urban and peri-urban livestock farmers in Kampala, Uganda. *Journal of Agriculture and Rural Development in the Tropics and Subtropics (JARTS)*, 113(2), 165-174.
- Liverpool-Tasie, L. S. O., Sanou, A., & Tambo, J. A. (2019). Climate change adaptation among poultry farmers: evidence from Nigeria. *Climatic Change*, 157(3), 527-544.
- Mazimpaka, E., Tukei, M., Shyaka, A., & Gatari, E. N. (2018). Poultry production and constraints in Eastern Province of Rwanda: a case study of Rukomo sector, Nyagatare district. *Tropical animal health and production*, 50(4), 753-759.
- Omolehin R.A, Akogunm E.O. and Oyewole, S.O. (2020). Analysis of Factors Influencing Adoption of Good Agronomic Practices (GAP) among Cassava Farmers under Nigeria Agricultural Transformation Agenda. *Journal of Agriculture and Ecology Research International*. 21(6), 11-20. ISSN: 2394-1073.
- Sallis, J. E., Gripsrud, G., Olsson, U. H., & Silkoset, R. (2021). Regression Analysis. In *Research Methods and Data Analysis for Business Decisions* (pp. 171-210). Springer, Cham.
- Vaarst, M., Stenenfeldt, S., & Horsted k., (2015). Sustainable development perspective of poultry production. *World's Poultry Science journal* 71: 609 – 620.

**ASSOCIATION OF THYROID PANEL TESTS WITH DIFFERENT PHENOTYPES
OF POLYCYSTIC OVARY SYNDROME**

Asma KHEIROLLAHI* (ORCID:0000-0002-5976-3892)

University of Tehran, Faculty of Veterinary Medicine, Department of Comparative
Biosciences, Tehran, Iran.

Email:kheirolahi_asma@ut.ac.ir

Akram VATANNEJAD (ORCID:0000-0002-8202-7914)

University of Tehran, Faculty of Veterinary Medicine, Department of Comparative
Biosciences, Tehran, Iran.

Email:vatannejad@ut.ac.ir

Maryam Shabani NASHTAEI ORCID:0000-0002-7726-3680

Department of Anatomy, School of Medicine, Tehran University of Medical Sciences,
Tehran, Iran

Email:Maryam.shabani.n@gmail.com

Abstract

Polycystic Ovary Syndrome (PCOS) presents in various phenotypic forms, each defined by distinct clinical and biochemical characteristics. Recent research suggests that women with PCOS have an increased likelihood of experiencing thyroid disorders, such as hyperthyroidism, hypothyroidism, and autoimmune thyroid conditions. This study aimed to examine the potential correlation between thyroid panel tests and the four distinct PCOS phenotypes. A dataset comprising 106 women with PCOS was included in this study. The women with PCOS were categorized into four phenotypes: phenotype A, characterized by clinical and/or biochemical hyperandrogenism (HA) along with oligo-/anovulation (OA) and polycystic ovarian morphology (PCOM); phenotype B, defined by HA and OA; phenotype C, distinguished by HA and PCOM; and phenotype D, marked by OA and PCOM. Thyroid panel tests were conducted using ELISA kits. Our findings showed no significant differences in T4, anti-TPO, and TSH levels among the different PCOS phenotypes. However, a significant inverse correlation was observed between T4 and TSH levels in phenotype A. In conclusion, this study found no significant differences in T4, anti-TPO, and TSH levels among PCOS phenotypes, though an inverse correlation between T4 and TSH in phenotype A suggests a possible unique thyroid interaction. Further research is needed to clarify these phenotype-specific patterns and their clinical relevance.

Keywords: PCOS, Thyroid tests, PCOS phenotypes

INTRODUCTION

Polycystic Ovary Syndrome (PCOS) is a multifaceted endocrine disorder that affects women of reproductive age, marked by a range of hormonal imbalances and metabolic disruptions (Carmina & Lobo, 1999). It is one of the most common causes of infertility and menstrual irregularities, and its presentation can vary widely among individuals (Hull, 1987). PCOS can be categorized into distinct phenotypic subtypes, each with unique clinical and biochemical features, including combinations of hyperandrogenism, ovulatory dysfunction, and polycystic ovarian morphology (Sachdeva, Gainder, Suri, Sachdeva, & Chopra, 2019). These diverse presentations complicate diagnosis and management, as the exact etiology of PCOS remains unclear, though both genetic predisposition and environmental factors are thought to contribute to its onset and progression (Franks, 1995).

Recent research has highlighted a potential association between PCOS and thyroid dysfunction (Anaforoğlu, Topbas, & Algun, 2011; Zhao et al., 2024). Studies have shown that women with PCOS are at an increased risk of developing hypothyroidism, hyperthyroidism and autoimmune thyroiditis (Abdelsalam & Ibrahim, 2015; Benetti-Pinto, Piccolo, Garmes, & Juliato, 2013; Garelli et al., 2013; Zhao et al., 2024). Additionally, thyroid dysfunction may exacerbate PCOS symptoms, such as irregular menstrual cycles, hirsutism, and acne. Thyroid hormones, particularly thyroxine (T4) and triiodothyronine (T3), regulate various metabolic processes, including energy expenditure, reproductive function, and neurocognitive development. Imbalances in thyroid hormone levels can lead to a range of health issues, including menstrual irregularities, infertility, and metabolic disorders (Fan, Ren, Sheng, Deng, & Li, 2023).

Given the intricate interplay between the hypothalamic-pituitary-ovarian and hypothalamic-pituitary-thyroid axes, it is plausible that disruptions in one axis may influence the other (Feldt-Rasmussen, Effraimidis, & Klose, 2021). Understanding the relationship between thyroid dysfunction and PCOS could therefore open new avenues for therapeutic interventions tailored to specific phenotypes. This study aims to investigate the potential correlation between thyroid function, as assessed by a comprehensive thyroid panel, and the four distinct PCOS phenotypes.

MATERIALS AND METHODS

Study population

A total of 106 women with PCOS were recruited from the Obstetrics and Gynecology Department at the Ibn Sina Infertility Center in Tehran, Iran. All study procedures involving human participants were conducted ethically, adhering to institutional, national, and international guidelines, including the 1975 Helsinki Declaration (revised in 2008). The study was approved by the Ethics Committee of the Ibn Sina Infertility Center.

Participants were categorized into four distinct phenotypes based on the presence or absence of hyperandrogenism/hirsutism, oligo/anovulation, and polycystic ovarian morphology: Phenotype A (hyperandrogenism/hirsutism, oligo/anovulation, and polycystic ovaries), Phenotype B (hyperandrogenism/hirsutism and oligo/anovulation), Phenotype C (hyperandrogenism/hirsutism and polycystic ovaries), and Phenotype D (oligo/anovulation and polycystic ovaries).

Individuals with pre-existing conditions such as Cushing's syndrome, thyroid disorders, androgen-secreting tumors, parathyroid disorders, chronic kidney disease, or those who had recently undergone hormonal treatments or used medications with potential insulin resistance-inducing effects were excluded from the study.

Biochemical analysis

Blood samples were collected from participants after a 12-hour fast, adhering to strict aseptic techniques to prevent contamination. The collected samples were promptly processed and

stored at -80°C to preserve their integrity for subsequent analysis. Thyroid function was assessed using ELISA kits to measure levels of T4, TSH, and anti-TPO antibodies.

Statistics

Statistical analyses were performed using IBM SPSS Statistics for Windows, Version 25.0. The Shapiro-Wilk test was employed to determine the normality of the data distribution. For normally distributed data, analysis of variance (ANOVA) was used, followed by post-hoc Bonferroni comparisons. Pearson's and Spearman's correlation analyses were used to evaluate the correlation between T4 levels and other variables. Statistical significance was set at a p-value of less than 0.05.

RESULTS

As shown in Table 1, there were no significant differences in age and BMI among the various PCOS phenotypes. Our findings revealed no significant differences in T4, anti-TPO, and TSH levels among the various PCOS phenotypes. However, a notable inverse correlation was observed between T4 and TSH levels specifically within Phenotype A ($p < 0.01$) (Table 2).

Table 1. Clinical characteristics of the study population.					
Variables	PCOS phenotypes (n = 106)				P-value
	A(n = 48)	B (n = 4)	C (n = 48)	D (n = 6)	
Age (years)	30±4.1	28.5±5.8	30.1±3.6	27.5±4.7	NS
BMI (kg/m ²)	26.3± 3.8	24.9±3.7	25.6± 3.3	24.1 ± 3.4	NS
T4 (µg/dl)	1.2±0.18	4.3±5.4	1.7 ± 2.3	1.3±0.2	NS
TSH (mIU/L)	2.7±2	1.7±0.6	2.4±1.8	2.5±1.1	NS
Anti TPO (mIU/L)	61.2±255	88.6±154.9	47.8± 110	30.2±35.1	NS

* $p < 0.05$; ** $p < 0.01$.

Table 2. Association between level of T4 and Age, BMI, TSH and anti-TPO parameters in different phenotypes of PCOS.

Parameters	T4 (µg/dl)			
	Phenotype-A	Phenotype-B	Phenotype-C	Phenotype-D
Age (year)	0.006	0.495	-0.076	-0.389
BMI (kg/m ²)	-0.010	-0.063	0.188	-0.486
TSH (mIU/L)	-0.388**	0.184	-0.083	-0.682
Anti TPO (mIU/L)	-0.102	-0.287	-0.003	-0.545

DISCUSSION

PCOS and thyroid disorders are two endocrine conditions that may co-occur in women and exacerbate each other. Women with PCOS are more likely to develop thyroid diseases (Anaforoğlu et al., 2011). Recently, a study found that PCOS patients have a 2.5 times higher risk of thyroid disorders compared to those without the condition (Glintborg, Rubin, Nybo, Abrahamsen, & Andersen, 2019).

To date, no study has examined the relationship between thyroid function and PCOS phenotype. In this study we investigated the potential association between thyroid function and the four distinct PCOS phenotypes. While other studies have reported increased prevalence of hypothyroidism, hyperthyroidism and autoimmune thyroiditis in PCOS (Abdelsalam & Ibrahim, 2015; Benetti-Pinto et al., 2013; Garelli et al., 2013; Zhao et al., 2024), our study did not find significant differences in overall thyroid hormone levels across different phenotypes. This discrepancy may be attributed to differences in study populations, race and ethnicity.

While our findings did not reveal significant differences in T4, anti-TPO, and TSH levels across the various phenotypes, an interesting observation emerged: a significant inverse correlation between T4 and TSH levels within phenotype A. Phenotype A, characterized by hyperandrogenism, oligo-anovulation, and polycystic ovaries, presents a complex phenotype where multiple hormonal disturbances coexist. The inverse relationship between T4 and TSH levels in phenotype A suggests a potential interplay between the hypothalamic-pituitary-thyroid axis and the hypothalamic-pituitary-ovarian axis in this specific PCOS subgroup. While the exact mechanisms underlying this correlation remain unclear, it is possible that dysregulation of the hypothalamic-pituitary-thyroid axis may contribute to the development or exacerbation of PCOS symptoms in women with Phenotype A.

Several limitations of this study should be acknowledged. The relatively small sample size and the cross-sectional design limit the generalizability of our findings. Additionally, the study did not assess the impact of other factors, such as lifestyle factors and genetic variations, which may influence both PCOS and thyroid function.

