

INTERNATIONAL CONGRESS ON RANGELAND & FORAGE CROPS-III

CONFERENCE PROCEEDING BOOK

September 12-14, 2025

Didim, Aydın

EDITORS

Prof. Dr. Mustafa SÜRMEN

Assoc. Prof. Dr. Seyithan SEYDOŞOĞLU



SiİRT *Bilimin Işığında*
ÜNİVERSİTESİ

ISPEC INSTITUTE

**INTERNATIONAL CONGRESS on RANGELAND and FORAGE
CROPS III**



Copyright © Liberty

Date: 08.10.2025

Liberty Publishing House
Water Street Corridor New York, NY 10038
www.libertyacademicbooks.com
+1 (314) 597-0372

ALL RIGHTS RESERVED NO PART OF THIS BOOK MAY BE REPRODUCED IN ANY FORM, BY PHOTOCOPYING OR BY ANY ELECTRONIC OR MECHANICAL MEANS, INCLUDING INFORMATION STORAGE OR RETRIEVAL SYSTEMS, WITHOUT PERMISSION IN WRITING FROM BOTH THE COPYRIGHT OWNER AND THE PUBLISHER OF THIS BOOK.

© Liberty Academic Publishers 2025

The digital PDF version of this title is available Open Access and distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-Non-Commercial 4.0 license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) which permits adaptation, alteration, reproduction and distribution for noncommercial use, without further permission provided the original work is attributed. The derivative works do not need to be licensed on the same terms.
adopted by Mariam Rasulan

ISBN: 979-8-89695-190-2

Copyright © 2025 by Liberty Academic Publishers All rights reserved

INTERNATIONAL CONGRESS ON RANGELAND & FORAGE CROPS - III

September 12-14, 2025 / Didim, AYDIN

CONFERENCE PROCEEDINGS BOOK (Abstracts & Full Texts)

Editors

Prof. Dr. Mustafa SÜRMEN

Assoc. Prof. Dr. Seyithan SEYDOŞOĞLU

Cover Design

Hatice Eda Gül

Layout Designer

İskender Emre Gül

ISBN: 979-8-89695-190-2

DOI: 10.5281/zenodo.17285965

Issued: October 8, 2025

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, Denmark, Ethiopia, Georgia, Ghana, Hungary, India, Iran, Iraq, Jordan, Kosovo, Kyrgyzstan, Morocco, Nigeria, Norway, Oman, Pakistan, Philippines, Portugal, Romania, Russia, Slovenia, Spain, South Africa, Sweden, Tunisia

TOTAL ACCEPTED ARTICLES: 81

The Number of Accepted Papers from Türkiye: 39

The Number of Accepted Full Papers from Other Countries: 42

Chairperson of the Organizing Board

Prof. Dr. Mustafa SÜRMEN
Aydın Adnan Menderes University

Honorary Presidents

- Prof. Dr. Rıza AVCIOĞLU
- Prof. Dr. Esvet AÇIKGÖZ
- Prof. Dr. Ahmet GÖKKUŞ
- Prof. Dr. İbrahim AYDIN
- Prof. Dr. Cafer Sırrı SEVİMAY
- Prof. Dr. Esen ÇELEN
- Prof. Dr. Veyis TANSI
- Dr. Hüseyin ÖZPINAR

ORGANIZING BOARD MEMBERS

- Prof. Dr. Ali KOÇ - Eskişehir Osmangazi University
- Prof. Dr. Tamer YAVUZ - Kırşehir Ahi Evran University
- Assoc. Prof. Dr. Seyithan SEYDOŞOĞLU - Siirt University
- Assist. Prof. Dr. Emre KARA - Aydın Adnan Menderes University
- Assist. Prof. Dr. Feyza DÖNDÜ BİLGİN - Aydın Adnan Menderes University
- Dr. Şerafettin ÇAKAL - Ministry of Agriculture and Forestry
- Dr. Hülya OKKAOĞLU - Ministry of Agriculture and Forestry
- Dr. Ertuğrul ARDA - Director of the Ege Agricultural Research Institute
- Suat YILMAZ - Head of TAGEM field crops department
- Kadir TERZİOĞLU - Ministry of Agriculture and Forestry

SCIENCE COMMITTEE

- Prof. Dr. Sebahattin ALBAYRAK - 19 Mayıs University
- Prof. Dr. Mevlüt TÜRK - Isparta University of Applied Science
- Prof. Dr. Canan ŞEN - Tekirdağ Namıkkemal University
- Prof. Dr. Uğur BİLGİLİ - Bursa Uludağ University
- Prof. Dr. Yaşar KARADAĞ - Necmettin Erbakan University
- Prof. Dr. M. Kerim GÜLLAP - Atatürk University
- Prof. Dr. Selahattin ÇINAR - Kırşehir Ahi Evran University
- Prof. Dr. Rüştü HATİPOĞLU - Kırşehir Ahi Evran University
- Prof. Dr. Mustafa YILMAZ - Kocaeli University
- Prof. Dr. Mehmet ÖTEN - Sakarya University of Applied Science
- Prof. Dr. H. İbrahim ERKOVAN - Eskişehir Osmangazi University
- Prof. Dr. Mehmet BAŞBAĞ - Dicle University
- Prof. Dr. İlknur AYAN - 19 Mayıs University
- Prof. Dr. Kağan KÖKTEN - Sivas Science and Technology University
- Prof. Dr. Bilal KESKİN - Iğdır University
- Prof. Dr. İbrahim Hakkı YILMAZ - Bolu Abant İzzet Baysal University
- Prof. Dr. Mahmut KAPLAN - Erciyes University
- Prof. Dr. Mustafa AVCI - Niğde Ömer Halisdemir University
- Prof. Dr. Behçet KIR - Ege University
- Assoc. Prof. Dr. M. Arif ÖZYAZICI - Siirt University
- Assoc. Prof. Dr. Fırat ALATÜRK - Çanakkale 18 Mart University
- Assoc. Prof. Dr. Cengiz ERDURMUŞ - Akdeniz University
- Assoc. Prof. Dr. İlker İNAL - Ministry of Agriculture and Forestry
- Dr. S. Emre DUMLU - Ministry of Agriculture and Forestry
- Dr. Recep KIRBAŞ - Ministry of Agriculture and Forestry
- Dr. Necda ÇANKAYA - Ministry of Agriculture and Forestry
- Dr. Sibel KADIOĞLU - Eastern Anatolia Agricultural Research Institute
- Spec. Abdulkadir ATALAY - Ministry of Agriculture and Forestry
- Spec. Gülten SAĞLAM - Ministry of Agriculture and Forestry
- Spec. Melek AKÇA PELEN - Ministry of Agriculture and Forestry

Conference Coordinator

Dr. Seyithan SEYDOŞOĞLU,

Siirt University

INTERNATIONAL CONGRESS ON RANGELAND & FORAGE CROPS-III

September 12-14, 2025 / Didim, AYDIN

CONFERENCE PROGRAM

Zoom Meeting ID: 858 1117 0419 / Zoom Passcode: 121212



Important, Please Read Carefully (for online participants)

- 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 (for online participants)

- 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.
- Before you login to Zoom please indicate your hall number, name and surname: **exp. H-5, Radmila Jani**

Opening Ceremony

12.09.2025 / Ankara Time: 09:30-10:30

Ankara Üniversitesi, Didim ÖRSEM Sosyal Tesisi, Altinkum-Didim

HEAD OF CONFERENCE

Prof. Dr. Mustafa SÜRMEN

INVITED SPEAKERS

Prof. Dr. Ahmet GÖKKUŞ

Mera Durumu Tespitinde Yeni Bir Yaklaşım: Tercih

Prof. Dr. Ali KOÇ

Climate change and rangelands

Face to Face / Ankara Üniversitesi, Didim ÖRSEM Sosyal Tesisi**12.09.2025****HALL-1 / SESSION-1****ANKARA LOCAL TIME: 10:30-12:30****HEAD OF SESSION: Prof. Dr. Ahmet GÖKKUŞ**

Authors	Affiliation	Presentation Title
Feyza Döndü BİLGİN İlkay YAVAŞ	<i>Aydın Adnan Menderes University</i>	Subterranean clover (<i>Trifolium subterraneum</i> L.): drought tolerance and agricultural significance
Seray BİLİR Feyza Döndü BİLGİN Mustafa SÜRMEN	<i>Aydın Adnan Menderes University</i>	Effects of different doses of organomineral fertilizers on yield and forage quality of alfalfa (<i>Medicago sativa</i> L.)
Onur İLERİ Muhammet İslam IŞIK Ali KOÇ	<i>Eskişehir Osmangazi University</i>	Geostatistical interpolation methods for small-scale mapping of available forage in semi-arid rangeland
Ali Koç Ahmet Gökkuş	<i>Eskişehir Osmangazi University</i>	Climate change and rangelands
Şule ERKOVAN Mustafa AKTÜRK	<i>Eskişehir Osmangazi University</i>	Effects of biocar application on the yield of annual grass (<i>Lolium multiflorum</i> L.)
Halil İbrahim ERKOVAN Burçin KÜÇÜKPARMAKSIZ	<i>Eskişehir Osmangazi University</i>	Effects of biochar application on soil temperature, acidity and plant height in annual grass (<i>Lolium multiflorum</i> L.) growth
Hüseyin ÖZPINAR Süleyman ÇAĞIR Ali Alptekin ACAR Erseven ULUS Ergül AY Melek AKÇA PELEN Hülya OKKAOĞLU Ceylan BÜYÜKKİLECI	<i>Aegean Agricultural Research Institute Directorate</i>	Determination of herb yield and quality performances of different mixture ratios of non-dormant and semi-dormant clover (<i>Medicago sativa</i> L.) varieties in Izmir conditions

(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 / Ankara Üniversitesi, Didim ÖRSEM Sosyal Tesisi

12.09.2025

HALL-1 / SESSION-2

ANKARA LOCAL TIME: 14:00-16:00

HEAD OF SESSION: Prof. Dr. Halil İbrahim ERKOVA

Authors	Affiliation	Presentation Title
Burcu HERCAN Melda KIRLI Yakup Onur KOCA	<i>Aydın Adnan Menderes University</i>	Effect of different phosphorus doses on growth parameters in triticale
Mehmet CAN Muhammet ŞAHİN İlknur AYAN Elif ŞAHİN Zeki ACAR	<i>Ondokuz Mayıs University</i>	Use of precision agriculture technologies in pasture management: monitoring yield and biodiversity through the plate meter method
Muhammet ŞAHİN Mehmet CAN Fatih KUMBASAR Gülcan KAYMAK BAYRAM Zeki ACAR İlknur AYAN	<i>Ondokuz Mayıs University</i>	Integrating precision agriculture technologies into rangeland monitoring: productivity, biodiversity, and forage quality perspectives
Sinem ZERE TAŞKIN Fikret YÖNTER Burak Nazmi CANDOĞAN Asuman CANSEV Uğur BİLGİLİ	<i>Bursa Uludağ University</i>	Optimizing irrigation levels and nitrogen doses for enhanced turfgrass performance and physiological traits in perennial ryegrass (<i>Lolium perenne</i> L.)
Hüseyin ÖZPINAR Süleyman ÇAĞIR Erseven ULUS Ergül AY Melek AKÇA PELEN Hülya OKKAOĞLU Ali Alptekin ACAR Ceylan BÜYÜKKİLEÇİ	<i>Aegean Agricultural Research Institute Directorate</i>	Determination of gradient yield and quality performance of dormant and non-dormant clover varieties in izmir conditions
Melek AKÇA PELEN Hülya OKKAOĞLU Erseven ULUS Ergül AY Hüseyin ÖZPINAR	<i>Aegean Agricultural Research Institute Directorate</i>	Effects of cutting times on seed yield of italian ryegrass (<i>Lolium multiflorum</i> L.) cultivars
Erseven ULUS Mustafa SÜRMEN Hüseyin ÖZPINAR Hülya OKKAOĞLU Melek AKÇA PELEN Ergül AY Ceylan BÜYÜKKİLEÇİ	<i>Aegean Agricultural Research Institute Directorate</i>	Effect of different mowing times on yield and quality of alexandrian clover (<i>Trifolium alexandrinum</i> L.) varieties

(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 / Ankara Üniversitesi, Didim ÖRSEM Sosyal Tesisi**12.09.2025****HALL-1 / SESSION-3****ANKARA LOCAL TIME: 14:00-16:00****HEAD OF SESSION: Prof. Dr. Sebahattin ALBAYRAK**

Authors	Affiliation	Presentation Title
Osman YÜKSEL Murat YILDIZ	<i>Uşak University</i>	Effects of Different Levels of Urea and Molasses Additives on the Physical and Quality Characteristics of Napier Grass (<i>Pennisetum purpureum</i> Schumach) Silages
Ece Coşkun Fırat ALATÜRK Baboo ALİ	<i>Çanakkale Onsekiz Mart University</i>	Effects of different cutting heights on yield and morphological traits of sweet sorghum (<i>Sorghum bicolor</i> L. Moench) and sorghum-sudangrass hybrids
Ece Coşkun Fırat ALATÜRK Ramazan ÇAKMAKÇI Baboo ALİ	<i>Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi</i>	Microbial fertilizers as sustainable alternatives in pasture management: yield and quality perspectives
Fatih KUMBASAR Christopher REYNOLDS	<i>Blacksea Agricultural Research Institute</i>	Effects of different sward mixtures on biomass production and forage quality under drought
Dilan İLTER HELVACI Mustafa SÜRMEN	<i>Aydın Adnan Menderes University</i>	The overview of the plant production planning in the republic of turkey ministry of agriculture and forestry agricultural production planning project

(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.

12.09.2025 / ONLINE / SESSION-1 / HALL-1

Ankara Local Time: 10:00-12:00

Zoom Meeting ID: 858 1117 0419 / Zoom Passcode: 121212

HEAD OF SESSION: Prof. Dr. Mevlüt TÜRK

Authors	Affiliation	Presentation Title
Nur Banu KORKAK Safiye Pınar TUNALI Mehmet KALKINÇ	Aydın Adnan Menderes University	Developing a suitable irrigation schedule for silage corn
Uğur BAŞARAN Erdem GÜLÜMSER Yusuf Murat KARDEŞ	Bilecik Şeyh Edebali University	The potential of rye for sustainable forage production in türkiye
Erdem GÜLÜMSER Yusuf Murat KARDEŞ Uğur BAŞARAN	Bilecik Şeyh Edebali University	Hay yield and quality of forage turnip and oat mixtures
Ferda KARAKUS Sibel ERDOĞAN Çağrı KALE Murat TURAN Abdullah YESİLOVA	Van Yüzüncü Yıl University	Awareness of animal breeders in van province about industrial hemp
Emre KARA Mustafa SÜRMEN	Aydın Adnan Menderes University	Advancing sustainable agriculture through robotic systems: opportunities and challenges
Mustafa SÜRMEN Emre KARA	Aydın Adnan Menderes University	Yield component responses to varying intercropping proportions of maize, soybean, and sunflower
Mevlüt TÜRK Hasan ALTINKALE	Isparta University of Applied Sciences	Effects of different nitrogen doses and harvesting times on the forage yield and quality of oat
Burak Doğrul Mevlüt TÜRK	Isparta University of Applied Sciences	Effects of nitrogen doses and harvesting times on the forage yield and quality of barley
Baris KARA Zeynep CALIK	Aydın Adnan Menderes University	Pasture plants and nature conservation
Zeynep CALIK Baris KARA	Aydın Adnan Menderes University	Use of pasture plants in landscape studies

(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.

12.09.2025 / ONLINE / SESSION-1 / HALL-2

Ankara Local Time: 10:00-12:00

Zoom Meeting ID: 858 1117 0419 / Zoom Passcode: 121212

HEAD OF SESSION: Dr. Sezai GÖKALP

Authors	Affiliation	Presentation Title
Derya GÜLÇİN Mustafa SÜRMEN Bülent DENİZ Ebru Ersoy TONYALOĞLU Ali Uğur ÖZCAN Kerim ÇİÇEK	<i>Aydın Adnan Menderes University</i>	Modeling the habitat suitability of summer asphodelus (<i>Asphodelus aestivus</i> Brot.) according to present and future climate conditions
Zekiye ŞENGÜL ABEDİ	<i>Siirt University</i>	From production-oriented management to ecosystem-based sustainability in rangelands: climate-smart approaches for adaptation and risk reduction
Ayla BİLGİN Nagehan TAŞDEMİR	<i>Artvin Çoruh University</i>	Water footprint analysis of some forage crops grown in the Çoruh basin
Sezai GÖKALP Celal KALEBAŞ Berna EFE Salih YILMAZ Erkan KUM Saadet TOSUNOĞLU	<i>Central Black Sea Transitional Zone Agricultural Research Institute</i>	Assessment of cicer milkvetch (<i>Astragalus cicer</i> L.) Genotypes for forage yield and some quality traits in the two different region of Turkey
Tayfun ÇAY Ömer ACAR	<i>Konya Technical University</i>	Institutional reflections of problems encountered in rangeland management in Türkiye

(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.

12.09.2025 / ONLINE / SESSION-1 / HALL-3

Ankara Local Time: 10:00-12:00

Zoom Meeting ID: 858 1117 0419 / Zoom Passcode: 121212

HEAD OF SESSION: Dr. Andrey Popatanasov

Authors	Affiliation	Presentation Title
Andrey Popatanasov	<i>Institute of Neurobiology</i>	On the cytokinin hormoprimer as way to improve stress resistance in crop plants
Obaniyi Kayode Samuel	<i>Landmark University</i>	Awareness of Sweet Potato Production Technologies among Farmers in North central, Nigeria
Ait Si Lamia Hmimid Fouzia Abdou-Allah Fatima Souidek Meryem Ousaid Fatima Ez-zahra Guenauou Ismail Nait Irahah Imane Lahlou Fatima Azzahra Kabine Mostafa Bourhim Nouredine	<i>Hassan II-Ain Chock University</i>	Bioactive and safety profiles of essential oil: Linking antimicrobial, antioxidant, and toxicological activities
Olayiwola, Joy Oluwabukola Aliu, Olaniyi Habib	<i>Federal Polytechnic</i>	Prediction of fungal risk due to leaf wetness using machine learning algorithms
Elizabeth Adewumi Ajekiigbe Jesse Michael Olutayo Israel Falodun	<i>University of Ibadan</i>	Antibiotics susceptibility pattern of gram-positive cocci isolated from selected swimming pool water in Ibadan, Nigeria
Jmaili Karima Waddi Khawla Lahrairi Mohamed Bahlaouan Bouchaib Silkina Alla Boutaleb Nadia	<i>Environnement Agroalimentaire</i>	Sustainable agriculture and waste valorization through whey-derived biostimulants: Effects on tomato germination
Khawla Waddi	<i>Aboratoire de Biochimie Environnementale et Agroalimentaire</i>	Biotreatment of Pharmaceutical-Contaminated Hospital Effluents Using Indigenous Microorganisms
Adebukola Rasheedat Salawu Sarah Okhueleigbe Olutayo Israel Falodun	<i>University of Ibadan</i>	Prevalence of asymptomatic bacteriuria and antibiotic resistance in gram positive cocci bacteria among pregnant women attending antenatal clinic in Ibadan, 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.

12.09.2025 / ONLINE / SESSION-1 / HALL-4

Ankara Local Time: 10:00-12:00

Zoom Meeting ID: 858 1117 0419 / Zoom Passcode: 121212

HEAD OF SESSION: Dr. Mohammed Waheeb

Authors	Affiliation	Presentation Title
Sarah Okhueleigbe Adebukola Rasheedat Salawu Olutayo Israel Falodun	<i>University of Ibadan</i>	Urine samples of suspected uti patients in a tertiary hospital in Ibadan, Nigeria is a hotspot for antibiotics resistant gram Negative bacteria
Rachida Elbarghmi Mostapha Abourrich Soukaina El khalki	<i>Abdelmalek Essaadi University</i>	Groundwater Quality Assessment for Agricultural Irrigation in the Ketama-Al Hoceima Region (Morocco)
Professor Sadiq Mohammed Sanusi	<i>Federal University Dutse</i>	Gender-Responsive Agricultural Policy Framework for Sustainable Agricultural Development in Niger State, Nigeria: A Pathway
Mohammed Waheeb	<i>The Hashemite University</i>	Agricultural products of global importance originating in the Mediterranean Countries Through Archaeological Excavations - Jordan
Ahali Taoufik Driss khatch Nouyti Nordine Cherif Elkhailil Ouassila Riouchi	<i>Laboratory of Applied Sciences</i>	Isotopic and Hydrochemical Analysis of the Ghis-Nekor Aquifer Morocco: Origin of Salinity and Groundwater Quality
Meryem Souidek Fatima Abdou-Allah Lamiaa Ait Si Fatima Ez-Zahra Ousaid Faiza Chbel Fouzia Hmimid Houssine Azeddoug	<i>Hassan II University of Casablanca</i>	Bioactive Compounds, Antioxidant Activity, and Antimicrobial Properties of the Ethyl Acetate Extract of <i>Cynara cardunculus</i> L.
Amal Bassam Rajaa Bassam Younes Rachdi Marouane El Alouani Mohammed Hafid Hamid Saufi Said Belaouad	<i>Hassan II University of Casablanca</i>	The use of alginates in the synthesis of red clay waste based geopolymers
Oladejo Gabriel Olawale Hassan Abdulrasheed Alada Balogun Topsy O Fashola Ibrahim. A Alabi Oluwatayo Grace	<i>University of Ibadan</i>	Bio-prospect of Spoilt Tomato Fungi for Amylase Production; Screening, Characterization and Purification for Juice Processing Application.

(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.

12.09.2025 / ONLINE / SESSION-1 / HALL-5

Ankara Local Time: 10:00-12:00

Zoom Meeting ID: 858 1117 0419 / Zoom Passcode: 121212

HEAD OF SESSION: Dr. Sagaya Aurelia P.

Authors	Affiliation	Presentation Title
Madhumitha.S Vijitha.V	<i>Pbharath Institute Of Higher Education And Research</i>	Agriculture: Foundation, Innovations, and Future Prospects
Saloni Sharma Suhani Sharma	<i>Deemed to be University</i>	Healing Bonds: The Role of Human–Animal Interactions in Promoting Psychological Well-being
S A Marathaka Rani Murugesan Kamaraj	<i>SRM Institute of Science and Technology</i>	Ai-driven climate-smart agriculture: utilizing artificial intelligence for adaptive, low-carbon, and resilient food systems
Sagaya Aurelia P	<i>Christ University</i>	The Impact of Internet of Things and Artificial Intelligence on Agriculture
Amal Aoumrani Ahlam Zarhouti Bouchra El Khalfi Abdelaziz Soukri	<i>Hassan II University of Casablanca</i>	The implication of medicinal plants in male reproductive health: innovative perspectives and approaches
Muhammad Shuaibu Maiwada Abduljabbar Garba	<i>Umaru Musa Yaradua University</i>	Photocatalytic degradation of methylene blue in wastewater using clay nanoparticles as a sustainable treatment approach
Adeniyi, O. A.	<i>Ajayi Crowther University</i>	Current Trends in Aquatic Sciences: Innovations, Challenges, and Future Directions
Rosanilio M. Yagos April Blanca Sumondong Shelden Kate C. Poyot Cresilda S. Maglinte	<i>Northwestern Mindanao State College of Science and Technology</i>	Morphological and morphometric analysis of the male flower crab (portunus armatus) in selected coastal areas of misamis occidental, philippines
Mohammad Fahad Ali Almas Hamid Rabia Nazir	<i>Government College</i>	Green synthesis of binary (co-ni) nanoparticles using hemicellulose from lallemantia royleana for efficient removal of dyes (congo red) pesticide (tebuconazole) from wastewater
Thenmozhi M Vardhana Janakiraman N. K. Udaya Prakash Bhuvaneswari S	<i>Bharathi Women's College</i>	Detection of phytocompounds from poombarai's single clove garlic using different solvent extracts

(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.

12.09.2025 / ONLINE / SESSION-2 / HALL-1

Ankara Local Time: 13:30-15:30

Zoom Meeting ID: 858 1117 0419 / Zoom Passcode: 121212

HEAD OF SESSION: Assoc. Prof. Dr. Mehmet Arif ÖZYAZICI

Authors	Affiliation	Presentation Title
Sıla KARADAĞLI Sümeýra DOĞAN Zöhre POLAT	<i>Aydın Adnan Menderes University</i>	The use of drought-tolerant grass species in urban landscapes and the concept of xeriscaping
Mehmet Arif ÖZYAZICI Semih AÇIKBAŞ Nizamettin TURAN	<i>Siirt University</i>	Variation in germination characteristics of forage rape seeds under different vermicompost doses
Volkan GÜRCE Gülcan DEMİROĞLU TOPÇU	<i>Ege University</i>	New support model and forage crops in production planning
Enes YILMAZ Engin ERTAN	<i>Directorate of Aydın Fig Research Institute</i>	Agroforestry and its applications in horticulture
Bilal KESKİN Süleyman TEMEL Ali İhsan ATALAY Faruk TOHUMCU Seda AKBAY TOHUMCU	<i>Iğdır University</i>	Determination of plant numbers per square meter, plant heights and some yield characteristics of some halophyte species growing in salty areas

(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.

12.09.2025 / ONLINE / SESSION-2 / HALL-2

Ankara Local Time: 13:30-15:30

Zoom Meeting ID: 858 1117 0419 / Zoom Passcode: 121212

HEAD OF SESSION: Dr. Emmanuel U. Anaso

Authors	Affiliation	Presentation Title
Nabeeha Wafa Majeed Ayesha Muhammad Saad Tariq	<i>University of Agriculture</i>	Anti-hypeglycemic activity of dried vitis vinifera (grapevine) stem bark in alloxan induced hyperglycemic wistar rats.
Emmanuel U. Anaso	<i>Federal University of Agriculture Mubi</i>	Nutritional role of ginger (zingiber officinale) essential oil in improving carcass performance and meat quality of sokoto red bucks
Bouchehit Hamza Benfrid Abdelmoutalib	<i>Batna2 University</i>	Vibration of irrigation reservoirs in the event of an earthquake.
Muhammad Bilal Hussain Marwa Waheed Mahjabeen Ejaz Ali Ikram	<i>Government College University Faisalabad</i>	Role of Artificial Intelligence (AI) in Quality Control of Food
Taskeen Fatima	<i>Hajvery University</i>	The clinical significance of normal physiological blood parameters in health assessment
Ahmed Osmane Khadija Zidan Moustapha Belmouden	<i>Agadir University Ibn Zohr</i>	Sustainable Biomass Production: Utilizing Trickling Filter Effluent for Sweet Sorghum Irrigation in Semi-Arid North Africa
Saira Malik Syed Mohsan Raza Shah Uniza Fatima bukhari Tasawar Fatima bukhari Iqra	<i>University of Education</i>	Leaf structural and functional modification of Ipomoea carnea Jacq. an invasive plant species, under diverse salinity gradient
Ahmed Attahiru	<i>Kebbi State University of Science and Technology</i>	Agrochemicals and biopesticides

(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.

12.09.2025 / ONLINE / SESSION-2 / HALL-3

Ankara Local Time: 13:30-15:30

Zoom Meeting ID: 858 1117 0419 / Zoom Passcode: 121212

HEAD OF SESSION: Dr. Iram Liaquat

Authors	Affiliation	Presentation Title
Iram Liaquat	<i>Government College University</i>	Microbial Biofilms Efficacy for Pesticides and dye bioremediation
El mostafa Benharaf Mohammed El idrissi Abdellah Zeroual	<i>Sultan Moulay Slimane University</i>	Immobilization of Lead Ions Using Amorphous Tricalcium Phosphate
R. Swathi G. David	<i>Bharath Institute of Higher Education and Research Chennai</i>	Nanotechnology application in nano-fertilizers/pesticides in crops
G. David R. Swathi	<i>Bharath Institute of Higher Education and Research Chennai</i>	CRISPR and Genome Editing in Agriculture & Veterinary Science
Abdul Momin Nahid Hasan Joy Faruk Hasan	<i>University of Rajshahi</i>	Inhibition of Shigella flexneri-induced diarrhea in mice model by Musa acuminata fruit extracts using in vitro, in vivo, and computational approaches
Balogun, Sherif Babajide Ajibola, Hussein Olamilekan Agbede, Johnson Olugbenga Keerthana.V	<i>Crescent University</i>	Relationship between economic history and accounting history
Meenatchi.S Kishore.R	<i>Bharath Institute of Higher Education and Researchhas</i>	Guava (Psidium guajava L.): a glorious plant with cancer preventive and therapeutic potential
Ikram Mennas Mohammed El Idrissi	<i>Sultan Moulay Slimane University</i>	Molecular Engineering of Non-Fullerene Acceptors: Insights from DFT/TD-DFT for Organic Photovoltaics

(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.

INDEX

ABSTRACTS

Seray BİLİR Feyza Döndü BİLGİN Mustafa SÜRMEN	Effects of different doses of organomineral fertilizers on yield and forage quality of alfalfa (<i>Medicago sativa</i> L.)	1
Onur İLERİ Muhammet İslam IŞIK Ali KOÇ	Geostatistical interpolation methods for small-scale mapping of available forage in semi-arid rangeland	3
Şule ERKOVAN Mustafa AKTÜRK	Effects of biocar application on the yield of annual grass (<i>Lolium multiflorum</i> L.)	4
Halil İbrahim ERKOVAN Burçin KÜÇÜKPARMAKSIZ	Effects of biochar application on soil temperature, acidity and plant height in annual grass (<i>Lolium multiflorum</i> L.) growth	6
Hüseyin ÖZPINAR Süleyman ÇAĞIR Ali Alptekin ACAR Erseven ULUS Ergül AY Melek AKÇA PELEN Hülya OKKAOĞLU Ceylan BÜYÜKKİLECİ	Determination of herb yield and quality performances of different mixture ratios of non-dormant and semi-dormant clover (<i>Medicago sativa</i> L.) varieties in Izmir conditions	8
Burcu HERCAN Melda KIRLI Yakup Onur KOCA	Effect of different phosphorus doses on growth parameters in triticales	11
Sinem ZERE TAŞKIN Fikret YÖNTER Burak Nazmi CANDOĞAN Asuman CANSEV Uğur BİLGİLİ	Optimizing irrigation levels and nitrogen doses for enhanced turfgrass performance and physiological traits in perennial rygrass (<i>Lolium perenne</i> L.)	13
Hüseyin ÖZPINAR Süleyman ÇAĞIR Erseven ULUS Ergül AY Melek AKÇA PELEN Hülya OKKAOĞLU Ali Alptekin ACAR Ceylan BÜYÜKKİLECİ	Determination of gradient yield and quality performance of dormant and non-dormant clover varieties in izmir conditions	15
Melek AKÇA PELEN Hülya OKKAOĞLU Erseven ULUS Ergül AY Hüseyin ÖZPINAR	Effects of cutting times on seed yield of italian ryegrass (<i>Lolium multiflorum</i> L.) cultivars	18
Erseven ULUS Mustafa SÜRMEN Hüseyin ÖZPINAR Hülya OKKAOĞLU Melek AKÇA PELEN Ergül AY Ceylan BÜYÜKKİLECİ	Effect of different mowing times on yield and quality of alexandrian clover (<i>Trifolium alexandrinum</i> L.) varieties	21
Osman YÜKSEL Murat YILDIZ	Effects of Different Levels of Urea and Molasses Additives on the Physical and Quality Characteristics of Napier Grass (<i>Pennisetum purpureum</i> Schumach) Silages	24

Nur Banu KORKAK Safiye Pinar TUNALI Mehmet KALKINÇ	Developing a suitable irrigation schedule for silage corn	26
Baris KARA Zeynep CALIK	Pasture plants and nature conservation	28
Zeynep CALIK Baris KARA	Use of pasture plants in landscape studies	30
Ayla BİLGİN Nagehan TAŞDEMİR	Water footprint analysis of some forage crops grown in the Çoruh basin	32
Sezai GÖKALP Celal KALEBAŞ Berna EFE Salih YILMAZ Erkan KUM Saadet TOSUNOĞLU	Assessment of cicer milkvetch (<i>Astragalus cicer</i> L.) Genotypes for forage yield and some quality traits in the two different region of Turkey	34
Andrey Popatanasov	On the cytokinin hormoprining as way to improve stress resistance in crop plants	37
Obaniyi Kayode Samuel	Awareness of Sweet Potato Production Technologies among Farmers in North central, Nigeria	38
Ait Si Lamia Hmimid Fouzia Abdou-Allah Fatima Souidek Meryem Ousaid Fatima Ez-zahra Guenauou Ismail Nait Irahah Imane Lahlou Fatima Azzahra Kabine Mostafa Bourhim Nouredine	Bioactive and safety profiles of essential oil: Linking antimicrobial, antioxidant, and toxicological activities	39
Elizabeth Adewumi Ajekiigbe Jesse Michael Olutayo Israel Falodun	Antibiotics susceptibility pattern of gram-positive cocci isolated from selected swimming pool water in Ibadan, Nigeria	40
Jmaili Karima Waddi Khawla Lahrairi Mohamed Bahlaouan Bouchaib Silkina Alla Boutaleb Nadia	Sustainable agriculture and waste valorization through whey-derived biostimulants: Effects on tomato germination	41
Khawla Waddi	Biotreatment of Pharmaceutical-Contaminated Hospital Effluents Using Indigenous Microorganisms	42
Adebukola Rasheedat Salawu Sarah Okhueigbe Olutayo Israel Falodun	Prevalence of asymptomatic bacteriuria and antibiotic resistance in gram positive cocci bacteria among pregnant women attending antenatal clinic in Ibadan, Nigeria	43
Sarah Okhueigbe Adebukola Rasheedat Salawu Olutayo Israel Falodun	Urine samples of suspected uti patients in a tertiary hospital in Ibadan, Nigeria is a hotspot for antibiotics resistant gram Negative bacteria	44
Rachida Elbarghmi Mostapha Abourrich Soukaina El khalki	Groundwater Quality Assessment for Agricultural Irrigation in the Ketama–Al Hoceima Region (Morocco)	45
Mohammed Waheeb	Agricultural products of global importance originating in the Mediterranean Countries Through Archaeological Excavations - Jordan	46

Ahali Taoufik Driss khatch Nouyt Nordine Cherif Elkhail Ouassila Riouchi	Isotopic and Hydrochemical Analysis of the Ghis-Nekor Aquifer Morocco: Origin of Salinity and Groundwater Quality	48
Meryem Souidek Fatima Abdou-Allah Lamiaa Ait Si Fatima Ez-Zahra Ousaid Faiza Chbel Fouzia Hmimid Houssine Azeddoug	Bioactive Compounds, Antioxidant Activity, and Antimicrobial Properties of the Ethyl Acetate Extract of <i>Cynara cardunculus</i> L.	49
Amal Bassam Rajaa Bassam Younes Rachdi Marouane El Alouani Mohammed Hafid Hamid Saufi Said Belaaouad	The use of alginates in the synthesis of red clay waste based geopolymers	51
Oladejo Gabriel Olawale Hassan Abdulrasheed Alada Balogun Topsy O Fashola Ibrahim. A Alabi Oluwatayo Grace	Bio-prospect of Spoilt Tomato Fungi for Amylase Production; Screening, Characterization and Purification for Juice Processing Application.	52
S A Marathaka Rani Murugesan Kamaraj	Ai-driven climate-smart agriculture: utilizing artificial intelligence for adaptive, low-carbon, and resilient food systems	53
Sagaya Aurelia P	The Impact of Internet of Things and Artificial Intelligence on Agriculture	54
Amal Aoumrani Ahlam Zarhouti Bouchra El Khalfi Abdelaziz Soukri	The implication of medicinal plants in male reproductive health: innovative perspectives and approaches	56
Muhammad Shuaibu Maiwada Abduljabbar Garba	Photocatalytic degradation of methylene blue in wastewater using clay nanoparticles as a sustainable treatment approach	57
Adeniyi, O. A.	Current Trends in Aquatic Sciences: Innovations, Challenges, and Future Directions	58
Mehmet Arif ÖZYAZICI Semih AÇIKBAŞ Nizamettin TURAN	Variation in germination characteristics of forage rape seeds under different vermicompost doses	59
Nabeeha Wafa Majeed Ayesha Muhammad Saad Tariq	Anti-hypeglycemic activity of dried vitis vinifera (grapevine) stem bark in alloxan induced hyperglycemic wistar rats.	61
Emmanuel U. Anaso	Nutritional role of ginger (zingiber officinale) essential oil in improving carcass performance and meat quality of sokoto red bucks	62
Bouchehit Hamza Benfrid Abdelmoutalib	Vibration of irrigation reservoirs in the event of an earthquake.	63
Muhammad Bilal Hussain Marwa Waheed Mahjabeen Ejaz Ali Ikram	Role of Artificial Intelligence (AI) in Quality Control of Food	64
Taskeen Fatima	The clinical significance of normal physiological blood parameters in health assessment	65

Ahmed Osmane Khadija Zidan Moustapha Belmouden	Sustainable Biomass Production: Utilizing Trickling Filter Effluent for Sweet Sorghum Irrigation in Semi-Arid North Africa	66
Saira Malik Syed Mohsan Raza Shah Uniza Fatima bukhari Tasawar Fatima bukhari Iqra	Leaf structural and functional modification of <i>Ipomoea carnea</i> Jacq. an invasive plant species, under diverse salinity gradient	67
Iram Liaqat	Microbial Biofilms Efficacy for Pesticides and dye bioremediation	68
El mostafa Benharaf Mohammed El idrissi Abdellah Zeroual	Immobilization of Lead Ions Using Amorphous Tricalcium Phosphate	69
G. David R. Swathi	CRISPR and Genome Editing in Agriculture & Veterinary Science	70
Abdul Momin Nahid Hasan Joy Faruk Hasan	Inhibition of <i>Shigella flexneri</i> -induced diarrhea in mice model by <i>Musa acuminata</i> fruit extracts using in vitro, in vivo, and computational approaches	71
Keerthana.V Meenatchi.S Kishore R. Saravanan R.	Guava (<i>Psidium guajava</i> L.): a glorious plant with cancer preventive and therapeutic potential	72
Ikram Mennas Mohammed El Idrissi	Molecular Engineering of Non-Fullerene Acceptors: Insights from DFT/TD-DFT for Organic Photovoltaics	73
Rosanilio M. Yagos April Blanca Sumondong Shelden Kate C. Poyot Cresilda S. Maglinte	Morphological and morphometric analysis of the male flower crab (<i>portunus armatus</i>) in selected coastal areas of misamis occidental, philippines	74
Mohammad Fahad Ali Almas Hamid Rabia Nazir	Green synthesis of binary (co-ni) nanoparticles using hemicellulose from <i>lalllantia royleana</i> for efficient removal of dyes (congo red) pesticide (tebuconazole) from wastewater	75
Thenmozhi M Vardhana Janakiraman N. K. Udaya Prakash Bhuvaneswari S	Detection of phytochemicals from poombarai's single clove garlic using different solvent extracts	76

FULL TEXT

Feyza Döndü BİLGİN İlkay YAVAŞ	Subterranean clover (<i>Trifolium subterraneum</i> L.): drought tolerance and agricultural significance	78
Mehmet CAN Muhammet ŞAHİN İlknur AYAN Elif ŞAHİN Zeki ACAR	Use of precision agriculture technologies in pasture management: monitoring yield and biodiversity through the plate meter method	87
Muhammet ŞAHİN Mehmet CAN Fatih KUMBASAR Gülcan KAYMAK BAYRAM Zeki ACAR İlknur AYAN	Integrating precision agriculture technologies into rangeland monitoring: productivity, biodiversity, and forage quality perspectives	96
Ece Coşkun Fırat ALATÜRK Baboo ALİ	Effects of different cutting heights on yield and morphological traits of sweet sorghum (<i>Sorghum bicolor</i> L. Moench) and sorghum-sudangrass hybrids	107
Ece Coşkun Fırat ALATÜRK Ramazan ÇAKMAKÇI Baboo ALİ	Microbial fertilizers as sustainable alternatives in pasture management: yield and quality perspectives	121
Fatih KUMBASAR Christopher REYNOLDS	Effects of different sward mixtures on biomass production and forage quality under drought	136
Dilan İLTER HELVACI Mustafa SÜRMEN	The overview of the plant production planning in the republic of turkey ministry of agriculture and forestry agricultural production planning project	145
Uğur BAŞARAN Erdem GÜLÜMSER Yusuf Murat KARDEŞ	The potential of rye for sustainable forage production in türkiye	151
Erdem GÜLÜMSER Yusuf Murat KARDEŞ Uğur BAŞARAN	Hay yield and quality of forage turnip and oat mixtures	162
Ferda KARAKUS Sibel ERDOĞAN Çağrı KALE Murat TURAN Abdullah YESİLOVA	Awareness of animal breeders in van province about industrial hemp	169
Emre KARA Mustafa SÜRMEN	Advancing sustainable agriculture through robotic systems: opportunities and challenges	180
Mustafa SÜRMEN Emre KARA	Yield component responses to varying intercropping proportions of maize, soybean, and sunflower	184
Mevlüt TÜRK Hasan ALTINKALE	Effects of different nitrogen doses and harvesting times on the forage yield and quality of oat	190
Burak Doğru Mevlüt Türk	Effects of nitrogen doses and harvesting times on the forage yield and quality of barley	204

Derya GÜLÇİN Mustafa SÜRMEN Bülent DENİZ Ebru Ersoy TONYALOĞLU Ali Uğur ÖZCAN Kerim ÇİÇEK	Modeling the habitat suitability of summer asphodelus (<i>Asphodelus aestivus</i> Brot.) according to present and future climate conditions	214
Zekiye ŞENGÜL ABEDİ	From production-oriented management to ecosystem-based sustainability in rangelands: climate-smart approaches for adaptation and risk reduction	248
Tayfun ÇAY Ömer ACAR	Institutional reflections of problems encountered in rangeland management in Türkiye	274
Olayiwola, Joy Oluwabukola Aliu, Olaniyi Habib	Prediction of fungal risk due to leaf wetness using machine learning algorithms	296
Professor Sadiq Mohammed Sanusi	Gender-Responsive Agricultural Policy Framework for Sustainable Agricultural Development in Niger State, Nigeria: A Pathway	305
Madhumitha.S Vijitha.V	Agriculture: Foundation, Innovations, and Future Prospects	319
Saloni Sharma Suhani Sharma	Healing Bonds: The Role of Human–Animal Interactions in Promoting Psychological Well-being	329
Sıla KARADAĞLI Sümeyra DOĞAN Zöhre POLAT	The use of drought-tolerant grass species in urban landscapes and the concept of xeriscaping	341
Volkan GÜRCE Gülcan DEMİROĞLU TOPÇU	New support model and forage crops in production planning	352
Enes YILMAZ Engin ERTAN	Agroforestry and its applications in horticulture	363
Bilal KESKİN Süleyman TEMEL Ali İhsan ATALAY Faruk TOHUMCU Seda AKBAY TOHUMCU	Determination of plant numbers per square meter, plant heights and some yield characteristics of some halophyte species growing in salty areas	386
Ahmed Attahiru	Agrochemicals and biopesticides	401
R. Swathi G. David	Nanotechnology application in nano-fertilizers/pesticides in crops	408
Balogun, Sherif Babajide Ajibola, Hussein Olamilekan Agbede, Johnson Olugbenga	Relationship between economic history and accounting history	419
Ali Koç Ahmet Gökkuş	Climate change and rangelands	424
Seray BİLİR Feyza Döndü BİLGİN Mustafa SÜRMEN	Effects of different doses of organomineral fertilizers on yield and forage quality of alfalfa (<i>Medicago sativa</i> L.)	433



INTERNATIONAL CONGRESS ON RANGELAND & FORAGE CROPS-III

September 12-14, 2025 / Didim, AYDIN



ABSTRACTS



ORGANOMINERAL GÜBRELERİN FARKLI DOZLARININ YONCA (*MEDICAGO SATIVA* L.)’DA VERİM VE YEM KALİTESİ ÜZERİNE ETKİLERİ

Seray BİLİR

Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Aydın, Türkiye

E.mail: seraybilir0@icloud.com

Dr. Öğr. Üyesi Feyza Döndü BİLGİN

Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Koçarlı MYO, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü,
Aydın, Türkiye

feyzabilgin@adu.edu.tr

Prof. Dr. Mustafa SÜRMEN

Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Aydın, Türkiye

mustafa.sürmen@adu.edu.tr

ÖZET

Organomineral gübreler, organik ve inorganik bileşenlerin sinerjik etkisiyle hem toprak verimliliğini iyileştiren hem de bitki besin elementlerinin etkinliğini artıran sürdürülebilir gübreleme alternatifleridir. Geleneksel kimyasal gübreler ile karşılaştırıldığında çevresel kirliliği azaltmaları, organik madde katkısıyla toprak mikrobiyal aktivitesini artırmaları ve uzun vadeli besin salınımı sağlamaları nedeniyle ,günümüzde, dünya genelinde ve Türkiye’de kullanım alanları giderek yaygınlaşmaktadır. Bu çalışma kapsamında, yüksek protein içeriği, çok yıllık ve çok biçimli yapısı ile yem bitkileri arasında stratejik öneme sahip olan yoncada (*Medicago sativa* L.) organomineral gübrenin farklı dozlarının verim ve yem kalitesi üzerine etkileri belirlenmiştir. Araştırma, 2025 yılında Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Deneme Alanı’nda tesadüf blokları deneme desenine göre üç tekerrürlü olarak yürütülmüş ve ticari adı ALFA SS olan NK’lı katı organomineral gübre yarım doz (50 g/da), tam doz (100 g/da), çift doz (200 g/da) ve kontrol olmak üzere dört farklı şekilde uygulanmıştır. Uygulamalar her biçim sonrasında tekrarlanmıştır. Çalışmada; bitki boyu, yeşil ot ve kuru madde verimi, ham protein verimi, , ADF, NDF ve ham protein oranları incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Organomineral gübre, Yonca, kalite, verim, besin elementleri sürdürülebilir tarım



EFFECTS OF DIFFERENT DOSES OF ORGANOMINERAL FERTILIZERS ON YIELD AND FORAGE QUALITY OF ALFALFA (*MEDICAGO SATIVA* L.)

ABSTRACT

Organomineral fertilizers are sustainable alternatives to conventional fertilization practices. Through the synergistic interaction of their organic and inorganic components, they not only improve soil fertility but also enhance the efficiency of plant nutrient uptake. Compared with traditional chemical fertilizers, they are increasingly adopted worldwide and in Türkiye due to their ability to reduce environmental pollution, enrich soils with organic matter, stimulate microbial activity, and ensure long-term nutrient release. In this study, the effects of different doses of an organomineral fertilizer on the yield and forage quality of alfalfa (*medicago sativa* L.)—a strategically important forage crop valued for its high protein content, perennial growth habit, and multiple harvest potential—were investigated. The experiment was conducted in 2025 at the research field of Aydın Adnan Menderes University, Faculty of Agriculture, using a randomized block design with three replications. A commercial Nk-based solid organomineral fertilizer, marketed under the trade name Alfa SS, was applied in four treatments: half dose (50 g/da), full dose (100 g/da), double dose (200 g/da), and a control. Applications were repeated after each harvest. Evaluated parameters included plant height, green herbage yield, dry matter yield, crude protein yield, crude protein ratio, as well as acid detergent fiber (ADF) and neutral detergent fiber (NDF).

Keywords: Organomineral fertilizer, Alfalfa, yield, forage quality, sustainable agriculture, nutrient elements



GEOSTATISTICAL INTERPOLATION METHODS FOR SMALL-SCALE MAPPING OF AVAILABLE FORAGE IN SEMI-ARID RANGELAND

Onur İLERİ*

Affiliation: Eskisehir Osmangazi University, Department of Field Crops, Türkiye,
oileri@ogu.edu.tr

ORCID: 0000-0003-0728-4731

Muhammet İslam IŞIK

Affiliation: Necmettin Erbakan University, Department of Field Crops, Türkiye
muhammetisik33@gmail.com

ORCID: 0000-0002-9616-1364

Ali KOÇ

Affiliation: Eskisehir Osmangazi University, Department of Field Crops, Türkiye,
alikoc@ogu.edu.tr

ORCID: 0000-0001-5072-462X

ABSTRACT

Rangeland management requires a detailed inventory knowledge, which will be changing spatiotemporally. Animal grazing by ignoring of the variation will possibly respond as an uneconomical activity or inevitable rangeland deterioration. Rangeland available forage production is one of the most important characteristics to monitor for a proper management. The production changes critically among the locations of the same rangeland due to ecological factors such as soil, aspect, slope, altitude, wild animals, etc. Therefore, spatial monitoring of the available forage is important. However, rangelands cover broad area and sampling of all locations is nearly impossible. Maps, that are created using geostatistical interpolation methods could be quite useful to understand the variations. In this study, performance of some geostatistical interpolation methods are compared over available forage production of a semi-arid rangeland. The study was carried out at Kıravdan Rangeland of Eskişehir district, which has a typical semi-arid steppe characteristic. Field sampling was done at the 1st week of May in 2024. Forage samples are taken using 0.5×0.5 cm quadrats from 100 different points and oven-dried at 60 °C until reached a constant weight. Rangeland borders are drawn as polygon in ArcMap 10.5 software and the available forage data was integrated into the sampling points. The geostatistical wizard of ArcMap 10.5 was used to apply interpolation methods and the root mean square error (RMSE) was considered to compare the performances of the methods. Ordinary, simple, and universal models of Kriging method was compared using different semivariogram models (circular, spherical, exponential, Gaussian, stable). Mean available forage production was 47.7 kg da^{-1} and it ranged between $22.0 - 116.0 \text{ kg da}^{-1}$. The RMSE values were lower in the simple model, regarding ordinary and universal models. In the simple model, circular semivariogram had the best performance (17.450) among the all semivariogram models. Results showed that available forage production could change critically in same rangeland due to spatial variations and available forage could be monitored via maps that created using circular semivariogram of the simple-kriging model.

Keywords: Available forage, Interpolation, Mapping, Rangeland



BİYOKÖMÜR (BIOCHAR) UYGULAMASININ TEK YILLIK ÇİM (*LOLIUM MULTIFLORUM* L.)'İN VERİMİ ÜZERİNE ETKİLERİ

Şule ERKOVAN

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkilileri Bölümü Eskişehir
serkovan@ogu.edu.tr

0000-0001-6235-6000

Mustafa AKTÜRK

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkilileri Bölümü Eskişehir
serkovan@ogu.edu.tr

0000-0001-6235-6000

ÖZET

Üretim artışı, yeni üretim kaynaklarının ortaya çıkması dünya üzerinde atık miktarını artırırken yeni kullanım alanları da oluşturmaktadır. Bunların en iyi bilineni olarak biyogaz üretimi öne çıkmaktadır. Biyogaz üretildikten sonra arta kalan %80 nem içeren materyalin depolanması ve bertaraf edilmesi önemli bir problem oluşturmaktadır. Bu materyalin direkt olarak kullanımı tuz içeriğinin yüksek olması nedeniyle ciddi sorundur. Ancak bünyesindeki su uzaklaştırılarak kalan %20 oranındaki organik materyal toprakların iyileştirilmesinde ve dolayısıyla tarımsal üretimde kullanılabilir. Bu amaçla tek yıllık çim yetiştiriciliğinde mineral gübre ile biochar dozlarının karşılaştırılarak verim üzerine etkileri incelenmiştir. Tek yıllık çim 20 cm sıra arası ve 2 kg/da ekim dozu ile ekilmiştir. Deneme herhangi bir uygulama yapılmayan kontrol, 15 kg/da amonyum sülfat uygulanan mineral gübre ile biocharın 1, 2, 3 ve 4 ton/da uygulanarak 3 tekerrürlü yürütülmüştür. Deneme 10 Nisan tarihinde ekilmiş ve 26 Haziran tarihinde hasat edilmiştir. Kontrol parsellerinde 36 cm olan bitki boyu mineral gübre uygulamasında 40 cm, biochar uygulamasında sırasıyla 39,7, 39,9, 39,1 ve 38,0 olarak tespit edilmiştir. Yaş ot verimlerinde de en yüksek verim 708,70 kg/da ile mineral gübre uygulamasından elde edilirken, biocharın 3 ve 4 ton/da uygulamaları 500 kg/da verimin üzerine çıkmaktadır. Kuru madde verimi ise 4 ton/da biochar uygulamasında daha yüksek olduğu bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: Biochar, yaş ot verimi, kuru ot verimi



EFFECTS OF BIOCAR APPLICATION ON THE YIELD OF ANNUAL GRASS (*LOLIUM MULTIFLORUM* L.)

ABSTRACT

Increased production and the emergence of new production sources are increasing global waste volumes while also creating new areas for utilization. Biogas production is the most well-known of these. The storage and disposal of the remaining 80% moisture material after biogas production poses a significant problem. Direct use of this material poses a significant challenge due to its high salt content. However, by removing the water content, the remaining 20% organic material can be used for soil improvement and, consequently, for agricultural production. For this purpose, the effects of mineral fertilizer and biochar dosages on yield were compared in annual ryegrass cultivation. Annual ryegrass was planted with 20 cm row spacing and a planting dose of 2 kg/da. The experiment was conducted with three replicates: a control without any application, a mineral fertilizer with 15 kg/da ammonium sulfate applied, and biochar applied at 1, 2, 3, and 4 tons/da. The experiment was planted on April 10 and harvested on June 26. In the control plots, plant height was 36 cm, while it was 40 cm with the mineral fertilizer application and 39.7, 39.9, 39.1, and 38.0 cm with the biochar application, respectively. The highest fresh forage yield was obtained with the mineral fertilizer application at 708.70 kg/da, while 3 and 4 tons/da biochar applications exceeded 500 kg/da. Dry matter yield was higher with the 4 tons/da biochar application.

Keywords: Biochar, fresh yield, dry yield



BİYOKÖMÜR (BIOCHAR) UYGULAMASININ TEK YILLIK ÇİM (*LOLIUM MULTIFLORUM* L.) YETİŞTİRİCİLİĞİNDE TOPRAK SICAKLIĞI, ASİTLİĞİ VE BİTKİ BOYUNA ETKİLERİ

Halil İbrahim ERKOVAN

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkilileri Bölümü Eskişehir

erkovan@ogu.edu.tr

0000-0001-8511-0791

Burçin KÜÇÜKPARMAKSIZ

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkilileri Bölümü Eskişehir

burcinkp85@gmail.com

0000-0001-8511-0791

ÖZET

Toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik süreçlerini yöneten toprak sıcaklığı uygulamalar ile farklılık göstererek bitki büyümesini etkilemektedir. Bu amaçla araştırma farklı biochar dozu uygulanan alanlarda toprak sıcaklığının yetiştirme periyodundaki değişimi ve bitki boyuna etkilerini araştırmak için yürütülmüştür. Araştırmada kontrol, mineral gübre (15 kg/da), 1, 2, 3 ve 4 ton/da biochar uygulanmıştır. 10 Nisanda ekilen ve 28 Nisanda çıkışlarını tamamlayan denemede 29 Nisandan başlayarak 26 Hazirana kadar haftalık toprak sıcaklığı, toprak pH'sı ve bitki boyları ölçülmüştür. Ekimde dekara 2 kg tek yıllık çim tohumu 20 cm sıra aralığı ile ekilmiştir. Mineral gübre yalnızca faktör olduğu için kendi parseline 15 kg/da dozunda uygulanmıştır. Kontrol parseline herhangi bir uygulama yapılmamıştır. Biochar olarak çiftlik gübresi, tavuk gübresi ve sebze atıklarından elde edilen materyalden 1, 2, 3 ve 4 ton/da olacak şekilde tüm deneme 3 tekerrürlü olarak kurulmuştur. Toprak sıcaklığı 20,2 °C ile en yüksek 2 kg/da biochar uygulanan parselerde ölçülürken, en düşük 19,7 °C mineral gübre ve 4 kg/da biochar uygulanan parselerde ölçülmüştür. Toprak pH'sı uygulamalar arasında önemli bir değişim göstermemiştir. Bitki boyu sırasıyla mineral gübre, kontrol, 1, 2, 3, 4 ton biochar uygulamasında 40, 36, 39, 39, 39 ve 38 olarak belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: toprak sıcaklığı, pH, bitki boyu



EFFECTS OF BIOCHAR APPLICATION ON SOIL TEMPERATURE, ACIDITY AND PLANT HEIGHT IN ANNUAL GRASS (*LOLIUM MULTIFLORUM* L.) GROWTH

ABSTRACT

Soil temperature, which governs the physical, chemical, and biological processes of the soil, varies with the treatments and affects plant growth. For this purpose, the study was conducted to investigate the changes in soil temperature during the growing season and the effects on plant height in plots where different biochar doses were applied. Control, mineral fertilizer (15 kg/da), and 1, 2, 3, and 4 tons/da biochar were applied. Soil temperature, soil pH, and plant height were measured weekly from April 29 to June 26 in the trial, which was planted on April 10 and completed emergence on April 28. At planting, 2 kg of annual ryegrass seed was planted per decare with a 20 cm row spacing. Because mineral fertilizer was the only factor, it was applied to its own plot at a dose of 15 kg/da. No application was made to the control plot. The entire trial was set up with three replicates, using 1, 2, 3, and 4 tons/da biochar obtained from farm manure, chicken manure, and vegetable waste. Soil temperature was highest at 20.2°C in plots treated with 2 kg/da biochar, while the lowest was 19.7°C in plots treated with mineral fertilizer and 4 kg/da biochar. Soil pH did not change significantly among treatments. Plant heights were determined as 40, 36, 39, 39, 39, and 38 cm in the mineral fertilizer, control, and 1, 2, 3, and 4 tons of biochar treatments, respectively.

Keywords: soil temperature, soil pH, plant height



**İZMİR KOŞULLARINDA NON DORMANT VE YARI DORMANT YONCA
(*Medicago sativa* L.), ÇEŞİTLERİNİN FARKLI KARIŞIM ORANLARININ OT
VERİM VE KALİTE PERFORMANSLARININ BELİRLENMESİ**

Dr. Hüseyin ÖZPINAR

Emekli Araştırmacı, T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı

huseyin_ozpinar@hotmail.com,

ORCID: 0000-0002-3351-3908

Süleyman ÇAĞIR*

Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü

suleyman.cagir@tarimorman.gov.tr

ORCID: 0000-0001-9466-7786

Ali Alptekin ACAR

Manisa İl Tarım Orman Müdürlüğü

alialptekin.acar@tarimorman.gov.tr

ORCID: 0009-0004-2597-620X

Erseven ULUS

Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü

erseven.ulus@tarimorman.gov.tr

ORCID: 0009-0003-5800-5939

Ergül AY

Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü

ergul.ay@tarimorman.gov.tr

ORCID: 0000-0002-8591-3508

Melek AKÇA PELEN

Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü

melek.akcapelen@tarimorman.gov.tr, 05333719123

ORCID: 0000-0003-4704-7677

Dr. Hülya OKKAOĞLU

Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü

hulya.okkaoglu@tarimorman.gov.tr, 05362146472

ORCID: 0000-0003-3830-3878

Dr. Ceylan BÜYÜKKİLECİ

Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü

ceylan.buyukkileci@tarimorman.gov.tr

ORCID: 0000-0003-1247-4193



ÖZET

Amaç: Kaba yem üretiminde yonca yetiştiriciliği ülkemizde çok önemli bir yer tutmaktadır. Akdeniz bölgesinde yonca üretiminde non dormant çeşitler daha fazla uyum sağlamakta ve verimli olmaktadır. Bununla beraber ülkemizde non dormant çeşitlerin tohumluklarının temininde güçlükler yaşanmaktadır. Tohum açığının giderilmesinde bölgeye uyumlu olmayan dormant çeşitler kullanılmaktadır. Böylelikle verim kayıpları yaşanmaktadır. Bu çalışmada bölgemize uyumlu olan non dormant çeşitle bölgemize uyumlu yarı dormant çeşidin farklı oranlarında karışımları kullanılarak verim değerlerinin saptanmasına çalışılmıştır.

Materyal ve Yöntem: Deneme İzmir Menemen koşullarında, Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü deneme alanlarında 2017-2018, 2018-2019 ve 2019-2020 yetiştirme sezonunda üç yıl süre ile yürütülmüştür. Denemede, non dormant Özpınar (8) ve yarı dormant İside (6) çeşitleri kullanılmıştır. Farklı oranlarda (% 100 Özpınar , %80 Özpınar + %20 İside , % 60 Özpınar + % 40 İside, % 40 Özpınar + % 60 İside, % 20 Özpınar + % 80 İside, % 100 İside) karışım yapılarak oluşturulan parseller tesadüf blokları deneme desenine göre dört tekrarlamalı olarak yürütülmüştür.

Bulgular: Üç yıl süren çalışmada ortalama kuru madde verimlerinde (2563-2981kg/da) istatistiki olarak önemli değerlere ulaşılmıştır. Non dormant çeşit ilk verim grubunu (2981 kg/da), yarı dormant çeşit ise en düşük verim grubunu (2563 kg/da) oluştururken karışım oranları aynı verim grubunda yer almıştır (2685-2798 kg/da).

Sonuç: Çalışma sonuçlarına göre bölgemizde çeşitlerin performansları beklendiği gibi olmuştur. Non dormant çeşitlerin tohumluklarına erişim kolay olduğu zamanlarda bu çeşitlerin kullanılması uygun görülmektedir. Bununla beraber aksi durumlarda biraz verim düşüklüğü göz önüne alınarak bölgeye uyumlu yarı dormant çeşidin farklı oranlarda non dormant çeşitle kullanılması mümkün görülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Yonca (*Medicago sativa* L.), yarı dormant, non dormant, karışım



DETERMINATION OF HERB YIELD AND QUALITY PERFORMANCES OF DIFFERENT MIXTURE RATIOS OF NON-DORMANT AND SEMI-DORMANT CLOVER (*Medicago sativa* L.) VARIETIES IN IZMIR CONDITIONS

ABSTRACT

Objective: Alfalfa cultivation plays a crucial role in forage production in our country. In the Mediterranean region, non-dormant varieties alfalfa production is more adaptable and productive. However, there are difficulties in obtaining seeds of non-dormant varieties in our country. Dormant varieties that are not compatible with the region are used to fill the gap. Thus, productivity losses occur. In this study, it was tried to determine the yield values by using different ratios of mixtures of non-dormant varieties suitable for our region and semi-dormant varieties suitable for our region.

Materials and Methods: The experiment was carried out in Izmir Menemen conditions, in the trial areas of the Aegean Agricultural Research Institute, for three years in the 2017-2018, 2018-2019 and 2019-2020 growing seasons. Non-dormant Özpınar (8) and semi-dormant İside (6) varieties were used in the experiment. The plots created by mixing different ratios (100% Özpınar, 80% Özpınar + 20% İside, 60% Özpınar + 40% İside, 40% Özpınar + 60% İside, 20% Özpınar + 80% İside, 100% İside) were carried out according to the randomized complete block design with four replications.

Results: In the three-year study, significant values were achieved in average dry matter yields (2563-2981kg/da). While the non-dormant variety was in the first yield group (2981 kg/da), the semi-dormant variety was in the lowest yield group (2563 kg/da), the mixture ratios were in the same yield group (2685-2798 kg/da).

Conclusion: According to the study results, the performance of the varieties in our region was as expected. When access to seeds of non-dormant varieties is easy, it seems appropriate to use these varieties. However, considering the slightly lower yield in other cases, it is possible to use semi-dormant variety suitable for the region with the non-dormant variety in different proportions.

Keywords: Alfalfa (*Medicago sativa* L.), semi-dormant, non-dormant, mixture



EFFECT OF DIFFERENT PHOSPHORUS DOSES ON GROWTH PARAMETERS IN TRITICALE

Burcu HERCAN

Graduate School of Natural and Applied Sciences

hercanburcu3@gmail.com

Melda KIRLI

Graduate School of Natural and Applied Sciences

meldakirli12345@gmail.com

Assoc. Prof. Dr. Yakup Onur KOCA

Aydın Adnan Menderes University, Faculty of Agriculture, Department of Field Crops

yokoca@adu.edu.tr

ÖZET

Tritikale, yüksek besin değerlerine sahip, ıslah çalışmalarıyla adaptasyon kabiliyeti ve kalite özellikleri geliştirilmiş, tuzlu ve asidik topraklara dayanıklı bir bitkidir. Bu özellikleri ile artan kesif yem ve kaliteli kaba yem talebinin karşılanmasında yoğun olarak kullanılmaktadır. Biz bu çalışma ile 2021 ve 2022 yıllarında farklı dozlarda (0 kg/da, 4 kg/da, 8kg/da, 12 kg/da, 16 kg/da ve 20 kg/da) uygulanan fosforun tritikalenin büyüme ve gelişmesi üzerine etkilerini belirlemeye çalıştık. Farklı dozlarda Fosfor uygulanan tritikale parsellerinden 7 farklı büyüme ve gelişme döneminde örnekler alınmıştır. Yaş ağırlık, Kuru ağırlık ve Yaprak alanı değerleri ölçülmüştür. GDD, NAR, LAR ve RGR değerleri hesaplanmıştır. NAR'ın yaprak alanı değişimlerinden, RGR nin ise kuru madde değişimlerinden etkilendiği bilinmektedir. Çalışmadan elde edilen sonuçlar incelendiğinde 2021 yılında elde edilen LAR değerlerinin 2022 yılına göre neredeyse 1/3'ü kadar olduğu görülmektedir. Çalışma boyunca 2 yıllık yaprak alanı değişimlerinden etkilenen NAR değerleri incelendiğinde 2021 yılında hesaplanan değerlerin daha stabil fakat düşük olduğu, ikinci yıl farklı gübrelerin etkisinin daha iyi gözlemlendiği görülmektedir. Kuru ağırlık değerleri ile hesaplanan RGR 'nin ise yıllar arasında daha stabil olduğu söylenebilir. Hesaplanan GDD değerleri ve meteorolojiden alınan aylık toplam yağış verileri sonucunda 2021 yılının daha sıcak ve kurak bir yıl olduğunu tespit edilmiştir. Tritikalenin kuru ağırlık artışının fosforun da etkisi ile değişen çevre faktörlerinden daha az etkilendiği belirlenmiştir. Buna karşın yaprak alanı değerlerinin ise daha fazla etkilendiği söylenebilir. Özellikle 12 kg/da ve 16 kg/da fosfor dozlarının bitkiyi rahatlattığı düşünülmektedir. Tercihin ekonomik parametrelerinde göz önünde bulundurularak yapılması uygun olacaktır.

Anahtar Kelimeler: Tritikale, GDD, LAR, RGR ve NAR.



ABSTRACT

Triticale is a plant with high nutritional value, improved adaptability and quality traits through breeding, and resistance to saline and acidic soils. These characteristics have led to its widespread utilisation in meeting the escalating demand for concentrated feed and high-quality forage. The objective of this study was to ascertain the impact of varying doses (0, 40, 80, 120, 160, and 200 kg/ha) of phosphorus on the growth and development of triticale during the years 2021 and 2022. Samples were collected from triticale plots that had been treated with varying phosphorus doses at seven distinct growth and development stages. Fresh weight, dry weight, and leaf area values were measured during the sampling dates. And GDD, NAR, LAR, and RGR values were calculated. It is evident that NAR is influenced by alterations in leaf area, while RGR is impacted by changes in dry matter. A subsequent examination of the study's findings reveals that the A thorough examination of the NAR values, influenced by alterations in leaf area over the two-year period of the study, reveals that the values calculated in 2021 exhibit enhanced stability, though concurrently lower values. Furthermore, the impact of diverse fertilisers was more evidently discernible in the second year. It can be posited that the RGR calculated from dry weight values exhibits greater stability between years. LAR values obtained in 2021 are approximately one-third of those recorded in 2022. The GDD values were calculated and the monthly total precipitation data from meteorology were analysed. The results indicate that 2021 was a warmer and drier year. It was determined that triticale dry weight gain was less affected by changing environmental factors, including phosphorus. However, leaf area values are more affected. It was determined that phosphorus doses of 120 kg/ha and 160 kg/ha were particularly beneficial for the plant. It would be appropriate to make the selection considering economic parameters.

Keywords: Triticale, GDD, LAR, RGR and NAR.



ÇOK YILLIK ÇİM (*Lolium perenne* L.)'İN ÇİM PERFORMANSINI VE FİZYOLOJİK ÖZELLİKLERİNİ GELİŞTİRMEK İÇİN SULAMA SEVİYELERİ VE AZOT DOZLARININ OPTİMİZE EDİLMESİ

Dr. Sinem ZERE TAŞKIN

Bursa Uludağ Üni., Ziraat Fak. Tarla Bitkileri Bölümü, Bursa,

sinemzere@uludag.edu.tr

OrcID 0000-0002-2243-2993

Dr. Fikret YÖNTER

Bursa Uludağ Üni., Ziraat Fak. Tarla Bitkileri Bölümü, Bursa,

fikretyonter@gmail.com

OrcID 0000-0002-4813-1611

Prof. Dr. Burak Nazmi CANDOĞAN

Bursa Uludağ Üni., Ziraat Fak. Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Bursa,

bncandogan@uludag.edu.tr OrcID 0000-0001-9898-5685

Doç. Dr. Asuman CANSEV

Bursa Uludağ Üni., Ziraat Fak. Bahçe Bitkileri Bölümü, Bursa,

auslu@uludag.edu.tr

OrcID: 0000-0002-3353-846X

Prof. Dr. Uğur BİLGİLİ*

Bursa Uludağ Üni., Ziraat Fak. Tarla Bitkileri Bölümü, Bursa,

OrcID: 0000-0003-0801-7678

*Sorumlu Yazar: ubilgili@uludag.edu.tr

ÖZET

Bu araştırma, farklı sulama seviyesi ve azot dozlarının çok yıllık çim (*Lolium perenne* L.) bitkisi üzerine olan etkilerini belirlemek amacıyla, tesadüf bloklarında bölünmüş parsel deneme desenine göre üç tekrarlamalı olarak yürütülmüştür. Çalışma, dört farklı sulama seviyesi (buharlaşıma kabından buharlaşan suyun %25, %50, %75 ve %100'ü) ve dört farklı azot dozu (0,0, 1,25, 2,5 ve 5,0 g N m⁻²) içermektedir. Çalışmada ölçüm ve gözlemlenen parametreler arasında; çim rengi, çim kalitesi, biçim verimi, klorofil içeriği, turgor kaybı, yaprak nispi su içeriği, elektrolit sızıntısı ve bitki su tüketimi bulunmaktadır. Sonuçlara göre, sulama seviyelerinin ve azot dozlarının artması, yaprak nispi su içeriğini ve klorofil içeriğini artırarak ve turgor kaybını ve elektrolit sızıntısını azaltarak bitkilerin çevresel strese karşı dayanıklılığını artırmıştır. Azot dozları arasında 2,50 g m⁻² azot dozu, çim renk ve kalitesi açısından tatmin edici sonuçlar vermiştir. Ancak, 5,00 g m⁻² azot dozuna göre daha düşük ot verimi vermiştir. %75 sulama seviyesi x 2,5 g m⁻² azot dozu kombinasyonu, kabul edilebilir çim renk ve kalitesini korumak için yeterli olmuş, aynı zamanda daha düşük ot verimi avantajı da sağlamıştır. Bu program, Akdeniz iklimi koşulları altında çok yıllık çim bitkisinin mevsimsel çim kalitesinin iyileştirilmesi için sulama seviyeleri ve azot dozları ayarlanarak değiştirilebilir.

Anahtar kelimeler: *Lolium perenne*, sulama, azot dozları, fizyoloji, çim rengi, çim kalitesi



OPTIMIZING IRRIGATION LEVELS AND NITROGEN DOSES FOR ENHANCED TURFGRASS PERFORMANCE AND PHYSIOLOGICAL TRAITS IN PERENNIAL RYGRASS (*Lolium perenne* L.)

ABSTRACT

This research was conducted to determine the effects of different irrigation levels and nitrogen doses on the perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.). The experimental design was the randomized blocks in a split plot design with three replications. The study included four different irrigation levels (25%, 50%, 75%, and 100% of evaporation from a pan) and four nitrogen doses (0.0, 1.25, 2.5, and 5.0 g N m⁻²). The parameters measured and observed in the study include turf color and quality, clipping yield, chlorophyll content, turgor loss, leaf relative water content, electrolyte leakage, and plant water consumption. According to the results, increasing irrigation levels and nitrogen doses improves plant tolerance to environmental stress by increasing leaf relative water content and chlorophyll content and reducing turgor loss and electrolyte leakage. The 2.50 g N m⁻² application dose provided satisfactory turf color and quality; however, it produced lower clipping yields than the 5.00 g N m⁻² dose. 75% irrigation combined with 2.5 g N m⁻² was sufficient to maintain acceptable turf color and quality, while also providing the benefit of a lower clipping yield. This schedule could be adjusted by calibrating irrigation levels and nitrogen doses for improved seasonal turf quality in Mediterranean climates.

Keywords: *Lolium perenne*, irrigation, nitrogen doses, physiology; turf color; turf quality



İZMİR KOŞULLARINDA DORMANT VE NON DORMANT YONCA ÇEŞİTLERİNİN OT VERİM VE KALİTE PERFORMANSLARININ BELİRLENMESİ

Dr. Hüseyin ÖZPINAR

Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü

huseyin.ozpinar@tarimorman.gov.tr

ORCID: 0000-0002-3351-3908

Süleyman ÇAĞIR*

Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü

Suleyman.cagir@tarimorman.gov.tr

ORCID: 0000-0001-9466-7786

Erseven ULUS

Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü

erseven.ulus@tarimorman.gov.tr

ORCID: 0009-0003-5800-5939

Ergül AY

Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü

ergul.ay@tarimorman.gov.tr

ORCID: 0000-0002-8591-3508

Melek AKÇA PELEN

Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü

melek.akcapelen@tarimorman.gov.tr

ORCID: 0000-0003-4704-7677

Dr. Hülya OKKAOĞLU

Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü

hulya.okkaoglu@tarimorman.gov.tr

ORCID: 0000-0003-3830-3878

Ali Alptekin ACAR

Manisa İl Tarım Orman Müdürlüğü

alialptekin.acar@tarimorman.gov.tr

Dr. Ceylan BÜYÜKKİLECI

Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü

ceylan.buyukkileci@tarimorman.gov.tr,

ORCID: 0000-0003-1247-4193



ÖZET

Amaç: Kaba yem üretiminde yonca yetiştiriciliği Ülkemizde çok önemli bir yer tutmaktadır. Akdeniz bölgesinde yonca üretiminde non dormant daha fazla uyum sağlamak ve verimli olmaktadır. Bununla beraber ülkemizde nondormant çeşitlerin tohumluklarının temininde güçlükler yaşanmaktadır. Tohum açığının giderilmesinde bölgeye uyumlu olmayan dormant çeşitler kullanılmaktadır. Böylelikle verim kayıpları yaşanmaktadır. Bu çalışmada bölgemize uyumlu olan non dormant çeşitle bölgemize uyumlu dormant çeşidin farklı oranlarında karışımları kullanılarak verim değerlerinin saptanmasına çalışılmıştır.

Materyal ve Yöntem: Deneme İzmir koşullarında, Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü deneme alanlarında 2017-2018, 2018-2019 ve 2019-2020 yetiştirme sezonunda üç yıl süre ile yürütülmüştür. Denemede, Özpınar (8) ve İside (6) çeşitleri kullanılmıştır. Farklı oranlarda (% 100 Özpınar - %80 Özpınar + %20 İside - % 60 Özpınar + % 40 İside - % 40 Özpınar + % 60 İside - % 20 Özpınar + % 80 İside - % 100 İside) karışım yapılarak oluşturulan parseller tesadüf blokları deneme desenine göre dört tekrarlamalı olarak yürütülmüştür.