Future studies with larger sample sizes and longitudinal designs are needed to further explore the relationship between thyroid function and PCOS phenotypes. These studies could investigate the long-term consequences of thyroid dysfunction on PCOS progression and fertility outcomes. Furthermore, prospective studies could examine the potential benefits of early identification and treatment of thyroid dysfunction in women with PCOS.

CONCLUSION

In conclusion, this study found no significant differences in T4, anti-TPO, and TSH levels among the various PCOS phenotypes, suggesting that thyroid function may not vary significantly across phenotypic presentations of PCOS. However, the observed inverse correlation between T4 and TSH levels in phenotype A highlights a possible unique thyroid interaction within this phenotype. These findings suggest that while thyroid dysfunction may not be broadly associated with PCOS phenotypic variation, phenotype-specific patterns may still exist, warranting further investigation to clarify their clinical relevance.

REFERENCES

- Abdelsalam, K. E. A., & Ibrahim, W. (2015). Relationship between TSH, T4, T3 and Prolactin in overweight and lean Sudanese PCOS Patients. *International Journal of Biomedical Research*, 6(2), 108-112.
- Anaforoğlu, İ., Topbas, M., & Algun, E. (2011). Relative associations of polycystic ovarian syndrome vs metabolic syndrome with thyroid function, volume, nodularity and autoimmunity. *Journal of endocrinological investigation*, 34, e259-e264.
- Benetti-Pinto, C. L., Piccolo, V. R. S. B., Garmes, H. M., & Juliato, C. R. T. (2013). Subclinical hypothyroidism in young women with polycystic ovary syndrome: an analysis of clinical, hormonal, and metabolic parameters. *Fertility and sterility*, 99(2), 588-592.
- Carmina, E., & Lobo, R. A. (1999). Polycystic ovary syndrome (PCOS): arguably the most common endocrinopathy is associated with significant morbidity in women. *The journal of clinical endocrinology & metabolism*, 84(6), 1897-1899.
- Fan, H., Ren, Q., Sheng, Z., Deng, G., & Li, L. (2023). The role of the thyroid in polycystic ovary syndrome. *Frontiers in Endocrinology*, 14, 1242050.
- Feldt-Rasmussen, U., Effraimidis, G., & Klohe, M. (2021). The hypothalamus-pituitary-thyroid (HPT)-axis and its role in physiology and pathophysiology of other hypothalamus-pituitary functions. *Molecular and Cellular Endocrinology*, 525, 111173.
- Franks, S. (1995). Polycystic ovary syndrome. *New England Journal of Medicine*, 333(13), 853-861.
- Garelli, S., Masiero, S., Plebani, M., Chen, S., Furmaniak, J., Armanini, D., & Betterle, C. (2013). High prevalence of chronic thyroiditis in patients with polycystic ovary syndrome. *European Journal of Obstetrics & Gynecology and Reproductive Biology*, 169(2), 248-251.
- Glintborg, D., Rubin, K. H., Nybo, M., Abrahamsen, B., & Andersen, M. (2019). Increased risk of thyroid disease in Danish women with polycystic ovary syndrome: a cohort study. *Endocrine connections*, 8(10), 1405-1415.
- Hull, M. (1987). Epidemiology of infertility and polycystic ovarian disease: endocrinological and demographic studies. *Gynecological endocrinology*, 1(3), 235-245.
- Sachdeva, G., Gainder, S., Suri, V., Sachdeva, N., & Chopra, S. (2019). Comparison of the different PCOS phenotypes based on clinical metabolic, and hormonal profile, and their response to clomiphene. *Indian journal of endocrinology and metabolism*, 23(3), 326-331.
- Zhao, Z., Gao, Y., Pei, X., Wang, W., Wang, R., & Zhang, H. (2024). Thyroid function and polycystic ovary syndrome: a Mendelian randomization study. *Frontiers in Endocrinology*, 15, 1364157.

KÜRESEL AVOKADO PAZARI VE TÜRKİYE'NİN ROLÜ

Doç. Dr. Alamettin BAYAV (Orcid ID: 0000-0002-8093-2988)

Isparta University of Applied Sciences, Faculty of Agriculture, Department of Agricultural
Economics, Isparta-Türkiye

E-mail: alamettinbayav@hotmail.com (Responsible Author)

Dr. Öğr. Üyesi Ahmet ASLAN (Orcid ID: 0000-0002-0003-2358)

Malatya Turgut Özal University, Faculty of Agriculture, Department of Agricultural
Economics, Malatya-Türkiye

E-mail: ahmet.aslan@ozal.edu.tr

Özet

Çalışmada son yıllarda üretim ve ticareti önemli derecede artan avokadonun küresel boyutta değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda ikincil verilerden hareketle avokado üretim, ticaret ve fiyat verileri incelenmiş, Türkiye'nin bu sektördeki yeri ortaya koyulmuştur. Verilere göre 2022 yılı dünya avokado üretimi dokuz milyon ton olmuştur. Meksika, Kolombiya ve Peru küresel avokado üretiminin büyük bir kısmını elinde bulundururken, Türkiye bu üretimde nispeten daha düşük bir paya sahiptir. Ancak, Türkiye'nin avokado üretimi her geçen yıl artış göstermektedir. Avokado yetiştiriciliği, Türkiye'nin iklim yapısının sınırlı olduğu bölgelerinde yapılabilmektedir, bu nedenle üretim alanlarının genişletilmesi ve verimlilik artışı öncelikli konular olarak değerlendirilmektedir. Ayrıca avokadonun tanıtılması ve tüketilmesi ile ilgili çalışmalar da önemsenmelidir. Bunun yanı sıra, avokadonun sağlık üzerindeki olumlu etkilerinin daha geniş kitlelere tanıtılması, talep artışını sürdürülebilir kılacak ve pazarın daha da büyümesini sağlayacaktır. Yapılan fiyat analizleri avokado fiyatının son yıllarda artış eğiliminde olduğunu göstermiştir. Ancak fiyat dalgalanmalarının yüksek olduğu gözlemlenmiştir, bu da üreticiler ve tüketiciler için belirsizliğin ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Türkiye küresel avokado üretim ve ticaretinde ön sıralarda yer alabilecek potansiyele sahip olmakla birlikte, bu potansiyeli harekete geçirecek doğru politikaların uygulanması gerekmektedir.

Anahtar Kelimeler: Fiyat analizi, Mevsimsel dalgalanma, Avokado, Fonksiyonel gıda.

GLOBAL AVOCADO MARKET AND TÜRKİYE'S ROLE

Abstract

The aim of this study is the evaluation of avocados, whose production and trade have been increasing significantly in recent years, from a global perspective. For this purpose, avocado production, trade, and price data have been analyzed based on secondary data and Türkiye's place in this sector has been laid out. According to the data, the world avocado production was nine million tons in 2022. While Mexico, Colombia, and Peru had a large share of the world's avocado production, Türkiye had a relatively small share of this production. However, Türkiye's avocado production is increasing every year. Avocado cultivation can be carried out in regions of Türkiye with limited climatic structure, therefore expanding the production areas and increasing productivity are considered priority issues. In addition, studies on the promotion and consumption of avocados should also be prioritized. Furthermore, promoting the positive health effects of avocados to a wider audience will make the increase in demand sustainable and enable the market to grow further. Price analysis has shown that the price of avocados has been on an upward trend in recent years. However, price volatility has been observed to be high, creating uncertainty for producers and consumers. Türkiye has the potential to be at the forefront of global avocado production and trade, but appropriate policies need to be implemented to prompt this potential.

Keywords: Price analysis, Seasonal fluctuation, Avocado, Functional food.

Giriş

Avokado (*Persea americana* Mill.), yalnızca eşsiz lezzeti ve mutfaktaki çok yönlülüğü nedeniyle değil, aynı zamanda kapsamlı sağlık yararları ve ekonomik önemi nedeniyle de küresel pazarlarda önemli bir meyve ve fonksiyonel bir gıda olarak ortaya çıkmıştır (Bayram vd., 2006; Bayram, 2022). Avokadoya yönelik artan talep, sağlığa faydaları konusunda artan farkındalık, bitki temelli diyetlerin popülerliği ve besin değerini vurgulayan etkili pazarlama stratejileri gibi çeşitli faktörlere bağlanabilir (Ohlau vd., 2023). Fakat avokadonun popüleritesi çoğunlukla zengin besin profilinden kaynaklanmaktadır. Sağlıklı tekli doymamış yağlar, özellikle de kalp sağlığı için faydalı olan oleik asit bakımından zengindir. Diyet lifi, potasyum, E ve C vitaminleri ve genel sağlığa katkıda bulunan çeşitli fitokimyasallar gibi temel besinleri sağlar (Dreher & Davenport, 2013).

Avokadonun yukarıda sayılan faydaları avokado endüstrisinin hızlı bir büyüme yaşamasına neden olmuş ve küresel üretim dokuz milyon tona yaklaşmıştır. Endüstrinin sunduğu ekonomik fırsatlar, özellikle artan pazar taleplerinin ve yükselen fiyatların avokado üretim alanlarının sürekli genişlemesini teşvik etmektedir. Ancak avokado yetiştiriciliğini sınırlayan en büyük unsur iklimdir. Avokado son yıllarda yetiştirilme imkanı olan iklimlerde önemli bir alternatif ürün olarak öne çıkmaktadır.

Tarımsal ürünlerde fiyat analizi oldukça önemli olup, özellikle çiftçiler, tüccarlar ve politika yapıcılar dahil olmak üzere çeşitli paydaşların bilinçli kararlar alması ve kaynak tahsisini optimize etmesi açısından önemi daha da artmaktadır. Gül vd. (2009), tarımsal ürün fiyat analizlerinin üreticiler için önemine vurgu yapmış, çiftçilerin kısa, orta ve uzun vadede girdi temin etmeleri ve üretimlerini planlamaları açısından önemli olduğunu bildirmiştir.

Tarım ürünlerinin arz ve talep elastikiyetinin düşük olması, arz ve talepteki küçük değişmelere karşın fiyatlarında önemli derecede dalgalanma yaşanmasına neden olmaktadır. Ayrıca tarımsal ürün fiyatları üretim mevsimlerinde düşük, üretim maliyetlerinin yüksekliği nedeniyle mevsimi dışında yüksek seyretmektedir. Tarımsal ürün fiyat dalgalanmaları beraberinde üreticilerin gelirlerinde istikrarsızlığa neden olmaktadır. Goodman ve Thibodeau (1998) tarım piyasalarında fiyat dalgalanmalarının normal bir özellik olduğunu ve birçok faktörün tarımsal ürün fiyatını etkilediğini bildirmiştir.

Türkiye ve dünyada tarımsal ürünlerde fiyat analiziyle ilgili çok sayıda çalışma yapılmıştır (Akpınar ve Gül, 1998; Demirtaş ve Erkan, 2002; Tsowou ve Gayi, 2019; Bayav vd., 2023; Shoffiyati vd., 2023). Yapılan literatür taramasında avokadoya yönelik bir fiyat analizinin yapılmamış olması bu çalışmanın ortaya çıkmasının en büyük nedenidir.