Bulgular: Üç yıl süren çalışmada ortalama kuru madde verimlerinde (2415-2727 kg/da) istatistiki olarak önemli değerlere ulaşılmıştır. Non dormant çeşit ilk verim grubunu (2727 kg/da), dormant çeşit ise en düşük verim grubunu (2415 kg/da) oluştururken karışım oranları aynı verim grubunda yer almıştır (2540-2567 kg/da).

Sonuç: Çalışma sonuçlarında bölgemizde çeşitlerin performansları beklendiği gibi olmuştur. Non dormant çeşitlerin tohumluklarına erişim kolay olduğu zamanlarda bu çeşitlerin kullanılması yerinde görülmektedir. Bununla beraber aksi durumlarda biraz verim düşüklüğü göz önüne alınarak bölgeye uyumlu dormant çeşidin farklı oranlarda nondormant çeşitle kullanılması mümkün görülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Dormant, non dormant, Medicago sativa, karışım



DETERMINATION OF GRADIENT YIELD AND QUALITY PERFORMANCE OF DORMANT AND NON-DORMANT CLOVER VARIETIES IN IZMIR CONDITIONS

ABSTRACT

Objective: Alfalfa cultivation plays a crucial role in forage production in our country. In the Mediterranean region, non-dormant alfalfa production is more adaptable and productive. However, there are difficulties in obtaining seeds of non-dormant varieties in our country. Dormant varieties that are not compatible with the region are used to fill the gap. Thus, productivity losses occur. Efforts were made to determine the yield values by using different proportions of mixtures of dormant varieties that are compatible with our region and non-dormant varieties that are more compatible with our region and for which seed supply is available.

Materials and Methods: The experiment was carried out in Izmir conditions, in the trial areas of the Aegean Agricultural Research Institute, for three years in the 2017-2018, 2018-2019 and 2019-2020 growing seasons. Özpınar (8) and İside (6) varieties were used in the experiment. The plots created by mixing different ratios (100% Özpınar - 80% Özpınar + 20% İside - 60% Özpınar + 40% İside - 40% Özpınar + 60% İside - 20% Özpınar + 80% İside - 100% İside) were carried out according to the randomized complete block design with four replications.

Results: In the three-year study, significant values were achieved in average dry matter yields (2415-2727 kg/da). While the non-dormant variety was in the first yield group (2727 kg/da), the dormant variety was in the lowest yield group (2415 kg/da), the mixture ratios were in the same yield group (2540-2567 kg/da).

Conclusion: According to the study results, the performance of the varieties in our region was as expected. When access to seeds of non-dormant varieties is easy, it seems appropriate to use these varieties. However, considering the slightly lower yield in other cases, it is possible to use the dormant variety suitable for the region with the non-dormant variety in different proportions.

Keywords: Dormant, non-dormant, *Medicago sativa*, mixture



FARKLI BİÇİM ZAMANLARININ TEK YILLIK ÇİM (*Lolium multiflorum* Lam.) ÇEŞİTLERİNİN TOHUM VERİMİNE ETKİSİNİN BELİRLENMESİ

Melek AKÇA PELEN

Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü

melek.akcapelen@tarimorman.gov.tr

ORCID: 0000-0003-4704-7677

Dr. Hülya OKKAOĞLU*

Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü

hulya.okkaoglu@tarimorman.gov.tr

ORCID: 0000-0003-3830-3878

Erseven ULUS

Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü

erseven.ulus@tarimorman.gov.tr

ORCID: 0009-0003-5800-5939

Ergül AY

Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü

ergul.ay@tarimorman.gov.tr

ORCID: 0000-0002-8591-3508

Dr. Hüseyin ÖZPINAR

Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü

huseyin.ozpinar@tarimorman.gov.tr,

ORCID: 0000-0002-3351-3908

***Sorumlu yazar: hulya.okkaoglu@tarimorman.gov.tr**

ÖZET

Amaç:

Tek yıllık çimde, yüksek ve kaliteli ot veriminin yanı sıra tohumluk üretimde birim alandan daha fazla tohum elde etmek için karşılaşılan sorunlarla konuyla çalışan araştırmacıların arayışları devam etmektedir. Çalışma dört farklı biçim zamanlarında Elif (tetraploid) ve Zeybek 19 (diploid) tek yıllık çim çeşitlerinin farklı biçim zamanlarının tohum verimine etkilerini araştırmak için 2023 ve 2024 yıllarında Menemen-İzmir koşullarında yürütülmüştür.

Materyal ve Yöntem:

Deneme İzmir koşullarında, Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü deneme alanlarında 2022-2023 ve 2023-2024 yetiştirme sezonunda iki yıl süre ile yürütülmüştür. Denemede materyal olarak Enstitümüze ait Tek yıllık çim (*Lolium multiflorum* Lam)'in Elif (Tetraploid) ve Zeybek 19 (Diploid) tescilli çeşitlerimiz kullanılmıştır. Farklı biçim zamanlarının tohum verimine olan



etkisinin araştırıldığı çalışma tesadüf blokları deneme desenine göre 4 tekerrürlü olarak kurulmuş, çeşitlere ait parseller 30 cm bitki boyunda 1 kez biçilip tohumla bırakılmış (B1), 30 cm bitki boyunda 2 kez biçilmiş tohumla bırakılmış (B2), %10 başaklanma zamanında biçilip tohumla bırakılmış (B3) ve hiç biçim yapılmadan direk tohum hasadı (kontrol) (B4) şeklinde 4 biçim zamanı olarak düzenlenmiştir.

Bulgular:

Çeşitlerin bitki boyları 81,1 -155,6 cm arasında değişmiştir. Yıl x biçim zamanı x çeşit etkileşimini açısından bitki boyları değerlendirildiğinde; her iki çeşidin de ilk yıl olan 2023 yılında B1 ve B4 dönemlerinde biçilen bitkiler ile 2024 yılında hiç biçilmeden direk tohum alınan B4 döneminde Zeybek 19 çeşidinin bitkilerinin boyları beklenene uygun olarak en yüksek değerleri almışlardır. Elif çeşidi % 10 başaklanma zamanı biçildiğinde en yüksek yeşil ot verimi (5442 kg/da) değeri ile ilk verim grubunda yer almıştır. Çeşitlerin kuru madde verimleri 77,9 -1194,0 kg/da arasında değişmiştir. Yıl x biçim zamanı x çeşit etkileşiminde her iki çeşidin de 2023 yılındaki B3 dönemindeki biçimlerden elde edilen kuru madde verimleri yüksek bulunmuştur. Yıl x Biçim zamanı x çeşit etkileşimine göre; Zeybek 19 çeşidinden 2023 yılında 30 cm’de biçilip tohumla bırakılan bitkilerden (B1) 178,9 kg/da olarak en yüksek tohum verimi elde edilmiştir. Elif çeşidinin tohumlarının ilk yıl bin tane ağırlıkları ikinci yıla göre daha yüksek belirlenmiştir. B4 döneminde hiç biçilmeden direk tohumla bırakılan bitki tohumlarının bin tane ağırlıkları 3,68 g olarak saptanmıştır.

Sonuç:

Son yıllarda üreticiler tarafından çok tercih edilen ve ekim alanları gittikçe artan tek yıllık çimin kaliteli ot veriminin yanında süreklilik arz etmesi için tohum verimi de oldukça önemlidir. Tohumluk üretiminde birim alandan daha fazla tohum elde etmek için konuyla çalışan araştırmacıların arayışları devam etmektedir. Menemen koşullarında genel olarak çeşitlerin yeşil ot ve kuru madde verimleri %10 başaklanmada biçildiğinde en yüksek değerleri vermiştir. Çalışmamızın amacı doğrultusunda yüksek bir tohum verimi elde etmek için bitkilerin 30 cm’de biçilip tohumla bırakılması önerilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Tek yıllık çim, tohum verimi, biçim zamanı



EFFECTS OF CUTTING TIMES ON SEED YIELD OF ITALIAN RYEGRASS (*LOLIUM MULTIFLORUM* L.) CULTIVARS

ABSTRACT

Objective: Researchers working on the subject continue to search for problems encountered in obtaining more seeds from unit area in seed production as well as high and quality grass yield in annual ryegrass. The study was carried out in Menemen-İzmir conditions in 2023 and 2024 to investigate the effects of different cutting times on seed yield of Elif (tetraploid) and Zeybek 19 (diploid) annual ryegrass varieties at four different cutting times.

Materials and Methods: The trial was carried out for two years in the 2022-2023 and 2023-2024 growing seasons in the Aegean Agricultural Research Institute trial areas in Menemen conditions. In the experiment, our Institute's registered varieties of annual ryegrass (*Lolium multiflorum* Lam.), Elif (Tetraploid) and Zeybek 19 (Diploid), were used as material. The study investigating the effect of different cutting times on seed yield was established according to a randomized complete block design with 4 replications, and the plots of the varieties were arranged as 4 cutting times: once at 30 cm plant height and left to seed (B1), cutten twice at 30 cm plant height and left to seed (B2), mowed at 10% heading time and left to seed (B3) and direct seed harvest without any mowing (control) (B4).

Conclusion: Plant heights of the varieties ranged from 81.1 to 155.6 cm. When plant heights were evaluated in terms of the interaction between year x harvest time and variety, the highest values were obtained in the B1 and B4 harvests of both varieties in 2023, the first year, and in the B4 harvest of Zeybek 19 in 2024, where direct seed was collected without any harvesting, as expected. The Elif variety, when harvested at 10% heading, was in the first yield group with the highest green forage yield (5442 kg/da). Dry matter yields of the varieties ranged from 77.9 to 1194.0 kg/da. The Year x Harvesting Time x Variety interaction revealed high dry matter yields for both varieties from the B3 harvests in 2023. According to the Year x Harvesting Time x Variety interaction, the highest seed yield of 178.9 kg/da was obtained from plants harvested at 30 cm (B1) and allowed to seed in 2023 from the Zeybek 19 variety. The thousand-grain weight of the seeds of the Elif variety in the first year was higher than in the second year. The thousand-grain weight of the seeds of plants harvested directly to seed without any harvesting in the B4 harvest was 3.68 g.

Results: Seed yield is also very important for the continuity of annual grass, which has been preferred by producers in recent years and whose cultivation areas are increasing, in addition to the quality grass yield. Researchers are continuing their search for ways to obtain more seeds per unit area in seed production. In Menemen conditions, the green forage and dry matter yields of varieties were generally highest when harvested at 10% heading. For the purposes of our study, it is recommended that plants be mowed at 30 cm and allowed to set seed to achieve a high seed yield.

Keywords: Annual grass, seed yield, cutting time



FARKLI BİÇİM ZAMANLARININ İSKENDERİYE ÜÇGÜLÜ (*TRIFOLIUM ALEXANDRINUM* L.) ÇEŞİTLERİNİN VERİM VE KALİTESİNE ETKİSİ

Erseven ULUS*

Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü

erseven.ulus@tarimorman.gov.tr

ORCID: 0009-0003-5800-5939

Prof. Dr. Mustafa SÜRMEN

Aydın Adnan Menderes Üniversitesi

mustafa.surmen@adu.edu.tr

ORCID: 0000-0001-9748-618X

Dr. Hüseyin ÖZPINAR

Emekli Araştırmacı, T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı huseyin_ozpinar@hotmail.com,

ORCID: 0000-0002-3351-3908

Dr. Hülya OKKAOĞLU

Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü

hulya.okkaoglu@tarimorman.gov.tr

ORCID: 0000-0003-3830-3878

Melek AKÇA PELEN

Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü

melek.akcapelen@tarimorman.gov.tr

ORCID: 0000-0003-4704-7677

Ergül AY

Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü

ergul.ay@tarimorman.gov.tr

ORCID: 0000-0002-8591-3508

Dr. Ceylan BÜYÜKKİLECİ

Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü

ceylan.buyukkileci@tarimorman.gov.tr

ORCID: 0000-0003-1247-4193

****Birinci yıl verileri Erseven ULUS'un yüksek lisans tezinden alınmıştır.**

***Sorumlu yazar: erseven.ulus@tarimorman.gov.tr,**



ÖZET

Amaç: İskenderiye üçgülü yetiştiriciliğinde farklı biçim zamanlarının verim ve kaliteye etkisini belirlemek amaçlanmıştır.

Materyal ve Yöntem: Deneme İzmir koşullarında, Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü deneme tarlasında 2020-2021 ve 2021-2022 yetiştirme sezonunda iki yıl süre ile yürütülmüştür. Denemede Derya ve Efsane çeşitleri kullanılmıştır. Biçim zamanları bitki boyu 30 cm olduğunda (B1), tomurcuklanma başlangıcı (B2), çiçeklenme başlangıcı (B3) ve %100 (tam) çiçeklenme (B4) zamanıdır.

Bulgular: Araştırmada, ana sap uzunluğu 40,00 - 122,45 cm arasında değişmiştir. En yüksek ana sap uzunluğu değerleri 2021 yılı tam çiçeklenme döneminde biçilen Efsane çeşidinden, en düşük ana sap uzunluğu değerleri 2022 yılı 30 cm'de biçilen Efsane çeşidinden elde edilmiştir. Yeşil ot verimi 1903,33 – 6606,67 kg/da arasında değişmiştir. En yüksek yeşil ot verimi 2021 yılı tomurcuklanma başlangıcında biçilen Efsane çeşidinden, en düşük yeşil ot verimi 2022 yılı 30 cm'de biçilen Derya çeşidinden elde edilmiştir. Kuru madde verimi 297,39 – 1225,38 kg/da arasında değişmiştir. En yüksek kuru madde verimi (938,83 kg/da) tam çiçeklenme döneminde, en düşük kuru madde verimi (441,98 kg/da) 30 cm'deki biçimlerden elde edilmiştir. Kalite açısından ham protein oranı %16,76 – 28,03 arasında olup en yüksek ham protein oranı 2021 yılı 30 cm'de biçilen Derya (%28,03) ve Efsane (%27,45) çeşitlerinden, en düşük ham protein oranı 2021 yılı tam çiçeklenme döneminde Efsane (%16,76) çeşidinden elde edilmiştir. ADF oranı %19,40 – 32,03 ve NDF oranı %28,51 – 40,15 arasında değişmiştir.

Sonuç: İki yıl yürütülen çalışma sonuçları değerlendirildiğinde İskenderiye üçgülüne ait her iki çeşidin de Akdeniz iklim kuşağına sahip ekolojilerde rahatlıkla hem ana ürün hem de ara ürün olarak yetiştirilebileceği kanaatine varılmıştır. Bölgemiz tarım sisteminde kışlık ara ürün olarak kullanılabilmesi, kaliteli kaba yem açığına katkı sunabilmesi açısından yetiştiricilerin tercih edeceği düşünülmektedir. Çok biçimli olan Efsane çeşidinin, bölgemiz koşullarında kuru madde veriminin en yüksek olduğu tam çiçeklenme döneminde biçilmesi önerilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Berseem clover, biçim zamanı, kuru madde verimi, ADF, NDF



EFFECT OF DIFFERENT MOWING TIMES ON YIELD AND QUALITY OF ALEXANDRIAN CLOVER (*TRIFOLIUM ALEXANDRINUM* L.) VARIETIES

ABSTRACT

Objective: The aim was to determine the effects of different cutting times on yield and quality in Alexandrian clover cultivation.

Materials and Methods: The experiment was conducted over two years during the 2020-2021 and 2021-2022 growing seasons at the Aegean Agricultural Research Institute's experimental field under Izmir conditions. Derya and Efsane varieties were used in the experiment. The cutting times are when the plant 30 cm in height (B1), budding time (B2), first flowering (B3) and 100% (full) flowering time (B4).

Results: In the study, main stem length ranged from 40.00 to 122.45 cm. The highest main stem length values were obtained from the Efsane variety cutting at full bloom in 2021, and the lowest main stem length values were obtained from the Efsane variety cutting at 30 cm in 2022. Green forage yield ranged from 1903.33 to 6606.67 kg/da. The highest green grass yield was obtained from the Efsane variety, which was cutting at the budding time in 2021, and the lowest green grass yield was obtained from the Derya variety, which was cutting at 30 cm in 2022. Dry matter yield ranged from 297.39 to 1225.38 kg/da. The highest dry matter yield (938.83 kg/da) was obtained in full flowering, the lowest dry matter yield (441.98 kg/da) was obtained from the the cutting at 30 cm height. In terms of quality, the crude protein rate is between 16.76 - 28.03%, and the highest crude protein rate was obtained from the Derya (28.03%) and Efsane (27.45%) varieties cutting at 30 cm in 2021, and the lowest crude protein rate was obtained from the Efsane (16.76%) variety in the full flowering of 2021. The ADF ratio ranged from 19.40 to 32.03%, and the NDF ratio ranged from 28.51 to 40.15%.

Conclusion: Based on the results of the two-year study, it was concluded that both varieties of Alexandrian clover can be easily grown as both a main crop and a catch-crop in ecologies with Mediterranean climates. It is believed that growers will prefer this variety because it can be used as a winter catch-crop in our region's agricultural system and contribute to the quality forage deficit. The multi-cut Efsane variety is recommended to be cutting during full flowering, when dry matter yield is highest in our region's conditions.

Keywords: Berseem clover, cutting time, dry matter yield, ADF, NDF



FARKLI DÜZEYLERDE ÜRE VE MELAS KATKISININ NAPIER ÇİMİ (*PENNISETUM PURPUREUM* SCHUMACH) SİLAJLARININ FİZİKSEL ÖZELLİKLERİ İLE KALİTESİ ÜZERİNE ETKİLERİ

Doç. Dr. Osman YÜKSEL*

Uşak Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Uşak. *Sorumlu yazar

osman.yuksel@usak.edu.tr

ORCID: 0000-0002-5972-4885

Murat YILDIZ

Uşak Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Uşak

muradyildiz3547@gmail.com

ORCID: 0009-0006-6262-0004

ÖZET

Bu çalışma, farklı seviyelerde üre (%0, %1, %1.5) ve melas (%0, %2, %4, %6) katkısı yapılan napier çimi (*Pennisetum purpureum* Schumach) silajlarının fiziksel ve bazı kalite özelliklerini belirlemek amacıyla 2025 yılında Uşak'ta yürütülmüştür. Bu amaçla çiçeklenme öncesi dönemde biçilerek 1 lt hacimdeki plastik kavanozlarda 3 tekerrürlü olarak silolanan napier çimi silajları 90 günlük bir fermentasyon sonunda açılmıştır. Çalışmadan elde edilen veriler tesadüf parselleri deneme desenine göre varyans analizine tabi tutulmuş, ortalamaların karşılaştırılmasında LSD testinden yararlanılmıştır.

Araştırmadan elde edilen sonuçlara göre üre ve melas katkılarına bağlı olarak silajların DLG skorları 5.12 ile 16.99 arasında, pH değerleri 3.98 ile 6.07 arasında, flieg puanları ise 15.48 ile 104.99 arasında değişim göstermiştir. Artan üre dozları ile silajların ham protein oranları (HP) (%6.96 - %11.63), sindirilebilir kuru madde oranları (SKM) (%54.92 - %57.01) ve nispi yem değerleri (NYD) (84.10 - 88.74) artarken NDF (%62.34 - %60.66) ve ADF (%43.62 - %40.94) oranları azalmıştır. Melas katkısındaki artışlar silajların pH (5.95 - 4.08), NDF (%68.08 - %52.83) ve ADF (%47.32 - %36.10) oranlarını azaltırken, flieg puanı (21.06 - 99.69), SKM (%52.04 - %60.77), KMT (%1.77 - %2.27) ve RFV (71.22-107.09) değerlerini yükselmiştir. Araştırma sonucunda napier çimi silajlarına %1 oranda üre ile %6 oranda melas ilave edilmesinin silaj kalitesi açısından en uygun uygulama olduğu sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Napier çimi, *Pennisetum purpureum*, üre, melas, silaj, ham protein, kalite



EFFECTS OF DIFFERENT LEVELS OF UREA AND MOLASSES ADDITIVES ON THE PHYSICAL AND QUALITY CHARACTERISTICS OF NAPIER GRASS (*Pennisetum purpureum* Schumach) SILAGES

ABSTRACT

This study was conducted in 2025 in Uşak to determine the physical and some quality characteristics of Napier grass (*Pennisetum purpureum* Schumach) silages with different levels of urea (0%, 1%, 1.5%) and molasses (0%, 2%, 4%, 6%) additives. For this purpose, Napier grass harvested at the pre-flowering stage was ensiled in 1-liter plastic jars with three replications. After a fermentation period of 90 days, the silages were opened for analysis. The data obtained from the study were subjected to analysis of variance (ANOVA) based on the randomized plots design, and the LSD test was used for comparison of means.

According to the results obtained from the study, the DLG scores of the silages varied between 5.12 and 16.99, pH values ranged from 3.98 to 6.07, and flieg scores ranged between 15.48 and 104.99, depending on the levels of urea and molasses additives. With increasing doses of urea, the crude protein (CP) content (6.96% - 11.63%), digestible dry matter (DDM) rate (54.92% - 57.01%), and relative feed value (RFV) (84.10 - 88.74) of the silages increased, while neutral detergent fiber (NDF) (62.34% - 60.66%) and acid detergent fiber (ADF) (43.62% - 40.94%) contents decreased. Increasing molasses supplementation reduced the silage pH (from 5.95 to 4.08), NDF (68.08% - 52.83%), and ADF (47.32% - 36.10%) values, while increasing the flieg score (21.06 - 99.69), DDM (52.04% - 60.77%), dry mater intake (DMI) (1.77% - 2.27%), and RFV (71.22 - 107.09) values. As a result of the study, it was concluded that the addition of 1% urea and 6% molasses to napier grass silages was the most favorable combination in terms of silage quality.

Keywords: Napier grass, *Pennisetum purpureum*, urea, molasses, silage, crude protein, quality



DEVELOPING A SUITABLE IRRIGATION SCHEDULE FOR SILAGE CORN

Nur Banu KORKAK,

Aydın Adnan Menderes University Faculty of Agriculture Biosystems Engineering
Department, TÜRKİYE

banukrkk01@gmail.com

ORCID: 0009-0006-3863-9290

Assist. Prof. Dr. Safiye Pınar TUNALI,

Aydın Adnan Menderes University Faculty of Agriculture Biosystems Engineering
Department, TÜRKİYE

pinar.gulmez@adu.edu.tr

ORCID: 0000-0001-9698-0987

Lec. Mehmet KALKINÇ

Aydın Adnan Menderes University Faculty of Agriculture Research and Application Farm,
TÜRKİYE

mkalkinc@adu.edu.tr

ORCID: 0000-0003-3564-0828

ABSTRACT

This study aims to establish an optimal irrigation schedule for silage corn grown in the Application Area of the Faculty of Agriculture at Aydın Adnan Menderes University. This study, conducted to ensure the effective water use in agricultural production, was based on the surface irrigation method, which is widely used for silage corn irrigation in the region. The irrigation schedule was prepared using SUET (Irrigation Management and Evapotranspiration Calculation System) software, developed by the General Directorate of Agricultural Research and Policies (TAGEM). SUET enables the creation of a scientifically based irrigation schedule by calculating parameters such as reference evapotranspiration (ET_0), evapotranspiration (ET_c), irrigation module, and irrigation schedule based on meteorological data. The study used climate data from the Aydın Meteorological Service, and ET_0 and ET_c calculations were performed using the standard Penman-Monteith method. Then, irrigation module, water requirements, and flow rates were determined for each period throughout the irrigation season, and a program was created based on an 8-hour daily irrigation period for a 100-hectare area. Based on the results, the periods with the highest irrigation requirements were identified as the second and third weeks of July, and the highest irrigation module value during these periods was calculated to be 5.19 L/s/ha. A detailed irrigation schedule was created using graphical and tabular outputs provided by SUET. Ultimately, this study demonstrates how to create an irrigation plan based on engineering-based data analysis and serves as an example for producers regarding sustainable irrigation management.

Keywords: Aydın, Penman-Monteith, Irrigation scheduling.



SİLAJLIK MISIR İÇİN UYGUN SULAMA PROGRAMININ OLUŞTURULMASI

ÖZET

Bu çalışma, Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Uygulama Alanında yetiştirilen silajlık mısır bitkisi için uygun bir sulama programının oluşturulmasını amaçlamaktadır. Tarımsal üretimde efektif su kullanımını sağlamaya yönelik olarak yürütülen bu çalışmada, bölgede silajlık mısır sulamasında yoğun olarak kullanılan yüzey sulama yöntemine dayalı planlama yapılmıştır. Sulama programı, Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü (TAGEM) tarafından geliştirilen SUET (Sulama Yönetimi ve Bitki Su Tüketimi Hesaplama Sistemi) yazılımı kullanılarak hazırlanmıştır. SUET, meteorolojik verilere dayalı olarak referans evapotranspirasyon (ET_0), bitki su tüketimi (ET_c), sulama modülü ve sulama zamanlaması gibi parametreleri hesaplayarak bilimsel temelli bir sulama programı oluşturulmasına olanak sağlamaktadır. Çalışmada, Aydın Meteoroloji Müdürlüğüne ait iklim verileri esas alınmış, Standart Penman-Monteith yöntemi ile ET_0 ve ET_c hesaplamaları yapılmıştır. Ardından sulama sezonu boyunca her dönem için sulama modülü, su ihtiyacı ve debi değerleri belirlenerek 100 hektarlık bir alan için günlük 8 saatlik sulama süresine göre programlama yapılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, sulama ihtiyacının en yüksek olduğu dönem temmuz ayının ikinci ve üçüncü haftası olarak belirlenmiş, bu dönemlerde en yüksek sulama modülü değeri 5.19 L/s/ha olarak hesaplanmıştır. SUET'in sağladığı grafik ve tablo çıktıları sayesinde sulama takvimi detaylı biçimde oluşturulmuştur. Sonuç olarak bu çalışma, mühendislik temelli veri analizine dayalı bir sulama planlamasının nasıl yapılacağını göstermekte ve üreticilere sürdürülebilir sulama yönetimi konusunda örnek teşkil etmektedir.

Anahtar Kelimeler: Aydın, Penman-Monteith, Sulama zaman planlaması.



PASTURE PLANTS AND NATURE CONSERVATION

Baris KARA

Prof. Dr., Department of Landscape Architecture,
Faculty of Agriculture, Aydin Adnan Menderes University, Aydin-Türkiye

ORCID: 0000-0002-5670-8636,

Zeynep CALIK

Student, Department of Landscape Architecture,
Graduate School of Natural and Applied Sciences,
Aydin Adnan Menderes University, Aydin-Türkiye
(Responsible Author) ORCID: 0009-0005-6856-3867

ABSTRACT

Pasture plants play a vital role in protecting natural ecosystems and promoting environmental sustainability. Although they have traditionally been seen as essential for livestock production, these species now hold strategic importance for agricultural practices, nature conservation, biodiversity, and ecosystem services.

Pasture plants help maintain ecological balance by preventing soil erosion, supporting the natural water cycle, creating habitats, and storing carbon. Their drought resistance and low maintenance needs make them effective tools for restoring natural areas and rehabilitating degraded ecosystems. The dense root structures of these plants help secure the soil and protect water resources by allowing rainfall to be absorbed rather than run off.

A diverse range of pasture flora, including various grasses, legumes, and shrubs, contributes to habitat continuity by providing food and shelter for insects, birds, and mammals.

In conclusion, protecting pasture plants and their more deliberate use in landscape architecture is crucial for effective nature conservation strategies.

Keywords: Pasture plants, nature conservation, biodiversity, ecosystem services, sustainability.



NERA BİTKİLERİ VE DOĞA KORUMA

ÖZET

Mera bitkileri, doğal ekosistemlerin korunmasında ve çevresel sürdürülebilirliğin teşvik edilmesinde hayati bir rol oynar. Geleneksel olarak hayvancılık için elzem olarak görülseler de, bu türler artık tarımsal uygulamalar, doğa koruma, biyolojik çeşitlilik ve ekosistem hizmetleri açısından stratejik öneme sahiptir.

Mera bitkileri, toprak erozyonunu önleyerek, doğal su döngüsünü destekleyerek, habitatlar oluşturarak ve karbon depolayarak ekolojik dengenin korunmasına yardımcı olur. Kuraklığa dayanıklılıkları ve düşük bakım ihtiyaçları, onları doğal alanları restore etmek ve bozulmuş ekosistemleri iyileştirmek için etkili araçlar haline getirir. Bu bitkilerin yoğun kök yapıları, yağmur suyunun akıp gitmek yerine emilmesini sağlayarak toprağı güvence altına almaya ve su kaynaklarını korumaya yardımcı olur.

Çeşitli otlar, baklagiller ve çalılar da dahil olmak üzere çeşitli mera bitkileri, böcekler, kuşlar ve memeliler için yiyecek ve barınak sağlayarak habitat sürekliliğine katkıda bulunur.

Sonuç olarak, mera bitkilerinin korunması ve peyzaj mimarlığında daha bilinçli bir şekilde kullanılması, etkili doğa koruma stratejileri için çok önemlidir.

Anahtar Kelimeler: Mera bitkileri, doğa koruma, biyolojik çeşitlilik, ekosistem hizmetleri, sürdürülebilirlik.



USE OF PASTURE PLANTS IN LANDSCAPE STUDIES

Zeynep CALIK

Student, Department of Landscape Architecture,
Graduate School of Natural and Applied Sciences,
Aydin Adnan Menderes University, Aydin-Türkiye
(Responsible Author) ORCID: 0009-0005-6856-3867

Baris KARA

Prof. Dr., Department of Landscape Architecture,
Faculty of Agriculture, Aydin Adnan Menderes University, Aydin-Türkiye
ORCID: 0000-0002-5670-8636

ABSTRACT

Pasture plants have shifted from their traditional role in livestock-based agriculture to become valuable resources for ecological sustainability, environmental conservation, and landscape architecture. Global challenges such as climate change, biodiversity loss, and water resource depletion have made it essential to use local, resilient plant species in landscape practices. In this context, pasture plants are particularly effective in sustainable landscape design due to their low maintenance requirements, drought tolerance, adaptability to natural habitats, and ability to support biodiversity.

This study highlights the functional and aesthetic contributions of pasture plants within landscape architecture. It emphasizes their role in providing ecosystem services such as erosion control, soil conservation, habitat creation, and carbon sequestration. More importantly, it showcases how pasture plants can enhance the aesthetic appeal of both rural and urban landscapes, inspiring innovative landscape designs. Incorporating pasture plants into landscape design is a strategic necessity for implementing sustainable landscape design principles.

In summary, the intentional and widespread use of pasture plants in landscape architecture not only helps protect ecological balance and promote environmental sustainability but also adds aesthetic value. The unique beauty and visual enhancement they bring to landscapes deserve to be appreciated.

Keywords: Pasture plants, landscape architecture, ecological design, sustainability, ecosystem services.



PEYZAJ ÇALIŞMALARINDA MERA BİTKİLERİNİN KULLANIMI

Zeynep ÇALIK

Öğrenci, Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı,

Fen Bilimleri Enstitüsü

Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Aydın-Türkiye

(Sorumlu Yazar) ORCID: 0009-0005-6856-3867,

Barış KARA

Prof. Dr., Peyzaj Mimarlığı Bölümü,

Ziraat Fakültesi, Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Aydın-Türkiye

ORCID: 0000-0002-5670-8636,

ÖZET

Mera bitkileri, hayvancılığa dayalı tarımdaki geleneksel rollerinden uzaklaşarak ekolojik sürdürülebilirlik, çevre koruma ve peyzaj mimarlığı için değerli kaynaklar haline gelmiştir. İklim değişikliği, biyolojik çeşitliliğin kaybı ve su kaynaklarının tükenmesi gibi küresel zorluklar, peyzaj uygulamalarında yerel ve dayanıklı bitki türlerinin kullanılmasını zorunlu hale getirmiştir. Bu bağlamda, mera bitkileri düşük bakım gereksinimleri, kuraklığa dayanıklılıkları, doğal yaşam alanlarına uyum sağlama yetenekleri ve biyolojik çeşitliliği destekleme yetenekleri nedeniyle sürdürülebilir peyzaj tasarımında özellikle etkilidir.

Bu çalışma, mera bitkilerinin peyzaj mimarlığına işlevsel ve estetik katkılarını vurgulamaktadır. Erozyon kontrolü, toprak koruma, habitat oluşturma ve karbon tutma gibi ekosistem hizmetleri sağlamadaki rollerini vurgulamaktadır. Daha da önemlisi, mera bitkilerinin hem kırsal hem de kentsel peyzajların estetik çekiciliğini nasıl artırabileceğini ve yenilikçi peyzaj tasarımlarına nasıl ilham verebileceğini göstermektedir. Mera bitkilerini peyzaj tasarımına dahil etmek, sürdürülebilir peyzaj tasarımı ilkelerini uygulamak için stratejik bir gerekliliktir.

Özetle, mera bitkilerinin peyzaj mimarlığında bilinçli ve yaygın kullanımı, yalnızca ekolojik dengeyi korumaya ve çevresel sürdürülebilirliği desteklemeye yardımcı olmakla kalmaz, aynı zamanda estetik değer de katar. Peyzajlara getirdikleri eşsiz güzellik ve görsel zenginlik takdir edilmeyi hak ediyor.

Anahtar Kelimeler: Mera bitkileri, peyzaj mimarlığı, ekolojik tasarım, sürdürülebilirlik, ekosistem hizmetleri.



ÇORUH HAVZASINDA YETİŞTİRİLEN BAZI YEM BİTKİLERİNİN SU AYAK İZİ ANALİZLERİ

Ayla Bilgin

¹Prof. Dr., Artvin Çoruh Üniversitesi-Çevre Mühendisliği

ayla.bilgin@artvin.edu.tr

Nagehan Taşdemir²

²Yüksek Lisans Öğrencisi, Artvin Çoruh Üniversitesi

nagehantademir@ogrenci.artvin.edu.tr

ÖZET:

Su kullanımının başta gelen göstergelerinden biri de su ayak izi kavramıdır. Tek bir ürün, süreç, bölge vb. çerçevesinde hesaplanabilen su ayak izi, suyun etkin kullanımı ve yönetimi konusunda önemli bir görevi üstlenir. Dünyada ve ülkemizde son yıllarda su ayak izi konusunda yapılan çalışmalar giderek artmaktadır. Bu bağlamda Çoruh havzasında tarımı yapılan yem bitkilerinden “Korunga”, “Yulaf”, “Fiğ”, “Yonca” ve “Triticale” nin su ayak izinin hesaplanmış ve sanal su muhtevalarının bölge koşullarına uygunluğu analiz edilmiştir. Su ayak izinin hesaplanması için gerekli veriler Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM), Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK), Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğünden (DSİ) temin edilmiştir. Çalışma 2015-2024 yılları ile sınırlandırılmıştır. Su ayak izi miktarının belirlenmesi için gerekli veriler New_LocClim programı ve ardından Cropwat yazılımına girilerek bitkilerin evapotranspirasyon değerleri üretilmiştir. Daha sonra bölgenin yağış verilere göre belirlenen bitki mavi ve yeşil evapotranspirasyon değerleri bulunmuş ve üretim verileri yardımıyla su ayak izi miktarları hesaplanmıştır. Sonuç olarak Çoruh havzasında en fazla su ayak izine sahip yem bitkisinin 72,01 milyon m³ ile Yulaf bitkisi ve ikinci sırada 51,61 milyon m³ ile de Yonca bitkisinin olduğu bulunmuştur. Diğer yem bitkilerinin su ayak izi miktarları sırasıyla 18,75 Mm³ Korunga, 8,51 Mm³ Fiğ ve 1,87 Mm³ triticale olarak belirlenmiştir. Araştırma sonucunda Çoruh havzasında yetiştirilen yem bitkilerinin su yönetimi bakımından diğer bölgelerde değerlendirilmesi konusunda önerilerde bulunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Su Ayak İzi, Çoruh Havzası, Yem Bitkileri

**ABSTRACT:**

Among the leading indicators of water use is the concept of the water footprint.

Calculable for a single product, process, or region, the water footprint plays a critical role in ensuring efficient water use and management. In recent years, studies on the water footprint have increased both worldwide and in Türkiye. In this context, the water footprints of forage crops cultivated in the Çoruh Basin—sainfoin (Korunga), oats (Yulaf), vetch (Fiğ), alfalfa/lucerne (Yonca), and triticale—were calculated, and the suitability of their virtual water contents to regional conditions was analyzed. Data required for the calculations were obtained from the Turkish State Meteorological Service (MGM), the Turkish Statistical Institute (TÜİK), and the General Directorate of State Hydraulic Works (DSİ). The study covers the period 2015–2024. To quantify the water footprint, the necessary inputs were first processed using the New_LocClim program and subsequently entered into the CROPWAT software to generate crop evapotranspiration values. The blue and green components of crop evapotranspiration were then determined based on regional precipitation data, and water footprint amounts were computed using production statistics. The results indicate that, among forage crops in the Çoruh Basin, oats have the largest water footprint at 72.01 million m³, followed by alfalfa at 51.61 million m³; sainfoin, vetch, and triticale exhibit water footprints of 18.75, 8.51, and 1.87 million m³, respectively. Based on these findings, recommendations are offered for evaluating the cultivation of these forage crops in other regions from a water-management perspective.

Key Words: Water Footprint, Çoruh Basin, Forage Crops



TÜRKİYE'NİN İKİ FARKLI BÖLGESİNDE NOHUT GEVENİ (*ASTRAGALUS CICER* L.) GENOTİPLERİNİN YEM VERİMİ VE BAZI KALİTE ÖZELLİKLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Ziraat Yüksek Mühendisi Sezai GÖKALP,

Central Black Sea Transitional Zone Agricultural Research Institute

*Corresponding sgokalp58@hotmail.com

ORCID: 0000-0001-9175-215X

Ziraat Yüksek Mühendisi Celal KALEBAŞ

Central Black Sea Transitional Zone A. R. I.

celal.kalebas@tarimorman.gov.tr

ORCID: 0000-0002-8920-9462

Dr. Berna EFE

Central Research Institute for Field Crops

berna.ef@tarimorman.gov.tr

ORCID: 0000-0003-2207-6543

Ziraat Yüksek Mühendisi Salih YILMAZ

Central Black Sea Transitional Zone A. R. I.

Yilmaz.salih@tarimorman.gov.tr

ORCID: 0000 0002 1456 0370

Ziraat Yüksek Mühendisi Erkan KUM

Central Black Sea Transitional Zone A. R. I.

ORCID:0000 0002 6247 1487

erkan.kum@tarimorman.gov.tr,

Ziraat Yüksek Müh. Saadet TOSUNOĞLU

Central Black Sea Transitional Zone A. R.

saadet.tosunoğlu@tarimorman.gov.tr, 0

ORCID: 00009 0002 2569 0485

ÖZET

Nohut geveni (*Astragalus cicer* L.), hayvancılıkta yem bitkisi olarak tercih edilmesini sağlayan birçok özelliğe, tarımsal uygulamalara ve besin değerine sahiptir.

Bu araştırma, Orta Anadolu ve Orta Karadeniz Geçiş Bölgesi'nde (Türkiye) sulama yapılmayan koşullarda *Astragalus cicer* L. bitkisinin yem verimi ve bazı kalite özelliklerini belirlemek amacıyla yürütülmüştür.



Tarlada, genotiplerin fideleri, genotip başına dört tekrarlamalı, tamamen tesadüf blokları deneme desenine göre dikilmiştir.

Çalışmada, 2023 ve 2024 yıllarında aday çeşit, Lutana (standart çeşit) ve yerel popülasyonda bitki boyu, maksimum sap uzunluğu, taze ve kuru ot verimi ile kuru madde oranı (DM), protein, asit deterjan lifi (ADF), nötr deterjan lifi oranı (NDF) belirlenmiştir.

Sonuçlar, verim ve kalite parametrelerinin yetiştirildiği bölgeye ve hasat yılı farklılıklarına bağlı olarak önemli değişimler gösterdiğini, ayrıca stand yaşı ilerledikçe verim ve kalitede azalma eğiliminin gözlemlendiğini ortaya koymuştur. Tokat-Kazova lokasyonunda bitkilerin (61 cm) Sivas-Şarkışla lokasyonuna (47 cm) göre daha uzun olduğu belirlenmiştir. Yapılan çalışma, yaş ot verimi ile bitki boyu arasında anlamlı pozitif bir ilişki, test edilen genotiplerle ise zayıf bir ilişki olduğunu ortaya koymuştur. Nohut geveni, Orta Karadeniz Geçit Bölgesi'nde Orta Anadolu'ya göre %34 daha fazla yaş ot verimi sağlamıştır. Çeşit adayının iki lokasyondaki ortalama yaş ot verimi 39153 kg ha⁻¹ olmuştur. Sulama yapılmayan koşullarda, çeşit adayının yaş ot verimi Lutana'dan %9,5 daha fazlayken, yerel popülasyondan %20,1 daha yüksek bulunmuştur.

Deneme yeri farklılıklarının ADF ve NDF oranları üzerindeki etkisi istatistiksel olarak oldukça anlamlı ($p<0,001$) olmuş, ancak kuru madde ve protein oranları üzerindeki etkisi anlamlı bulunmamıştır. Sonuçlar, deneme yılı farklılıklarının (kuru madde oranı hariç) incelenen özellikler üzerinde anlamlı ($p<0,001$) etkileri olduğunu göstermiştir.

Çeşit farklılıklarının kalite parametreleri üzerindeki etkisi istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. Araştırma bulgularına göre, genotiplerin ortalama ADF, NDF ve ham protein değerleri oranları (sırasıyla %29-40 ve %20) benzer bulunmuştur.

Sonuç olarak, araştırmalarımızın nohut geveninin otlayan hayvanların beslenmesi için uygun bir alternatif baklagil olduğunu doğruladığını söyleyebiliriz.

Anahtar Kelimeler: Baklagil yembitkileri, Nohut geveni, Verim, Kalite, ADF, NDF



ASSESSMENT OF CICER MILKVETCH (*ASTRAGALUS CICER* L.) GENOTYPES FOR FORAGE YIELD AND SOME QUALITY TRAITS IN THE TWO DIFFERENT REGION OF TURKEY

ABSTRACT

Cicer milkvetch (*Astragalus cicer* L) has many qualities that make it available choice as a reeding, agronomic practices and nutritional value for livestock.

This research was carried out according to the forage yield and some quality traits of *Astragalus cicer* L. under non-irrigated conditions in Central Anatolia and the Central Black Sea Transition Region (Turkiye).

In the field, the seedlings of the genotypes were dibber in a completely randomized blocks" experimental design with four replications per genotype.

In the study, 2023 and 2024, forage dry matter ratio (DM), plant height, maximum stem length, and fresh and hay forage yield and crude protein, acid detergent fiber (ADF), neutral detergent fiber ratio (NDF), were determined on candidate variety, standard variety (Lutana), and a local populations of cicer milkvetch.

The results show that yield and quality parameters show significant changes depending on the growing region and harvest year differences, besides decrease tendency was observed in yield and quality as the stand age progressed.

It was determined that the plants were taller in the Tokat-Kazova location (61 cm) than in the Sivas-Şarkışla location (47 cm).

In the study conducted, fresh forage yield showed a high correlation with plant height, but a weak correlation with variety differences. Cicer milkvetch, produced 34% more fresh forage yield in Central Black Sea Transition Region than central anatolian. The mean total annual fresh forage yield of this cultivar candidate over two locations was 39153 kg ha⁻¹. Under non-irrigated conditions, the fresh forage yield of this candidate variety was 9.5% higher than Lutana and 20.1% higher than the local population (control variety).

The effect of trial site differences on the ADF and NDF ratios was determined highly statistically significant ($p < 0.0001$), but the effect on dry matter and protein ratios was non-significant. The results showed that there were significant ($p < 0.001$) effects for the trial year differences (except dry matter ratio) on examined traits.

The effect of variety differences on the quality parameters was not statistically significant. The research findings, the average ADF, NDF and crude protein nutritive values ratio from the genotypes were determined similar (containing 29-40% and 20% respectively).

In conclusion, we can state that our researches confirm the cicer milkvetch is to be is a viable alternative legume for the nutrition of grazing animals.

Keywords: Forage legumes, Cicer milkvetch, Yield, Quality, ADF, NDF



ON THE CYTOKININ HORMOPRIMING AS WAY TO IMPROVE STRESS RESISTANCE IN CROP PLANTS UNDER ADVANCE OF CLIMATE CHANGES

Andrey Popatanasov

Bulgarian Academy of Sciences, Institute of Neurobiology, Sofia, Bulgaria

and_atanasov@abv.bg

ABSTRACT

The biosphere, and particularly terrestrial plants, are greatly impacted by the steady advancement of anthropogenic climate changes. As a result, one of the economic sectors most impacted and endangering the world's food security is agriculture.

Abiotic stress as salinity, drought and etc. have adverse effects on plant metabolism and wellbeing. As result, the abiotic stress factors lower agricultural output by reducing seed germination and seedling emergence, and early seedling establishment as well. Therefore one of the main current interests of plant scientists and breeders is the development of technology that can boost plant tolerance of these difficult growing circumstances. Seed priming has gained recognition as a useful strategy that can enhance crop germination and overall performance while mitigating the adverse effects of several environmental stressors. Hormopriming with various plant growth regulators has been shown to be successful on a significant scale. However, there is lesser information available on the use of cytokinins (CKs) as priming agents in compare to some other classes of plant growth regulators, with just a few experiments utilizing natural or synthetic cytokinin-like plant growth regulators.

Hormopriming using cytokinin-like plant growth regulators is examined in this paper as a means of enhancing crop development and yields while reducing the impact of abiotic stress on a few agricultural crops, particularly some of the most significant ones in the Balkan region.

Keywords: Cytokinin, Hormopriming, Seed priming, Abiotic stress, Plant growth regulator, Kinetin, Plant hormone.



AWARENESS OF SWEET POTATO PRODUCTION TECHNOLOGIES AMONG FARMERS IN NORTH CENTRAL, NIGERIA

Obaniyi Kayode Samuel,

Department of Agriculture, Landmark University,

obaniyi.kayode@lmu.edu.ng

ORCID; 0000 0003 4546 9200)

Akerele Precious

Department of Agriculture, Landmark University,

obaniyi.kayode@lmu.edu.ng

ABSTRACT

This study evaluated awareness of Sweet potato production technologies by farmers in Kwara State, Nigeria. A multistage sampling procedure was used to select 150 respondents from the study area. Data were collected with help of a well structured questionnaire. The study described farmers' socio-economic characteristics; identify the level of awareness of sweet potatoes technologies among farmers and the constraints associated with the usages in Kwara State. Percentages, frequency counts, mean scores, Pearson Product Moment Correlations were used for data analysis. The findings showed that majority of the farmers were aware that timely harvest (99%), use of fertilizers (95%), pest and disease control (82%), earthing up (70%) and use of improved varieties (53%) are sweet potato production technologies. The correlation analysis test showed that extension agent contact significantly influenced the level of awareness of sweet potato technologies ($r = .268$, $p=0.01$) and was, thus, important in predicting the level of farmers awareness, in addition, the major constraint identified were poor technical know-how ($\bar{x}=2.60$), poor extension contact ($\bar{x}=2.01$), poor working capital ($\bar{x}=2.00$), poor access to credits, ($\bar{x}=1.97$), poor level of literacy, ($\bar{x}=1.95$), Therefore, it is recommended that awareness campaign should be organized by government and nongovernmental agencies on the importance of irrigation, seed bed preparation and others while in order to boost the production level of sweet potatoes as major source of food in the area.

Keywords: Sweet potatoes, Fertilizers, Improved varieties, awareness, technologies



BIOACTIVE AND SAFETY PROFILES OF ESSENTIAL OIL: LINKING ANTIMICROBIAL, ANTIOXIDANT, AND TOXICOLOGICAL ACTIVITIES

Ait Si Lamiaa ^{a}, Hmimid Fouzia^{a,b}, Abdou-Allah Fatima ^a, Souidek Meryem ^c, Ousaid Fatima Ez-zahra ^a, Guenaou Ismail ^a, Nait Irahah Imane^a, Lahlou FatimaAzzahra ^{a,d}, Kabine Mostafa^a, and Bourhim Nouredine ^a*

^a Health and Environment Laboratory, Faculty of Sciences, Hassan II-Ain Chock University, Casablanca, Morocco

^b Biotechnology, Environment and Health, Faculty of Sciences El Jadida, Chouaib Doukkali University, El Jadida, Morocco

^c Laboratory of Bio-Geoscience and Materials engineering Laboratory, higher Normal school,

Hassan II University of Casablanca, Morocco

^d National Reference Laboratory. Mohammed VI University of Health Sciences Faculty of Medicine, Casablanca, Morocco

* Corresponding author e mail address

lamiaaaitsi28@gmail.com

ABSTRACT

Introduction: Antimicrobial resistance poses a serious threat to humans and environmental ecosystems. Alternatives to traditional antimicrobial therapies such as essential oils (EOs) are needed. The aim of the present study was to investigate the chemical composition, antibacterial and antioxidant activities of some commercial EOs.

Methods: In this study, three selected EOs were screened against four bacterial strains identified as resistant to antibiotics: *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Enterococcus faecalis* and *Klebsiella pneumonia*, as well as two sensitive bacterial strains: *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli*. Isolated bacterial strains were characterized and identified by morphological and biochemical tests. Commercially EOs of *Artemisia vulgaris* L, *Cuminum cyminum*, *Thymus saturejoides*, were evaluated for their antibacterial and antioxidant activities.

Results: From this study, the results obtained reveal that no bacterial strain tested was resistant to any of the studied EOs. The antioxidant results showed a noticeable antioxidant activity in the total antioxidant capacity in all EOs. While, in DPPH method, only *Thymus saturejoides* showed a strong activity.

Conclusion: These antibacterial and antioxidant activities support further research to discover new chemical structures that can inhibit the growth of multidrug-resistant bacteria.

Keywords: Antibiotic resistance; Antibacterial; Antioxidant; Essential oils; Multidrug-resistant bacteria



ANTIBIOTICS SUSCEPTIBILITY PATTERN OF GRAM-POSITIVE COCCI ISOLATED FROM SELECTED SWIMMING POOL WATER IN IBADAN, NIGERIA.

Elizabeth Adewumi Ajekiigbe

Department of Microbiology, University of Ibadan, Nigeria

Jesse Michael and Olutayo Israel Falodun

Department of Microbiology, University of Ibadan, Nigeria

ABSTRACT

Antibiotic resistance is a serious global health challenge, with serious implications for the treatment of infectious diseases and environmental safety. The proliferation of antibiotic-resistant bacteria is no longer confined to clinical settings; it has extended into natural and man-made environments, including water systems, and recreational facilities such as swimming pool. Swimming pools are potential reservoirs for Microbial contamination, including Gram-positive cocci such as Staphylococci, Enterococci, Micrococci and Bacilli. This study was therefore carried out to determine the antibiotics susceptibility pattern of Gram-positive cocci bacteria isolated from selected swimming pool water samples in Ibadan, Nigeria.

Water samples were aseptically collected into sterile sampling bottles from six different swimming pools. Isolation and characterization of the bacterial isolates were done using standard microbiological techniques. In addition, antimicrobial susceptibility testing of the isolates was carried out using Kirby Baurer disc diffusion method against seven antibiotics: gentamicin, erythromycin, vancomycin, chloramphenicol, ciprofloxacin, tetracycline, and cotrimoxazole. The statistical analysis was done using descriptive analysis.

From the samples, 165 bacterial isolates were recovered out of which 55.0% were identified as Gram-positive cocci (n=76). The antibiotics susceptibility patterns of the Gram positive cocci isolates showed that resistance to chloramphenicol was 66.6%, followed by gentamicin (52.9%), ciprofloxacin (50.0%), and cotrimoxazole (50.0%). Lower resistance rate was observed to tetracycline (32.4%), erythromycin (23.5%), and vancomycin (23.5%).

Gram-positive cocci bacteria isolated from swimming pool water in Ibadan exhibited high rate of resistance to tested antibiotics, indicating a threat to public health. Therefore, continuous monitoring and strict water control are recommended to prevent the spread of resistant bacterial pathogens to the pool users.

Keywords: Antibiotic resistance, Gram-positive cocci, Swimming pool water, Ibadan Nigeria



SUSTAINABLE AGRICULTURE AND WASTE VALORIZATION THROUGH WHEY-DERIVED BIOSTIMULANTS: EFFECTS ON TOMATO GERMINATION

**JMAILI Karima^{1*}, WADDI Khawla¹, LAHRAIRI Mohamed¹, BAHLAOUAN Bouchaib²,
SILKINA Alla³ et BOUTALEB Nadia¹**

¹Laboratoire Biochimie, Environnement & Agroalimentaire, URAC 36 ; Faculté des Sciences et Techniques de Mohammedia

²Higher Institutes of the Nursing Professions and Techniques of Health ISPITS Casablanca 22500, Morocco

³Swansea University, United Kingdom

*karima.jmaili@etu.fstm.ac.ma

ABSTRACT:

Whey, a major by-product of the dairy industry, presents both environmental and economic challenges due to its high organic load. Repurposing whey aligns with sustainable agricultural goals by utilizing its nutrient-rich composition to mitigate waste-related concerns. This study explores the potential of whey as a biostimulant to enhance seed germination and early development in key crops such as tomato. The primary objectives include assessing its effects on germination rate, root length, and biomass production, while also determining optimal application conditions. Synthetic whey was produced by heating milk to 80°C, followed by the addition of 2% citric acid to induce coagulation and subsequent filtration. Anaerobic digestion was carried out in a mesophilic digester (35–40°C), yielding a nutrient-rich digestate containing nitrogen, phosphorus, potassium, and calcium. This digestate was diluted to four concentrations (0%, 25%, 50%, and 75%) and applied to plants under controlled environmental conditions. Key parameters measured included germination rate, plant height, and root and shoot biomass, with statistical analyses used to evaluate treatment effects and identify potential inhibitory impacts at higher digestate concentrations. Tomato plants treated with whey exhibited notable increases in vegetative biomass, particularly in shoot development, indicating enhanced growth vigor. However, higher concentrations of whey-based digestate produced inhibitory effects, likely due to elevated organic and mineral loads, underscoring the importance of appropriate dilution. Overall, this study highlights the potential of whey as a natural biostimulant to improve crop performance while contributing to sustainable waste management in the dairy sector. Optimizing whey formulation and application could enhance agricultural productivity and support the valorization of dairy by-products. Future research should focus on refining application protocols and evaluating the broader applicability of whey-based biostimulants across diverse cropping systems.

Keywords: Whey, Sustainable agriculture, Biostimulant, Germination, Tomato.



BIOTREATMENT OF PHARMACEUTICAL-CONTAMINATED HOSPITAL EFFLUENTS USING INDIGENOUS MICROORGANISMS

Khawla Waddi

Laboratoire Biochimie, Environnement & Agroalimentaire, URAC 36 ; Faculté des Sciences
et Techniques de Mohammedia

ABSTRACT

Hospital effluents are characterized by the presence of complex and persistent pollutants, including antibiotics, cytotoxic drugs, hormones, and pathogenic microorganisms. Biological treatment methods have emerged as a promising alternative for the degradation of these pollutants, particularly through the use of specialized microbial communities. This study focuses on the role of specific microorganisms, such as *Pseudomonas spp.*, *Bacillus spp.*, *Phanerochaete chrysosporium*, and *Aspergillus niger*, in the bioremediation of hospital wastewater. These bacteria and fungi exhibit enzymatic capabilities to degrade pharmaceuticals, reduce biological oxygen demand (BOD), and eliminate pathogens. The performance of these microorganisms was evaluated in various reactor configurations, including activated sludge systems and membrane bioreactors, under different operational conditions. Results indicate that microbial consortia tailored to target hospital pollutants can significantly enhance treatment efficiency. The study underscores the importance of microbial selection, environmental parameters, and potential synergistic interactions to optimize biological treatment processes for safer hospital effluent discharge.



PREVALENCE OF ASYMPTOMATIC BACTERIURIA AND ANTIBIOTIC RESISTANCE IN GRAM POSITIVE COCCI BACTERIA AMONG PREGNANT WOMEN ATTENDING ANTENATAL CLINIC IN IBADAN, NIGERIA

Adebukola Rasheedat Salawu, Sarah Okhueleigbe and Olutayo Israel Falodun

Department of Microbiology

University of Ibadan, Nigeria.

ABSTRACT

Routine antenatal care is scheduled for women during pregnancy to monitor maternal and neonatal health in order to reduce mortality, low birth weight and increase overall positive pregnancy experience. Gram positive bacteria such as staphylococci, streptococci and enterococci are usually associated with urinary tract infection, alongside complications associated with asymptomatic bacteriuria among pregnant women. The rise in antibiotic resistance in bacteria is also a challenge, especially in the health care settings. Therefore, this study was aimed at determining the antibiotic susceptibility pattern of Gram positive cocci bacteria isolated from urine samples of pregnant women attending antenatal clinic in Ibadan, Nigeria.

A cross-sectional study was carried out in three selected primary health care centers and one private hospital in Ibadan. In sterile sample bottles, 196 clean catch midstream urine samples were collected from the consenting pregnant women that attended the routine antenatal clinics. Questionnaire was administered to obtain socio-demographic and clinical data. The Gram positive bacteria were isolated and identified using standard microbiological techniques. Antimicrobial susceptibility testing was carried out using Kirby Bauer disc diffusion method and the statistical analysis was done using SPSS.

Out of 198 participants recruited, 196 participants' consented and 260 bacterial isolates were obtained from 190 culture positive samples. Among these isolates, 86 were significant for bacteriuria accounting for 45% prevalence. In addition, 192 (73.8%) isolates were identified as Gram positive bacteria, of which, 124 (64.5%) were Gram positive cocci, while 68 (35.5%) were Gram positive bacilli. The resistance pattern of the Gram positive cocci isolates showed that it was low to levofloxacin (2.7%) followed by gentamicin (10.3%) and ceftiofur (12.8%), while it was 63.2% (vancomycin), 62.0% (nitrofurantoin), 62.0% (trimethoprim sulfamethoxazole) and 50.1% (erythromycin). Also, 56.3% of the isolates were multidrug resistant.

The prevalence of asymptomatic bacteriuria, distribution of Gram positive cocci and high resistance rate to antibiotics of choice for UTI treatment was observed among the pregnant women. Hence, inclusion of bacteriuria tests during routine antenatal care and proper sensitization on implication of inappropriate use of antibiotics is advocated.

Keywords: Pregnant women, Gram positive cocci, asymptomatic bacteriuria, Antibiotic resistance, Urinary tract infection.



URINE SAMPLES OF SUSPECTED UTI PATIENTS IN A TERTIARY HOSPITAL IN IBADAN, NIGERIA IS A HOTSPOT FOR ANTIBIOTICS RESISTANT GRAM NEGATIVE BACTERIA

Sarah Okhueleigbe, Adebukola Rasheedat Salawu and Olutayo Israel Falodun

Department of Microbiology, University of Ibadan, Nigeria

ABSTRACT

Urinary Tract Infections (UTIs) affects different parts of the urinary tract, although, urine is said to be sterile, when bacteria or other microorganisms are found in the urinary tract, it can lead to UTI. Antibiotic resistance in UTI is a public health challenge which can be due to antibiotics misuse. This study was designed to determine the antibiotic susceptibility patterns of Gram negative bacteria isolated from urine samples of suspected UTI patients in a tertiary institution's clinic, in Ibadan, Nigeria.

This was a cross sectional study and clean catch midstream urine samples were collected from 231 symptomatic suspected UTI patients. Bacteria were isolated and identified using standard microbiological methods. The identified Gram negative bacteria were subjected to antibiotics susceptibility testing using the Kirby Bauer disk diffusion method against Cotrimoxazole, Augmentin, Levofloxacin, Menoprenem, Ceftriaxon, Amikacin, and Cefepime. Data were analysed using descriptive statistics.

Out of 231 samples collected, 188 (81.3%) were culture positive and 238 isolates were obtained, of which 130 (54.6%) were identified as Gram negative bacteria. The antibiotic resistance of the isolates to the tested antibiotics showed that 70.9, 64.6, 34.2, 98.7, 74.7, 34.2, and 93.7% were resistant to cotrimoxazole, augmentin, levofloxacin, menoprenem, ceftriaxon, amikacin and cefepime respectively. In addition, 46.8% of the resistant isolates were multidrug resistant having exhibited resistance to three or more different classes of antibiotics.

The prevalence of Gram negative bacteria and their high resistance to routine and last resort antibiotics observed among the suspected UTI patients in Ibadan constitute a serious health threat. Therefore, there is a need to enforce the use laboratory investigation including susceptibility test results in the treatment of UTI patients as well as judicious use of antibiotic therapy.

Keywords: Antimicrobial resistance, UTI, Gram negative bacteria.



GROUNDWATER QUALITY ASSESSMENT FOR AGRICULTURAL IRRIGATION IN THE KETAMA–AL HOCEIMA REGION (MOROCCO)

Rachida Elbarghmi¹, Mostapha Abourrich¹, and Soukaina El khalki¹,

¹ Laboratory of Applied Sciences, ENSAH, Abdelmalek Essaadi University, Tetouan, Morocco.

ABSTRACT

Most countries in the world suffer from severe water shortages, particularly in arid and semi-arid zones. In the Ketama region, intensive cannabis production is the mainstay of agricultural activity. Initially, irrigation depended on rainwater and surface water. However, with drought and water shortages affecting the region, farmers are increasingly relying on groundwater. It is therefore imperative to know the quality of the water used for irrigation. With this in mind, water samples from 164 water points were subjected to physicochemical analysis. To assess the suitability of groundwater quality for irrigation, several parameters were taken into account, including chloride, electrical conductivity (EC), percentage of soluble sodium (% Na), sodium adsorption ratio (SAR), residual sodium carbonate (RCS), magnesium adsorption ratio (MAR), permeability index (PI), Kelley ratio (KR), potential salinity (PS), synthetic harmfulness coefficient (K) and irrigation coefficient (Ka). In addition, the chloro-alkaline indices (CAI-1 and CAI-2) were evaluated. The overall assessment of irrigation quality was carried out by calculating the Irrigation Water Quality Index (GWQI). Results showed that 43.29% (EC), 82% (Na), 68.40% (SAR), 68.29% (Ka) of groundwater samples were excellent, and 77% (PI) of samples were suitable for irrigation. GWQI assessment of groundwater quality revealed that 97% of water samples were classified as excellent for irrigation. The aim of this study is to provide crucial information on irrigation water quality in the region, providing farmers, local authorities and other stakeholders with valuable data to make informed decisions on agricultural practices and the sustainable use of water resources.

Keywords : Groundwater, Water quality, Assessment, Irrigation, Ketama Al-Hoceima region.



AGRICULTURAL PRODUCTS OF GLOBAL IMPORTANCE ORIGINATING IN THE MEDITERRANEAN COUNTRIES THROUGH ARCHAEOLOGICAL EXCAVATIONS - JORDAN.

Mohammed Waheeb

Professor in Archaeology; Department of Sustainable Tourism, Queen Rania Faculty of Archaeology Heritage, & Tourism

(QRFTH), The Hashemite University

mwheeb@hu.edu.jo

ABSTRACT

Jordan, due to its geographical location at the heart of the Levant and as one of the Mediterranean countries, has throughout history constituted a center of civilizations and a field of agricultural activities that shaped its economy and society. The diversity of its climate, ranging from the warm Jordan Valley to the temperate highlands, provided fertile ground for the growth of strategic crops that became closely tied to Jordan's history and agricultural identity. Among the most significant of these are Medjool dates, sugarcane, almonds, and olives. Archaeological excavations that began in Jordan in 1929 confirmed the discovery of seeds of these crops in many archaeological sites, and both Jordanian and foreign missions have emphasized the importance of these agricultural findings dating back to the Neolithic period. This has led to the assertion that the beginnings of agriculture in the Mediterranean basin can be traced to the Jordan Valley.

Medjool dates are among the most renowned crops associated with Jordan. Originating in the southern Jordan Valley, particularly in the Ghor region, the favorable natural conditions contributed to their high-quality production. The Medjool later spread to North Africa and the United States in the 20th century, yet it remains strongly linked to Jordan as its original homeland and continues to represent one of the pillars of the country's export-oriented agriculture.

Sugarcane cultivation flourished during the Islamic periods, especially under the Umayyads and Mamluks, when advanced sugar mills were established in Ghor al-Safi and other parts of the Jordan Valley. Their products were exported to markets across the Levant to meet the growing demand for this vital commodity. Archaeological excavations revealed the remains of 32 sugar mills in the Jordan Valley dating to both the early and later Islamic periods, producing the famous "Montreal sugar" known for its refinement. The largest sugar mill ever discovered in the southern Jordan Valley (Ghor al-Safi) has been documented in field reports.

In the temperate highlands of northern and central Jordan, almond cultivation thrived in combination with figs and grapevines under traditional dryland (ba'li) farming systems. Almonds became an essential dietary element and a contributor to both local and regional trade. To this day, varieties of almonds cultivated worldwide carry the legacy of Jordan, and cultural traditions across Jordanian towns continue to preserve customs associated with almonds, sugar, and the various sweets prepared from them. Excavations at sites such as 'Ain Ghazal confirmed that almonds were cultivated in Jordan since the Neolithic period.

Olives stand out as one of the oldest and most significant crops in Jordan's history. Some of the ancient "Mahراسي" olive trees in northern Jordan are believed to be more than two thousand



years old. Olives have been tied to daily life through food, lighting, and trade. Today, Jordan remains one of the leading producers of high-quality olive oil in the region. Scientific studies further indicate that the “Mahrasi” olive variety found in Italy, Greece, and Cyprus originated in northern Jordan, particularly in the area of Ajloun.

Taken together, these crops were far more than mere foodstuffs; they played a vital role in shaping Jordan’s economic and cultural identity, and they made its land a bridge of commercial and cultural exchange with other Mediterranean countries throughout the ages. To this day, they stand as living testimony to the enduring relationship between humans and the land in Jordan a country that has remained faithful to its agricultural heritage while innovating to meet the demands of the present.

Keywords: Agriculture, Archaeology, Seeds. Flotation. Excavations, Trade.



ISOTOPIC AND HYDROCHEMICAL ANALYSIS OF THE GHIS-NEKOR AQUIFER MOROCCO: ORIGIN OF SALINITY AND GROUNDWATER QUALITY

Ahalli Taoufik ^a, Driss khatchb, Nouyti Nordinea, Cherif ELKHALILA,*

^a Environmental Management and Civil Engineering Team, Laboratory of Applied Sciences, National

^b Laboratoire de Géosciences Appliquées, Département de Géologie, Faculté des Sciences, Université Mohammed 1er, Oujda Environmental Management and Civil Engineering Team,

^c Laboratory of Applied Sciences for the Environment and Sustainable Development, School of Technology Essaouira, Cadi Ayyad University, Essaouira, Morocco

* ahalli.taoufik@gmail.com

ABSTRACT

The chemical characterization of the Ghis-Nekor aquifer has attracted significant attention from researchers in Morocco. It is a crucial indicator of the environmental situation and the socio-economic development of this Moroccan region. Indeed, it helps decision makers to conduct a conscious and sustainable management. The primary objective of this study is to investigate the origin of salinity using isopoly elements such as Strontium and Bromide and to evaluate the physicochemical quality of groundwater in the Ghis-Nekor aquifer region and to determine the sources of pollution in order to establish maps of the qualities of the Ghis-Nekor water table.

For this reason, of Ghis-Nekor aquifer 19 samples were examined during the month of July 2023, in terms of isotopic elements such as bromine (Br) and strontium (Sr) et tantalum (Ta) (03 samples), and in terms of physico-chemical parameters such as pH, temperature, electrical conductivity (EC), Chlorides, Nitrates, Ammonium, Nitrite, Sulfates, Sodium, Potassium, Bicarbonates, Calcium, orthophosphates and Magnesium. The spatial distribution of the results was visualized through thematic maps generated using a Geographic Information System (GIS), offering crucial insights for decision-making processes related to water resource management in the region. The water temperature varies between 15.1 and 49°C. The pH is close to neutral, varying between 6.65 and 7.86.

The waters are classified into three distinct chemical facies: chlorinated and sulfated calcic-magnesium facies, bicarbonated calcic-magnesium facies, and chlorinated sodium-potassium facies. The degradation of water quality in the aquifer of the basin of Ghis-Nkour could have geological and anthropogenic origins.

The analysis of bromide and strontium contents allows to discriminate the origin of salinity anomalies. Molar ratios such as Cl/Br, Br/Cl, and Sr/Ca are employed to distinguish areas influenced by geological factors, such as the leaching of salt formations and facies, from those impacted by anthropogenic activities.

Keywords : Groundwater - Quality - Pollution - GIS - Ghis-Nekor, water table -Morocco.



BIOACTIVE COMPOUNDS, ANTIOXIDANT ACTIVITY, AND ANTIMICROBIAL PROPERTIES OF THE ETHYL ACETATE EXTRACT OF *CYNARA CARDUNCULUS* L.

Meryem Souidek^{1*}, Fatima Abdou-Allah², Lamiaa Ait Si², Fatima Ez-Zahra Ousaid², Faiza Chbel¹, Fouzia Hmimid^{2,3} and Houssine Azeddoug¹

¹ Department of Biology, Laboratory of Bio-Geosciences and Materials Engineering, Higher Normal School, Hassan II University of Casablanca, Casablanca, Morocco

² Department of Biology, Laboratory of Health and Environment, Faculty of Sciences Ain Chock, Hassan II University of Casablanca, Morocco

³ Department of Biology, Laboratory of Plant Biotechnology, Ecology and Ecosystem Valorization-CNRST Labeled Research Unit N°10, Faculty of sciences, University Chouaib Doukkali, El jadida, Morocco

* Corresponding author meryem.souidek@enscasa.ma

INTRODUCTION

Cynara cardunculus L. (Asteraceae) is a species indigenous to the Mediterranean basin, renowned for its remarkable adaptability to diverse soil and climatic conditions, as well as various abiotic stressors, including elevated salinity and water scarcity (Benlloch-González et al., 2005; Ceccarelli et al., 2010; Pagnotta et al., 2017). In Morocco, cardoon has been traditionally valued both as a culinary ingredient in soups, salads, and tagines, and as a medicinal plant. Extracts derived from *Cynara cardunculus* have demonstrated a broad spectrum of pharmacological activities, encompassing hepatoprotective, antitumor, antibacterial, and anti-HIV effects, along with a notable capacity to inhibit cholesterol biosynthesis and LDL oxidation.

METHODS

An ethyl acetate extract obtained by maceration was subjected to comprehensive analyses to elucidate its antioxidant potential and to establish both qualitative and quantitative profiles of its phenolic constituents. This study aimed to evaluate the antioxidant capacity of *Cynara cardunculus* and to thoroughly characterize its phenolic composition. Furthermore, the antimicrobial activity of the extract was assessed using agar diffusion and broth microdilution methods to determine the minimum inhibitory concentration (MIC) and minimum bactericidal concentration (MBC) against selected Gram-positive and Gram-negative bacterial strains. Additionally, antifungal activity was evaluated against *Candida albicans*, to further investigate the extract's broad-spectrum pharmacological properties.

RESULTS

Phytochemical screening revealed a pronounced enrichment of secondary metabolites within *Cynara cardunculus*. The ethyl acetate extract was distinguished by a remarkable antioxidant capacity. Quantitative analyses showed high levels of total phenolic compounds and flavonoids, quantified at 720.51 ± 0.3 µg gallic acid equivalents/mg and 432.01 ± 0.5 µg quercetin equivalents/mg of dry extract, respectively. This abundance of flavonoids and polyphenols appears to play a crucial role in the extract's potent antioxidant efficacy. Moreover, the ethyl acetate extract demonstrated bacteriostatic activity against all tested bacterial strains, indicating its ability to inhibit microbial proliferation without exerting bactericidal effects. A fungistatic effect was also observed against *Candida albicans*.



CONCLUSION

In summary, the ethyl acetate extract of *Cynara cardunculus* exhibits a rich profile of bioactive compounds that underpin its significant antioxidant and antimicrobial properties. These findings highlight its promising potential as a natural source for the development of novel therapeutic agents.

Keywords : *Antioxidant activity ; phenolic compounds; antimicrobial activity; Cynara cardunculus.*



THE USE OF ALGINATES IN THE SYNTHESIS OF RED CLAY WASTE BASED GEOPOLYMERS.

Amal Bassam^{1}, Rajaa Bassam¹, Younes Rachdi¹, Marouane El Alouani², Mohammed Hafid², Hamid Saufi², and Said Belaaouad¹,*

¹ Laboratory of Physical Chemistry of Materials, Faculty of Sciences Ben M'sik, Hassan II University of Casablanca, B.P.7955, Bd Cdt Driss El Harti, Casablanca, Morocco.

² Materials Science Center, Laboratory of Physico-Chemistry of Inorganic and Organic Materials (LPCMIO), Ecole Normale Supérieure (E.N.S), Mohammed V University of Rabat, Morocco.

Amalbassam6@gmail.com

ABSTRACT

Discharges of various micropollutants (organic and inorganic) into the environment are on the increase. These pollutants are generally toxic, poorly biodegradable, and cause numerous adverse health effects. In this context, this work focuses on the development of a geopolymer based on red clay waste, with a view to its application as an adsorbent in the treatment of an aqueous medium contaminated by Methyl Orange. The synthesized geopolymer was characterized by various analytical techniques. The raw material and the synthesized geopolymers were characterized by various physico-chemical methods. The results of XRF, XRD, and FTIR confirmed the successful synthesis of geopolymer beads, while the SEM/EDX findings revealed the homogeneous surface of the adsorbents. Adsorption tests were carried out by varying various parameters likely to affect adsorption performance, including adsorbent dose, solution pH, contact time, initial Methyl Orange concentration, and solution temperature. The kinetic study revealed that the geopolymer eliminates Methyl Orange relatively quickly. The pseudo-second-order model is the most suitable for presenting the adsorption mechanism. The isotherm for Methyl Orange retention on geopolymer is in perfect agreement with the Langmuir model. Evaluation of the thermodynamic quantities showed that the Methyl Orange adsorption process is favorable, spontaneous, and endothermic. The results we have found allow us to predict that the use of these new generations of geopolymers offers great potential for the retention of cationic textile dyes.

Key words: Adsorption; red clay waste; Geopolymer Beads; Methyl Orange; Characterization.

References:

- [1] P. Sirajudheen, P. Karthikeyan, M. C. Basheer, et S. Meenakshi, « Adsorptive removal of anionic azo dyes from effluent water using Zr(IV) encapsulated carboxymethyl cellulose-montmorillonite composite », *Environ. Chem. Ecotoxicol.*, vol. 2, p. 73-82, 2020, doi: 10.1016/j.enceco.2020.04.002.
- [2] S. Dutta, B. Gupta, S. Kumar Srivastava, et A. Kumar Gupta, « Recent advances on the removal of dyes from wastewater using various adsorbents: a critical review », *Mater. Adv.*, vol. 2, n° 14, p. 4497-4531, 2021, doi: 10.1039/D1MA00354B.
- [3] C. Lavanya, R. Dhankar, S. Chhikara, et S. Sheoran, « Degradation of toxic dyes: a review. », *Int. J. Curr. Microbiol. Appl. Sci.*, vol. 3, n° 6, p. 189-199, 2014.



BIO-PROSPECT OF SPOILT TOMATO FUNGI FOR AMYLASE PRODUCTION; SCREENING, CHARACTERIZATION AND PURIFICATION FOR JUICE PROCESSING APPLICATION.