Bu çalışmada dünya avokado endüstrisi ele alınmış, Türkiye'nin sektördeki yeri değerlendirilmiş, Türkiye için fiyat analizleri yapılmıştır.

Materyal ve Metot

Çalışmada Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK), Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) ve Uluslararası Ticaret Merkezi (ITC) veri tabanlarından elde edilen veriler kullanılmıştır. Avokadoya ait üretim, ticaret ve fiyat yapısı değerlendirilmiştir. Avokado fiyat analizleri için 18 yıllık (2006-2023) veriler, cari fiyatların reel fiyatlara dönüştürülmesinde ise Türkiye

İstatistik Kurumu tarafından yayınlanan 2003=100 bazlı tüketici fiyat endeksi (TÜFE) kullanılmıştır. Verilere ait basit indeksler hesaplanmış ve değişimler yorumlanmıştır. Fiyatların mevsimsel dalgalanmalarının belirlenmesinde basit oran yöntemi kullanılmıştır (Güneş ve Arıkan, 1988). Ayrıca avokado fiyatlarının zaman içindeki değişimi muz fiyatları ile karşılaştırılarak değerlendirilmiştir.

Araştırma Bulguları ve Tartışma **Üretim ve Alan**

Avokadoya ait üretim miktar, pay ve değişimleri Çizelge 1’de verilmiştir. FAO verileri avokado üretiminde Meksika’nın açık ara lider olduğunu ve üretimin 71 ülkede gerçekleştirildiğini göstermektedir. Meksika, 8.978.275 ton olan dünya üretiminden %28,17’lik pay alarak en fazla üretimin gerçekleştirildiği ülkedir. Meksika’yı %12,15’lik payla Kolombiya, %9,65’lik payla Peru, %8,21’lik payla Dominik Cumhuriyeti ve %5,11’lik payla Kenya takip etmektedir. Avokado üretiminde önde gelen ilk on ülkelerin dünya üretiminden aldığı pay %77,54 olmuştur. Türkiye 40.181 tonluk üretimiyle dünyada 27. sırada yer almıştır. Yapılan hesaplamalar dünya avokado üretiminin son 20 yılda %188,53 arttığını göstermiştir. Bu artışın yarısından fazlası Meksika, Kolombiya ve Peru’daki üretim artışından kaynaklanmıştır. Türkiye her geçen yıl üretimini artırmakta, ancak iç talebi karşılayamamaktadır.

Çizelge 1. Avokado üretiminde lider ülkelerin ve Türkiye’nin üretim miktar ve payları

Ülke	Üretim Miktarı (ton)			Pay (%)	Değişim (%)*
	2003	2012	2022		
Meksika	905.000	1.316.104	2.529.581	28,17	179,51
Kolombiya	163.177	255.384	1.090.664	12,15	568,39
Peru	99.975	268.525	866.457	9,65	766,67
Dominik Cumhuriyeti	273.606	290.011	737.201	8,21	169,44
Kenya	70.948	166.948	458.439	5,11	546,16
Endonezya	255.959	294.200	389.000	4,33	51,98
Brezilya	156.661	159.903	338.238	3,77	115,90
Vietnam	--	--	210.595	2,35	--
Haiti	51.000	80.230	173.507	1,93	240,21
Şili	140.000	160.000	168.010	1,87	20,01
ABD	211.737	238.495	142.340	1,59	-32,78
Türkiye	370	1.463	40.181	0,45	10.759,73
Diğer Ülkeler	783.321	1.079.473	1.834.063	20,43	134,14
Dünya	3.111.754	4.310.736	8.978.275	100,00	188,53

Kaynak: FAO, 2024.

* 2003 yılına göre 2022 yılındaki değişimi ifade etmektedir.

Subtropik bir meyve türü olan avokado sınırlı bölgelerde yetiştirilebiliyor olması nedeniyle geniş alanlara yayılamamıştır. Avokado 2022 yılı itibariyle 884.035 hektarlık alanda yetiştirilmektedir. Meksika, Kolombiya, Peru, Dominik Cumhuriyeti ve Şili en fazla üretim alanına sahip ülkelerdir. Türkiye’de 3.619 hektarda yetiştiriciliği yapılmaktadır. Son 20 yıllık veriler değerlendirildiğinde dünyada avokado yetiştiriciliği yapılan alanlarda %158,77’lik bir artış söz konusudur (Çizelge 2).

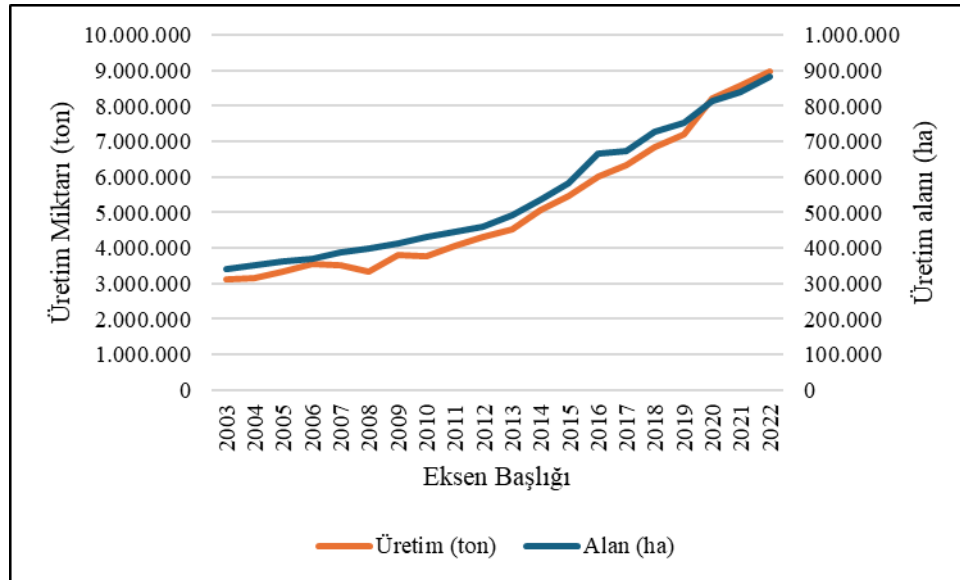
Çizelge 2. Avokado üretiminde lider ülkelerin ve Türkiye'nin üretim alanları ve payları

Ülke	Üretim Alanı (ha)			Pay (%)	Değişim (%)*
	2003	2012	2022		
Meksika	95.399	130.308	234.821	26,56	146,15
Kolombiya	15.540	27.705	110.183	12,46	609,03
Peru	11.163	21.615	70.545	7,98	531,95
Dominik Cumhuriyeti	6.578	11.184	39.581	4,48	501,72
Kenya	5.099	11.021	27.806	3,15	445,32
Endonezya	17.338	20.989	29.167	3,30	68,23
Brezilya	10.053	9.568	19.415	2,20	93,13
Vietnam			16.800	1,90	
Haiti	8.413	14.000	30.075	3,40	257,48
Şili	23.800	36.386	32.387	3,66	36,08
ABD	27.074	25.000	20.935	2,37	-22,67
Türkiye	60	183	3.619	0,41	5931,67
Diğer Ülkeler	121.119	152.210	248.701	28,13	105,34
Dünya	341.636	460.169	884.035	100,00	158,77

Kaynak: FAO, 2024.

* 2003 yılına göre 2022 yılındaki değişimi ifade etmektedir.

Şekil 1'de 2003-2022 yıllarında dünya avokado üretim miktarı ve üretim alanları verilmiştir. Dünya avokado üretim ve alanları sürekli bir artış eğilimindedir.



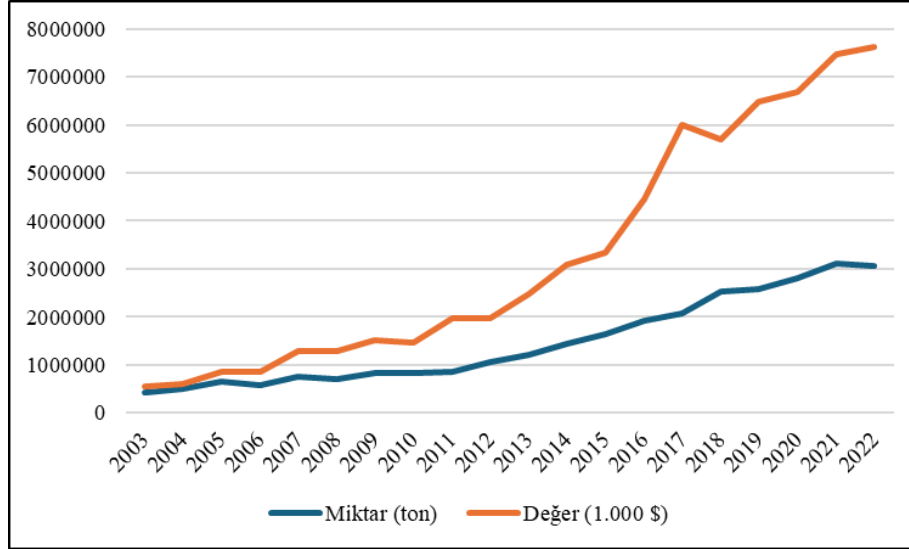
Şekil 1. Dünya avokado üretim miktarı ve üretim alanı

Uluslararası Ticaret

Son 20 yıllık süreç dikkate alındığında ticarete konu olan avokado oranı sürekli artış eğilimindedir. 2003 yılında üretilen avokadonun %13'ü ticarete konu olurken, 2022 yılında bu

oran %34'de çıkmıştır. Bu oranın artmasındaki en önemli neden insanların sağlıklı beslenme eğilimidir.

Dünya avokado ihracat miktar ve değerleri Şekil 2'de verilmiştir. Şekil 2 incelendiğinde ihracata konu olan miktarın sürekli bir artış eğiliminde olduğu görülmektedir.



Şekil 2. Dünya avokado ihracat miktarı ve değerleri

Transit ticaret (reexport) yapan ülkeler hariç tutulduğunda, üretimde söz sahibi ülkeler ihracatta da söz sahibidir. Meksika küresel avokado ihracatından yaklaşık %34'lük pay almaktadır (Çizelge 3). Peru en fazla ihracatı yapan ikinci ülke konumunda olmakla beraber, ihracatın üretime oranı en fazla olan ülkedir. Peru'da ihracatın üretime oranı %67,31, Şili'de 64,95 ve Meksika'da %41,18 gerçekleşmiştir. Türkiye son yıllarda ihracatını önemli miktarlarda artırmış olmasına rağmen hala mutlak ithalatçı ülke konumundadır. Türkiye dünya ihracatından %0,12'lik pay alırken, ihracatın üretime oranı %9,5'tir. Türkiye 2022 yılında 36 farklı ülkeye ihracat gerçekleştirmiştir. İhracatının %56,5'ini Rusya Federasyonu'na yapmıştır (ITC, 2024).

Çizelge 3. Dünya avokado ihracatında önemli ülkelerin ihracat miktar ve değerleri

Ülke	İhracat (ton)	Aldığı Pay (%)	İhracat (1.000 \$)	Aldığı Pay (%)
Meksika	1.041.787	34,01	3.495.161	45,91
Peru	583.215	19,04	894.272	11,75
Hollanda	417.770	13,64	1.134.828	14,91
İspanya	149.917	4,89	415.183	5,45
Şili	109.121	3,56	226.394	2,97
Kenya	103.240	3,37	127.494	1,67
Kolombiya	98.595	3,22	179.263	2,35
Güney Afrika	62.984	2,06	117.742	1,55
Dominik Cumhuriyeti	57.605	1,88	79.968	1,05
ABD	49.332	1,61	149.709	1,97
Türkiye	3.798	0,12	5.929	0,08
Dünya	3.062.960	100,00	7.613.340	100,00

Kaynak: FAO, 2024.

Dünya avokado ithalatında önemli ülkelere ait ithalat miktar ve değerleri Çizelge 4'te sunulmuştur. ABD küresel ithalatın %36,54'ünü tek başına gerçekleştirmektedir. Türkiye 2022 yılında ithal ettiği avokadonun %85'ini Kenya'dan almıştır. Çok az miktarlarda da Tanzanya, Peru ve Kolombiya'dan ithalat yapmaktadır. Rusya Federasyonu önemli ithalatçı ülkelerden biridir. Türkiye'nin Rusya Federasyonu'ndan aldığı pay %4'tür.

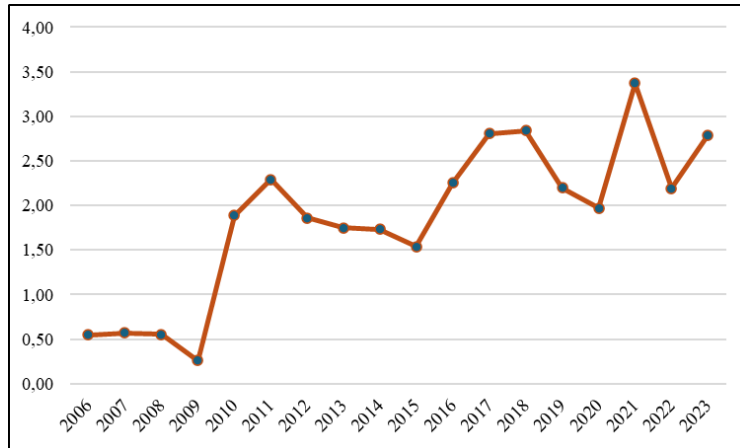
Çizelge 4. Dünya avokado ithalatında önemli ülkelerin ithalat miktar ve değerleri

Ülke	İthalat (ton)	Aldığı Pay (%)	İthalat (1.000 \$)	Aldığı Pay (%)
ABD	1.132.800	36,54	3.380.386	40,85
Hollanda	462.400	14,92	1.210.872	14,63
İspanya	208.577	6,73	425.533	5,14
Fransa	200.737	6,48	532.082	6,43
Almanya	127.357	4,11	368.186	4,45
Birleşik Krallık	115.914	3,74	260.032	3,14
Kanada	98.512	3,18	270.106	3,26
Şili	59.672	1,92	69.898	0,84
Rusya Federasyonu	52.881	1,71	126.893	1,53
Japonya	50.574	1,63	158.233	1,91
Türkiye	7.337	0,24	6.389	0,08
Dünya	3.100.008	100,00	8.275.613	100,00

Kaynak: FAO, 2024.

Fiyat Analizleri

Türkiye 2006-2023 yılları arasındaki avokado ve muz fiyatları arasındaki parite Şekil 3'te verilmiştir. Yıllara göre parite değerleri önemli değişiklikler göstermiştir. 2006 yılında 1 kg avokado ile 0,55 kg muz alınabiliyorken, incelenen süreçte parite en düşük değerine 2009 yılında 1 kg avokado ile 0,26 kg muz alınmasıyla ulaşmıştır. Bu yıldan sonra parite avokado lehine dönmüş, 2021 yılına geldiğinde 1 kg avokado ile 3,37 kg muz alınabilir olması incelenen dönemin en yüksek değeri olarak hesaplanmıştır. 2023 verileri ile yapılan hesaplama paritenin 2,79 olduğunu göstermiştir. Başlangıç yıllarında muz avokadoya göre daha değerli bir ürün iken ilerleyen yıllarda roller değişmiş avokado muz karşısında değer kazanmıştır.



Şekil 3. Türkiye'de 2006-2023 dönemi avokado-muz fiyatı paritesi

Avokado reel fiyatları Çizelge 5’te verilmiştir. Reel fiyatlar incelendiğinde istisnaları olmakla birlikte, fiyatların genel olarak bir artış eğiliminde olduğunu söylemek gerekir. Reel fiyatlar en düşük seviyesine 2009 yılında 0,46 TL/kg ile, en yüksek fiyatına 3,11 TL/kg ile 2021 yılında ulaşmıştır. 2006 yılına göre 2023 yılında avokado reel fiyatları yaklaşık %130 artmıştır.

Çizelge 5. Yıllara göre avokado reel fiyatlarındaki gelişmeler

Yıllar	Reel Fiyat (TL/kg)	İndeks
2006	1,32	100,00
2007	1,23	93,03
2008	1,16	88,15
2009	0,46	34,57
2010	1,73	130,76
2011	1,99	150,72
2012	1,54	116,45
2013	1,25	94,70
2014	1,40	105,78
2015	1,21	91,55
2016	1,56	117,85
2017	2,16	163,30
2018	2,32	175,41
2019	2,12	160,63
2020	1,98	149,67
2021	3,11	235,60
2022	2,95	223,06
2023	3,04	230,54

Çizelge 6 avokado reel fiyatlarının mevsimsel dalgalanmalarını göstermektedir. Reel fiyatlar 1,86 TL/kg ile en düşük seviyesine Temmuz ayında, 2,49 TL/kg ile en yüksek seviyesine Nisan ayında ulaşmıştır. Aylık fiyatlar için hesaplanan varyasyon katsayısının yüksekliği dikkat çekicidir. Varyasyon katsayısının yüksekliği yıllara göre aynı aydaki fiyatların heterojen bir yapıda olduğunu göstermektedir.

Çizelge 6. Avokado reel fiyatlarında mevsimsel dalgalanmalar

Aylar	Reel Fiyat (TL/kg)	Varyasyon Katsayısı	Mevsimsel İndeks
Ocak	2,04	58,34	95,65
Şubat	2,22	58,92	103,98
Mart	2,32	62,17	108,76
Nisan	2,49	67,73	116,67
Mayıs	1,90	43,43	89,02
Haziran	1,93	43,83	90,57
Temmuz	1,86	43,68	87,28
Ağustos	2,12	46,81	99,30
Eylül	2,44	62,04	114,26
Ekim	2,20	58,00	103,00
Kasım	2,06	55,58	96,33
Aralık	2,03	57,74	95,18

Sonuç ve Öneriler

Bu çalışma ile son yıllarda gerek besin içeriği, gerekse insan sağlığına olumlu etkisinin duyulmasıyla küresel talep artışı yaşanan avokadonun Türkiye merkezli değerlendirilmesi yapılmıştır.

Avokado endüstrisi son yıllarda önemli gelişmeler kaydetmiş küresel üretimi dokuz milyon tona yaklaşmıştır. Avokado üretimi, dünya genelinde en fazla Latin Amerika ülkelerinde yoğunlaşmışken, Türkiye'nin üretim payı küresel ölçekte oldukça düşüktür. Meksika, ABD pazarından en büyük payı alan, üretim ve ihracatta lider ülke konumundadır. Türkiye son yıllarda üretimini önemli derecede artırmış olmasına rağmen iç talebi karşılayamamaktadır. Avokado yetiştiriciliği için Ege ve Akdeniz kıyı şeridi uygun iklim koşullarıyla Türkiye'ye avantaj sağlasa da, Türkiye bu avantajını yeterince kullanamamıştır. Her ne kadar yetiştiricilik konusunda yapılan Ar-Ge çalışmalarının geçmişi 1980'li yıllara dayansa da çalışmaların üreticiye yansması yakın zamanda gerçekleşmiştir. Er vd. (2023) Türkiye'de avokadoya talebin düşük olmasının en önemli nedeninin tüketiminin bilinmemesi ve fiyatın yüksek seyretmesinden kaynaklandığı şeklinde ifade etmiştir. Buradan hareketle üretim ve tüketim konularında gerekli yayım ve bilgilendirme çalışmalarının yapılması Türkiye'nin potansiyelini kullanması açısından önemli görülmektedir.

Küresel avokado ticareti incelendiğinde, ihracatın yıllara göre arttığı, 2022 yılında üretimin yaklaşık 1/3'ünün ihracata konu olduğu belirlenmiştir. Türkiye ise son yıllarda ihracatını artırmakla birlikte, hala net ithalatçı konumundadır. Rusya Federasyonu Türkiye'nin en büyük ihracat pazarı olarak göze çarpmaktadır. Türkiye ithal ettiği avokadonun %85'ini Kenya'dan temin etmiştir. Türkiye'nin ithalatçı konumundan ihracatçı konumuna geçebilmesi için avokado üretiminin artırılmasına ve ihracat kapasitesinin geliştirilmesine yönelik stratejiler benimsenmelidir. Türkiye'nin avokado ihracat potansiyelinin artırılması, daha fazla uluslararası pazara girmesi ile mümkün olacaktır. Avokado, henüz dünya genelinde yaygın olarak bilinen bir tür değildir ve bu açıdan değerlendirildiğinde Türkiye'nin tanıtım çalışmaları ve markalaşma stratejileri oldukça önemlidir. Ürün, yalnızca iç pazarla sınırlı kalmamalı, Orta Doğu, Avrupa ve Asya pazarlarına yönelik ihracat teşvik edilmelidir.

Yapılan fiyat analizleri avokado fiyatlarının önemli dalgalanmalar gösterdiğini ortaya koymuştur. 2023 yılında 2006 yılına göre reel fiyatlar %130 artış göstermiştir. Mevsimsel fiyat dalgalanmalarının etkisini azaltmak için depolama ve soğuk zincir taşıma olanaklarının artırılması ve iyileştirilmesi gerekmektedir. Türkiye’de avokado ve muz fiyatları karşılaştırıldığında avokado fiyatlarının son yıllarda daha avantajlı konuma geldiği belirlenmiştir. Bu durum avokado üretiminin alternatif bir gelir kaynağı olarak öne çıktığının bir göstergesidir.

Türkiye’de avokado üretiminin artırılması öncelikle tüketicilerin avokado meyvesini tanınması ve nasıl tüketeceğini bilmesi ve en önemlisi fiyatının tüketici bütçesine uygun olmasıyla doğrudan bağlantılıdır. Bunun yanında tüm tarımsal ürünlerde olduğu gibi avokadoda da Ar-Ge çalışmalarına ve çiftçilere yönelik eğitim çalışmalarına yer verilmesi üretimin artırılmasına önemli katkılar sunacaktır. Ayrıca Tarım ve Orman Bakanlığı tarafından uygulamaya geçilen üretim planlaması çerçevesinde avokado üretim ve ihracatının artırılmasına yönelik argümanların devreye sokulması önemli konular olarak değerlendirilmektedir.

Sonuç olarak Türkiye yeteli potansiyele sahip olmasına rağmen, küresel avokado pazarında arzu edilen seviyede değildir. Türkiye’nin bu sektörde hak ettiği yerde olması uygulanacak doğru strateji ve planlamalarla sağlanabilir.