Oladejo Gabriel Olawale¹, Hassan Abdulrasheed Alada², Balogun Topsy O³, Fashola Ibrahim. A⁴, Alabi Oluwatayo Grace⁵

goladejo246549@stu.ui.edu.ng

Department of Microbiology, University of Ibadan, Oyo State Nigeria. ¹²³⁴⁵

ABSTRACT

The processing of enzymes like amylase from spoilt tomato offers a significant and eco-friendly food waste management strategy while aiding enzymatic juice processing. While amylase enzyme associated to fungi pathogenicity in the spoilage tomato fruits are cell-wall degrading, they are critical in starch residue hydrolysis that can cause turbidity in juice. This and many other vast industrial application have intensify the importance of ensuring that they are screened and produced to ensure maximum yields of the enzyme. This study therefore aimed to screen, characterize, and purify amylase-producing fungi isolated from spoilt tomato for potential application in production of juice. Nine fungi were isolated from two (2) different tomato fruits obtained from Bodija Market, Ibadan, Oyo State, Nigeria and were screened for amylolytic activity. Starch hydrolysis test where the formation of clear zones after iodine flooding to indicate enzymatic activity. Crude extracts were produced using the submerged fermentation method and the enzyme activity was assayed using 3, 5-dinitrosalicylic acid. The enzymes were optimized at various concentration and condition to determine enzyme stability, activity and kinetic factors. In an attempt to determine the potential industrial application, they were tested in a preliminary trial of mango and pine apple juice processing. The result identified *Aspergillus niger*, *Penicillium digitatum*, *Aspergillus fumigatus*, *Rhizopus stolonifer*, *Fusarium* sp., and *Saccharomyces cerevisiae* as amylase-producing fungi associated with spoilt tomato. Interestingly, they all exhibited amylolytic activity in juice processing condition, as well as improving juice clarity. However, the best result was seen with *Aspergillus niger*, *Penicillium digitatum* and *Rhizopus stolonifer* producing the largest hydrolysis zone of (5.50 mm) Most of the isolates had optimum enzyme activity at 35°C and pH 8.0 respectively. The highest activity was obtained at 1.5% concentration of substrate. A maximum activity was seen at 96h of incubation. Maltose and ammonium sulfate were found to be best carbon and nitrogen source respectively. Amylase of *Aspergillus niger* showed the highest juice yield and improved clarity of 69.0 and 78.9% and slight increases in total soluble solids for Mango and Pineapple respectively. These findings shows the potential of spoilage associated fungi as sustainable source of industrial enzymes, contributing to food waste management.

Keywords: Fungi, Tomato, Fruit, Amylase, Juice, Enzyme



AI-DRIVEN CLIMATE-SMART AGRICULTURE: UTILIZING ARTIFICIAL INTELLIGENCE FOR ADAPTIVE, LOW-CARBON, AND RESILIENT FOOD SYSTEMS

S A Marathaka Rani¹

¹Department of Biotechnology, Faculty of Science and Humanities, SRM Institute of Science and Technology, Ramapuram Campus, Chennai- 600089, Tamil Nadu, India.

¹authors : samarathakarani2020@gmail.com

Murugesan Kamaraj²

²Department of Biotechnology, Faculty of Science and Humanities, SRM Institute of Science and Technology, Ramapuram Campus, Chennai- 600089, Tamil Nadu, India.

²ORCID: 0000-0002-0111-8524

² drkamarajm@gmail.com

ABSTRACT

Climate change poses a profound threat to agriculture worldwide. While agriculture contributes significantly to the gross domestic product (GDP) of many developing countries including India, it remains one of the most vulnerable sectors to climate variability. In response, the Food and Agriculture Organization (FAO) introduced the concept of Climate-Smart Agriculture (CSA) in 2010 to enhance food security through practices that are context-specific, resource-efficient, and resilient. CSA emphasizes the need for agricultural systems that not only increase productivity but also adapt to the rising climatic risks. This study highlights the integration of Artificial Intelligence (AI) as a transformative enabler of CSA. AI applications hold vast potential to address climate challenges by strengthening the three core pillars of CSA namely productivity, adaptation, and mitigation. For productivity, AI facilitates precision farming, yield forecasting, and intelligent pest management. For adaptation, AI-driven climate risk modelling, decision-support platforms, and sensor-based irrigation systems enhance resilience to droughts, floods, and heat stress. For mitigation, AI enables emission monitoring, carbon sequestration assessment, and optimized land-use planning, thereby reducing agriculture's carbon footprint. AI-driven tools, ranging from machine learning algorithms for yield prediction to IoT-enabled precision irrigation and real-time advisory platforms, work in synergy to optimize resources and support carbon-smart practices. The integration of these technologies ensures greater resource efficiency, resilience, and environmental sustainability, with measurable benefits for both smallholders and large-scale farming systems. Adopting AI-enabled CSA also aligns with global goals, particularly SDG 2 (Zero Hunger) and SDG 13 (Climate Action), by ensuring food security while lowering emissions. Therefore, it can be said that AI is not merely an add-on to CSA but a catalyst for transforming agriculture into a resilient, adaptive, and low-carbon system capable of meeting future food demands under climate stress.

.Keywords: Climate, agriculture, artificial intelligence, SDG goals



THE IMPACT OF INTERNET OF THINGS AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE ON AGRICULTURE

Dr. Sagaya Aurelia P

Department of Computer Science, Christ University, Bangalore KA 560029, India
sagaya.aurelia@christuniversity.in

ABSTRACT.

The agricultural sector is rapidly embracing IoT technology, experiencing an annual growth rate of 20%. These devices empower farmers to automate their tasks and gain remarkable insights derived from data-collecting sensors. This newfound control has the potential to influence every aspect of the farm-to-table journey, optimizing food production and supply chains.

Several key IoT applications are transforming farming practices:

Monitoring livestock—connected wearable devices can track health metrics for cattle.

Geofencing—networked apparatus allow farmers to efficiently supervise the locations of livestock, personnel, and delivery vehicles.

Intelligent greenhouses and controlled environments—IOT sensors enable precise regulation of enclosed agricultural setups.

Predictive analytics—data generated from connected farming equipment and crop health can provide valuable insights for timely maintenance or adjustments through IoT technology.

These advancements in data collection and communication are enhancing agricultural practices. Consequently, farmers are achieving higher yields of crops grown without pesticides, resulting in cleaner food products produced through more environmentally friendly and sustainable methods.

With the advent of 5G technology, the capabilities of these devices have expanded significantly. Enhanced communication speeds and greater bandwidth allow for more connected sensors, improving farmers' visibility—albeit with an increased cybersecurity threat.

IoT devices lacking certified encryption protocols and regular updates are vulnerable to hacking threats. In agriculture, particularly concerning global trade and data collection, robust cybersecurity measures are essential, along with skilled personnel capable of implementing those safeguards.

Emerging AI Solutions

Due to the influx of data in agricultural practices, AI can leverage this information to enhance decision-making across various areas. This is achievable through AI-specific

approaches, such as machine learning, that enable systems to modify their operations simply by learning from new data inputs without needing explicit programming.

Such methodologies position AI as a significant asset for fostering automation and efficiency from production to consumption and back. As the complexity of global trade continues to escalate, the demand for these solutions is more pressing than ever.

Below are a few examples of innovative AI applications in agriculture:



Food tracking software—intelligent supply chain systems can meticulously monitor each phase of food products in case of a recall.

Crop analysis and enhancement tools—a variety of platforms are emerging that provide imagery and metrics of fields and crops, along with intelligent improvement suggestions.

Blockchain and data analytics—forward-thinking organizations are utilizing blockchain technology to archive and monitor supply chain information to manage ratings on sustainability and spoilage.

Genomic analysis—machine learning techniques can evaluate biological data from soil for potential enhancements.

AI facilitates the automation and tracking of various factors that are too numerous and diverse for a human to monitor effectively. As a result, food producers can uncover insights that boost yield and enhance performance, propelling us into a new age of food efficiency. This progress, in turn, will help minimize waste and ensure the safety of our food supplies.

AI-driven software tools have become widely accessible. While diverse agricultural enterprises possess unique requirements, utilizing a software-as-a-service platform can empower you to harness AI capabilities through a secure multi-tenant framework.

Keywords: Agriculture, AI, IoT, farming, food tracking



THE IMPLICATION OF MEDICINAL PLANTS IN MALE REPRODUCTIVE HEALTH: INNOVATIVE PERSPECTIVES AND APPROACHES

Amal AOUMRANI¹

¹ Hassan II University of Casablanca, Faculty of Sciences Ain Chock, Department of Biology, Laboratory of Physiopathology, Molecular Genetics & Biotechnology, Casablanca, Morocco.

¹0009-0009-7168-9216

¹amalaoumrani61@gmail.com

Ahlam ZARHOUTI²

² Hassan II University of Casablanca, Faculty of Sciences Ain Chock, Department of Biology, Laboratory of Physiopathology, Molecular Genetics & Biotechnology, Casablanca, Morocco.

²0009-0001-7027-5013

²ahlam.zarhouti@gmail.com

Bouchra EL KHALFI³

³ Hassan II University of Casablanca, Faculty of Sciences Ain Chock, Department of Biology, Laboratory of Physiopathology, Molecular Genetics & Biotechnology, Casablanca, Morocco.

³0000-0002-1318-6233

³bouchra.elkhalfi@gmail.com

Abdelaziz SOUKRI^{4*}

⁴ Hassan II University of Casablanca, Faculty of Sciences Ain Chock, Department of Biology, Laboratory of Physiopathology, Molecular Genetics & Biotechnology, Casablanca, Morocco.

⁴0000-0003-4498-8324

⁴ab.soukri@gmail.com

ABSTRACT:

Male infertility is a major public health problem, responsible for nearly 40 to 50% of infertility cases in couples. This phenomenon is often linked to a deterioration in sperm parameters, including sperm concentration, motility, and morphology, as well as environmental and pathophysiological factors. With growing concerns about the side effects of conventional medical treatments, interest in medicinal plants as complementary and natural therapeutic approaches is growing. Medicinal plants, rich in bioactive compounds, are of particular interest for their ability to modulate different aspects of male reproductive health. This work explores the implication of medicinal plants in reproductive health, with a focus on their effects on spermatogenesis, sperm quality, hormonal balance, and oxidative stress. The objective of this study is to highlight the various roles that medicinal plants can play in male reproductive health and to open up perspectives for their use in integrative approaches to the management of infertility.

Keywords: male infertility, reproductive health, medicinal plants, spermatogenesis, sperm quality



**UMARU MUSA YARADUA UNIVERSITY, KATSINA FACULTY OF NATURAL AND
APPLIED SCIENCE DEPARTMENT OF PURE AND INDUSTRIAL CHEMISTRY
PHOTOCATALYTIC DEGRADATION OF METHYLENE BLUE IN WASTEWATER
USING CLAY NANOPARTICLES AS A SUSTAINABLE TREATMENT APPROACH**

Muhammad Shuaibu Maiwada And Abduljabbar Garba

Email of the corresponding author: muhammadshuaibumaiwada@gmail.com

ABSTRACT

Water pollution caused by organic contaminants in wastewater remains a significant environmental concern. Photocatalysis has emerged as an effective method for degrading these pollutants, with clay-based photocatalysts gaining attention due to their abundance, stability, and excellent light response properties. This study investigates the photocatalytic activity of clay nanoparticles in the degradation of methylene blue, a model organic pollutant commonly found in industrial effluents. The research involved a controlled laboratory experiment using clay nanoparticles collected and processed to serve as photocatalysts. A synthetic wastewater solution containing methylene blue was prepared, and the degradation process was carried out under UV light at varying nanoparticle concentrations and exposure durations. Spectrophotometric analysis was employed to measure pollutant degradation, and data was analyzed to determine optimal conditions for maximum efficiency. Results indicated that clay nanoparticles significantly enhanced the degradation of methylene blue, with removal efficiency increasing with higher nanoparticle concentrations and prolonged UV exposure. The highest degradation efficiency observed was 89.06% at 0.50g of clay nanoparticles over six hours of illumination. The study also confirmed the role of clay nanoparticles in reducing charge recombination, thereby prolonging the lifespan of reactive species involved in photocatalysis. These findings highlight the potential of clay nanoparticles as a cost-effective and sustainable alternative for wastewater treatment. The study contributes to the growing body of knowledge on nanomaterial-based environmental remediation and underscores the need for further exploration into large-scale applications, optimization of treatment conditions, and the assessment of potential byproducts.

Keywords: Clay nanoparticles, photocatalysis, methylene blue degradation, wastewater treatment, UV illumination, environmental remediation, nanomaterials, sustainable water treatment.



CURRENT TRENDS IN AQUATIC SCIENCES: INNOVATIONS, CHALLENGES, AND FUTURE DIRECTIONS

Adeniyi, O. A.

Ajayi Crowther University, Oyo. Nigeria

osasadeniyi@gmail.com

ABSTRACT

Aquatic sciences are developing rapidly, driven by technological advances, climate change, increasing demands for sustainable resource management, growing environmental concerns, and the need for sustainable management of fisheries resources. This article reviews the major current trends in aquatic sciences, including innovations in aquaculture, freshwater ecosystem restoration, oceanography, climate impact research, biotechnology applications, and marine conservation. Emphasis is placed on interdisciplinary approaches and the role of emerging technologies such as remote sensing, genomics, and artificial intelligence. Challenges such as biodiversity loss, ocean acidification, and resource conflicts are discussed, and the initiatives to protect coral reefs, restore wetlands, and rehabilitate degraded habitats are gradually gaining momentum. Advances in technology, such as autonomous underwater vehicles (AUVs), remote sensing, and environmental DNA (eDNA) analysis, are revolutionizing aquatic research. These tools enable scientists to collect high-resolution data, monitor aquatic ecosystems more effectively, and study species in their natural habitats. Furthermore, they are becoming increasingly interdisciplinary, incorporating insights from sciences and social sciences. Collaboration among researchers, policymakers, and stakeholders is essential for addressing complex aquatic issues and developing effective management strategies. Researchers are investigating the effects of the presence of emerging contaminants, such as microplastics, pharmaceuticals, and personal care products, in aquatic environments, which is a growing concern on aquatic life and human health, as well as developing strategies for improving water quality. Aquatic sciences are experiencing transformative shifts fueled by technological advancements, climate-related challenges, and an increasing focus on sustainability. Despite ongoing obstacles, the adoption of innovative tools, cross-disciplinary collaboration, and progressive policy developments offers hope for a resilient and thriving future for aquatic ecosystems.

Keywords: Climate change, Biotechnology, Innovation, Marine conservation, Oceanography



FARKLI VERMİKOMPOST DOZLARINDA YEMLİK KOLZA TOHUMLARININ ÇİMLENME ÖZELLİKLERİNİN DEĞİŞİMİ

Doç. Dr. Mehmet Arif ÖZYAZICI

Siirt Üniversitesi, Ziraat Fakültesi

semihacikbas@siirt.edu.tr - 0000-0003-4384-3908

Dr. Öğr. Üyesi Semih AÇIKBAŞ

Siirt Üniversitesi, Ziraat Fakültesi

semihacikbas@siirt.edu.tr - 0000-0003-4384-3908

Doç. Dr. Nizamettin TURAN

Siirt Üniversitesi, Ziraat Fakültesi

nturan49@siirt.edu.tr - 0000-0002-4026-6781

ÖZET

Bu araştırmada, yemlik kolza tohumlarına uygulanan farklı vermikompost priming uygulamalarının çimlenme özellikleri üzerine etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışma; Siirt Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü Laboratuvarı'nda yürütülmüştür. Araştırmada, bitki materyali olarak yemlik kolzanın Lenox çeşidi kullanılmıştır. Laboratuvar çalışması, tesadüf parselleri deneme desenine göre 4 tekrarlamalı olarak petri kaplarında kurulmuştur. Çalışmada; vermikompostun 150 ml/100 L su (V1), 300 ml/100 L su (V2), 450 ml/100 L (V3) olmak üzere 3 farklı dozu ve vermikompost priming uygulanmayan kontrol (K) ve saf su ile priming (H) uygulamaları araştırmanın konusunu teşkil etmiştir. Çalışmada, kurulduğu günden itibaren 24 saatte bir olacak şekilde çimlenen tohumlar sayılmış ve 7. günde sonlandırılmıştır. Araştırmada çimlenme yüzdesi, ortalama çimlenme süresi, çimlenme üniformite katsayısı, çimlenme indeksi ve çimlenme enerjisi parametreleri incelenmiştir. Kolza bitkisine Vermikompost priming uygulamalarının etkisi istatistiksel olarak $p<0.01$ düzeyinde önemli etkileri olmuştur. Araştırma bulgularına göre çimlenme yüzdesi % 68.3-95.0, ortalama çimlenme süresi 2.07-3.20 gün, çimlenme üniformite katsayısı 21.4-46.0, çimlenme indeksi 5.53-11.43 ve çimlenme enerjisi 6.7-31.7 arasında değişim göstermiştir. Araştırmada V2 priming uygulaması ile istatistiki olarak en iyi sonuçlara ulaşılmış ve ortalama çimlenme süresi en kısa sürede gerçekleşmiştir. Araştırma sonucuna göre, ekim öncesi yemlik kolza tohumlarına vermikompost ile ön işleme tabi tutulmasının çimlenme özelliklerini iyileştirdiği sonucuna varılmıştır. Vermikompost uygulamasında 300 ml/100 L su konsantrasyonu etkili doz olarak önerilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Vermikompost, priming, hidropriming, yemlik kolza, çimlenme yüzdesi



VARIATION IN GERMINATION CHARACTERISTICS OF FORAGE RAPE SEEDS UNDER DIFFERENT VERMICOMPOST DOSES

ABSTRACT

In this study, it was aimed to determine the effects of different vermicompost priming treatments on the germination characteristics of forage rape seeds. The experiment was conducted at Siirt University, Faculty of Agriculture, Department of Field Crops Laboratory. The Lenox variety of forage rapeseed was used as the plant material. The laboratory experiment was established in Petri dishes according to a randomized complete block design with four replications. In the study, three different doses of vermicompost were tested: 150 ml/100 L water (V1), 300 ml/100 L water (V2), and 450 ml/100 L water (V3), along with a control without vermicompost priming (C) and a priming treatment with pure water (H). In the study, germinated seeds were counted every 24 hours starting from the day of establishment, and the experiment was terminated on the 7th day. The parameters examined were germination percentage, mean germination time, coefficient of germination uniformity, germination index, and germination energy. The effects of vermicompost priming treatments on rapeseed were found to be statistically significant at the $p < 0.01$ level. According to the research findings, germination percentage ranged between 68.3% and 95.0%, mean germination time between 2.07 and 3.20 days, coefficient of germination uniformity between 21.4 and 46.0, germination index between 5.53 and 11.43, and germination energy between 6.7 and 31.7. The V2 priming treatment produced the best results statistically, with the shortest mean germination time. Based on the results, it was concluded that pre-sowing priming of forage rape seeds with vermicompost improves germination characteristics. A concentration of 300 ml/100 L water is recommended as the effective dose for vermicompost application.

Keywords: Vermicompost, priming, hidropriming, forage rape, germination percentage



ANTI-HYPEGLYCEMIC ACTIVITY OF DRIED *VITIS VINIFERA* (GRAPEVINE) STEM BARK IN ALLOXAN INDUCED HYPERGLYCEMIC WISTAR RATS.

Nabeeha¹, Wafa Majeed^{1,2}, Ayesha¹, Muhammad Saad Tariq¹

¹Institute of Physiology and Pharmacology, University of Agriculture, Faisalabad, Pakistan.

²Department of Pharmacy, Faculty of Health and Pharmaceutical Sciences, University of Agriculture, Faisalabad, Pakistan

ABSTRACT

Diabetes mellitus (DM) is a metabolic disorder and it can be characterized by increased levels of glucose, decreased levels of insulin or defects in action of insulin. The treatment and management of diabetes includes lifestyle changes (dietary modifications and physical exercise) and the use of drugs. *Vitis vinifera* or grape has very high production worldwide. Most of the grape produced is used for wine production. The vinification by-product such as stem is high in polyphenols having anti-inflammatory and antioxidant properties and thus, it can also show anti-diabetic potential. In this study, we divided twenty (20) wistar rats into four (4) groups. Diabetes was induced using single intraperitoneal injection of alloxan monohydrate (130mg/kg) in all groups except normal control. First group (normal control) was given normal routine diet; second group (positive control) was given alloxan monohydrate; Group 3 (treatment I) was treated by using polyphenolic extract of *V. vinifera* at dose rate of 150 mg/kg; Group 4 (treatment II) was given polyphenolic extract of *V. vinifera* at dose rate of 300 mg/kg. Antidiabetic activity of the polyphenolic extract of grape stem was determined by performing biochemical and histopathological analysis. The statistical analysis of variance (ANOVA) was performed and the significance among different groups was determined by Duncan's multiple range (DMR) test. Results of study have indicated that polyphenolic extract of *Vitis vinifera* stem bark significantly reversed the alloxan induced hyperglycemia by improving biochemical and oxidative stress parameters in a dose-dependent pattern.



NUTRITIONAL ROLE OF GINGER (*ZINGIBER OFFICINALE*) ESSENTIAL OIL IN IMPROVING CARCASS PERFORMANCE AND MEAT QUALITY OF SOKOTO RED BUCKS

Dr. Emmanuel U. ANASO

Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Federal University of Agriculture
Mubi, Adamawa Nigeria

dranasoeub@gmail.com

ABSTRACT

This study investigated the influence of ginger (*Zingiber officinale*) essential oil (GEO) supplementation on carcass characteristics, meat quality, and sensory attributes of post-weaning bucks. Twenty-one bucks (average body weight: 10.55 ± 0.70 kg; ~6 months of age) were randomly allocated to three dietary treatments ($n = 7$ per group) in a completely randomized design over a 100-day feeding trial. The control group (T1) received the basal diet alone, while T2 and T3 received the basal diet supplemented with 5 ml and 10 ml GEO/kg diet, respectively. Data were subjected to normality (Shapiro–Wilk) and homogeneity of variance (Levene’s test) checks, confirming suitability for parametric analysis. Results revealed that cooking loss was significantly higher ($P < 0.05$) in the control group, whereas GEO supplementation markedly reduced cooking loss, reflecting enhanced meat quality. Water-holding capacity (WHC) was greatest in bucks fed 10 ml GEO/kg (T3), signifying improved juiciness and meat stability. Conversely, shear force values and meat pH at 0, 1, and 24 hours postmortem did not differ among treatments ($P > 0.05$). Sensory evaluation of cooked meat—including colour, flavour, tenderness, texture, juiciness, and overall acceptability—also showed no significant differences ($P > 0.05$) across treatments, indicating that GEO did not compromise organoleptic properties. In conclusion, dietary GEO supplementation enhanced carcass traits and technological meat quality in bucks, with 10 ml/kg diet identified as the optimal inclusion level. These findings position GEO as a promising phyto-genic additive for improving meat production efficiency while sustaining consumer-preferred sensory qualities. Future investigations should explore longer feeding durations, interactions with other phyto-genics, and the underlying mechanisms driving improvements in muscle biochemistry and meat quality.

Keywords: Goats, small ruminants, tropical phyto-genics, chevon, physical and organoleptic properties



VIBRATION OF IRRIGATION RESERVOIRS IN THE EVENT OF AN EARTHQUAKE.

Bouchehit Hamza ¹,

*¹laboratory Of Research In Applied Hydraulics (Lrhya), Department Of Civil Engineering,
Batna2 University.*

Benfrid Abdelmoutalib ²

²Doctor in Public Works, graduated from Djillali Liabès University in Sidi Bel Abbès, Algeria.

: benfridabdelmoutalib2050@gmail.com or bouchehithamza@gmail.com

ABSTRACT

Irrigation is very necessary in the field of agriculture. For this reason, it is preferable to store large quantities of water in metallic or reinforced concrete reservoirs. Several natural phenomena can cause these structures to vibrate, such as earthquakes. For this reason, this study develops a dynamic analysis of irrigation water storage structures as well as the causes of fracture in these reservoirs.

Keywords: *Seismic Vibration- Irrigation Reservoir- Dynamic Analysis- Reinforced Concrete Tank*

SULAMA DEPOLARININ DEPREM DURUMUNDA TITREŞİMİ.

ÖZET

Sulama, tarım alanında çok gereklidir. Bu nedenle, büyük miktarlarda suyu metalik veya betonarme depolarda saklamak daha iyidir. Depremler gibi bazı doğal olaylar bu yapıların titreşmesine neden olabilir. Bu yüzden, bu çalışma sulama suyu depolama yapılarının dinamik bir analizini ve bu depoların çatlamasının nedenlerini incelemektedir.

Anahtar Kelimeler: *Sismik Titreşim- Sulama Deposu- Dinamik Betonarme Depo.*



ROLE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE (AI) IN QUALITY CONTROL OF FOOD

Muhammad Bilal Hussain¹,

¹Department of Food Sciences, Government College University Faisalabad, Pakistan

Marwa Waheed²,

²Department of Food Science and Technology, Riphah International University, Faisalabad, Pakistan

Ali Ikram³

³University Institute of Food Science and Technology, The University of Lahore, Pakistan

Mahjabeen Ejaz¹,

¹Department of Food Sciences, Government College University Faisalabad, Pakistan

ABSTRACT

Artificial Intelligence (AI), is changing how we check the quality of food by, using smart, fast, and very accurate systems. As the world wants safer, healthier, and better food more than ever, old methods of checking food often don't work well because they take too long, need a lot of people, and aren't very accurate. AI tools like machine learning, computer vision, and robots can check food as it happens, looking at things like how it feels, what color it is, how big it is, and even its smell. These tools do it faster and more reliably than humans. AI systems use smart sensors and data analysis to watch important conditions like temperature, humidity, and cleanliness all along the food chain. This helps find problems early, predict when food might go bad, and make sure food stays fresh longer. It also helps reduce the chance of food being taken back, makes food safer for people to eat, and helps in sorting, grading and packing food more precisely, helps reduce waste and use resources more efficiently. Additionally, AI can handle a lot of data and helps make predictions and keep quality high during every step of making food. It changes food quality checks from just fixing problems after they happen to stopping them before they start. In short, AI is making a big difference in food production by making it safer, better quality, and more efficient.

Keywords: Artificial Intelligence, Safe Food, Quality control, Quality assurance, predictive analytics.



THE CLINICAL SIGNIFICANCE OF NORMAL PHYSIOLOGICAL BLOOD PARAMETERS IN HEALTH ASSESSMENT

Taskeen Fatima

Hajvery University

ABSTRACT

Blood parameters are vital indicators of physiological and pathological processes in the human body. Normal physiological values serve as reference ranges that guide clinical interpretation of laboratory results, **aiding** in the diagnosis, monitoring, and management of various diseases. These parameters, including hemoglobin concentration, white blood cell count, platelet count, glucose levels, electrolytes, renal and liver function markers, provide crucial insights into the functional status of different organ systems. This study aims to highlight the importance of maintaining and understanding normal ranges of key blood parameters in clinical practice. It also explores how deviations from these normal values can signal early signs of systemic diseases such as infections, anemia, metabolic disorders, organ dysfunction, and hematological abnormalities. The research emphasizes the variability of normal ranges based on age, sex, physiological state, and geographical or ethnic differences, underscoring the need for context-specific interpretation. Accurate interpretation of blood test results depends not only on identifying abnormalities but also on understanding what constitutes “normal.” Misinterpretation of these values can lead to misdiagnosis, delayed treatment, or unnecessary interventions. Therefore, this paper advocates for increased awareness among healthcare professionals and students regarding the physiological significance of these reference values. In conclusion, normal blood parameter values are foundational to evidence-based medicine. Recognizing their role enhances diagnostic accuracy, supports early detection of diseases, and promotes better clinical outcomes.

KEY WORDS: Blood parameters, Health assessment, clinical Outcomes, Laboratory results



SUSTAINABLE BIOMASS PRODUCTION: UTILIZING TRICKLING FILTER EFFLUENT FOR SWEET SORGHUM IRRIGATION IN SEMI-ARID NORTH AFRICA

Ahmed Osmane^{1, 2}, Khadija Zidan^{3,4}, Moustapha Belmouden¹*

¹Laboratory of Organic Chemistry and Physical Chemistry (Fundamental and Applied Chemistry) Faculty of Sciences, Agadir University Ibn Zohr

²Laboratory of Biomolecular and Medicinal Chemistry, Faculty of Science Semlalia, University Cadi Ayyad, Marrakech, Morocco.

³National Center for Studies and Research on Water and Energy (CNEREE), Cadi Ayyad University, Marrakech, Morocco.

⁴Laboratory of Water, Biodiversity and Climate Change, Faculty of Sciences Semlalia, Cadi Ayyad University, Marrakech, Morocco

Corresponding . ahmed.osmane@edu.uiz.ac.ma

¹ORCID: 0000-0003-0246-2885

ABSTRACT

Sweet sorghum (*Sorghum bicolor*) is a highly adaptable sugar crop with significant potential for bioenergy and ethanol production. Notably resilient, it thrives under marginal growing conditions, including water deficits, waterlogging, salinity, and alkalinity. Its key advantage is a high ethanol yield potential of up to 6000 L ha⁻¹, offering an energy output more than three times greater than the input invested. This crop exhibits considerable genetic diversity, with reported variations in crucial traits such as Brix (13-24%), juice sucrose concentration (7.2-15.5%), total stalk sugar yield (up to 12 Mg ha⁻¹), fresh stalk yield (24-120 Mg ha⁻¹), and total biomass yield (36-140 t ha⁻¹), indicating strong potential for further agronomic improvement. Despite its promise, the transition of sweet sorghum to a large-scale bioenergy crop faces challenges. The primary constraints are the lack of adequate technology for the harvest, transport, and storage of its vast quantities of biomass and juice, particularly within a short harvest window. Furthermore, while ethanol conversion can be achieved either by fermenting expressed stem juice or directly fermenting chopped stalks, the integration of sweet sorghum processing into existing corn ethanol infrastructure has not yet been realized.

Keywords: sweet sorghum; bioenergy crop; ethanol; biomass yield; sugar; fermentation



LEAF STRUCTURAL AND FUNCTIONAL MODIFICATION OF *IPOMOEA CARNEA* JACQ. AN INVASIVE PLANT SPECIES, UNDER DIVERSE SALINITY GRADIENT

Saira Malik¹, Syed Mohsan Raza Shah¹, Uniza Fatima bukhari¹, Tasawar Fatima bukhari¹, Iqra

¹Department of Botany, Division of Science and Technology, University of Education, Lahore, Pakistan

*authors s: Sairamalik.dgk12@gmail.com

ABSTRACT

The role of structural and functional plasticity of *Ipomoea carnea* for invasion in diverse saline environments was investigated. The populations were collected from 30 different habitats of Pakistan. The populations were divided into 3 groups based on the extent of salinity in their natural habitat. The non-saline habitats ($EC_e > 4 \text{ dS m}^{-1}$) were Kohala, Islamabad, Pahari Nala, Pir Kot, Nerian Sharif, Daska, Dhir Kot, Namal, Lower Jhelum and Majuhan. Moderately saline habitats ($EC_e 4\text{-}8 \text{ dS m}^{-1}$) were Mong Depo, Pasrur, Layyah, Mana Wala, Phularwan Roadside, Kharian Wala, Phulrwan canal, Rasool, Puran and Shah Kot. Highly saline habitats ($< 8 \text{ dS m}^{-1}$) included Gunjal, Gutwala, Skindar Pura, Choa Sadien Shah, Phid, Buchal, Kallar Kahar, Cholistan Desert, Sangla Hills and Sahian Wala. The hyper-saline population accumulated more compatible solutes like total soluble sugars, phenolics and flavonoids linked to osmoprotection. Increased sclerification and phloem thickness in hyper-saline and moderately saline populations. Increased density of trichomes and salt excretory glands prevented water loss and excreted toxic ions through leaf surface. In conclusion, *I. carnea* populations adopted different strategies like water conservation via water storage in parenchymatous tissues, accumulation of compatible solutes (total soluble sugars) and allelochemicals (flavonoids and phenolics) for chemical defense. All these aspects were key factors for survival and invasive success in a variety of habitat types and environmental conditions.

Keywords: Environmental heterogeneity, Invasive species, *Ipomoea carnea*, Sclerification, Trichomes.



MICROBIAL BIOFILMS EFFICACY FOR PESTICIDES AND DYE BIOREMEDIATION

Iram Liaqat

Microbiology Lab, Department of Zoology, Government College University, Lahore, Pakistan
dr.iramliaqat@gcu.edu.pk

ABSTRACT

Environmental pollution with heavy metals and dye effluents is a world wide problem. The current study was designed to isolate paper and pulp mill effluent decolorizing and heavy metal degrading bacteria from tanneries as well as paper and pulp mill effluents from Kasur & Lahore, Punjab, Pakistan. Among 11 isolated bacterial strains, six showed mature biofilm on day 5 while rest at day 7. 16S rRNA gene sequencing confirmed that strains belong to *Bacillus cereus*, *B. flexus*, *Leptospira* sp., *L. interrogans*, *B. licheniformis*, *Klebsiella pneumoniae*, *Pseudomonas putida*, *B. subtilis* and *Pannonibacter phragmitetus*. The mature biofilm of three *Bacillus* sp. (SB1, SB2 & SC1) and *Leptospira* sp. (QN2 & SN4) was used to degrade heavy metals (Pb, Ni, and Mn), and Zn, Cu and Co, respectively. Atomic absorption spectroscopy confirmed that both *B. cereus* and *B. flexus* biofilm showed the highest significantly high biodegradation ($67.4 \pm 1.2 \mu\text{g mL}^{-1}$; $60.0 \pm 0.6 \mu\text{g mL}^{-1}$) against Pb, and Mn, respectively. *Leptospira* sp. (SN2) showed significant degradation ($1.46 \pm 0.67 \text{ mg mL}^{-1}$) against Zn, *L. interrogans* showed the highest degradation ($0.78 \pm 0.13 \text{ mg mL}^{-1}$) against Cu and consortia of both *Leptospira* sp. showed highest degradation ($0.47 \pm 0.07 \text{ mg mL}^{-1}$) against Co. Fourier transform infrared (FTIR) spectroscopic analysis indicated that there was a shifting of functional groups at 1633, 1647, 3344, 3336, 3311 cm^{-1}) after the treatment of metals confirming the degradation of heavy metals. *B. cereus*, *B. licheniformis*, *K. pneumonia* and *P. putida* showed the highest discolouration (40.95, 45.5, 53.1 and 65.1% respectively) of paper and pulp effluent (black liquor (BL)). The study recommended that microbial flora of tanneries waste has the potential for ecofriendly bioremediation and need to be investigated further to reduce heavy metal and dye effluent contamination thus lowering the rate of problems associated with heart, brain and cancer occurrence in residing population.

Keywords: Ribotyping, Bioremediation, Biodegradation, Heavy metal removal, Atomic Absorption analysis, FTIR



IMMOBILIZATION OF LEAD IONS USING AMORPHOUS TRICALCIUM PHOSPHATE

El mostafa Benharaf^{1} and Mohammed El idrissi¹*

¹Team of Chemical Processes and Applied Materials, Sultan Moulay Slimane University, Polydisciplinary Faculty, Beni Mellal, 23000, Morocco.

Abdellah Zeroual²

²Molecular Modeling and Spectroscopy Research Team, Faculty of Sciences, Chouaib Doukkali University, El Jadida, Morocco P.O. Box 24, 24000, El Jadida, Morocco.

ben.haraf@gmail.com

ABSTRACT

This work studies the power of amorphous tricalcium phosphate to eliminate lead ions contained in aqueous solutions. It reveals that this phosphate exposed to different concentrations of lead ranging from 1 to 8.4 g/L for 48 hours is capable of transforming these metal ions from labile and toxic forms into insoluble phases. The results of X-ray diffraction, X-ray photoelectron spectroscopy and infrared spectroscopy as well as those of pH measurements and chemical analyzes show that this transformation occurs even for weakly concentrated solutions and gives rise to the precipitation of solid solutions of hydroxypyromorphite. and dibasic lead phosphate co-formed only after exposure to the 8.4 g/L solution. They also indicate that the accumulation of lead in the hydroxypyromorphite solids results from a gradual exchange between their calcium ions and the lead ions present in the solutions. This process, which has the advantage of being irreversible, as evidenced by the absence of lead ion re-emission activity from a newly formed hydroxypyromorphite solid when brought back into contact with solutions of calcium, allows amorphous phosphate to achieve lead immobilization capacity of 300mg/g.

Keywords : amorphous tricalcium phosphate; lead ions; immobilization, hydroxypyromorphite



CRISPR AND GENOME EDITING IN AGRICULTURE & VETERINARY SCIENCE

G. David

Undergraduate Students, Faculty of Pharmacy, Bharath Institute of Higher Education And Research Chennai, India

R. Swathi

Undergraduate Students, Faculty of Pharmacy, Bharath Institute of Higher Education And Research Chennai, India

ABSTRACT

CRISPR-Cas genome editing has emerged as a transformative technology with profound implications for both agriculture and veterinary science. In crop systems, CRISPR has been applied to enhance yield, nutritional quality, and resistance to biotic and abiotic stresses, offering sustainable solutions to challenges posed by climate change and global food insecurity. Similarly, in livestock, targeted editing has facilitated the development of disease-resistant breeds, improved productivity traits, and provided novel avenues for understanding complex genetic disorders. Unlike conventional breeding or transgenic approaches, CRISPR offers unparalleled precision, efficiency, and versatility, enabling rapid trait development without the introduction of foreign DNA. Recent innovations include base and prime editing, which further expand its potential for fine-tuned genetic modifications. Beyond productivity, CRISPR also holds promise in controlling zoonotic diseases, reducing reliance on antibiotics, and advancing animal welfare. However, widespread application faces hurdles such as off-target effects, regulatory uncertainty, ethical concerns, and limited adoption in resource-constrained regions. Addressing these challenges requires interdisciplinary collaboration among geneticists, veterinarians, policymakers, and bioethicists. This review synthesizes current advancements in CRISPR applications across plant and animal systems, highlights success stories, and critically evaluates technical, ethical, and regulatory barriers. By integrating insights from both agriculture and veterinary fields, the article emphasizes CRISPR's role in shaping resilient, sustainable, and ethically responsible food systems. Ultimately, genome editing represents not only a scientific breakthrough but also a pivotal tool for ensuring global food security, animal health, and environmental sustainability in the 21st century.