Kaynaklar

- Akpınar, M. G., Gül, M., 1998. Adana ilinde kütlü pamuk fiyatlarındaki gelişmeler ve mevsimsel dalgalanmalar. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen ve Mühendislik Dergisi, 2(1), 100-107.
- Bayav, A., Gül, M., Gündüz, O. (2023). Türkiye’de Kırmızı Et Fiyatlarındaki Değişim ve Pazarlama Marjı. International Conference On Global Practice of Multidisciplinary Scientific Studies-IV. 28-30 Nisan 2023, KKTC. Conference Proceedings Book, 586-597.
- Bayram, S., Arslan, M., Turgutoğlu, E. (2006). Türkiye’de Avokado Yetiştiriciliğinin Gelişimi, Önemi ve Önerilen Bazı Çeşitler. Derim, 23(2), 1-13.
- Bayram, S. (2022). Avokado Yetiştiriciliği. Tarım ve Orman Bakanlığı, Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları, Teknik Bilgiler. <https://arastirma.tarimorman.gov.tr/batem/Belgeler/Kutuphane/Teknik%20Bilgiler/Avokado%20Yetistirciligi.pdf>
- Demirtaş, B., Erkan, O., 2002. Mersin İlinde 1988-1997 Dönemi Domates Fiyatları Analizi. Alatarım, 1(2), 17-22.
- Dreher, M. L. and Davenport, A. J. (2013). Hass avocado composition and potential health effects. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 53(7), 738-750. <https://doi.org/10.1080/10408398.2011.556759>
- Er, S., Dokuzlu, S., & Karimi, A. (2023). Türkiye’de Avokado Üretimi ve Dış Ticareti. Tarım Ekonomisi Araştırmaları Dergisi, 9(1), 81-95.
- FAO, 2024. Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü. <http://www.fao.org/faostat/en/#data>
- Goodman, A. C., Thibodeau, T. G., 1998. Housing Market Segmentation, Journal of Housing Economics, 7(2), 121-143. <https://doi.org/10.1006/jhec.1998.0229>
- Gül, M., Dağistan, E., Demirtaş, B., Yılmaz, H., Karataş, A., Yılmaz, Y., 2009. Antalya ilinde bazı sebze fiyatlarındaki gelişmeler ve mevsimsel dalgalanmalar. Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 14(2), 57-68.
- Güneş, T., Arıkan, R., 1988. Tarım Ekonomisi İstatistiği, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Yayın No: 1049, Ankara Üniversitesi Basımevi, Ankara.
- ITC, 2024. International Trade Centre, Trade Map. <https://www.trademap.org/Index.aspx>
- Ohlau, M., Huning, S. C., & Spiller, A. (2023). Sustainable choices of plant-based (‘super’) foods: examining the consumption patterns of german consumers on avocados. Frontiers in Nutrition, 10. <https://doi.org/10.3389/fnut.2023.1187626>
- Shoffiyati, P., Noer, M., Syahni, R., & Asrinaldi (2023). Cocoa agro-industry development through the role of actors in supply chain in west sumatra. International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology, 13(5), 1749-1755. <https://doi.org/10.18517/ijaseit.13.5.19150>
- Tsowou, K. and Gayi, S. K. (2019). Trade reforms and integration of cocoa farmers into world markets: evidence from african and non-african countries. Journal of African Trade, 6(1-2), 16. <https://doi.org/10.2991/jat.k.190916.001>

**KARABUĞDAYIN FONKSİYONEL GIDA ÜRETİMİNDEKİ YERİ:
ALTERNATİF BİR TARLA BİTKİSİ OLARAK DEĞERLENDİRİLMESİ**

Yüksek Ziraat Müh. Rufayi KARATAŞ

Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Erzurum-Türkiye
Email: rufayik.1@gmail.com (Sorumlu Yazar)

Dr. Öğr. Üyesi Sipan SOYSAL (ORCID: 0000-0002-0840-6609)

Siirt Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Siirt-Türkiye
Email: sipansoyal@siirt.edu.tr

Dr. Öğr. Üyesi Fatih DEMİREL (ORCID: 0000-0002-6846-8422)

Iğdır Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Biyoteknoloji Bölümü, Iğdır-Türkiye
Email: fatih.demirel@igdir.edu.tr

Doç. Dr. Abdurrahim YILMAZ (ORCID: 0000-0001-9991-1792)

Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Bolu-Türkiye
Email: abdurrahimyilmaz@ibu.edu.tr

Özet

Karabuğday (*Fagopyrum esculentum*), üstün besin değeri, sağlık yararları ve çeşitli çevresel koşullara uyum kabiliyeti sayesinde önemli bir alternatif tarla bitkisi olarak öne çıkmaktadır. Glütensiz bir yalancı tahıl olarak karabuğday, çölyak hastaları ve glüten intoleransı olan bireyler için temel bir gıda kaynağıdır. Karabuğday, protein, lif, vitamin ve mineraller açısından zengin bir içeriğe sahiptir; özellikle rutin flavonoidi, kardiyovasküler sağlığı destekleyen etkileri ile dikkat çekmektedir. Karabuğdayın ekmek ve tarhana gibi fonksiyonel gıda ürünlerinde kullanımı, bu ürünlerin besin profillerini zenginleştirerek sağlıklı beslenme alternatifleri arayan tüketiciler için cazip hale getirmektedir. Ayrıca, karabuğdayın düşük su ve besin gereksinimleri, onu özellikle marjinal alanlarda sürdürülebilir tarım üretimi için uygun bir seçenek kılmaktadır. Azot gübrelemesi ve ekim sıklığı gibi tarımsal uygulamalar, karabuğdayın verim ve kalite özellikleri üzerinde önemli etkilere sahiptir; bu da optimize edilmiş yetiştirme yöntemlerinin gerekliliğini ortaya koymaktadır. Yüksek besin potansiyeline rağmen, karabuğdayın kök morfolojisi ve tuzluluk, sıcaklık gibi çevresel stres faktörlerine karşı direnci üzerine yapılan çalışmalar sınırlıdır. Bu alanlarda ve tüketici eğilimleri üzerine yapılacak araştırmalar, bu bitkinin daha iyi anlaşılmasına ve etkin bir şekilde kullanılmasına katkı sağlayacaktır. Sonuç olarak, karabuğday hem tarımsal sürdürülebilirlik hem de fonksiyonel gıda üretimi açısından değerli bir seçenek sunmaktadır. Sağlıklı beslenme programlarına ve sürdürülebilir tarım sistemlerine dahil edilmesi, karabuğdayı gelecekte büyük potansiyele sahip bir alternatif ürün haline getirmektedir. Bu derlemede, karabuğdayın besin değeri, sağlık yararları ve tarımsal potansiyeli değerlendirilerek, fonksiyonel gıda bileşeni ve sürdürülebilir tarım için bir alternatif ürün olarak rolü vurgulanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Fonksiyonel gıda, sürdürülebilir tarım, glütensiz beslenme, besin değeri, sağlık yararları

**THE PLACE OF BUCKWHEAT IN FUNCTIONAL FOOD PRODUCTION:
EVALUATION AS AN ALTERNATIVE FIELD CROP**

Abstract

Buckwheat (*Fagopyrum esculentum*) has emerged as a significant alternative field crop due to its exceptional nutritional value, health benefits, and adaptability to various environmental conditions. As a gluten-free pseudocereal, it serves as an essential food source for individuals with celiac disease and gluten intolerance. Buckwheat is rich in protein, fiber, vitamins, and minerals, particularly rutin, associated with cardiovascular health. Its use in functional food production, such as bread and traditional products like tarhana, enhances the nutritional profile of these foods, offering advantages for consumers seeking healthier dietary alternatives. Additionally, buckwheat's low water and nutrient requirements make it a sustainable choice for agricultural production, particularly in marginal areas. Agronomic practices, such as nitrogen fertilization and planting density, significantly affect the yield and quality of buckwheat, highlighting the need for optimized cultivation methods. Despite its high nutritional potential, studies on its root morphology and resistance to environmental stresses, such as salinity and temperature variations, remain limited. Further research on these aspects and consumer preferences will contribute to a better understanding and utilization of this crop. In conclusion, buckwheat represents a valuable option for agricultural sustainability and functional food production. Its inclusion in healthy diets and sustainable farming systems positions it as an alternative crop with significant potential for future applications. This review evaluated the nutritional value, health benefits, and agronomic potential of buckwheat, emphasizing its role as a functional food ingredient and a sustainable crop alternative for future agricultural practices.

Keywords: Functional food, sustainable agriculture, gluten-free diet, health benefits, nutritional value

GİRİŞ

Alternatif tahıllara olan ihtiyaç, tarımsal sürdürülebilirlik, beslenme kalitesi ve iklim değişikliği ile mücadele açısından giderek daha fazla önem kazanmaktadır. Geleneksel tahılların (özellikle pirinç ve buğday) aşırı tüketimi hem çevresel hem de beslenme sorunlarına yol açmaktadır. Bu bağlamda, alternatif tahıllar, tarımsal verimliliği artırmak ve besin güvenliğini sağlamak için önemli bir çözüm sunmaktadır.

Alternatif tahılların iklim değişikliği ile mücadeledeki rolü özellikle vurgulanmalıdır. Araştırmalar, bu tahılların su talebini azaltma, sera gazı emisyonlarını düşürme ve enerji kullanımını azaltma potansiyeline sahip olduğunu ortaya koymaktadır (Hayward ve ark., 2006; Davis ve ark., 2018). Örneğin, sorgum ve amarant gibi tahıllar, düşük su gereksinimleri ve yüksek besin değerleri ile dikkat çekmekte ve özellikle su kıtlığı yaşayan bölgelerde tarımsal üretkenliği artırmak için uygun seçenekler olarak öne çıkmaktadır (Alemayehu ve ark., 2015; Malik ve ark., 2023). Beslenme açısından, alternatif tahıllar, gluten intoleransı olan bireyler için önemli birer seçenek sunmaktadır. Amarant, kinoa ve sorgum gibi tahıllar, zengin vitamin ve mineral içerikleriyle beslenme kalitesini artırma potansiyeline sahiptir (Luque, 2024; Niro ve ark., 2019). Bu tahıllar, özellikle çocuklarda ve gençlerde görülen besin yetersizliklerini gidermeye yardımcı olabilir (Niro ve ark., 2019).

Karabuğday (*Fagopyrum esculentum*), son yıllarda beslenme alanındaki faydaları ve tarımsal potansiyeli ile öne çıkan bir bitkidir. Zengin protein, karbonhidrat, mineral ve vitamin içeriği sayesinde insan sağlığına önemli katkılar sunmakta ve özellikle çölyak hastaları için uygun bir alternatif gıda maddesi olarak dikkat çekmektedir (Çürük ve ark., 2020). Karabuğdayın bu yüksek besin değeri, onu fonksiyonel gıdalar arasında önemli bir konuma yerleştirmekte olup, gelecekte ekim alanlarının artması beklenmektedir (Yavuz ve ark., 2016).