KEY WORDS: CRISPR-Cas9 ,Genome editing, Agriculture biotechnology, Veterinary science, Sustainable food systems.



INHIBITION OF *SHIGELLA FLEXNERI*-INDUCED DIARRHEA IN MICE MODEL BY *MUSA ACUMINATA* FRUIT EXTRACTS USING IN VITRO, IN VIVO, AND COMPUTATIONAL APPROACHES

Md. Abdul Momin¹ and Md. Faruk Hasan^{1,*}

¹ Microbiology and Biotechnology Research Lab., Department of Microbiology, University of Rajshahi, Rajshahi 6205, Bangladesh.

, Md. Nahid Hasan Joy²

² Department of Biotechnology and Genetic Engineering, Gopalganj Science and Technology University, Gopalganj, 8100, Bangladesh.

* Presenting and corresponding addresses: faruk_gcb@ru.ac.bd (MFH).

ABSTRACT

Background: The rising prevalence of antibiotic-resistant *Shigella flexneri* demands novel therapeutic strategies for diarrheal disease management. This study investigated the antidiarrheal potential of methanol extract (ME) and hot water extracts (HWE) of *Musa acuminata* fruit using in vitro, in vivo, and in silico approaches. **Methods:** Phytochemical screening was performed using standard photochemical screening methods. In vitro antibacterial activity against multidrug-resistant *S. flexneri* was assessed by disc diffusion method. In vivo, *S. flexneri*-induced diarrhea was established in Swiss albino mice model. In silico analyses included molecular docking of phytochemical compounds with the *S. flexneri* effector protein kinase OspG using AutoDock Vina, followed by molecular dynamics, simulations and ADMET profiling. **Results:** Significant phyto-compounds were detected from ME and HWE. Both extracts demonstrated strong antibacterial potency with 24.83 ± 0.44 mm zone of inhibition, comparable to ciprofloxacin. In animal experiments, both extracts showed improved body weight, reduced diarrhea severity, and restored electrolyte balance, where HWE exhibiting greater efficacy. Molecular docking revealed phytosterols maintaining stability during simulations. ADMET analysis indicated favorable safety profiles. **Conclusion:** *Musa acuminata* fruit extracts significantly mitigated *S. flexneri*-induced diarrhea through potent antibacterial activity and electrolyte restoration, supported by computational evidence of OspG inhibition. These findings position *M. acuminata* as a promising natural candidate for developing antidiarrheal therapeutics.

Keywords: *Musa acuminata*, *Shigella flexneri*, Antidiarrheal activity, In silico study, ADMET



GUAVA (*PSIDIUM GUAJAVA* L.): A GLORIOUS PLANT WITH CANCER PREVENTIVE AND THERAPEUTIC POTENTIAL

Keerthana.V

Faculty of pharmacy, Bharath Institute of Higher Education and Research, Chennai, India

Meenatchi.S

Faculty of pharmacy, Bharath Institute of Higher Education and Research, Chennai, India

Kishore.R

Faculty of pharmacy, Bharath Institute of Higher Education and Research, Chennai, India

Dr.R.Saravanan

Faculty of pharmacy, Bharath Institute of Higher Education and Research, Chennai, India

ABSTRACT:

Guava (*Psidium guajava* L.) tree (Myrtaceae family) bears fruit rich in vitamins, fiber, and other nutrients. While native to Latin America, guava is grown in many tropical and subtropical regions across the globe where it has long been used in traditional medicine to treat a myriad of ailments. Guava has been shown to exhibit a number of biological and pharmacological activities, such as antioxidant, anti-inflammatory, immunomodulatory, antimicrobial, antidiabetic, and anticancer properties. Several parts of the plant, including the leaves, fruits, seeds, peels, pulp, bark, and oil, produce phytochemicals with medicinal properties. Emerging research has found that guava bioactive phytochemicals exert antitumorigenic effects against various human malignancies through multiple mechanisms. This review aims to present a concise summary of the in vitro and in vivo studies investigating the anticancer activity of the plant against various human cancer cell lines and animal models, including the identified phytochemicals that contributes to their activity via the different mechanisms. In vitro growth and cell viability studies, such as the 3-(4,5-dimethylthiazol-2-yl)-2,5-diphenyltetrazolium bromide (MTT) assay, the sulforhodamine B (SRB) assay, and the trypan blue exclusion test, were conducted using *P. guajava* extracts and their biomolecules to assess their effects on human cancer cell lines. Numerous studies have showcased that the *P. guajava* plant and its bioactive molecules, especially those extracted from its leaves, selectively suppress the growth of human cancer cells without cytotoxicity against the normal cells.

Keywords: *Psidium guajava*; cancer; cytotoxicity; flavonoids. apoptosis; cancer; guava; molecular mechanisms; phytochemicals; prevention; proliferation;



MOLECULAR ENGINEERING OF NON-FULLERENE ACCEPTORS: INSIGHTS FROM DFT/TD-DFT FOR ORGANIC PHOTOVOLTAICS

Ikram Mennas

LCPAM, Polydisciplinary Faculty, Sultan Moulay Slimane University, Béni Mellal, Morocco

ORCID: 0009-0004-5819-9734

Prof. Dr. Mohammed El Idrissi

LCPAM, Polydisciplinary Faculty, Sultan Moulay Slimane University, Béni Mellal, Morocco

ORCID: 0000-0002-4712-361X

ABSTRACT

In this study, we designed and analyzed novel non-fullerene electron acceptors based on quinoxaline derivatives (R, M1-M5) for organic photovoltaic cells. Using density functional theory (DFT) and time-dependent density functional theory (TD-DFT), we investigated the main electronic and optical properties, including frontier molecular orbitals (FMOs), density of states (DOS), molecular electrostatic potential (MEP), global reactivity descriptors, dipole moment, charge mobility, and optical characteristics. Our results reveal that the engineered compounds exhibit a small band gap, favorable optical properties, and efficient charge mobility. Furthermore, when paired with PTB7-Th as an electron donor, these molecules demonstrate strong charge conduction and effective electron transfer. These promising findings suggest that experimental validation of these molecules could lead to improved performance in non-fullerene organic photovoltaic cells.

Keywords: Non-fullerene acceptors, quinoxaline derivatives, organic photovoltaics cells, density functional theory (DFT).



MORPHOLOGICAL AND MORPHOMETRIC ANALYSIS OF THE MALE FLOWER CRAB (*PORTUNUS ARMATUS*) IN SELECTED COASTAL AREAS OF MISAMIS OCCIDENTAL, PHILIPPINES

Rosanilio M. Yagos¹

¹JH Cerilles State College, School of Agriculture, Forestry and Environmental Studies

April Blanca Sumondong², Shelden Kate C. Poyot² and Cresilda S. Maglinte²

²Northwestern Mindanao State College of Science and Technology

ABSTRACT

The male flower crab (*Portunus armatus*) distinguishes itself by its morphological traits, which highlight its abundance. A crab's emphasis is precisely determined by a number of coloration features, most notably the pattern on its carapaces. The aim of this study is to provide accurate information about the morphological and morphometric characteristics of male flower crabs in the selected coastal areas in Misamis Occidental. The sampling locations were Barangay Canubay, Oroquieta (30 crabs), Barangay Sinonoc, Sinacaban (30 crabs) and Barangay Maquilao, Tangub (30 crabs). A total of ninety (90) crabs were collected, thirty (30) per sampling site. The morphological analysis of crabs was determined based on the color and white patterns on their carapace. The morphometric characteristics were determined by measuring the length and width of the crabs' carapaces and meri. These data were further analyzed using one-way ANOVA. The collected crab samples from Oroquieta, Sinacaban, and Tangub showed different patterns with 9, 7, and 6 variations, respectively. Among the morphometric characteristics, only the major cheliped merus width showed a significant difference in all study areas with a p-value of < 0.05 . Furthermore, it shows that the male flower crab population from Tangub is significantly different from Sinacaban but not in Oroquieta and the population from Sinacaban is significantly different from Tangub in terms of major cheliped merus width. Findings of this research showed the variation in the morphology and morphometrics of the same species occupying different locations which may indicate diversity of traits within species that may lead to speciation. The researchers recommend conducting further research on geometric morphometrics analysis to compare the relative positions of landmarks between individuals or groups that focuses on shape variation and is accomplished through the "Procrustes paradigm."

Keywords: *flower crab, morphology, morphometrics, geometric analysis.*



GREEN SYNTHESIS OF BINARY (CO-NI) NANOPARTICLES USING HEMICELLULOSE FROM LALLEMANTIA ROYLEANA FOR EFFICIENT REMOVAL OF DYES (CONGO RED) PESTICIDE (TEBUCONAZOLE) FROM WASTEWATER

Mohammad Fahad Ali^{1}*

^{1*}Department of Chemistry, Government College, Gujranwala, Pakistan.

Almas Hamid²

²Department of Environmental Sciences, Kinnaird College for Girls, Lahore, Pakistan.

Rabia Nazir³

³Applied Chemistry Research Center, PCSIR Labs Complex, Lahore, Pakistan.

^{1*}fahadali606@gmail.com

ABSTRACT

This research investigates the use of environmentally friendly binary nanoparticles of Nickel and Cobalt (Co-Ni NPs) synthesized through green chemistry methods for the removal of water pollutants, specifically Congo Red Dye (CR) and Tebuconazole (TB). The Co-Ni NPs were produced using hemicellulose extracted from *Lallemantia royleana* (basil) seeds, without the need for additional reducing or stabilizing agents. Various synthesis techniques were applied, and the nanoparticles were extensively characterized by SPRS, SEM, and XRD to assess their size, structure, and composition.

The Co-Ni NPs demonstrated remarkable catalytic activity in degrading TB and CR, proving effective as catalysts for pollutant removal. Additionally, they exhibited substantial adsorption capacities for these contaminants. This study underscores a simple and eco-friendly approach to generating Co-Ni NPs using natural sources, presenting a promising solution for the sustainable treatment of hazardous water pollutants such as pesticides and dyes.

Keywords: Binary Nanoparticles, Co-Ni Nanocomposites, Green synthesis, Wastewater Treatment, Pesticides remediation, Dye Degradation



DETECTION OF PHYTOCOMPOUNDS FROM POOMBARAI'S SINGLE CLOVE GARLIC USING DIFFERENT SOLVENT EXTRACTS

Thenmozhi M¹, Vardhana Janakiraman¹ and N. K. Udaya Prakash^{1*}

¹Department of Biotechnology, School of Life Sciences, Vels Institute of Science Technology and Advanced Studies, Pallavaram, Chennai-600117, Tamil Nadu, India

Bhuvaneswari S²

²Department of Botany, Bharathi Women's College, Chennai- 600008, Tamil Nadu, India

**Corresponding Author: nkannaianudayaprakash@gmail.com*

ABSTRACT

Garlic, a nutraceutical spice rich in polyphenols and organosulfur compounds, has been consumed since ancient times. Its secondary metabolites have demonstrated significant health benefits, including the prevention and management of various common ailments such as cancer, cardiovascular and metabolic disorders, hypertension, and diabetes. These benefits are attributed to garlic's antioxidant, anti-inflammatory, and lipid-lowering properties, which have been substantiated by numerous in vitro, in vivo, and clinical studies. Poombarai's single clove garlic have garnered significant interest due to their potential health benefits and it is found to grow only in Poombarai Village, Kodaikanal in the state of Tamilnadu, India. Despite the known health benefits of garlic, specific studies on Poombarai's single clove garlic are limited. This study aims to identify and compare the phytochemicals extracted from Poombarai's single clove garlic using various solvents, including aqueous, methanol, ethyl acetate, PET ether, and hexane using cold percolation method. The detection of phytochemicals include Tannins, flavonoids, saponins, Alkaloids, cardioglycosides, steroids, terpenoids, and phenols. This research provides a comprehensive profile of phytochemicals present in Poombarai's single clove garlic and offers insights into the most effective solvents for extracting bioactive compounds.

Keywords: Poombarai, Kodaikanal, Single Clove garlic, Phytochemicals, Solvent Extraction



FULL TEXTS



YERALTI ÜÇGÜLÜ (*TRIFOLIUM SUBTERRANEUM* L.): KURAKLIĞA TOLERANSI VE TARIMSAL ÖNEMİ

Dr. Öğr. Üyesi Feyza Döndü BİLGİN

Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Koçarlı MYO, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü,
Aydın, Türkiye

feyzabilgin@adu.edu.tr

Prof. Dr. İlkay YAVAŞ

Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Koçarlı MYO, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü,
Aydın, Türkiye

iyavas@adu.edu.tr

ÖZET

Yeraltı üçgülü (*Trifolium subterraneum* L.), anavatanı Akdeniz bölgesi ve Avrupa'nın Atlantik kesimi olan, tek yıllık kışlık bir baklagil türüdür. Akdeniz iklim kuşağında önemli bir mera bileşeni olan bu tür; toprak içerisinde olgunlaşan tohumları sayesinde kendini yenileme (self-sowing) özelliğiyle çok yıllık gibi davranabilmesi, yüksek besleme değerine sahip olması, yıllık 5-18 kg/da arasında değişen azot fiksasyon kapasitesi ve toprak verimliliğini artırmasıyla tarımsal sistemlerde önemli bir rol üstlenmektedir. Ayrıca biyolojik açıdan dikkat çekici bir özelliği, bitkinin olgunlaşan tohumlarının büyük bir kısmının sonbaharda, geri kalanının ise bir sonraki yılın ilkbaharında çimlenmesidir. Bu durum, yüzeysel toprak katmanını doğal bir tohum bankasına dönüştürmekte ve bitkinin yaz kuraklıklarından korunmasına olanak sağlamaktadır. *Trifolium subterraneum* üç alt türden oluşur: ssp. *subterraneum*, ssp. *brachycalycinum* ve ssp. *yanninicum*. 19. yüzyılda Avustralya'ya ilk kez girmesinin ardından, 1900'lü yılların başlarında ticarileştirilmesinden günümüze kadar, Avustralya'da 45 çeşidin tescil edildiği bilinmektedir. Bunlar 32 adet ssp. *subterraneum* çeşidinden, 8 adet ssp. *yanninicum* ve 5 adet ssp. *brachycalycinum* çeşidinden oluşmaktadır. Bu çalışmada yeraltı üçgülünün biyolojik özellikleri, ekolojik yayılımı, alt türleri, tarımsal önemi, kuraklığa toleransı, ıslah çalışmaları ve yaygın kullanım alanları literatür ışığında ele alınmıştır.

Anahtar Kelimeler: *Trifolium subterraneum*, yeraltı üçgülü, baklagil, mera, kuraklığa tolerans



SUBTERRANEAN CLOVER (*TRIFOLIUM SUBTERRANEUM* L.): DROUGHT TOLERANCE AND AGRICULTURAL SIGNIFICANCE

ABSTRACT

Subterranean clover (*Trifolium subterraneum* L.) originates from the Mediterranean region and the Atlantic parts of Europe and is a winter-type annual legume species. In Mediterranean-type climates, this species not only represents an essential component of pastures but also plays a pivotal role in agricultural systems through a distinctive combination of traits: its capacity for subterranean seed maturation ensures self-regeneration and confers a perennial-like persistence, as well as its high nutritive value, annual nitrogen fixation capacity ranging from 5 to 18 kg N ha⁻¹, and substantial contribution to soil fertility, all of which collectively enhance its ecological and agronomic significance. A particularly remarkable biological feature of this species is that the majority of its seeds germinate in autumn, whereas the remainder emerge in the subsequent spring. Consequently, this staggered germination not only transforms the upper soil layer into a natural seed bank but also enhances the species' tolerance to summer droughts. *Trifolium subterraneum* comprises three subspecies: ssp. *subterraneum*, ssp. *brachycalycinum*, and ssp. *yanninicum*. Following its initial introduction into Australia in the 19th century and subsequent commercialization in the early 1900s, a total of 45 cultivars are known to be registered to date. These include 32 cultivars of ssp. *subterraneum*, 8 of ssp. *yanninicum*, and 5 of ssp. *brachycalycinum*. In this study, the biological characteristics, ecological distribution, subspecies, agricultural significance, drought tolerance, breeding studies, and common utilization areas of subterranean clover are examined in the light of the literature.

Keywords: *Trifolium subterraneum*, subterranean clover, forage legume, pasture, drought tolerance



1. GİRİŞ

Yeraltı üçgülü (*Trifolium subterraneum*), Orta ve Kuzey Avrupa ve Amerika'nın ılıman bölgelerindeki meralarda ve diğer otlaklarda yaygın bir bileşendir (Kirilov ve Vasileva, 2016). Tür Bulgaristan'da ovalarda ve ovalardaki açık, kuru otlaklarda bulunur. Karadeniz kıyısı, Tuna Ovası, Trakya Ovası ve Tunca Ovası'nda deniz seviyesinden 500 m yüksekliğe kadar mevcuttur. Türün alanı aynı zamanda Batı ve Güney Avrupa'yı (doğuda Kırım'a kadar), Akdeniz ülkelerini, Güneybatı Asya'yı, Kuzey Afrika'yı ve Makaronezya'yı da içermektedir (Vasileva ve ark., 2016).

Yeraltı üçgülü tek yıllık bir üçgül türüdür. Ana kök pek çok yan köklere sahiptir ve dallanmış bir görünümündedir. Yıllık yağış miktarı 350-700 mm olan, yazları kurak ve sıcak, kışları yağışlı alanlara (Frame ve ark., 1998) yada daha az etkin yağış alan yamaç araziye adapte olabilir (Kemp ve ark., 2004). Gövde 30-60 cm boyolanmaktadır (Acar ve Ayan, 2009). Bitkinin çiçekleri döllendikten sonra toprağa girerler ve meyveler toprak içinde olgunlaşır. Bu nedenle tek yıllık olan bitkiler, kendilerini yenileme özelliği nedeni ile çok yıllık gibi davranırlar. Avustralya'da özellikle koyun meralarında kullanılırlar. (Açıkgöz, 2001).

Akdeniz ikliminin en karakteristik özelliği yaz aylarında görülen uzun süreli kuraklıklardır. Bu koşullar, mera bitkilerinin üretim kapasitesini ve kalıcılığını sınırlayan temel faktörlerden biridir. Yeraltı üçgülü, sahip olduğu kuraklığa tolerans ile bu iklim kuşağına benzersiz uyum sağlar. Ayrıca *Rhizobium* türleriyle simbiyotik ilişkisi sayesinde yıllık 5–18 kg/da arasında azot sabitleyerek toprağın verimliliğini artırır ve ot verimini destekler (Vasileva ve ark., 2016). Peoples ve ark. (2012) yeraltı üçgülü meralarının yıllık olarak sürgünde sabitlediği azot miktarı için ortalama 6.5 kg/da değerini bildirmiştir.

Yeraltı üçgülünün önemi sadece ekolojik uyum kapasitesiyle sınırlı değildir. Yüksek ot verimi ve yem kalite değeri sayesinde hayvancılıkta sürdürülebilir yem kaynağı sunar. Kyriazopoulos ve ark. (2013), Yunanistan ekolojik koşullarında, yeraltı üçgülü türüne ait bitkilerin ham protein oranını (%15), ADF, NDF oranı ve nisbi yem değerini (NYD) sırasıyla (%38, %45 ve 122) olarak bildirmişlerdir. Önal Aşçı ve ark. (2013), İkizce doğal meralarından topladıkları bazı üçgül türlerinin besin değerlerini belirlemişlerdir. Araştırmacılar, *T. subterraneum* türünde, kuru ağırlık (0.6 gr/bitki), ham protein oranı (%18.53), ADF (%43.75), NDF (%55.8) oranlarını ve NYD'ni (91.41) olarak belirlemiştir. Koukoura ve ark. (2009), Yunanistan'da bazı otsu türlerin, gölge ve gübreleme altında besin içeriği ve büyüme özelliklerini inceledikleri araştırmada, yeraltı üçgülüne ait bitki örneklerinin ham protein oranının (%22.4-22.7) ve K oranını (%1.7-1.8) olarak bildirmiştir.

Ancak yapraklarında bulunan fitoöstrojenik bileşiklerden özellikle formononetinin %0.3'ün üzerindeki değerleri koyunlarda üçgül hastalığına neden olabilmektedir. Bu durum, türün ıslah çalışmalarında kalite ve hayvan sağlığı parametrelerinin ne kadar kritik olduğunu göstermektedir (Enkhbat ve ark., 2023).

Avustralya, yeraltı üçgülünün tarımsal kullanımında öncü ülkedir. Günümüzde 29 milyon hektardan fazla alanda yetiştirilmekte olup, dünyada bu türün en büyük tohum üreticisi ve ihracatçısı konumundadır (Nichols ve ark., 2012). Bu yaygın kullanım, türün farklı iklim ve toprak koşullarına adaptasyon kapasitesini ve tarımsal değerini açıkça ortaya koymaktadır.

Bu derlemenin amacı, yeraltı üçgülünün biyolojik özelliklerini, ekolojik yayılımını, alt türlerini, tarımsal önemini ve özellikle kuraklığa toleransını bütüncül bir bakış açısıyla ele almak, ayrıca ıslah çalışmaları ve farklı coğrafyalardaki kullanım alanları hakkında güncel bilgileri sunmaktır.



2. MATERYAL VE METOT

Bu çalışma, yeraltı üçgülüne (*Trifolium subterraneum* L.) ilişkin literatürün kapsamlı bir şekilde incelenmesine dayanmaktadır. Konu ile ilgili ulusal ve uluslararası dergilerde yayımlanmış hakemli makaleler, bilimsel raporlar ve kitap bölümleri taranmış; ayrıca güncel araştırmaların bulguları değerlendirilmiştir.

Literatür taraması sırasında başta Scopus, Web of Science ve Google Scholar olmak üzere uluslararası veri tabanları kullanılmış, ilgili çalışmalara ulaşmak için “*Trifolium subterraneum*, subterranean clover, kuraklık toleransı, mera baklagilleri, ot verimi, yem kalitesi, azot fiksasyonu” anahtar kelimeleri tercih edilmiştir.

Elde edilen çalışmalar tematik bir yaklaşımla sınıflandırılmıştır. Bu kapsamda, türün ekolojik yayılımı ve biyolojik özellikleri, alt türleri ve fizyolojik adaptasyonları, tarımsal önemi ve kullanım alanları, ıslah çalışmaları ve genetik çeşitlilik ile kuraklığa toleransı başlıkları altında incelenmiştir. Çalışmaların değerlendirilmesinde metodolojik çeşitlilik göz önünde bulundurulmuş ve bulgular literatür sentezi yaklaşımıyla tartışılmıştır.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1. Ekolojik Yayılım ve Biyolojik Özellikler

Yeraltı üçgülü (*Trifolium subterraneum* L.), geniş bir ekolojik adaptasyon yeteneğine sahip olup, doğal yayılışını Avrupa, Akdeniz ülkeleri, Kuzey Afrika, Güneybatı Asya ve Makaronezya’ya kadar uzanan geniş bir coğrafyada sürdürmektedir. Özellikle Bulgaristan’da ovalar ve açık, kuru otlaklarda; Karadeniz kıyısı, Tuna, Trakya ve Tunca ovalarında deniz seviyesinden 500 m’ye kadar olan yüksekliklerde bulunur. Bu geniş yayılım alanı, türün farklı iklim ve toprak koşullarına uyum sağlayabilme kapasitesinin güçlü bir göstergesidir (Vasileva ve ark., 2016).

Bitkinin biyolojik özellikleri arasında kış-ilkbahar gelişim tipi ve kendi kendini tohumlama (self-sowing) yeteneği öne çıkmaktadır. Reprodüktif organlar ilkbaharda oluşur ve tohumlar yaz başında olgunlaşır. Tohumların önemli bir kısmı sonbaharda çimlenirken, bir kısmı da ertesi yılın ilkbaharına kadar çimlenmeden kalır. Böylece yüzeysel toprak katmanında bir tohum bankası oluşur ve tür, ekolojik dalgalanmalara karşı esneklik kazanır.

Yeraltı üçgülü, kuraklık stresine karşı geliştirdiği adaptif mekanizmalar sayesinde Akdeniz ikliminin tipik yaz kuraklıklarında dahi varlığını sürdürebilmektedir. Özellikle sonbahar-kış dönemindeki toprak nemini etkin kullanabilmesi, zorunlu kış dormansisi sonrası hızlı büyüme göstermesi ve kendi kendini tohumlayabilmesi, yaz kuraklıklarından korunmasında kritik rol oynar. Bu özellikleri, kuraklığa toleransın biyolojik temellerini oluşturur.

Ayrıca, türün *Rhizobium leguminosarum* ile simbiyotik ilişkisi yoluyla gerçekleştirdiği biyolojik azot fiksasyonu, hem toprak verimliliğinin korunmasında hem de buğdaygillerle karışım halinde ekildiğinde yem kalitesinin artırılmasında belirleyici rol oynamaktadır. Literatürde bildirilen azot sabitleme miktarı yıllık 5–18 kg/da arasında değişmekte olup (Vasileva ve ark., 2016), Peoples ve ark. (2012) yıllık olarak sürgünde sabitlediği azot miktarı için ortalama 6.5 kg/da değerini rapor etmiştir. Bu katkı, sadece yem kalitesinin değil, aynı zamanda sürdürülebilir mera yönetiminin de önemli bir bileşeni olarak görülmektedir (Howieson ve ark. 2000).

3.2. Alt Türler ve Fizyolojik Adaptasyonlar

Yeraltı üçgülü (*Trifolium subterraneum* L.), üç alt türden oluşmaktadır: ssp. *subterraneum*, ssp. *brachycalycinum* ve ssp. *yanninicum*. Bu alt türler arasında ekolojik adaptasyon açısından önemli farklılıklar mevcuttur. Özellikle ssp. *yanninicum*, diğer alt türlere kıyasla su basmasına



karşı daha yüksek tolerans göstermektedir. Bu nedenle ssp. *yanninicum* çeşitleri güney Avustralya'nın yıllık ortalama yağış miktarı 450-1200 mm olan orta-yüksek yağış alanlarında, özellikle kışın su basmasına meyilli alanlarda yaygın olarak yetiştirilmektedir (Enkhbat ve ark., 2021). Bununla birlikte, ssp. *yanninicum* toprak dokusuna bağlı olarak maksimum 0.4-1.2 m köklenme derinliğine sahip nispeten sık bir kök sistemine sahiptir. Böylece, ssp. *yanninicum* su kısıtına oldukça duyarlıdır ve iyi drenajlı, kumlu topraklarda kalıcılığı zayıftır (Nichols ve ark., 2013).

En yaygın olarak ekilen iki alt tür, ssp. *subterraneum* ve ssp. *brachycalycinum* ise genellikle kurak koşullara daha uyumlu alt türlerdir. Bu alt türler, özellikle kurak yaz dönemlerine karşı geliştirdikleri bakla gömme stratejisi sayesinde tohumlarını toprak altında koruyarak hayatta kalma şansını artırır. Bu adaptif özellik, aynı zamanda tarımsal açıdan tohumların hayvan otlatmasından korunmasına da katkıda bulunmaktadır (Nichols ve ark. 2012).

Yeraltı üçgülünün fizyolojik özellikleri arasında, yapraklarında bulunan fitoöstrojenik izoflavonlar da dikkate değerdir. Yapraklarda biyokanın A, genistein ve formononetin gibi bileşikler bulunmakta olup, özellikle formononetin içeriği yüksek olduğunda (%0.3 ve üzeri) koyunlarda “üçgül hastalığı” olarak bilinen reproduktif problemlere yol açabilmektedir. Bu durum, türün yem kalitesi potansiyelini sınırlayan en önemli fizyolojik faktörlerden biridir. Ayrıca, abiyotik stres koşullarında (örneğin su baskısı ve kuraklık) ikincil metabolit üretiminin artması, fitoöstrojen içeriklerinde dalgalanmalara neden olabilmektedir (Enkhbat ve ark., 2023).

3.3. Tarımsal Önemi ve Kullanım Alanları

Yeraltı üçgülü, dünya tarımında özellikle Avustralya'da en yaygın ekilen tek yıllık mera baklagili olarak dikkat çekmektedir. Günümüzde 29 milyon hektardan fazla alanda yetiştirilen bu tür, hem otlatma sistemlerinde hem de yem kalitesi yüksek kuru ot üretiminde temel bir kaynak konumundadır (Nichols ve ark., 2012). Mera bitkisi olarak yaygın kullanımı, iyi işleyen bir tohum üretim endüstrisini gerektirir ve Avustralya, dünya çapında yeraltı üçgülünün tek önemli üreticisi ve ihracatçısıdır. Avustralya'da yıllık olarak üretilen sertifikalı yeraltı üçgülü tohumu miktarı, son 10 yılda ortamala 1.000 ila 2.000 ton arasında değişmiştir, benzer miktarda da sertifikasız tohum üretilmiştir (Moss ve ark., 2021).

Tarımsal kullanımda önemli avantajlarından biri, bakla gömme yeteneği sayesinde tohumlarını toprağın yüzeyinde değil, toprak altında saklamasıdır. Bu özellik, otlatma sırasında hayvanların tohumları tüketmesini azaltarak türün kalıcılığını artırır. Ancak aynı özellik, geleneksel hasat makineleriyle tohum toplama sürecini zorlaştırmakta ve bu nedenle özel hasat makinelerinin geliştirilmesini gerektirmektedir (Moss ve ark., 2021).

Yeraltı üçgülünün tarımsal önemi yalnızca Avustralya ile sınırlı değildir. Tür, Güney Afrika, Şili, Arjantin, ABD'nin batı kıyısı ve körfez bölgeleri, Yeni Zelanda ve Uruguay gibi Akdeniz iklimine sahip birçok ülkeye de uyum sağlamıştır (Smetham, 2003). Güney Avustralya'da, yeraltı üçgülü, genellikle çok yıllık buğdaygiller ve diğer baklagillerle karışım halinde, sulanan ve yüksek yağış alanlarındaki birçok kalıcı veya yarı kalıcı meraların temelini oluştururken, düşük ve orta yağışlı bölgelerde tahıllarla genellikle dönüşümlü olarak yetiştirilir. Bu ülkedeki yaygın kullanımı, Akdeniz tipi iklimin kısıtlamaları, Güney Avustralya'daki toprakların doğası gereği düşük azot durumu (Peoples ve ark., 2012) ve Avustralya yerli florasının koyun ve sığırların düzenli olarak otlatılmasına uygun baklagiller içermemesi nedeniyledir (Nichols ve ark., 2012).

Yeraltı üçgülünün tarımsal önemi, yalnızca ot verimi ve yem kalitesi ile sınırlı değildir. Aynı zamanda toprak yapısını iyileştirme, erozyon riskini azaltma ve dönüşümlü ekimlerde hastalık-



zararlı döngüsünü kırma gibi ekosistem hizmetleri de sağlamaktadır (Howieson ve ark., 2000). Türün yatay büyüme özelliği ve yere yakın oluşan büyüme noktaları, düzenli ve sık otlatmaya (özellikle koyun otlatmasına) toleransını artırmaktadır (Nichols ve ark., 2013).

3.4. Islah Çalışmaları ve Genetik Çeşitlilik

Yeraltı üçgülünün anavatanı Akdeniz Havzası, Batı Asya ve Batı Avrupa'nın Atlantik kıyılarıdır. Türün tarımsal üretime kazandırılması ve yaygınlaştırılması 19. yüzyılın başlarında Avustralya'da başlamış; bu süreçte yürütülen yoğun ıslah çalışmaları sonucunda günümüze kadar 45'ten fazla çeşit tescil edilmiştir. Bunlar 32 adet ssp. *subterraneum* çeşidinden, 8 adet ssp. *yanninicum* ve 5 adet ssp. *brachycalycinum* çeşidinden oluşur (Nichols ve ark., 2013).

Çiçeklenme süresinin ekimden itibaren 77 ila 163 gün arasında değişmesi, türün çeşitli yağış ortamlarında, toprak türlerinde ve tarım sistemlerinde yetiştirilebilmesine olanak tanır. Avustralya'daki çeşitlerin 11'i Akdeniz bölgesinden gelen türlerdir, 15'i Avustralya'dan toplanan doğallaştırılmış türlerdir ve 18'i melezleme ürünüdür. Türde aranan önemli özellikler arasında şunlar yer alır: i) koyun doğurganlığının azalmasına neden olan östrojenik izoflavon formononetinin düşük seviyeleri; ii) ürün rotasyonu veya düzensiz yağış koşulları için geliştirilmiş çeşitlerde tohum kabuğu geçirimsizliğiyle ilişkili (sert tohumlar) artan uyku (dormansi) hali; iii) tohum üretimini en üst düzeye çıkarmak için güçlü bakla gömme yeteneği; iv) orta ve yüksek yağışlı ortamları hedef alan çeşitler için önemli hastalık patojenlerine, özellikle de *Kabatiella caulivora* ve kök çürüklüğü patojenlerine karşı direnç; v) zararlılara, özellikle kırmızı toprak akarlarına karşı direnç ve vi) çeşidin tanımlanmasına yardımcı olmak için benzersiz yaprak işaretleri ve diğer morfolojik özellikler. İncelenen yeni özellikler arasında artan fosfor kullanım verimliliği ve geviş getiren hayvanların otlatılmasından kaynaklanan metan emisyonlarının azalması yer alır. Ekonomik analizler, gelecekteki özellik gelişiminin artan kalıcılığa ve sonbahar-kış verimliliğine katkıda bulunan özelliklere odaklanması gerektiğini gösterirken, diğer potansiyel özellikler arasında artan besin değeri (özellikle yaşlanmış materyalde), artan N₂ bağlama yeteneği ve herbisitlere tolerans yer almaktadır. Hayvan ve insan sağlığına yönelik yararlı bileşikler de ilgi kaynağıdır (Nichols ve ark., 2013).

Genetik çeşitlilik, ıslah programlarının başarısında belirleyici bir kaldıraç işlevi görür. Doğal popülasyonlarda gözlenen morfolojik ve fizyolojik varyasyon, kuraklık ve su stresi gibi abiyotik faktörlere adaptasyon için geniş bir kaynak tabanı sağlar.

3.5. Kuraklığa Tolerans ve Adaptasyon Mekanizmaları

Yeraltı üçgülü (*Trifolium subterraneum* L.), kışa karşı çok iyi bir direnç göstermesinin yanı sıra, Akdeniz ikliminin karakteristik özelliği olan uzun süreli yaz kuraklıklarına karşı geliştirdiği biyolojik ve ekolojik adaptasyon mekanizmaları ile öne çıkar. Türün yaşam döngüsü, kuraklığın şiddetli olduğu dönemlerden kaçınmaya yönelik stratejiler üzerine kuruludur. Sonbahar-kış yağışlarını etkin kullanması, zorunlu kış dormansisi sonrasında hızlı ve yoğun bir vejetatif büyüme göstermesi ve ilkbahar sonunda kendi kendini tohumlama kapasitesi, türün yaz kuraklıkları boyunca varlığını sürdürebilmesinde kritik rol oynar.

Yeraltı üçgülünün yaygın kullanımına katkıda bulunan bir diğer faktör, çiçeklenme zamanları farklı olan ve yıllık ortalama yağışın 250 ila 1200 mm arasında olduğu (4-10 aylık sezon uzunluklarında kış-ilkbahar yetiştiriciliği) ortamlarda yetiştirilmesine olanak tanıyan bir dizi çeşit mevcut olmasıdır. Başarılı bir üreme ve çoğalma için bitkinin, yaz kuraklığının neden olduğu bitki yaşlanmasından önce tohum üretimi için yeterli zamanı bulup, biyokütle birikimini maksimuma çıkaracak kadar uzun süre bitkisel aşamada kalması gerekir (Nichols ve ark., 2013). Chapman ve Asseng (2001), çimlenmeyi tetikleyen bir yağış olayının ardından yaygın fide ölümüne yol açan bir kuraklık dönemi olarak tanımlanan sahte kırılmaların (false breaks)



yeraltı üçgülünün başarılı bir şekilde çoğalması üzerinde de olumsuz bir etkiye sahip olabileceğini ve en büyük riskin sonbahar başı olduğunu belirtmiştir.

Islah programlarına, İtalya'nın Akdeniz ortamı koşullarına uyum sağlamaya yönelik destekleyici araştırmalar eşlik etmiştir ki bunlar arasında: i) bakla gömmeyi önlemenin tohum verimi ve yenilenmesi üzerindeki etkileri, ii) tohum oluşumu ve olgunluğunun hızı, iii) çiçeklenme düzeni ile kuraklık stresi ilişkileri ve iv) kış biyokütle üretimi arasındaki ilişki yer almaktadır (Nichols ve ark., 2013).

Akdeniz bölgesindeki tek yıllık baklagillerin güney Avustralya'ya uyarlanması şaşırtıcı değildir. Akdeniz otlaklarında tek yıllık bitkilerin baskınlığı, her yıl ortaya çıkan yaz kuraklığı, öngörülemeyen hava koşulları ve yüksek düzeyde stres ile karakterize edilen ortamlarda varlıklarını sürdürmelerine olanak tanıyan bir dizi hayatta kalma stratejisinin gelişiminden kaynaklanmaktadır. Uzun sezon ortamındaki başarılı yeraltı üçgülü genotipleri yüksek bakla sayısı ve tohum ağırlığına sahiptir. Yüksek tohum ağırlığı iki potansiyel avantaj sağlar. Çimlenme sonucu daha büyük fide oluşumu ve daha hızlı kök gelişimi kapasitesi. Bu avantajlar tesis sürecinde kuraklıktan kaynaklanan başarısızlık risklerini azaltır (Nichols ve ark. 2009). Subsp *yanninicum*'da erken çiçeklenme, kalıcılık açısından çok önemlidir, çünkü bu, terminal kuraklığın başlangıcından önce yeterli tohum üretimine olanak sağlar (Pecetti ve Piano, 2002).

Genetik materyal toplamaya yönelik bitki koleksiyonu faaliyetlerinin, yıllık yağışın <500 mm olduğu alanlara yönlendirilmesi önerilmektedir. Bu, mevcut çeşitlere veya germplazmalara göre farklı özelliklere (örneğin kuraklığa çok yüksek tolerans) sahip olabilecek ve yeni germplazm üretebilecek ekstrem türlerin eldesini kolaylaştıracaktır (Ghamkhar ve ark., 2015).

4. SONUÇ

Sonuç olarak, yeraltı üçgülünün kuraklığa toleransı hem ekolojik hem de genetik temellere dayanan çok boyutlu bir özelliktir. Tür, yaz kuraklıklarından kaçınmaya yönelik yaşam döngüsü, tohum bankası oluşturma kapasitesi, bakla gömme stratejisi ve genetik çeşitliliği ile Akdeniz iklimine uyum sağlamaktadır. Bu adaptasyon mekanizmaları, sürdürülebilir mera yönetimi ve kuraklık riskinin giderek arttığı iklim koşullarında yeraltı üçgülünün önemini daha da artırmaktadır.

Avustralya yürütülen ıslah çalışmaları, türün tarımsal kullanım alanlarını çeşitlendirmiş ve hem verimlilik hem de çevresel sürdürülebilirlik hedeflerini bir arada gözetmiştir. Bununla birlikte, iklim değişikliğine bağlı olarak artan yağış düzensizlikleri ve kuraklık şiddeti, türün gelecekteki performansını sınırlayabilecek önemli riskler arasında yer almaktadır.

Geleceğe yönelik araştırmaların, özellikle kuraklığa tolerans mekanizmalarının genetik düzeyde anlaşılması, yeni germplazm kaynaklarının değerlendirilmesi, hastalık-zararlılara dayanıklılık gibi özelliklerin iyileştirilmesi ve iklim değişikliğine uyumlu çeşitlerin geliştirilmesi üzerinde yoğunlaşması gerekmektedir. Ayrıca, yem kalitesinin yaşlanmış materyalde dahi korunabilmesi, düşük izoflavon içerikli çeşitlerin geliştirilmesi, fosfor kullanım verimliliğinin artırılması ve hayvancılıktan kaynaklanan metan emisyonlarının azaltılmasına yönelik hedefler, türün hem tarımsal hem de çevresel sürdürülebilirlik açısından önemini artıracaktır.

Sonuç olarak, yeraltı üçgülü, sahip olduğu biyolojik ve tarımsal özellikler sayesinde sürdürülebilir mera yönetimi ve yem üretiminin geleceğinde kilit bir tür olmaya devam etmektedir.

**KAYNAK**

- Acar, Z., & Ayan, İ. (2009). Çayır-Mera Bitkileri. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Yayınları.
- Açıkgöz, E. (2001). Yem Bitkileri (3. baskı). Uludağ Üniversitesi Güçlendirme Vakfı Yayınları.
- Chapman, R., & Asseng, S. (2001). An analysis of the frequency and timing of false break events in the Mediterranean region of Western Australia. *Australian Journal of Agricultural Research*, 52(3), 367–376.
- Enkhbat, G., Nichols, P. G., Foster, K. J., Ryan, M. H., Inukai, Y., & Erskine, W. (2021). Diversity for morphological traits... *Crop and Pasture Science*, 72(12), 1022–1033.
- Enkhbat, G., Foster, K. J., Nichols, P. G., Erskine, W., Inukai, Y., & Ryan, M. H. (2023). Leaf formononetin content... *Functional Plant Biology*, 50(6), 507–518.
- Frame, J., Charlton, J. F. L., & Laidlaw, A. S. (1998). Temperate forage legumes. CAB International.
- Ghamkhar, K., Nichols, P. G. H., Erskine, W., Snowball, R., Murillo, M., Appels, R., & Ryan, M. H. (2015). Hotspots and gaps... *The Journal of Agricultural Science*, 153(6), 1069–1083.
- Howieson, J. G., O'Hara, G. W., & Carr, S. J. (2000). Changing roles for legumes... *Field Crops Research*, 65(2–3), 107–122.
- Kemp, D. R., Virgona, J. M., & Wolfe, E. C. (2004). Pasture systems. In R. W. M. Saunders, D. J. Pannell, & R. J. Wilkinson (Eds.), *Agriculture in Australia* (pp. 191–210). Oxford University Press.
- Kirilov, A., & Vasileva, V. (2016). Palatability of subterranean clover and some perennial grasses and legume forage crops. *Journal of Global Innovations in Agricultural and Social Sciences*, 4(4), 152–155.
- Koukoura, Z., Mamolos, A. P., & Kalburtji, K. L. (2009). Effect of fertilization and shading... *Grass and Forage Science*, 64(4), 375–383.
- Kyriazopoulos, A. P., Abraham, E. M., Parissi, Z. M., Kyriazis, I. D., & Nastis, A. S. (2013). Forage production and nutritive value... *Spanish Journal of Agricultural Research*, 11(2), 401–408.
- Moss, W. M., Guzzomi, A. L., Foster, K. J., Ryan, M. H., & Nichols, P. G. (2021). Harvesting subterranean clover seed... *Crop and Pasture Science*, 72(3), 223–235.
- Nichols, P. G. H., Cocks, P. S., & Francis, C. M. (2009). Evolution over 16 years... *Euphytica*, 169, 31–48.
- Nichols, P. G. H., Revell, C. K., Humphries, A. W., Howie, J. H., Hall, E. J., Sandral, G. A., ... & Harris, C. A. (2012). Temperate pasture legumes in Australia—their history, current use, and future prospects. *Crop and Pasture Science*, 63(9), 691–725.
- Nichols, P. G. H., Foster, K. J., Piano, E., Pecetti, L., Kaur, P., Ghamkhar, K., & Collins, W. J. (2013). Genetic improvement of subterranean clover... *Crop and Pasture Science*, 64(4), 312–346.
- Önal Aşçı, Ö., Tan, M., & Temel, S. (2013). Nutritional values of some *Trifolium* species... *Turkish Journal of Field Crops*, 18(1), 37–41.
- Peoples, M. B., Brockwell, J., Hunt, J. R., Swan, A. D., Watson, L., Hayes, R. C., ... & Fillery, I. R. P. (2012). Factors affecting the potential contributions... *Crop and Pasture Science*, 63(9), 759–786.



Pecetti, L., & Piano, E. (2002). Variation of morphological and adaptive traits in subterranean clover populations from Sardinia (Italy). *Genetic Resources and Crop Evolution*, 49(2), 189–197.

Smetham, M. L. (2003). A review of subterranean clover (*Trifolium subterraneum* L.): Its ecology, and use as a pasture legume in Australasia. *Advances in Agronomy*, 79, 303–350.

Vasileva, V., Vasilev, E., & Tzonev, R. (2016). Subterranean clover (*Trifolium subterraneum* L.) as a promising forage species in Bulgaria. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 22(2), 222–227.



MERA YÖNETİMİNDE HASSAS TARIM TEKNOLOJİLERİNİN KULLANIMI: VERİM VE BİYOLOJİK ÇEŞİTLİLİĞİN PLAKA ÖLÇÜM YÖNTEMİ İLE İZLENMESİ

Dr. Mehmet CAN,

Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü,
zir.mehmet@gmail.com

ORCID: 0000-0003-0230-6209

Zir. Yük. Müh. Muhammet ŞAHİN,

Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü, Tarla Bitkileri Bölümü,
muhammet.sahin05@gmail.com

ORCID: 0000-0002-7645-8865

Prof. Dr. İlknur AYAN,

Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü,
ilknuray@omu.edu.tr

ORCID: 000-0002-5097-9013

Zir. Yük. Müh. Elif ŞAHİN,

Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü, Tarla Bitkileri Bölümü
elifsahin@tarimorman.gov.tr

ORCID: 0000-0002-2592-2496

Prof. Dr. Zeki ACAR,

Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü
zekiacar@omu.edu.tr

ORCID: 000-0002-0484-1961

ÖZET

Mera veriminin belirlenmesi, otlatma sistemlerinin etkin şekilde yönetilmesi açısından önemli bir parametredir. Hassas tarım uygulamalarında kullanılan plaka ölçüm yöntemi (Plate Mater), mera veriminin pratik ve hızlı bir biçimde tahmin edilmesine olanak sağlamaktadır. Ancak, yöntemin güvenilir sonuçlar verebilmesi için kullanılan ölçüm cihazının doğru biçimde kalibre edilmesi gerekmektedir. Bu kalibrasyon, merayı oluşturan bitki türleri ve mevsimsel değişkenliklere bağlı olarak farklılık gösterebilmektedir. Bu çalışmada, dönüşümlü otlatma yapılan yapay merada farklı dönemde kalibre edilen plaka ölçüm yönteminin doğruluğu ve güvenilirliği değerlendirilmiştir. Yapay mera tesisi, 2021 yılı Ekim ayında dört farklı karışım (basit, baklagillerce zengin, diğer familyalarca zengin ve çoklu karışım) ve üç tekerrür olacak şekilde toplam 12 da alanda kurulmuştur. Plaka ölçer cihazının kalibrasyonunun belirlenmesi amacıyla, 2023 yılı nisan ve mayıs aylarında otlatma öncesi ve sonrası bitki boyu ile mera verimi ölçülmüştür. Her karışım için 12 plaka ölçüm seti oluşturulmuştur. Nisan ayında otlatma öncesi bitki boyu ve verim arasında R^2 değeri 80-84 arasında, otlatma sonrasında ise 74-97 arasında değişmiştir. Mayıs ayında otlatma öncesinde R^2 değeri 75-88, otlatma sonrası ise 76-85 arasında değişmiştir. Elde edilen bulgular, plaka ölçüm verilerine dayalı olarak tahmin edilen



mera veriminin hem karışımlar arasında hem de dönemsel ölçümler arasında farklılık gösterdiğini ortaya koymuştur. Bu sonuçlar, plaka ölçüm yönteminin farklı mera karışımları ve mevsimsel koşullar altında uygulanabilir olduğunu göstermektedir. Ancak yöntemin doğruluğunun artırılabilmesi için, bitki tür kompozisyonu, bitkilerin fenolojik gelişme evresi ve alanın bitki örtüsüyle kaplı oranı gibi faktörlerin dikkate alınması gerekmektedir. Genel olarak, çalışma bulguları, plaka ölçüm yönteminin mera veriminin izlenmesi, otlatma planlamasının yapılması ve sürdürülebilir mera yönetim stratejilerinin geliştirilmesinde etkili bir karar destek aracı olarak kullanılabileceğini ortaya koymaktadır.

Anahtar Kelimeler: Yapay mera, plaka ölçer, hassas tarım, verim, biyo çeşitlilik



USE OF PRECISION AGRICULTURE TECHNOLOGIES IN PASTURE MANAGEMENT: MONITORING YIELD AND BIODIVERSITY THROUGH THE PLATE METER METHOD

ABSTRACT

Determining pasture yield is a critical parameter for the effective management of grazing systems. The plate meter method, commonly used in precision agriculture applications, enables practical and rapid estimation of pasture yield. However, for the method to produce reliable results, the measuring device must be accurately calibrated. This calibration may vary depending on the plant species composition of the pasture and seasonal dynamics. In this study, the accuracy and reliability of the plate meter method calibrated at different periods were evaluated in a rotationally grazed sown pasture. The pasture was established in October 2021 over an area of 1.2 hectares with four different mixtures (simple, legume diverse, herb diverse, and multimix), each replicated three times. To determine the calibration of the plate meter device, plant height and pasture yield were measured pre and post-grazing in April and May 2023. For each mixture, 12 plate measurement sets were created. In April, the coefficient of determination (R^2) between plant height and yield ranged from 0.80 to 0.84 pre-grazing and from 0.74 to 0.97 post-grazing. In May, R^2 values ranged from 0.75 to 0.88 pre-grazing and from 0.76 to 0.85 post-grazing. The findings revealed that the estimated pasture yield based on plate meter data varied across different mixtures and measurement periods. These results indicate that the plate meter method is applicable under varying pasture mixtures and seasonal conditions. However, to enhance its accuracy, factors such as plant species composition, phenological development stage, and vegetation cover ratio should be considered. Overall, the study suggests that the plate meter method can serve as an effective decision support tool for monitoring pasture yield, planning grazing strategies, and developing sustainable pasture management practices.

Key Words: Sown pasture, plate meter, precision agriculture, yield, biodiversity



GİRİŞ

Meranın ot verimi ve kalitesi, hayvanların yem ihtiyacının karşılanması ve işletmenin sürdürülebilirliği açısından son derece önemlidir. Mera veriminin belirlenmesinde çoğunlukla geleneksel yöntemler kullanılmaktadır. Ancak gözle tahmin yöntemi uzmanlık gerektirmesine rağmen yeterli doğruluk sağlamamakta, ağırlık yönteminin ise yüksek iş gücü, zaman ve maliyet gerektirmesi nedeniyle sınırlı kullanım alanı bulmaktadır (Thomson ve ark., 2001). Bu nedenle, hızlı, pratik ve güvenilir ölçüm yöntemlerinin geliştirilmesine ihtiyaç duyulmaktadır (Gourley ve McGowan, 1991). Bu amaçla kullanılan yöntemlerden biri de plaka ölçer cihazıdır. Bir plakanın bitki örtüsü üzerine bırakılması ve plakanın durduğu yükseklik değerinin kaydedilmesi prensibine dayanmaktadır (MacAdam ve Hunt 2015). Plaka ölçer, yükseklik, yoğunluk ve yem kütlesi arasındaki korelasyon sayesinde yem veriminin doğru bir şekilde tahmin edilmesini sağlamaktadır (Rayburn, 2020). Elde edilen ölçümler, önceden belirlenmiş kalibrasyon katsayıları aracılığıyla kuru madde verimi ile ilişkilendirilmekte ve mera veriminin tahmin edilmesi sağlanmaktadır (Lile ve ark., 2001). Mera verimi, ekolojik koşulların yanı sıra mevsimsel değişimler ve merada kullanılan bitki türlerinin bileşimi önemli ölçüde etkilenmektedir (Cho ve ark., 2019). Bitki büyüme hızı erken ilkbaharda artış gösterirken, yaz başında sıcaklık ve kuraklık stresi nedeniyle yavaşlamaktadır. Ayrıca, farklı türlerden oluşturulan karışımlarda bitki boyu ve yoğunluğu ile besin içeriğini etkilemektedir (Ferraro ve ark., 2012; Dillard ve ark., 2016). Plaka ölçer ile yapılan ölçümlerde bu faktörlerin dikkate alınması, özellikle otlatma öncesi ve sonrası dönemlerde kalibrasyonun ayrı ayrı yapılması, kuru madde verimi tahminlerinin doğruluk ve güvenilirliğini artırmaktadır. Son yıllarda tarımsal üretimde yaygınlaşan hassas tarım uygulamaları ile plaka ölçerlerin önemi daha da artmıştır. Bu cihazlar, sahada ot veriminin hızlı ve tekrarlanabilir şekilde belirlenmesine imkân tanımakta; aynı zamanda uzaktan algılama yöntemlerine altlık oluşturarak mera yönetiminde daha doğru tahminler sağlamaktadır (Murphy ve ark., 2021a). Bu yönüyle plaka ölçer hem bağımsız bir ölçüm aracı hem de hassas tarım teknolojilerinin tamamlayıcı bir bileşeni olarak öne çıkmaktadır (Chapa ve ark., 2023). Bu çalışmada, rotasyonlu otlatma koşullarında oluşturulan dört farklı mera karışımında, iki farklı dönemde plaka ölçer kullanılarak belirlenen bitki boyu ile mera verimi arasındaki ilişki incelenmiştir.

MATERYAL VE YÖNTEM

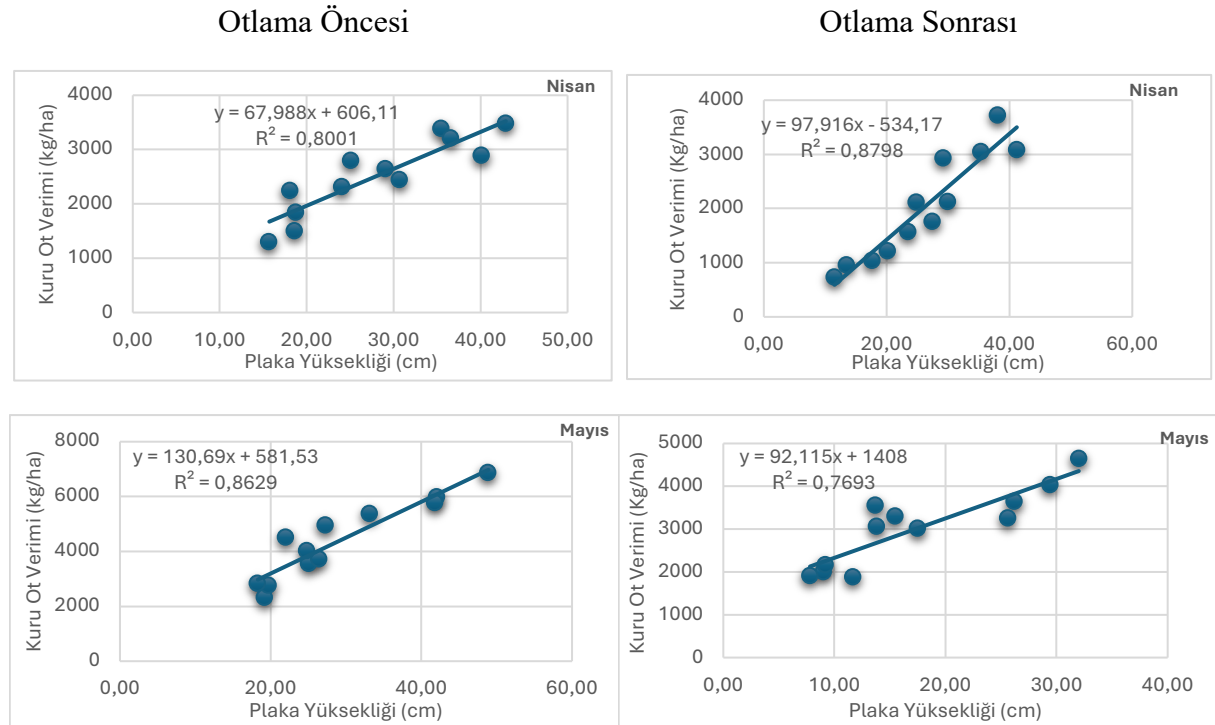
Bu araştırma, TÜBİTAK tarafından desteklenen 122O241 numaralı proje kapsamında, Samsun ili Çarşamba ilçesinde bulunan Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü'ne bağlı Ambar Köprü İstasyonu'nda yürütülmüştür. Proje alanı, 2022 yılı sonbaharında tesis edilmiş olup, tesadüf blokları deneme desenine göre dört farklı karışım ve üç tekerrürlü olarak toplam 12 dekar alanda kurulmuştur. Çalışmada oluşturulan karışımlar; 1. karışım; Domuz ayrığı (*Dactylis glomerata* L.), çok yıllık çim (*Lolium perenne* L.), ak üçgül (*Trifolium repens* L.) ve Gelemen üçgülü (*Trifolium meneghinianum* Clementi) kullanılmıştır. 2. karışım, birinci karışıma ek olarak çayır üçgülü (*Trifolium pratense* L.) ve gazal boynuzu (*Lotus corniculatus* L.) ile zenginleştirilmiştir. 3. karışım ise birinci karışıma ilave olarak hindiba (*Cichorium intybus* L.) ve sinir otu (*Plantago lanceolata* L.) kullanılmıştır. 4. karışım ise yukarıda belirtilen tüm türlerin bir araya getirilmesiyle oluşturulan çoklu karışımdan meydana gelmiştir. Projede rotasyonlu otlatma sistemi uygulanmaktadır. Çalışmanın verileri, bitkilerin fenolojik gelişim evreleri dikkate alınarak 01.04.2023 (bitkilerin aktif büyüme başlangıcı) ve 15.05.2023 (iklim koşullarına bağlı yapısal değişimlerin başladığı dönem) tarihlerinde elde edilmiştir. Her iki dönemde de, her karışım için otlatma öncesi ve otlatma sonrası plaka ölçümleri yapılmıştır. Bitki örtüsünün verim ve yükseklik ölçümleri için her karışım, Nisan ve Mayıs aylarında, otlatma öncesi ve sonrası olmak üzere 12 farklı noktadan örnekleme yapılmıştır. Ölçüm noktalarında 0,25 m²'lik bir çerçeve rastgele seçilen alanlara bırakılmış ve çerçevenin düştüğü



yerlerde bitki boyu ölçümleri elektronik Plaka Ölçer (Jenquip EC20; plaka çapı 36 cm, ağırlığı 315 g) ile belirlenmiştir. Plaka Ölçer ile ölçüm yapılan noktalarda, aynı alanlardan bitki örnekleri 4 cm anız yüksekliği kalacak şekilde biçilmiştir. Kuru madde miktarının belirlenmesi amacıyla örnekler, 60 °C’de sabit ağırlığa ulaşmaya kadar yaklaşık 48 saat etüvde kurutulmuş ve sonrasında tartılmıştır. Plaka Ölçer ile belirlenen bitki boyu değerleri ve aynı alandan elde edilen verim değerleri Excel ortamına aktarılmış, veriler üzerinden doğrusal regresyon analizi uygulanarak regresyon denklemleri ile R^2 değerleri hesaplanmıştır.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada, karışımların Nisan ve Mayıs aylarında, otlatma öncesi ve sonrası yapılan ölçümlerden elde edilen veriler ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Birinci karışımda otlatma öncesi yapılan ölçümlerde, Nisan ayında bitki boyu 18–43 cm arasında değişmiş ve bu döneme ait regresyon analizi sonucunda değişkenlik oranı (R^2) 0.80 olarak belirlenmiştir. Mayıs ayında ise bitki boyu 19–48 cm arasında değişmiş olup, R^2 değeri 0.86 olarak hesaplanmıştır. Otlatma sonrası ölçümlerde, Nisan ayında R^2 0.87 iken, Mayıs ayında bu değer 0.76 olarak tespit edilmiştir (Şekil 1). Nisan ayında otlatma sonrası gözlenen yüksek korelasyon, bitki örtüsünün daha homojen bir yapıya dönüşmesi ile ilişkilendirilebilir. Buna karşılık, Mayıs ayında R^2 değerinin azalması, bitkilerdeki hızlı büyüme, türler arasındaki farklı gelişim dinamikleri ve iklim koşullarına bağlı yapısal değişimlerin ölçüm doğruluğunu sınırlamasıyla açıklanabilir. Bu bulgular, plaka ölçer yönteminin özellikle erken gelişim dönemlerinde verim tahmininde daha güvenilir sonuçlar verdiğini ortaya koymaktadır (Nakagami ve Itano, 2013).

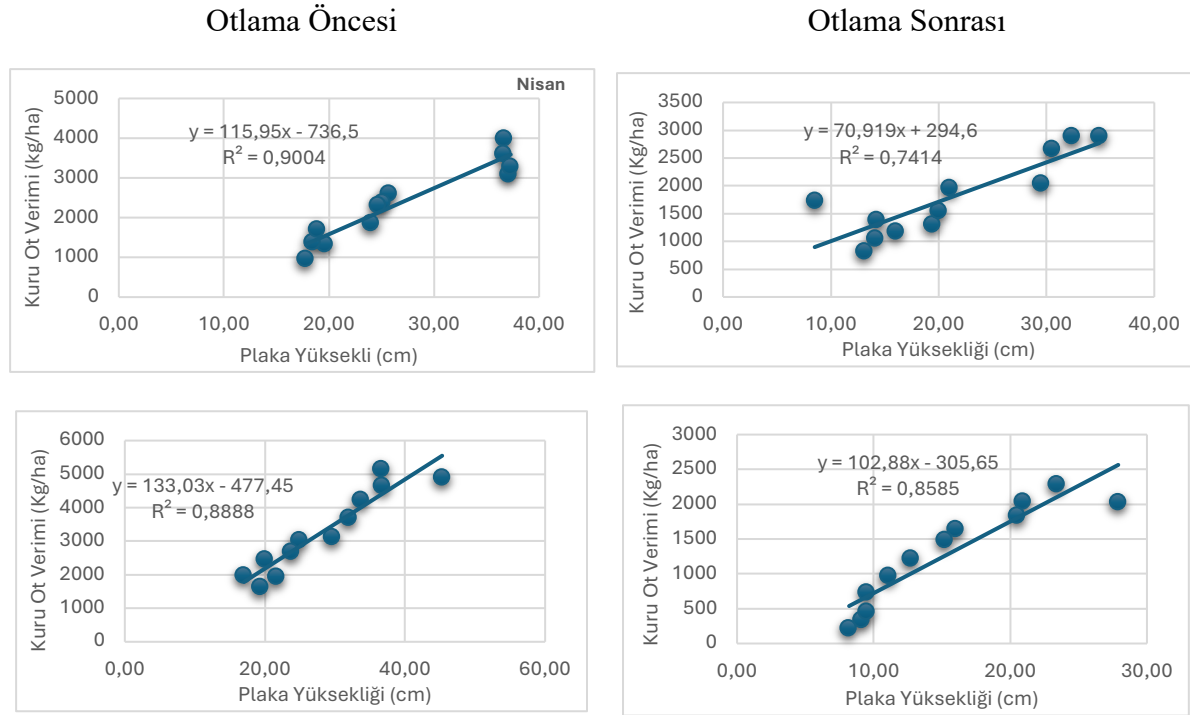


Şekil 1. Birinci karışıma ait verim ve plaka yüksekliği arasındaki doğrusal ilişki

İkinci karışımda gerçekleştirilen otlatma öncesi ölçümlerde, Nisan ayında bitki boyunun 17–37 cm arasında değiştiği belirlenmiş, bu döneme ait regresyon analizi sonucunda R^2 0.90 olarak bulunmuştur. Mayıs ayında bitki boyu 17–45 cm aralığında ölçülmüş ve R^2 değeri 0.88’e düşmüştür. Otlatma sonrası yapılan ölçümlerde ise Nisan ayında bitki boyunun 8–34 cm arasında olduğu ve R^2 değerinin 0.74’e gerilediği tespit edilmiştir. Mayıs ayında ise bitki boyu 9–23 cm aralığında ölçülmüş, buna karşılık R^2 değerinin 0.85’e yükseldiği belirlenmiştir (Şekil



2). Bu sonuçlar, özellikle Nisan ayında otlatma sonrası heterojen bitki dağılımının regresyon gücünü zayıflattığını, ancak Mayıs ayında daha düşük bitki boyuna rağmen artan homojenliğin ölçümler arasındaki ilişkiyi güçlendirdiğini göstermektedir (Li ve ark., 1998).

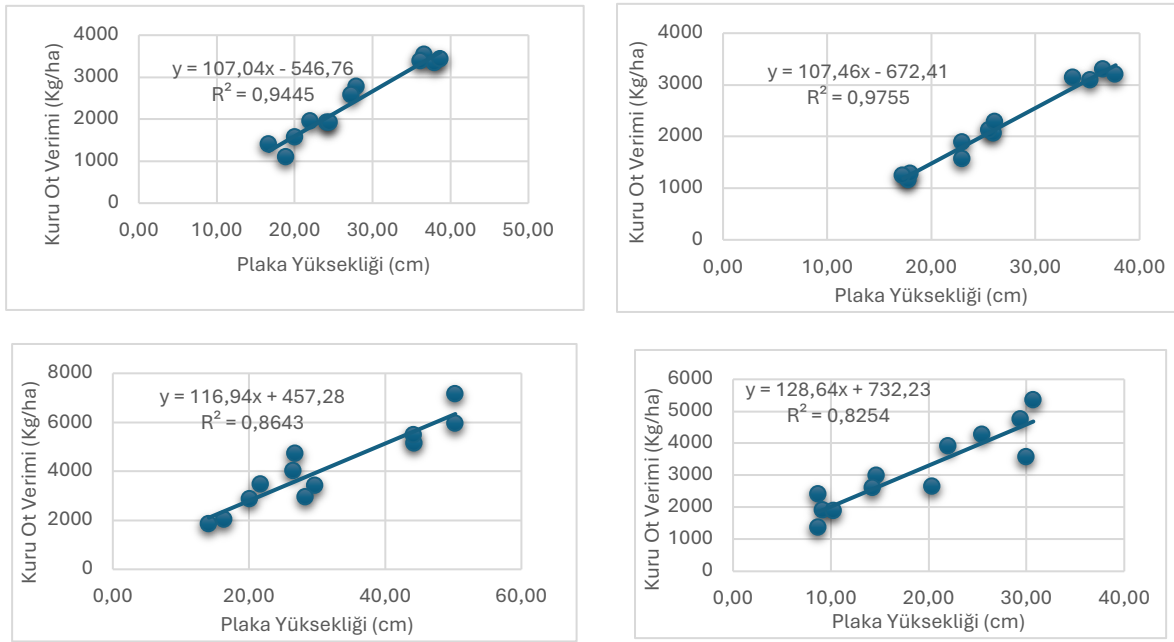


Şekil 2. İkinci karışıma ait verim ve plaka yüksekliği arasındaki doğrusal ilişki

Üçüncü karışımda otlatma öncesi, Nisan ayında bitki boyunun 16–38 cm arasında değiştiği saptanmış ve bu döneme ilişkin regresyon analizi sonucunda R^2 değeri 0.94 olarak hesaplanmıştır. Mayıs ayında ise bitki boyu 14–50 cm aralığında kaydedilmiş, buna karşılık R^2 değeri 0.86'ya gerilemiştir. Otlatma sonrasında yapılan ölçümler Nisan ayında bitki boyunun 17–37 cm aralığında olduğu ve bu dönemde R^2 değerinin 0.97'ye yükselmiştir. Mayıs ayındaki ölçümlerde ise bitki boyu 8–30 cm arasında değişmiş ve R^2 değeri 0.82'ye düşmüştür (Şekil 3). Bu bulgular, üçüncü karışımda özellikle Nisan ayı otlatma sonrası dönemde bitki boyu ile verim arasındaki ilişkinin daha güçlü, Mayıs ayında ise daha zayıf bir düzeyde gerçekleştiğini ortaya koymaktadır. Hindiba ve sinir otunun bulunduğu karışımlarda, otlatma sonrası yaprak dökülmelerinin doğru şekilde yönetilmesi gerektiği, aksi durumda plaka ölçer yönteminin doğruluk düzeyinin olumsuz yönde etkilenebileceği bildirilmektedir (Haultain ve ark., 2014). Çalışmadan elde edilen veriler incelendiğinde, yüksek R^2 değerlerinin tespit edilmesi, otlatma uygulamalarının uygun şekilde gerçekleştirildiğinin bir göstergesi olarak değerlendirilebilir.

Otlama Öncesi

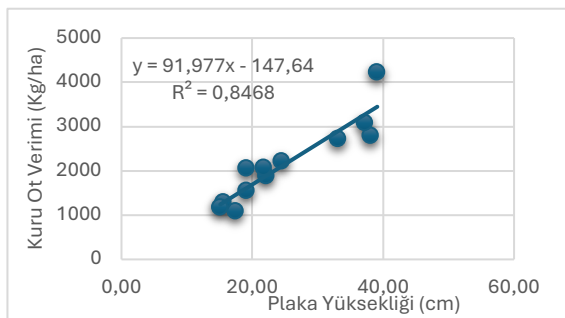
Otlama Sonrası



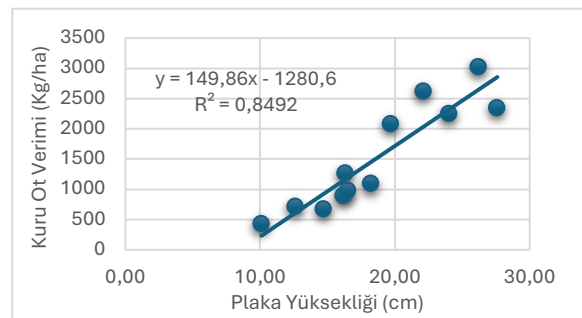
Şekil 3. Üçüncü karışıma ait verim ve plaka yüksekliği arasındaki doğrusal ilişki

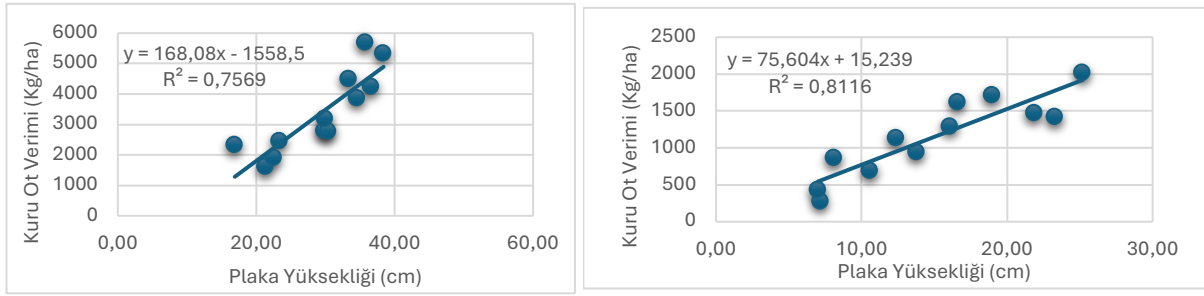
Dördüncü karışımda yapılan otlatma öncesi ölçümlerde, Nisan ayında bitki boyunun 15–39 cm arasında değiştiği belirlenmiş ve bu döneme ait regresyon analizinde R^2 değeri 0.84 olarak bulunmuştur. Mayıs ayında ise bitki boyu 16–38 cm aralığında ölçülmüş, buna karşılık R^2 değeri 0.76'a düşmüştür. Otlatma sonrası gerçekleştirilen ölçümlerde, Nisan ayında bitki boyunun 10–27 cm arasında olduğu saptanmış ve bu dönemde R^2 değerinin 0.84 olarak belirlenmiştir. Mayıs ayında ise bitki boyunun 7–25 cm aralığında değiştiği, buna karşılık R^2 değerinin 0.81 olarak hesaplandığı görülmüştür (Şekil 4). Bu bulgular, dördüncü karışımda otlatma sonrası özellikle Nisan ayında bitki boyu ile verim arasındaki ilişkinin güçlü olduğunu, ancak Mayıs ayında bu ilişkinin kısmen zayıfladığını göstermektedir. Farklı dönemlerde elde edilen R^2 değerlerindeki değişkenlik, bitki türlerine, bitki örtüsünün gelişimine ve otlatma yoğunluğuna bağlıdır (Dillard ve ark., 2016; Rayburn, 2020; Murphy ve ark., 2021b).

Otlama Öncesi



Otlama Sonrası





Şekil 4. Dördüncü karışıma ait verim ve plaka yüksekliği arasındaki doğrusal ilişki

Elde edilen bulgular genel olarak değerlendirildiğinde, plaka ölçer yöntemi ile belirlenen bitki boyu ile verim arasında yüksek düzeyde ilişki olduğu tespit edilmiştir. Karışımlar arasında gözlenen farklılıklar, bitki türlerinin morfolojik özellikleri, büyüme dinamikleri ve otlatma sonrası toparlanma kapasiteleri ile açıklanabilir (Dillard ve ark., 2016; Rayburn, 2020). Özellikle otlatma öncesi dönemlerde daha yüksek R^2 değerleri elde edilmesi, bitki örtüsünün daha homojen ve yoğun olduğu koşullarda plaka ölçer verim tahmininde daha güvenilir sonuçlar sunduğunu göstermektedir (Cho ve ark., 2019). Buna karşılık, otlatma sonrası ölçümlerde bazı dönemlerde R^2 değerlerindeki düşüş, bitki boyundaki düzensizliklerin ve türler arası farklı gelişim hızlarının etkisini ortaya koymaktadır (Murphy ve ark., 2021b). Plaka ölçer yöntemi, mera veriminin hızlı ve pratik bir şekilde tahmin edilmesinde kullanılabilecek güvenilir bir araç olmakla birlikte, farklı karışım ve fenolojik dönemlerde doğruluk düzeyinin değişebileceği dikkate alınmalıdır.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, farklı mera karışımlarında plaka ölçer yöntemi ile bitki boyu ve verim arasındaki ilişkiler değerlendirilmiştir. Elde edilen bulgular, plaka ölçer ile belirlenen bitki boyu değerlerinin, geleneksel ağırlık metodundan elde edilen verim sonuçlarıyla yüksek korelasyona sahip olduğunu göstermektedir. Farklı karışımlarda gözlenen R^2 değerleri, yöntemin bitki türü bileşimine bağlı olarak değişebileceğini ortaya koymuştur. Bu nedenle, her mera için ayrı kalibrasyon yapılması, ölçümlerin doğruluk ve güvenilirliğini artıracaktır. Ayrıca, plaka ölçer yöntemi otlatma öncesi ve sonrası dönemlerde farklı doğruluk seviyeleri sergilemekte olup, fenolojik dönemlere uygun ölçüm ve kalibrasyon stratejilerinin geliştirilmesi gerekmektedir. Düzenli ve planlı otlatma uygulamaları, bitki örtüsünün homojenliğini koruyarak bitki boyu ve verim arasındaki ilişkiyi güçlendirecek, yöntemin hassas tarım uygulamalarında etkinliğini artıracaktır. Sonuç olarak, plaka ölçer yöntemi, geleneksel yöntemlere hızlı ve pratik bir alternatif olarak kullanılabilir; hassas tarım sistemlerine entegre edilmesi, meraların gerçek zamanlı izlenmesini sağlayarak mera yönetimi ve yem üretim verimliliğini artıracaktır. Ülkemizde, farklı bölgelerde yapılacak ileri çalışmalar ile plaka ölçer yönteminin yaygınlaşması sağlanabilir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın verileri, TÜBİTAK tarafından desteklenen 122O241 numaralı proje kapsamında oluşturulan yapay mera alanından elde edilmiştir.