KARABUĞDAY'IN BESİN DEĞERİ VE TARLA ÜRÜNÜ OLARAK POTANSİYELİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Karabuğday (*Fagopyrum esculentum*), son yıllarda besin değeri ve sağlık yararları nedeniyle giderek artan bir ilgi görmektedir. Gluten içermemesi, zengin besin profili ve fonksiyonel özellikleriyle özellikle çölyak hastaları ve gluten intoleransı olan bireyler için önemli bir gıda kaynağıdır (Ekici ve ark., 2019; Baykut, 2021).

Karabuğday, yüksek protein, lif, vitamin ve mineral içeriğiyle dikkat çekmektedir. Öne çıkan özelliklerinden biri de rutin flavonoidi içeriğinin yüksek olmasıdır; bu, karabuğdayı kalp sağlığını destekleyici etkilerle ilişkilendirmiştir (Meral & Karaoğlu, 2019). Ayrıca, potasyum ve manganez gibi önemli mineraller bakımından da zengindir (Kara, 2017). Çift çenekli bir bitki olması nedeniyle diğer tahıllardan farklı bir besin yapısına sahip olup, amino asit profili ve yağ asidi bileşimi açısından da oldukça değerlidir (Ekici ve ark., 2019; Çırak, 2024).

Karabuğday unu, özellikle sağlıklı beslenme bilincine sahip tüketiciler için cazip bir alternatif sunmakta ve buğday ununa kıyasla daha yüksek besin değeri sağlamaktadır. Örneğin, karabuğday unu ile üretilen tarhana gibi ürünlerin potasyum, magnezyum ve fosfor oranlarının arttığı gösterilmiştir (Işık ve ark., 2023). Bunun yanı sıra, düşük glisemik indeksi nedeniyle diyabet yönetiminde faydalı bir seçenek olarak değerlendirilmektedir (Yaver, 2022).

Araştırmalar, karabuğdayın kardiyovasküler hastalıklar, diyabet, obezite ve sindirim bozuklukları gibi çeşitli sağlık sorunlarının yönetiminde etkili olduğunu ortaya koymuştur (Danilohová & Šturdík, 2012). Bu sağlık yararları, karabuğdayın antioksidan, antitümör, antidiyabetik ve antibakteriyel özelliklere sahip fitokimyasal bileşenlerinden kaynaklanmaktadır (Ekici ve ark., 2019). Ayrıca, buğday ununa karabuğday unu eklenmesiyle

elde edilen ekmeklerin besin değerinin arttığı ve sağlık yararlarının çeşitlendiği gösterilmiştir (Meral & Karaoğlu, 2019).

Tarımsal açıdan, karabuğday, dşuk su ve besin gereksinimi ile sürdürülebilir tarım uygulamaları için avantaj sağlamaktadır. Ekim sıklığı ve azot gübrelemesi gibi faktörlerin, karabuğdayın tarımsal verimliliği üzerinde önemli etkileri olduğu saptanmıştır. Örneğin, Yavuz ve arkadaşları tarafından Aydın ekolojik koşullarında yapılan bir çalışmada, farklı ekim sıklıklarının tane verimi, bin tane ağırlığı ve metrekarede bitki sayısı gibi parametreler üzerinde anlamlı etkiler oluşturduğu gösterilmiştir. Ancak, protein oranı ve bitki boyu gibi bazı özelliklerde anlamlı farklılıklar gözlemlenmemiştir (Yavuz ve ark., 2016).

Kök gelişimi, karabuğdayın tarımsal üretkenliğini etkileyen kritik bir faktördür. Gelişmiş bir kök sistemi, bitkinin su ve besin maddelerini daha etkili bir şekilde almasını sağlarken, karabuğdayın kök morfolojisi üzerine yapılan çalışmalar sınırlıdır. Bu konuda daha fazla araştırma yapılması, bitkinin verimliliğini artırma stratejileri için önemlidir (rk ve ark., 2021; Leblebici, 2019). Ayrıca, karabuğdayın tuzluluk ve sıcaklık değişimlerine dayanıklılığı, onu marjinal tarım alanları için uygun bir seçenek haline getirmektedir. Bu zellik, karabuğdayın tarımsal çeşitliliği artırarak ekosistem sağlığına katkı sağlamasını da mümkün kılmaktadır (Yavuz ve ark., 2016).

SONUÇ

Karabuğday hem tarımsal verimlilik hem de sağlık yararları açısından ne çıkan önemli bir alternatif tarla bitkisi olarak değerlendirilmektedir. Zengin besin profili, sağlık üzerindeki olumlu etkileri ve çevresel dayanıklılığı sayesinde, fonksiyonel gıda üretiminde giderek daha fazla önem kazanmaktadır. Karabuğdayın tarımsal üretim yöntemleri ve tüketiciler için eğilimleri üzerine yapılacak kapsamlı araştırmalar, bu bitkinin sahip olduğu potansiyelin daha iyi anlaşılmasına ve değerlendirilmesine katkı sağlayacaktır. Bu doğrultuda, karabuğdayın sürdürülebilir tarım uygulamalarında ve sağlıklı beslenme programlarında daha geniş bir kullanım alanı bulması beklenmektedir.

KAYNAKÇA

- Alemayehu, F. R., Bendevis, M. A., & Jacobsen, S. E. (2015). The potential for utilizing the seed crop amaranth (*Amaranthus* spp.) in East Africa as an alternative crop to support food security and climate change mitigation. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 201(5), 321-329.
- Baykut, E. D. (2021). Bazı tahıl benzeri ürünlerin besin içeriği ve gıda endüstrisinde kullanımı. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (23), 89-98.
- Çırak, N., Çelik, M. A., Çetin, K., Bayizit, A. A., Bekar, E., Ünal, T. T., & Beştepe, S. K. (2024). Farklı protein kaynaklarının salamın fiziksel, kimyasal ve duyuşal özelliklerine etkileri. *Gıda ve Yem Bilimi Teknolojisi Dergisi*, (32), 60-78.
- Çürük, U., Işık, M., Ferahoğlu, E., Kırıcı, S., & Ortaş, İ. (2020). Organik ve inorganik gübre uygulamalarının karabuğdayda kök gelişimine etkisi. *Toprak Su Dergisi*, 41-45.
- Danihelová, M. & Šturdík, E. (2012). Nutritional and health benefits of buckwheat. *Potravinárstvo Slovak Journal of Food Sciences*, 6(3), 1-9.
- Davis, K. F., Chiarelli, D. D., Rulli, M. C., Chhatre, A., Richter, B., Singh, D., & DeFries, R. (2018). Alternative cereals can improve water use and nutrient supply in India. *Science advances*, 4(7), eaao1108.
- Ekici, L., İnanır, C., & Albayrak, S. (2019). Karabuğdayın fitokimyası, farmakolojisi ve biyofonksiyonel özellikleri. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (16), 713-722.
- Hayward, S., Salje, E., Abraham, T., Morrison, C., Buckley, A., & Redfern, S. (2006). A simultaneous X-ray diffractometer/calorimeter for the study of structural phase transitions in solids. *Journal of Instrumentation*, 1(10), P10006.
- Işık, M. S., Bilgin, R., Gökırmaklı, Ç., Şatır, G., & Seydim, Z. G. (2023). Fonksiyonel özellikleri geliştirilmiş tarhana üzerine farklı kurutma yöntemlerinin etkilerinin belirlenmesi. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 11(3), 460-469.
- Kara, N. (2017). Karabuğday (*Fagopyrum esculentum* Moench)'da Morfolojik Varyabilite. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 5(9), 1057-1060.
- Leblebici, S. (2019). Karabuğday Bitkisinin (*Fagopyrum esculentum* Moench.) Bazı Ekofizyolojik Özellikleri Üzerine Kadmiyum ve Nikel'in Etkisi. *Erzincan University Journal of Science and Technology*, 12(3), 1356-1369.
- Luque, V., Crespo-Escobar, P., Hård af Segerstad, E. M., Koltai, T., Norska, L., Roman, E., ... & Ribes-Koninckx, C. (2024). Gluten-free diet for pediatric patients with coeliac disease: A position paper from the ESPGHAN gastroenterology committee, special interest group in coeliac disease. *Journal of Pediatric Gastroenterology and Nutrition*, 78(4), 973-995.
- Malik, M., Sindhu, R., Dhull, S. B., Bou-Mitri, C., Singh, Y., Panwar, S., & Khatkar, B. S. (2023). Nutritional composition, functionality, and processing technologies for amaranth. *Journal of Food Processing and Preservation*, 2023(1), 1753029.
- Meral, H., & Karaoğlu, M. M. (2019). Ekmeğin besinsel özelliklerinin iyileştirilmesi. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 50(2), 217-225.
- Niro, S., D'Agostino, A., Fratianni, A., Cinquanta, L., & Panfili, G. (2019). Gluten-free alternative grains: Nutritional evaluation and bioactive compounds. *Foods*, 8(6), 208.

- Yaver, E. (2022). Fermente Tahıl Benzeri Ürünlerin Bisküvinin Fiziksel, Besinsel ve Duyusal Özellikleri Üzerine Etkisi. *Gıda*, 47(1), 55-65.
- Yavuz, H., Yiğit, A., & Ereku, O. (2016). Farklı Ekim Sıklıklarının Karabuğday'da (*Fagopyrum esculentum* Moench.) Verim ve Bazı Tane Kalitesi Özelliklerine Etkisi. *Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 13(2), 17-22.

BAKLAGİLLERİN BİYOLOJİK PESTİSİT OLARAK POTANSİYELİ

Dr. Öğr. Üyesi Sipan SOYSAL (ORCID: 0000-0002-0840-6609)

Siirt Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Siirt-Türkiye

Email: sipansoyal@siirt.edu.tr (Sorumlu Yazar)

Yüksek Ziraat Müh. Rufayi KARATAŞ

Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Erzurum-Türkiye

Email: rufayik.1@gmail.com

Dr. Öğr. Üyesi Fatih DEMİREL (ORCID: 0000-0002-6846-8422)

Iğdır Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Biyoteknoloji Bölümü, Iğdır-Türkiye

Email: fatih.demirel@igdir.edu.tr

Doç. Dr. Abdurrahim YILMAZ (ORCID: 0000-0001-9991-1792)

Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Bolu-Türkiye

Email: abdurrahimyilmaz@ibu.edu.tr

Özet

Baklagiller, yüksek protein, lif, vitamin ve mineral içerikleriyle sağlıklı beslenmede kritik bir role sahip olan ve aynı zamanda sürdürülebilir tarım sistemlerinin temel taşlarından birini oluşturan tarım ürünleridir. Geniş bir ekolojik adaptasyon yeteneğine sahip olan bu bitkiler, insan beslenmesi için temel bir protein kaynağı sunarken, aynı zamanda hayvan yemleri ve çeşitli endüstriyel uygulamalar için de değerli hammaddeler sağlamaktadır. Baklagillerin azot bağlama özellikleri hem toprak verimliliğini artırarak hem de sentetik gübre ihtiyacını azaltarak sürdürülebilir tarım uygulamalarına önemli katkılar sunmaktadır. Bu özellikleri, toprağın organik madde içeriğini artırmakta ve toprak erozyonunun önlenmesine yardımcı olmaktadır. Baklagiller, proteaz inhibitörleri, lektinler, polifenoller, flavonoidler ve alkaloidler gibi biyolojik bileşenler içermektedir. Bu bileşenler, zararlılarla mücadelede doğal bir savunma mekanizması oluşturarak kimyasal pestisitlere olan bağımlılığı azaltmaktadır. Aynı zamanda, baklagillerden elde edilen doğal bileşikler, çevre dostu biyopestisit uygulamalarında kullanılabilir ve bu sayede hem pestisit kalıntılarının hem de çevresel zararların en aza indirilmesine olanak sağlamaktadır. Biyopestisitler, hem çevresel sürdürülebilirlik hem de insan ve hayvan sağlığı üzerinde olumlu etkileri ile dikkat çekmekte ve kimyasal pestisitlere karşı güvenli ve etkili bir alternatif sunmaktadır. Baklagillerin biyopestisit olarak kullanımı sadece zararlı organizmaların kontrol edilmesiyle sınırlı kalmamaktadır. Aynı zamanda fermentasyon, özütleme ve mikroenkapsülasyon gibi ileri işleme yöntemleriyle, bu doğal bileşiklerin biyoyararlanımı artırılmakta ve ürünlerin zararlı kalıntılardan arındırılması sağlanmaktadır. Bunun yanında, gıda güvenliğinin sağlanması ve tüketiciye güvenli, kaliteli ürünler sunulması açısından bu yöntemler önemli bir rol oynamaktadır. Baklagillerden elde edilen biyolojik bileşiklerin geniş spektrumlu pestisit etkileri hem tarım hem de gıda güvenliği perspektifinden stratejik bir öneme sahiptir. Bu derlemede, baklagillerin biyolojik pestisit olarak kullanım potansiyeli ve sürdürülebilir tarım uygulamalarındaki rolü ele alınmıştır.

Anahtar Kelimeler: Baklagiller, biyopestisit, sürdürülebilir tarım, proteaz inhibitörleri, bitki ekstraktı

POTENTIAL OF LEGUMES AS BIOLOGICAL PESTICIDES

Abstract

Legumes are agricultural products that play a critical role in healthy nutrition with their high protein, fiber, vitamin and mineral content and also constitute one of the cornerstones of sustainable agricultural yield. These plants, which have a wide ecological adaptation ability, provide a basic protein source for human nutrition, while also providing valuable raw materials for animal feeds and various industrial applications. The nitrogen fixing properties of legumes both increase the growth of the soil and provide significant contributions to sustainable agricultural practices of synthetic fertilization products. These properties increase the organic matter content of the products and help protect soil assets. Legumes contain biological policies such as protease tests, lectins, polyphenols, flavonoids and alkaloids. These policies reduce the temperature of a natural defense rate against chemical pesticides in the fight against pests. At the same time, natural pictures obtained from legumes allow the use of environmentally friendly biopesticide applications and thus minimize both pesticide residues and oxidation damages. Biopesticides offer a safe and effective alternative to chemical pesticides, attracting attention with their positive effects on both sustainability and human and animal health. The use of legumes as biopesticides is not limited to the control of harmful organisms. At the same time, with advanced processing methods such as fermentation, extraction and microencapsulation, bioavailability is increased in natural paintings and purification from harmful residues is ensured. In addition, this break plays an important role in ensuring food safety and confidentiality, quality product features. Broad-spectrum pesticide effects in scientific plants obtained from legumes have a structure that can be recreated from both agricultural and food economic perspectives. In this review, the potential of legumes as biological pesticides and their role in sustainable agricultural practices are discussed.

Keywords: Legumes, biopesticide, sustainable agriculture, protease inhibitors, plant extract

GİRİŞ

Baklagiller, beslenme açısından stratejik öneme sahip olan tarım ürünleridir. Bu bitkiler, yüksek protein, lif ve karbonhidrat içeriği ile insan beslenmesine önemli katkılar sunmaktadır. Aynı zamanda, zengin vitamin ve mineral içerikleri sayesinde sağlıklı diyetlerin ayrılmaz bir parçasını oluşturmaktadır (Burhan & Soydan, 2023; Sümer, 2022; Yılmaz ve ark., 2023). Türkiye, nohut, mercimek, fasulye ve börülce gibi baklagil türlerinde önemli bir üretim merkezi olarak konumlanmakta ve bu ürünler hem iç tüketimde hem de ihracatta önemli bir yer tutmaktadır (Kadakoğlu & Karlı, 2022; Gülümser, 2016). Baklagillerin bitkisel protein kaynakları olarak önemi, özellikle düşük gelirli toplumlarda hayvansal protein alternatiflerine ekonomik bir çözüm sunmasıyla daha da artmaktadır.

Baklagiller, yalnızca beslenme açısından değil, tarımsal sistemlerin sürdürülebilirliği bakımından da kritik roller üstlenmektedir. Rhizobium bakterileri ile atmosferik azotu bağlayarak, toprağın azot içeriğini artırır ve bu sayede sentetik gübre ihtiyacını azaltır (Kiliç ve ark., 2021). Bu durum, yalnızca çevresel sürdürülebilirliği desteklemekle kalmaz, aynı zamanda tarımsal üretim maliyetlerini düşürerek çiftçilerin ekonomik yükünü hafifletir. Baklagillerin yüksek lif içeriği, sindirim sağlığını desteklemekte ve düşük glisemik indeks özellikleri ile diyabet yönetiminde önemli rol oynamaktadır (Burhan & Soydan, 2023; Sümer, 2022). Ayrıca, lif içeriğinin kalp-damar hastalıklarına karşı koruyucu etkileri olduğu bilinmektedir.

Tarım ekosistemleri üzerinde olumlu etkileri olan baklagiller, biyolojik çeşitliliği destekleme, toprak sağlığını iyileştirme ve ürün rotasyonlarına dahil edilerek tarımsal verimliliği artırma gibi avantajlar sunar (Stagnari ve ark., 2017; Foyer ve ark., 2016). Baklagillerin sürdürülebilir tarım stratejilerinde merkezi bir konuma sahip olduğu açıktır. Ancak, özellikle yüksek gelirli ülkelerde, baklagil tüketimi, uzun hazırlık süreleri ve kültürel tercihler gibi algılanan engeller nedeniyle istenilen düzeye ulaşmamıştır (Amoah ve ark., 2023). Baklagillerin sağlık ve çevresel faydalarının geniş kitlelere yayılması için eğitim ve mutfak inovasyonlarına yönelik girişimlerin artırılması gerektiği bildirilmektedir (Didinger & Thompson, 2021).

BİYOPESTİSİT KAYNAKLARI VE BİYOPESTİSİTLERİN ÖNEMİ

Doğal kaynaklardan elde edilen biyopestisitler, geleneksel kimyasal pestisitlere çevre dostu bir alternatif sunmakta ve sürdürülebilir tarım uygulamalarında giderek daha fazla tercih edilmektedir. Biyopestisitlerin kaynakları arasında mikrobiyal, bitkisel ve hayvansal kökenli maddeler bulunmaktadır. Bu kaynaklar, zararlılara karşı etkili savunma mekanizmaları sunarken, çevresel sürdürülebilirliği de desteklemektedir. Mikrobiyal biyopestisitler, özellikle *Bacillus thuringiensis* (Bt) gibi bakterilerden elde edilen ürünler, zararlılara karşı yüksek toksisiteleri ile bilinir ve en yaygın kullanılan biyopestisit türlerinden biridir (Johler ve ark., 2018).

Biyopestisitlerin çevresel avantajları oldukça çeşitlidir. Bu maddeler, biyolojik olarak parçalanabilir olmaları sayesinde uzun vadede toprak ve su kirliliği gibi çevresel sorunları azaltmaktadır. İnsan sağlığı üzerindeki olumsuz etkilerinin düşük olması, kimyasal pestisitlere göre daha güvenli bir alternatif olmalarını sağlamaktadır (Samada & Tambunan, 2020; Marrone, 2019). Ayrıca, biyopestisitler, hedef dışı organizmalar üzerindeki etkilerinin sınırlı olması nedeniyle ekosistem dengesinin korunmasına katkıda bulunur.

Biyopestisit kaynakları arasında deniz makroalglerinden elde edilen biyolojik aktif bileşikler de dikkat çekmektedir. Bu bileşikler, zararlı böceklerin biyolojik kontrolünde etkin rol oynar ve deniz kaynaklarının tarımda yenilikçi bir şekilde kullanılabileceğini göstermektedir (Duarte

ve ark., 2021). Örneğin, *Ocimum kenyense* gibi bitkilerden elde edilen uçucu yağlar hem zararlı yönetiminde etkili olmuş hem de bu yağların biyopestisit formülasyonlarında değerlendirilebileceğini ortaya koymuştur (Njuguna ve ark., 2021).

Bitkisel biyopestisitler, böcek öldürücü özelliklere sahip ikincil metabolitler üreten bitkilerden elde edilmektedir. *Azadirachta indica* (neem) gibi bitkilerin özütleri, düşük toksisiteleri ve yüksek etkileri nedeniyle başarıyla ticarileştirilmiştir (Lengai & Muthomi, 2018; Kumar ve ark., 2021). Ayrıca, bitkisel biyopestisitlerin sinerjik etkilerinin, izole bileşiklerden daha etkili olduğu gösterilmiş ve bu durum, biyopestisit formülasyonlarında bütün bitki materyalinin kullanılmasının önemini vurgulamıştır (Souto ve ark., 2021).

Biyopestisitlerin önemi, yalnızca çevresel sürdürülebilirlikle sınırlı kalmamakta, aynı zamanda insan sağlığına olan olumlu etkileri ve tarımsal üretimde sağladığı ekonomik avantajlarla da ilişkilendirilmektedir (Ayyıldız, 2022).

BAKLAGİLLERİN BİYOLOJİK PESTİSİT OLARAK DEĞERLENDİRİLMESİ

Baklagiller, biyopestisitlerin geliştirilmesi ve uygulanmasında değerli bir potansiyele sahiptir. Fermentasyon süreçleri, baklagillerin polifenol içeriğini artırarak antioksidan özelliklerini güçlendirebilir ve bazı pestisit kalıntılarını azaltabilir (Gan ve ark., 2016; Limón ve ark., 2015). Ayrıca, nohut ve fasulye gibi baklagillerin işlenmesi sırasında pestisit kalıntılarını azaltmaya yönelik yöntemler, gıda güvenliği ve çevre koruma açısından önem taşımaktadır (Kaushik ve ark., 2016).

Baklagillerden elde edilen ekstraktların zararlılar üzerindeki etkisi, özellikle *Phaseolus vulgaris* ve *Vigna unguiculata* türlerinde yapılan çalışmalarda ortaya konmuştur. Tembo ve ark. (2018), baklagillerden elde edilen bazı bitkisel ekstraktların zararlı kontrolünde etkili olduğunu ve aynı zamanda yararlı arthropod popülasyonlarını koruduğunu göstermiştir. Ayrıca, *Sophora* türlerinden elde edilen bileşikler hem zararlıların metabolik süreçlerini bozmakta hem de sindirim enzimlerini inhibe ederek etkili bir biyopestisit alternatifi sunmaktadır (Chamani ve ark., 2023). Diğer taraftan, baklagillerin biyoaktif bileşik kaynakları olarak potansiyeli, baklagillerden elde edilen fitokimyasalların böcek öldürücü özelliklerini inceleyen Jat ve ark.'nın bulgularıyla da desteklenmektedir. Bu bileşiklerin zararlıların gelişimini engelleyebileceğini ve böylece bitki korumada tarımsal kimyasallara olan ihtiyacı en aza indirebileceğini vurgulamışlardır (Jat ve ark., 2023).

Baklagillerin proteaz inhibitörleri (PIs), biyolojik savunma mekanizmalarının önemli bir bileşeni olarak öne çıkmaktadır. Bu inhibitörler, patojenlerin proteolitik enzimlerini hedef alarak zararlı organizmaların beslenmesini engeller ve büyümelerini durdurur (Rodríguez-Sifuentes ve ark., 2020). Serin ve sistein proteaz inhibitörlerinin özellikle Lepidoptera ve Diptera türlerine karşı etkin olduğu ve bu bileşiklerin tarımsal biyopestisit uygulamalarında değerlendirilebileceği vurgulanmaktadır.

SONUÇ

Baklagiller hem beslenme hem de tarımsal sürdürülebilirlik açısından eşsiz bir öneme sahiptir. Bu bitkiler, azot bağlama kapasitesi sayesinde toprak verimliliğini artırırken sentetik gübre ihtiyacını azaltarak çevresel etkilerin azaltılmasına katkıda bulunmaktadır. Ayrıca, proteaz inhibitörleri ve polifenoller gibi biyolojik bileşenler, zararlılarla mücadelede etkili ve çevre dostu bir alternatif sunmaktadır. Kimyasal pestisitlere karşı duyulan endişelerin artmasıyla

birlikte, biyopestisitlerin, özellikle baklagillerden elde edilen bileşiklerin, modern tarım uygulamalarında daha geniş çapta kullanılabilir hale gelmesi büyük önem taşımaktadır.

Baklagillerin biyolojik pestisit olarak daha yaygın şekilde benimsenmesi, sürdürülebilir tarım uygulamalarını destekleyerek kimyasal bağımlılığı azaltabilir. Bu bağlamda, tarımsal üretimde baklagil bazlı biyopestisitlerin kullanımını artırmak için hem teknolojik yeniliklere hem de uygulamalı araştırmalara ihtiyaç vardır. Özellikle, baklagillerin doğal savunma mekanizmalarına dayalı stratejilerin geliştirilmesi, gıda güvenliği ve çevre koruma açısından önemli fırsatlar sunmaktadır. Gelecekte, baklagillerin tarımsal sistemlerdeki rolünü genişletmek ve biyopestisit olarak kullanımını optimize etmek için çiftçiler, araştırmacılar ve politika yapıcılar arasında iş birliği artırılmalıdır. Bu yaklaşımlar, sürdürülebilir tarımın desteklenmesi ve ekosistem sağlığının korunması için kritik bir öneme sahiptir.

KAYNAKÇA

- Amoah, I., Ascione, A., Muthanna, F. M., Feraco, A., Camajani, E., Gorini, S., ... & Lombardo, M. (2023). Sustainable strategies for increasing legume consumption: culinary and educational approaches. *Foods*, 12(11), 2265.
- Ayyıldız, M. (2022). Türkiye’de kimyasal pestisit kullanımının ekonomi ve çevre yönüyle değerlendirmesi. *ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 10(2), 267-274.
- Burhan, H. A., & Soydan, N. T. Y. (2023). Nohut ve Mercimek Üretim Miktarı Tahmini İçin Meteorolojik Faktörler Odaklı Makine Öğrenmesi Yaklaşımı: Türkiye Örneği. *Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 20(1), 13-23.
- Chamani, M., Askari, N., Pourabad, R. F., Bouket, A. C., Oszako, T., & Belbahri, L. (2023). Potential Biopesticides from Seed Extracts: A Sustainable Way to Protect Cotton Crops from Bollworm Damage. *Sustainability*, 16(1), 145.
- Didinger, C., & Thompson, H. J. (2021). Defining nutritional and functional niches of legumes: A call for clarity to distinguish a future role for pulses in the dietary guidelines for Americans. *Nutrients*, 13(4), 1100.
- Duarte, B., Carreiras, J., Feijão, E., de Carvalho, R. C., Matos, A. R., Fonseca, V. F., ... & Lemos, M. F. (2021). Potential of *Asparagopsis armata* as a biopesticide for weed control under an invasive seaweed circular-economy framework. *Biology*, 10(12), 1321.
- Foyer, C. H., Lam, H. M., Nguyen, H. T., Siddique, K. H., Varshney, R. K., Colmer, T. D., ... & Considine, M. J. (2016). Neglecting legumes has compromised human health and sustainable food production. *Nature plants*, 2(8), 1-10.
- Gan, R. Y., Shah, N. P., Wang, M. F., Lui, W. Y., & Corke, H. (2016). Fermentation alters antioxidant capacity and polyphenol distribution in selected edible legumes. *International journal of food science & technology*, 51(4), 875-884.
- Gülümser, A. (2016). Dünyada ve Türkiye’de yemeklik dane baklagillerin durumu. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 25(ÖZEL SAYI-1), 292-298.
- Jat, B. L., Sharma, H. C., Pagaria, P., Meena, A. K., Mali, G. R., & Khan, T. (2023). Legumes: Source of bioactive compounds and their potential use in legume crops improvement: A review. *Legume Res. Int. J*, 1(8).
- Johler, S., Kalbhenn, E. M., Heini, N., Brodmann, P., Gautsch, S., Bağcıoğlu, M., ... & Ehling-Schulz, M. (2018). Enterotoxin production of *Bacillus thuringiensis* isolates from biopesticides, foods, and outbreaks. *Frontiers in microbiology*, 9, 1915.
- Kadaoğlu, B., & Karlı, B. (2022). Türkiye’de Yemeklik Tane Baklagiller Üretimi, Tarım Politikaları ve Dış Ticaretinin Rekabet Gücü Analizi. *Ziraat Fakültesi Dergisi*, 17(2), 75-87.
- Kaushik, G., Satya, S., & Naik, S. N. (2016). Pesticide residue dissipation upon storage and processing in chickpea legume for food safety. *Advances in Food Technology and Nutritional Sciences*, 2(2), 64-72.
- Kılıç, H. Ç., Doğutaş, L., & Yılan, E. (2021) Isparta ve Antalya İllerindeki Börülce (*Vigna unguiculata* L.) Tohumlarında Bazı Önemli Virüs Hastalıklarının Belirlenmesi. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 12(Ek (Suppl.) 1), 486-490.
- Kumar, J., Ramlal, A., Mallick, D., & Mishra, V. (2021). An overview of some biopesticides and their importance in plant protection for commercial acceptance. *Plants*, 10(6), 1185.
- Lengai, G. M., & Muthomi, J. W. (2018). Biopesticides and their role in sustainable agricultural production. *Journal of Biosciences and Medicines*, 6(6), 7-41.
- Limón, R. I., Peñas, E., Torino, M. I., Martínez-Villaluenga, C., Dueñas, M., & Frias, J. (2015). Fermentation enhances the content of bioactive compounds in kidney bean extracts. *Food Chemistry*, 172, 343-352.

- Marrone, P. G. (2019). Pesticidal natural products–status and future potential. *Pest Management Science*, 75(9), 2325-2340.
- Njuguna, M. J., Hutchins, M. M., & Karenga, S. (2021). Efficacy of Essential Oils from *Ocimum kenyense* as a Biopesticide against *Aphis gossypii*, *Thrips tabaci* and *Bemisia tabaci*. *International Journal of Advanced Research*, 4(1), 14-26.
- Rodríguez-Sifuentes, L., Marszalek, J. E., Chuck-Hernández, C., & Serna-Saldívar, S. O. (2020). Legumes protease inhibitors as biopesticides and their defense mechanisms against biotic factors. *International Journal of Molecular Sciences*, 21(9), 3322.
- Samada, L. H., & Tambunan, U. S. F. (2020). Biopesticides as promising alternatives to chemical pesticides: A review of their current and future status. *Online J. Biol. Sci*, 20(2), 66-76.
- Souto, A. L., Sylvestre, M., Tölke, E. D., Tavares, J. F., Barbosa-Filho, J. M., & Cebrián-Torrejón, G. (2021). Plant-derived pesticides as an alternative to pest management and sustainable agricultural production: Prospects, applications and challenges. *Molecules*, 26(16), 4835.
- Stagnari, F., Maggio, A., Galieni, A., & Pisante, M. (2017). Multiple benefits of legumes for agriculture sustainability: an overview. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*, 4, 1-13.
- Sümer, F. Ö. (2022). Yemelik Dane Baklagillerde Yer Alan Bazı Besinsel ve Antibesinsel Faktörler. *Uşak Üniversitesi Fen ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 6(2), 81-93.
- Tembo, Y., Mkindi, A. G., Mkenda, P. A., Mpumi, N., Mwanauta, R., Stevenson, P. C., ... & Belmain, S. R. (2018). Pesticidal plant extracts improve yield and reduce insect pests on legume crops without harming beneficial arthropods. *Frontiers in Plant Science*, 9, 1425.
- Yilmaz, E. G., Dinç, K., & Tiryaki, I. (2023). Bazı Yerel Fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) Genotiplerinin Çimlenme Evresindeki Tuz Stresine Toleranslık Seviyelerinin Belirlenmesi. *International Journal of Life Sciences and Biotechnology*, 6(2), 166-183.



T.C.
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ REKTÖRLÜĞÜ
Ziraat Fakültesi Dekanlığı



Sayı :E-29529695-900-801858
Konu : Kongre Desteği

31.07.2024

İKTİSADİ KALKINMA VE SOSYAL ARAŞTIRMALAR ENSTİTÜSÜ'NE
Koç İkiz Kuleler, Kat 3, Söğütözü
Çankaya/ ANKARA

Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi ve Enstitünüz iş birliğinde 15-17 Kasım 2024 tarihlerinde Konya'da düzenlenmesi planlanan "16. Uluslararası Tarım Hayvancılık ve Kırsal Kalkınma Kongresi"ne kurum olarak bilimsel destek sunmanızı istemekteyiz. Kongre düzenleme kurulunda Dekan Yardımcılarımız Prof. Dr. Mustafa HARMANKAYA ve Dr.Öğr. Üyesi Osman DOĞAN ile Prof. Dr. Ercan CEYHAN, Prof. Dr. Mehmet Ali AVCI, Prof. Dr. Rahim ADA, Dr.Öğr. Üyesi Sadiye Ayşe ÇELİK, Dr.Öğr. Üyesi İrem AYRAN ÇOLAK görevlendirilmiştir.

Gereğini arz ederim.

Prof. Dr. Sait GEZGİN
Dekan V.

Bu belge, güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.

Belge Doğrulama Kodu : *BSR054H1N3* Pin Kodu : 38632

Belge Takip Adresi : <https://www.turkiye.gov.tr/selcuk-universitesi-ebys>

Adres : Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Aleaddin Keykubat Yerleşkesi Selçuklu-Konya /

TÜRKİYE

Telefon : 3322410047 Faks : 3322410108

e-Posta: ziraat@selcuk.edu.tr Web: www.selcuk.edu.tr

Kep Adresi : selcukuniversitesi@hs01.kep.tr

Bilgi için : Erhan KAYA

Ünvanı : Birim Evrak Sorumlusu

Tel No : 2232980