KAYNAKLAR

- Chapa, J.M., Pichlbauer, B., Bobal, M., Guse, C., Drillich, M., Iwersen, M. 2023. Field evaluation of a rising plate meter to estimate herbage mass in Austrian pastures. *Sensors*, 23, 7477.
- Cho, W., Brorsen, B.W., Biermacher, J.T., Rogers, J.K. 2019. Rising plate meter calibrations for pasture biomass of wheat and rye. *Agricultural and Environmental Letters*. 14.
- Dillard, S.L., Hafla, A.N., Rubano, M.D., Stout, R.C., Brito, A.F., Soder, K.J. 2016. Evaluation of a rising plate meter for use in multispecies swards. *Agricultural & Environmental Letters*, 1(1), 160032.
- Ferraro, F.P., R.L.G. Nave, R.M. Sulc, and D.J. Barker. 2012. Seasonal variation in the rising plate meter calibration for forage mass. *Agron. J.* 104:1–6. doi:10.2134/agronj2011.0190.
- Gourley, C.J.P., McGowan, A.A. 1991. Assessing differences in pasture mass with an automated rising plate meter and a direct harvesting technique. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 31(3), 337-339.
- Haultain, J., Wigley, K., Lee, J.M. 2014. Rising plate meters and a capacitance probe estimate the biomass of chicory and plantain monocultures with similar accuracy as for ryegrass-based pasture.
- Li, G.D., Helyar, K.R., Castleman, L.J., Norton, G., Fisher, R.P. 1998. The implementation and limitations of using a falling plate meter to estimate pasture yield.
- Lile, J.A., Blackwell, M.B., Thomson, N.A., Penno, J.W., Macdonald, K.A., Nicholas, P.K., Coulter, M. 2001. Practical use of the rising plate meter (RPM) on New Zealand dairy farms. In *Proceedings of the Conference-New Zealand Grassland association* (pp. 159-164).
- MacAdam, J.W., Hunt, S.R. 2015. Using a rising plate meter to determine paddock size for rotational grazing.
- Murphy, D.J., Murphy, M.D., O'Brien, B., O'Donovan, M., 2021a. A review of precision technologies for optimising pasture measurement on Irish grassland. *Agriculture* 11 (7), 600.
- Murphy, D. J., O'Brien, B., Hennessy, D., Hurley, M., Murphy, M. D. 2021b. Evaluation of the precision of the rising plate meter for measuring compressed sward height on heterogeneous grassland swards. *Precision Agriculture*, 22(3), 922-946.
- Nakagami, K., Itano, S. 2013. Improving pooled calibration of a rising-plate meter for estimating herbage mass over a season in cool-season grass pasture. *Grass Forage Sci.* 69:717–723.
- Rayburn, E. 2020. Plate meter calibrations for forage mass follow a continuum of sward basal density. *Crop, Forage & Turfgrass Management*, 6(1), e20009.
- Thomson, N.A., Upsdell, M.P., Hooper, R., Henderson, H.V., Blackwell, M.B., McCallum, D.A., Penno, J.W. 2001. Development and evaluation of a standardised means for estimating herbage mass of dairy pastures using the rising plate meter. In *Proceedings of the conference-New Zealand Grassland Association* (pp. 149-158).



NERA ALANLARININ VERİM, BİYOLOJİK ÇEŞİTLİLİK VE KALİTE YÖNÜNDEN DEĞERLENDİRİLMESİNDE HASSAS TARIM TEKNOLOJİLERİNİN KULLANIMI

Zir. Yük. Müh. Muhammet ŞAHİN,

Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü, Tarla Bitkileri Bölümü,

muhammet.sahin05@gmail.com

ORCID: 0000-0002-7645-8865

Dr. Mehmet CAN,

Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü,

zir.mehmet@gmail.com

ORCID: 0000-0003-0230-6209

Zir. Yük. Müh. Fatih KUMBASAR,

Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü, Tarla Bitkileri Bölümü,

fatih.kumbasar@tarimorman.gov.tr

ORCID: 0000-0002-0379-3355, 05548411099

Dr. Gülcan KAYMAK BAYRAM

Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü,

gulcan.kaymak@omu.edu.tr

ORCID: 0000-0002-0915-0529

Prof. Dr. Zeki ACAR,

Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü,

zekiacar@omu.edu.tr

ORCID: 000-0002-0484-1961

Prof. Dr. İlknur AYAN,

Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü

ilknuray@omu.edu.tr,

ORCID: 000-0002-5097-9013

ÖZET

Tarımsal ekosistemlerde meralar oldukça önemlidir. Çayır-mera ekosistemleri, hem ülkelerin en önemli biyolojik zenginlik kaynağını oluşturmakta, hem de hayvanlara gerekli olan kaba yemin önemli bir kısmını karşılamaktadır. Meralar, hayvansal üretiminin sürdürülebilirliğine, ürün kalitesine, hayvan refahına ve gıda güvenliğine katkıda bulunurlar. Meraların üretim kapasiteleri ve üretilen otun bileşiminin belirlenmesi otlatma yönetiminin planlanmasında kritik öneme sahiptir. Bu amaçla ülkemizde uzmanlık, işgücü ve zaman alıcı yöntemler kullanılırken, gelişmiş ülkelerde tarımsal teknolojiyi de içeren yeni teknikler geliştirilmiş ve kullanılmaktadır. Özellikle son yıllarda, ortaya çıkan teknolojiler ile yeni araçların ve yöntemlerin geliştirilmesi, verilerin toplanması, işlenmesi ve depolanmasını kolaylaştırmanın yanısıra işlemleri de



hızlandırmaktadır. Bu sayede mera yönetimi konusunda hızlı ve doğru kararlar alınabilmektedir. Meralarda meydana gelen değişkenliğin hızlı ve etkin bir şekilde izlenmesinde uzaktan algılama sistemleri, sensörlü ve dijital ölçüm alet ve ekipmanları gibi hassas tarım uygulamaları kullanılmaktadır. Büyük mera alanlarında uydu görüntüleri, insansız hava araçları (İHA) ve dronlar aracılığıyla meraların botanik kompozisyonu ve verimi hakkında bilgi elde edilebilmektedir. Bu yöntemler, özellikle zaman açısından verimli ve geniş alanlara uygulanabilirliği yüksek teknikler sunmaktadır. Öte yandan, dönemsel olarak artan bulutluluk ile ağaç ve çalı örtüsü gibi fiziksel engeller, uzaktan algılama sistemlerinin mera verimini belirlemede yetersiz kalmasına neden olabilmektedir. Bu gibi durumlarda, sensörler ve plaka ölçüm cihazları gibi yere yakın sistemler öne çıkmaktadır. Söz konusu sistemler, özellikle botanik tür çeşitliliğinin tanımlanması ve mera kalitesinin ayrıntılı değerlendirilmesi açısından önemli veri sağlamaktadır. Ülkemizde mera çalışmalarında kullanılan transekt, lup ve ağırlık metotları ile yeni teknikler birlikte değerlendirilerek uygun yöntem/yöntemlerin belirlenmesi çalışmaları bir an önce başlatılmalıdır.

Anahtar Kelimeler: Mera, hassas tarım, sürdürülebilirlik, yeni teknikler



INTEGRATING PRECISION AGRICULTURE TECHNOLOGIES INTO RANGELAND MONITORING: PRODUCTIVITY, BIODIVERSITY, AND FORAGE QUALITY PERSPECTIVES

ABSTRACT

Rangelands are an essential part of agricultural ecosystems. They provide a major source of forage for livestock and represent one of the most important reservoirs of biological diversity. Grassland–pasture ecosystems contribute directly to the sustainability of animal production, product quality, animal welfare, and food security. For this reason, it is crucial to determine the production capacity of rangelands and to analyze the nutritional composition of the forage they provide. These evaluations are key to planning effective grazing management. In Turkey, rangeland assessments are still largely based on traditional methods, which are often time-consuming, labor-intensive, and require expert knowledge. In contrast, developed countries have increasingly adopted advanced technologies that integrate digital tools and precision agriculture techniques. Recent innovations in data collection, processing, and storage have not only accelerated these processes but also improved their accuracy, enabling faster and more reliable decision-making in rangeland management. Among these innovations, remote sensing technologies, sensor-based tools, and digital measurement devices are particularly important. Satellite imagery, drones, and unmanned aerial vehicles (UAVs) can provide large-scale information on rangeland biomass and botanical composition in a cost- and time-efficient manner. However, their effectiveness may be limited in certain situations, for example by seasonal cloud cover or physical obstacles such as trees and shrubs. In such cases, ground-based systems—such as sensors and plate meters—offer valuable alternatives. These tools are especially useful for identifying plant species diversity and for conducting more detailed evaluations of rangeland quality. Therefore, it is necessary to combine conventional methods, such as the transect, loop, and weight techniques, with modern technologies. A combined approach will make rangeland monitoring more accurate, efficient, and practical, ultimately supporting the sustainable use and management of these vital ecosystems.

Key Words: Pasture, precision agriculture, sustainability, new technics



GİRİŞ

Tarımsal ekosistemlerin önemli bir bileşeni olan çayır ve meralar, hem biyolojik çeşitliliğin korunması, iklim değişikliğinin azaltılması ve karbonun depolanması gibi ekosistem hizmetlerinde önemli rol oynamakta hem de hayvancılığın temel girdilerinden biri olan kaba yemin ana kaynağını oluşturmaktadır (O'Mara, 2012). Çayır ve Meralar, hayvansal üretimin sürdürülebilirliği, ürün kalitesinin artırılması, hayvan refahının sağlanması ve gıda güvenliğinin teminatı açısından stratejik bir öneme sahiptir. Meraların üretim kapasitelerinin ve botanik kompozisyonlarının doğru ve zamanında belirlenmesi, etkin otlatma yönetimi ve sürdürülebilir mera kullanımı için temel bir gerekliliktir. Mera veriminin tahmini, hayvan yoğunluğuna bağlı olarak rotasyonlu otlatmada hızlı ve bilinçli karar almada yardımcı olmaktadır (Horn ve Isselstein, 2022). Benzer şekilde, mera kalitesi hakkında bilgiye sahip olmak, hayvanların sağlığının ve verimliliğini korunmasına katkı sağlamaktadır (Shalloo ve ark., 2018). Ancak geleneksel yöntemler çoğu zaman yoğun iş gücü, zaman ve uzmanlık gerektirmekte, bu da geniş alanlarda yapılacak izleme çalışmalarını sınırlamaktadır. Bu noktada tarımsal teknolojilerin gelişimiyle birlikte hassas tarım uygulamaları öne çıkmaktadır. Uzaktan algılama sistemleri, sensörler ve dijital ölçüm cihazları gibi araçlar; verilerin hızlı, doğru ve maliyet etkin bir şekilde toplanmasına imkân tanımakta, aynı zamanda karar destek süreçlerini güçlendirmektedir (Murphy ve ark., 2021). Geniş mera alanlarının izlenmesinde uydu görüntüleri ve insansız hava araçları (İHA) aracılığıyla botanik kompozisyon ve verim hakkında güvenilir bilgiler elde edilebilmektedir. Bu yöntemler, özellikle zaman açısından verimlilik ve geniş alanlara uygulanabilirlik bakımından avantaj sağlamaktadır (Shahi ve ark., 2025). Bununla birlikte, bulutluluk, ağaç-çalı örtüsü gibi fiziksel engeller uzaktan algılama sistemlerinin etkinliğini sınırlayabilmektedir. Böyle durumlarda yere yakın karasal (sensör) algılama sistemleri ve plaka ölçüm cihazları, botanik çeşitliliğin ve mera kalitesinin ayrıntılı değerlendirilmesinde tamamlayıcı rol oynamaktadır (Pullanagari ve ark., 2012). Dolayısıyla, Türkiye’de mera çalışmalarında kullanılan transekt, modifiye edilmiş tekerlekli lup, gözle tahmin ve ağırlık metotları gibi klasik yöntemlerin; hassas tarım uygulamalarıyla birleştirilerek değerlendirilmesi, mera yönetimine uygun yöntemlerin belirlenmesi ve yaygınlaştırılması için bir gereklilik olarak öne çıkmaktadır.

1. MERALARIN İZLENMESİ VE DEĞERLENDİRİLMESİNDE YAYGIN OLARAK KULLANILAN GELENEKSEL YÖNTEMLER

1.1 Transekt Yöntemi

Transekt metodu, mera vejetasyonu üzerinde 1m uzunluğunda ve 1 cm genişliğinde bir alanın incelenmesiyle, bitki ile kaplı alanın ve botanik kompozisyonun belirlenmesinde kullanılan bir vejetasyon ölçüm yöntemidir. Kantitatif bitki ekolojisinde yaygın olarak kullanılan bu yöntem, arazide doğrusal bir hat boyunca 1 cm genişlik ve 100 cm uzunluktaki bir örnekleme alanının değerlendirilmesini ifade etmektedir (Bakır, 1970).

1.2. Modifiye Edilmiş Tekerlekli Lup Yöntemi

Modifiye edilmiş tekerlekli lup metodu, mera vejetasyonunun yapısını belirlemede kullanılan kantitatif bir ölçüm tekniğidir. Bu yöntemde, tekerlek çapı 50 cm olan ve kenarına 2 cm çapında halka sabitlenmiş özel bir alet kullanılmaktadır. Metodun temelinde, mera alanı üzerinde rastgele seçilen noktalarda bu aletin 1 m uzunluğunda bir hat boyunca yürütülmesi yer almaktadır. Aletin kenarındaki oval demir halka, hat boyunca 100 kez zemine temas ettirilmekte ve her temas noktasında halkanın içine rastlayan bitki türü kaydedilmektedir. Eğer halka içerisine herhangi bir bitki girmemişse bu durum da “yok” olarak not edilmektedir. Bu yöntem sayesinde mera alanındaki bitki türlerinin varlığı, dağılımı ve kaplama oranı nicel olarak belirlenmektedir (Uçar ve Aydın, 2019).



1.3. Ağırlık Yöntemi

Çayır ve mera etütlerinde, türlerin vejetasyonun toplam verimine ağırlık olarak katılma düzeyleri önemli bir parametre olarak değerlendirilmektedir. Bu alanlarda yalnızca tür sayısı ya da bitkilerin toprak yüzeyini kaplama oranları değil, aynı zamanda ot verimi ve türlerin bu verime katkı payları da esas alınmaktadır. Türlerin vejetasyon verimine katılma paylarını belirlemek amacıyla, $0,5 \times 0,5$ m ($0,25$ m²) büyüklüğünde alanlar biçilmektedir. Biçilen materyal yaş halde türlerine ayrılır, ardından 60 °C’de 24 saat kurutularak tartılmaktadır. Elde edilen kuru ağırlık değerleri kullanılarak toplam ot verimi ve türlerin verime katkı oranları belirlenmektedir (Tosun ve Altın, 1986).

1.4 Gözle Tahmin Yöntemi

Vejetasyon çalışmalarında yetişmiş uzmanlar tarafından bitkilerin özelliklerinin gözle değerlendirilmesine dayalı bir ölçüm tekniğidir. Yöntemin en önemli avantajı, uygulanmasının kolay olması ve sonuçların kısa sürede elde edilebilmesidir. Bu yöntemin uygulanmasında kuadrat aleti kullanılmaktadır. Kuadrat, vejetasyon üzerinde belirli bir yüzeyin sınırlandırılmasını sağlayan ve bu alan içerisindeki bitki türlerinin genellikle yaprakla kaplama oranı bakımından örtü derecelerinin veya diğer kantitatif özelliklerinin belirlenmesine imkân veren bir ölçüm aracıdır. Sınırlandırılan alan çoğunlukla kare biçiminde olmakla birlikte, dikdörtgen ya da daire şeklinde de düzenlenebilmektedir (Gençkan, 1985).

2. MERALARIN İZLENMESİ VE DEĞERLENDİRİLMESİNDE KULLANILAN TEKNOLOJİK YÖNTEMLER

Mera verim ve kalitesinin geleneksel yöntemlerle belirlenmesi oldukça zaman alıcı ve zahmetli bir süreçtir. Bu nedenle, uzaktan algılama yöntemleri mera durumunun tahmininde alternatif bir yaklaşım olarak öne çıkmaktadır. Söz konusu yöntemler; uydu görüntüleri ve insansız hava araçları ile karasal algılamalar gibi farklı platformlardan elde edilen verilerin kullanımına dayanmaktadır (Wang ve ark., 2022; Karunaratne ve ark., 2020).

2.1. Uzaktan algılama (uydu ve insansız hava araçları) yöntemleri

Uzaktan algılama yöntemlerinde uygun doğrulama ve kalibrasyona sağlandığında geleneksel yöntemlerin alternatifi olabilir. Uydu platformlarına takılan optik sensörler, yeşil bitki örtüsünün tespiti, bitki yoğunluğunun tahmini ve farklı bitki örtüsü sınıflarının ayırt edilmesi gibi uygulamalarda kullanılabilecek verileri etkin ve hızlı bir şekilde ortaya koymaktadır (Pal ve ark., 2018). Uydu verileri, zamandan ve iş gücünden önemli ölçüde tasarruf sağlarken, meranın bölgesel ve zamansal değişimlerin geniş ölçekli izlenmesinde değerli bir kaynak sunmaktadır. Ayrıca, uydu verilerinin kolay erişilebilir ve tekrarlanabilir olması farklı bölgelerde çalışmaların yürütülmesine imkân tanır (Dos Reis ve ark., 2020). Mera ve doğal ekosistemlerin izlenmesinde kullanılan uydu teknolojileri çözünürlük, bant yapısı ve veri edinim sıklığı bakımından farklılıklar göstermektedir. Bu platformlar, geniş ölçekli değişimlerin izlenmesi ve bitki örtüsünün ayrıntılı analizinde kullanılmaktadır. Sentinel, Landsat, MODIS, LİDAR gibi yaygın kullanılan uyduların yanı sıra WorldView, PlanetScope, Venus, EnMAP, PRISMA, gibi sistemler de meranın dinamiklerinin izlenmesinde önemli veriler sağlamaktadır (Furnitto ve ark., 2025).

Mera ekosistemlerinin verim ve kalitesinin uzaktan algılama yöntemleriyle belirlenmesi, kapsamlı ve sistematik bir çalışma gerektirir. Bu süreç, genellikle veri toplama, ön işlem, bitki örtüsü indekslerinin hesaplanması, zaman ve mekân analizi ile doğrulama ve kalibrasyon aşamalarından oluşur (Shahi ve ark., 2025). Veri Toplama; Mera alanlarının izlenmesi için yüksek çözünürlüklü uydu görüntüleri kullanılır. Farklı spektral bantlarda elde edilen veriler, bitki örtüsünün morfolojik ve fizyolojik özelliklerini yansıtır. Veri toplama aşamasında



görüntülerin zamansal çözünürlüğü ve bulut örtüsü gibi çevresel faktörler dikkate alınarak uygun tarih ve sensör seçimi yapılır. Ön İşlem; Toplanan uydu görüntüleri, atmosferik etkiler, radyometrik hatalar ve coğrafi bozulmalar açısından düzeltilir. Bu aşama, görüntülerin karşılaştırılabilirliğini ve analiz doğruluğunu artırır. Ayrıca, veri eksiklikleri ve gürültüler filtrelenecek analiz için temiz ve standart bir veri seti oluşturulur. Bitki Örtüsü İndekslerinin Hesaplanması; Ön işlenmiş görüntülerden, mera verimi ve kalitesi ile ilişkili bitki örtüsü indeksleri hesaplanır. Bu indeksler, bitki durumu, yeşil biyokütle miktarı ve fotosentetik aktiviteyi yansıtarak, mera alanlarının mekânsal dağılımı ve yoğunluğu hakkında bilgi sağlar. Zaman ve Mekan Analizi; Farklı dönemlerde elde edilen uydu görüntüleri kullanılarak mera alanlarında zamansal değişimler izlenir. Bu analiz, otlatma etkisi, bitki türleri arasındaki rekabet ve mevsimsel gelişim döngülerinin değerlendirilmesine imkan tanır. Mekansal analizler ise mera verim ve kalitesinin bölgesel dağılımını ortaya koyar. Doğrulama ve Kalibrasyon; Uydu verileri ile yapılan tahminlerin doğruluğu, saha ölçümleri ve plaka ölçer gibi geleneksel yöntemlerle karşılaştırılarak doğrulanır. Kalibrasyon işlemleri, model hatalarını minimize etmek ve bitki örtü indekslerinin tahminlerinin güvenilirliğini artırmak amacıyla uygulanır. Bu işlem aşamaları çayır ve mera ekosistemlerinin verim ve kalitesinin bilimsel temelli ve tekrarlanabilir bir şekilde izlenmesini sağlamaktadır.

Mera alanlarının verim ve kalite özelliklerinin izlenmesinde uydu görüntüleri, geniş ölçekli ve zamana bağlı gözlem imkânı sunan önemli bir araçtır. Ancak bu yöntemin hem güçlü hem de zayıf yönleri bulunmaktadır (Murphy ve ark., 2021; Shahi ve ark., 2025).

- Geniş alanları aynı anda kapsayarak zaman ve iş gücünden tasarruf sağlar.
- Düzenli aralıklarla veri sağlayarak uzun dönemli izleme ve değişimlerin takibine imkân verir.
- Vejetasyon indeksleri ile bitki örtüsü yoğunluğu ve gelişim durumu hakkında bilgi sunar.
- Araziye çıkmadan büyük ölçekli değerlendirme yapılmasına olanak tanır.
- Bulutluluk, atmosfer koşulları ve çözünürlük sınırlamaları nedeniyle veri kalitesi düşebilir.
- Tür düzeyinde ayırım yapmak genellikle mümkün değildir.
- Küçük ölçekli mera alanlarında detay kaybı yaşanabilir.
- Uydu verilerinin işlenmesi için teknik bilgi ve yazılım desteği gerektirir.

Bir diğer uzaktan algılama yöntemi olan insansız hava araçları (İHA), yüksek çözünürlüklü görüntüler elde edebilme, geniş alanları kısa sürede tarayabilme ve tekrarlanabilir ölçümler yapabilme özellikleriyle öne çıkmaktadır. Bu araçlar sayesinde mera alanlarının bitki örtüsü yoğunluğu, tür kompozisyonu, biyokütle miktarı ve besin değerleri zamansal ve mekânsal ölçekte daha ayrıntılı bir şekilde izlenebilmektedir (Murphy ve ark., 2021; Lyu ve ark., 2022). İHA kullanımının kolay olması ve uzaktan kontrol edilebilmesi, insanların erişiminin zor olduğu alanlarda veri toplanmasına olanak sağlamaktadır. Uzaktan algılama sensörleri ile donatılan ve konumlandırma teknolojisi ile entegre edilen İHA'lar, geniş alanlara ait yüksek çözünürlüklü görüntülerin elde edilmesini mümkün kılmaktadır. Ayrıca bu araçlar, santimetre hatta milimetre düzeyinde mekânsal çözünürlük sunarak ayrıntılı verilerin elde edilmesine imkân vermektedir (Zheng ve ark., 2020). İHA teknolojilerinde elde edilen görüntülerin kullanılabilmesi için belirli işleme ve değerlendirme aşamalarından geçirilmesi gerekmektedir (Shahi ve ark., 2025).



İlk aşama veri toplama sürecidir. Bu aşamada sensör seçimi, uçuş planı, uygun irtifa ve hız belirlenmektedir. Elde edilen görüntüler, ön işleme aşamasında çeşitli düzeltmelere tabi tutulmaktadır. Geometrik düzeltme ile lens bozulmaları ve arazi eğiminden kaynaklı hatalar giderilmekte, radyometrik düzeltme ile sensör kaynaklı farklılıklar ve ışık değişimleri normalize edilmektedir. Ayrıca coğrafi koordinatlarla eşleştirilerek coğrafi bilgi sistemleri ile uyumlu hale getirilmektedir. Görüntü analizi sürecinde, ön işlenmiş verilerden bitki örtüsü indeksleri hesaplanmakta ve mera alanlarının fotosentetik aktivitesi, yeşil biyokütle miktarı ve bitki örtüsü yoğunluğu belirlenmektedir. Ayrıca, bitki tür kompozisyonu ve örtü oranları ortaya konulmaktadır. Verilerin değerlendirilmesi aşamasında, İHA görüntülerinden elde edilen bulgular geleneksel ya da plaka ölçüm verileriyle kalibre edilmekte ve doğrulanmaktadır. Mekânsal analizler aracılığıyla mera alanlarının verim ve kalite dağılımları haritalandırılmakta, zamansal değişimler takip edilmekte ve otlatma yönetimi açısından kritik bilgiler sağlanmaktadır. Sonuçların değerlendirilmesinde veriler haritalar, grafikler ve raporlar aracılığıyla görselleştirilmekte ve mera yönetimine yönelik karar destek sistemlerine entegre edilmektedir. Bu çıktılar, sürdürülebilir otlatma planlarının geliştirilmesi, yem kaynaklarının verimli kullanılması ve iklim değişikliğine adaptasyon stratejilerinin oluşturulması açısından önemli bir bilimsel temel sunmaktadır. İHA, meralarda verim ve kalite özelliklerinin izlenmesinde modern bir araç olarak öne çıkmaktadır. Ancak kullanımında bazı avantajların yanı sıra dezavantajları da söz konusudur (Sankey ve ark., 2019; Lyu ve ark., 2022)

- Geniş alanları kısa sürede ve ayrıntılı bir şekilde tarayabilir.
- Yüksek çözünürlüklü görüntüler sayesinde bitki örtüsünün gelişim durumu hassas biçimde izlenebilir.
- Zaman serileri oluşturularak mevsimsel ve yıllık değişimler takip edilebilir.
- İnsanların erişiminde zorluk yaşanan alanlarda güvenli veri toplama imkânı sunar.
- Uzaktan algılama sensörleri ile farklı spektral bantlarda veri sağlayarak verim ve kalite analizlerini destekler.
- Uçuş süresi, batarya kapasitesi ile sınırlıdır.
- Hava koşullarına (rüzgâr, yağış, sis vb.) karşı duyarlıdır.
- Veri işleme süreci zaman alıcıdır ve teknik uzmanlık gerektirir.
- Yüksek maliyetli ekipman ve yazılımlara ihtiyaç duyulabilir.
- Yasal düzenlemeler ve uçuş izinleri nedeniyle kullanım kısıtlamaları olabilir.

2.2. Karasal (Sensör) algılama ve plaka ölçme yöntemleri

Karasal (Sensör) algılama yöntemi, toprak yüzeyinden 2 m mesafeye kadar çalışan araç arkasına takılan, kendi hareket eden ya da taşınabilir sensörleri ifade etmektedir. Sensörler sayesinde meranın ham protein, ADF, NDF, kül, lipid, lignin, metabolize edilebilir enerji ve organik madde sindirilebilirliği dahil olmak üzere mera kalite bileşenlerini daha hassas tahmin etmek için kullanılmaktadır (Rovira-Más ve ark., 2021). Sensörlerden elde edilen verilerin anlamlı hale gelebilmesi için belirli işleme ve değerlendirme aşamalarından geçirilmesi gerekmektedir (Safarai ve ark., 2016; Moeckel ve ark., 2017). Veri toplama aşamasında, multispektral veya termal kameralarla bitki örtüsü ve kuru ot verimi, fotogrametri gibi yöntemlerle bitki boyu ve örtü yoğunluğu ölçülür. Ayrıca toprak nemi ve sıcaklığı gibi çevresel veriler de kaydedilir. Ön hazırlık aşamasına gelindiğinde görüntülerde ışık ve açı kaynaklı bozulmalar düzeltilir, hatalı veya eksik veriler ayıklanır ve tüm ölçümler ortak bir sisteme oturtulur. Bu süreçte arazi ölçümlerinden elde edilen veriler, sensör verileriyle karşılaştırılarak



kalibrasyon yapılır. Böylece veriler doğru, güvenilir ve analiz için hazır hale gelir. Veri analiz aşamasında, bitki örtüsü indeksleri ve verim tahminleri yapılır, ayrıca türlerin toplam verime katkı oranları belirlenir. Sonuçlar haritalar ve raporlar halinde düzenlenerek mera yönetiminde kullanılabilecek duruma getirilir. Karasal algılama yöntemleri de diğer yöntemler gibi belirli avantajlara sahip olmakla birlikte, kullanımının kısıtlandığı durumlar da bulunmaktadır (Rossel ve ark., 2011; Legg ve Bradley, 2019; Murphy ve ark., 2021).

- Bitki boyu, yoğunluğu, nemi ve biyokütle gibi parametrelerin yüksek doğrulukla ölçülmesini sağlar.
- Arazi bazında detaylı ve yerinde veri toplama imkânı verir.
- Uydu ve dron verilerinin kalibrasyonunda güvenilir referans oluşturur.
- Hava koşullarından daha az etkilenir ve yılın farklı dönemlerinde uygulanabilir.
- Nispeten düşük maliyetli ve pratik ölçüm imkânı sunar.
- Ölçüm kapsamı sınırlıdır, geniş alanların tamamını temsil etmeyebilir.
- Daha fazla zaman ve iş gücü gerektirir.
- Arazi koşullarında (engebeli zemin, taşlık alan vb.) uygulanması güç olabilir.
- Kullanılan sensörlerin düzenli bakım ve kalibrasyon ihtiyacı vardır.

Bir diğer karasal algılama yöntemi olana plaka ölçer çayır ve meralarda bitki yüksekliği ve verimi ölçmek için kullanılan taşınabilir bir ölçüm cihazıdır. Mera bitkilerinin yoğunluğu ve yüksekliği ile mera verimi arasında bir ilişki kurarak kaba yem miktarını tahmin etmeye yardımcı olur. Bir plaka, ölçü çubuğu, ekran ve taşıma kolundan oluşmaktadır. Cihaz, merada bitkinin üzerine yerleştirildiğinde plaka bitki örtüsünün üst yüzeyine oturur. Plakanın bastığı yük, bitki boyu ve sıklığına bağlı olarak cihazın gösterge sistemine aktarılır. Bu sayede, bitki yüksekliği ve yoğunluğu ölçülür ve önceden yapılmış kalibrasyonlarla mera verimi tahmin edilir (Rayburn, 2020; Cárdenas ve ark., 2020). Plaka ölçme yönteminde ölçüm süreci belirli aşamalardan oluşmaktadır (Sanderson ve ark., 2001; Lile ve ark., 2001). İlk olarak cihaz, ölçüm yapılacak mera tipi için kalibre edilir. Bu kalibrasyon, plaka yüksekliği ile gerçek bitki ağırlığı arasındaki ilişkinin belirlenmesini sağlar. Daha sonra mera alanı üzerinde rastgele veya sistematik olarak ölçüm noktaları seçilir. Ölçüm sayısı, alanın büyüklüğüne ve hedeflenen doğruluk seviyesine bağlı olarak değişmektedir. Ölçüm aşamasında cihaz, bitki örtüsü üzerine yerleştirilir ve plaka, doğal olarak bitki seviyesinde dengeleninceye kadar serbest bırakılır. Bu noktada göstergeler veya sensörler aracılığıyla ölçüm kaydedilir. Farklı noktalarda yapılan bu ölçümler tekrarlanarak ortalama değerler elde edilir. Elde edilen veriler, önceden belirlenen kalibrasyon katsayıları ile birlikte kullanılarak mera verimi ve kaba yem miktarı tahmin edilir. Son aşamada, hesaplanan veriler mera yönetimi, otlatma planlamasının oluşturulmasında kullanılmak üzere raporlanır. Bu süreç, plaka ölçer yöntemin hem pratik hem de bilimsel açıdan mera verimliliğinin belirlenmesinde önemli bir araç olarak kullanılmaktadır. Plaka ölçer, mera verimliliğinin belirlenmesinde yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. Yöntemin avantajlar olduğu kadar, kullanımında bağlı bazı sınırlamalar bulunmaktadır (Nakagami, 2016; Chapa ve ark., 2023).

- Pratik ve hızlı bir yöntemdir; geniş alanlarda kısa sürede çok sayıda ölçüm yapılabilir.
- Nispeten düşük maliyetlidir, ileri teknolojiye kıyasla daha ekonomik bir çözümdür.
- Doğrudan arazi verisi sağlar ve otlatma yönetimi için kullanılabilir.
- Kalibrasyon sayesinde kuru madde verimi tahmininde yeterli doğruluk sağlayabilir.



- Kalibrasyon zorunluluğu vardır; mera tipine ve bitki örtüsüne göre sürekli yeniden ayarlama gerekir.
- Çok kısa veya çok uzun otlarda ölçüm hassasiyeti düşebilir.
- Uydu, İHA veya sensör tabanlı yöntemlere kıyasla mekânsal kapsamı sınırlıdır.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Mera ekosistemleri, sürdürülebilir hayvancılık, ekosistem hizmetleri ve biyolojik çeşitliliğin korunması açısından stratejik öneme sahiptir. Geleneksel yöntemler, arazi koşullarında doğrudan gözlem ve ölçüme dayalı oldukları için özellikle bitki türlerinin tespiti, biyolojik çeşitliliğin belirlenmesi ve yerinde kalibrasyon çalışmaları açısından önemini korumaktadır. Buna karşın, teknolojik yöntemler geniş alanların hızlı, tekrarlanabilir ve hassas bir şekilde izlenmesine olanak tanımakta; verim, bitki örtüsü yoğunluğu ve kalite parametrelerinin yüksek doğrulukla tahmin edilmesini sağlamaktadır. Özellikle hassas tarım teknolojileri, zamansal ve mekânsal değişimlerin izlenmesinde geleneksel yöntemlere kıyasla önemli avantajlar sunmaktadır. Bu araştırmada incelenen geleneksel yöntemler ile teknolojik yöntemler mera araştırmalarında birbirini tamamlayıcı nitelikte olduğu görülmektedir. Bu bağlamda, mera alanlarının verim ve biyolojik çeşitliliğinin belirlenmesinde en uygun yaklaşımın, geleneksel ve teknolojik yöntemlerin entegrasyonuna dayalı hibrit bir izleme sistemi olduğu söylenebilir. Geleneksel yöntemlerle sağlanan tür çeşitliliği ve kalibrasyon verilerinin, uydu ve İHA görüntüleri ile elde edilen geniş ölçekli verilerle desteklenmesi, mera izleme çalışmalarının doğruluğunu artıracaktır. Ayrıca karasal sensörler ve plaka ölçüm yöntemleri, arazi bazlı yüksek çözünürlüklü veriler sunarak bu süreci tamamlayıcı bir rol oynamaktadır. Sonuç olarak, meraların verimlilik ve biyolojik çeşitlilik açısından sürdürülebilir yönetimi için farklı yöntemlerin birlikte kullanılması hem bilimsel hem de pratik açıdan en etkili strateji olarak öne çıkmaktadır. Gelecekte, yapay zekâ ve büyük veri analizlerinin bu yöntemlerle entegre edilmesi, mera ekosistemlerinin izlenmesinde daha hassas, kapsamlı ve sürdürülebilir çözümler sunacaktır.



KAYNAKLAR

- Bakır, Ö. 1970. Orta Doğu Teknik Üniversitesi Arazisinde Bir Mer'a Etüdü. A.Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları No:232 Ankara
- Cárdenas, J., Balocchi, O., Calvache, I. 2020. Calibration of the rising plate meter for mixed pastures of Ryegrass (*Lolium perenne* L.) and Kikuyo (*Cenchrus clandestinus*). Chilean J. Agric. Anim. Sci., 36, 216–223.
- Chapa, J.M., Pichlbauer, B., Bobal, M., Guse, C., Drillich, M., Iwersen, M. 2023. Field evaluation of a rising plate meter to estimate herbage mass in Austrian pastures. Sensors, 23, 7477.
- Dos Reis, A.A., Werner, J.P., Silva, B.C., Figueiredo, G.K., Antunes, J.F., Esquerdo, J.C., Coutinho, A.C., Lamparelli, R.A., Rocha, J.V., Magalhães, P.S. 2020. Monitoring pasture aboveground biomass and canopy height in an integrated crop–livestock system using textural information from PlanetScope imagery. Remote Sens., 12, 2534.
- Furnitto, N., Ramírez-Cuesta, J. M., Intrigliolo, D. S., Todde, G., Failla, S. 2025. Remote sensing for pasture biomass quantity and quality assessment: Challenges and future prospects. Smart Agricultural Technology, 12, 101057.
- Gençkan, S. 1985. Çayır-Mera Kültürü, Amenajmanı, Islahı. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No: 483, İzmir.
- Horn, J., Isselstein, J. 2022. How do we feed grazing livestock in the future? A case for knowledge-driven grazing systems. Grass Forage Sci. 77 (3), 153–166.
- Karunaratne, S., Thomson, A., Morse-McNabb, E., Wijesingha, J., Stayches, D., Copland, A., Jacobs, J., 2020. The fusion of spectral and structural datasets derived from an airborne multispectral sensor for estimation of pasture dry matter yield at paddock scale with time. Remote Sens. 12 (12).
- Legg, M., Bradley, S. 2019. Remote sensing Ultrasonic Proximal Sensing of Pasture Biomass. Remote Sens., 11, 2459.
- Lile, J., Blackwell, M., Thomson, N., Penno, J., Macdonald, K., Nicholas, P., Lancaster, J., Coulter, M. 2001. Practical use of the rising plate meter (RPM) on New Zealand dairy farms. J. N. Z. Grassl., 63, 159–164.
- Lyu, X., Li, X., Dang, D., Dou, H., Wang, K., Lou, A. 2022. Unmanned aerial vehicle (UAV) remote sensing in grassland ecosystem monitoring: A systematic review. Remote Sensing, 14(5), 1096.
- Moeckel, T., Safari, H., Reddersen, B., Fricke, T., Wachendorf, M. 2017. Fusion of Ultrasonic and Spectral Sensor Data for Improving the Estimation of Biomass in Grasslands with Heterogeneous Sward Structure. Remote Sens., 9, 98.
- Murphy, D.J., Murphy, M.D., O'Brien, B., O'Donovan, M., 2021. A review of precision technologies for optimising pasture measurement on Irish grassland. Agriculture 11 (7), 600.
- Nakagami, K. 2016. A method for approximate on-farm estimation of herbage mass by using two assessments per pasture. Grass Forage Sci., 71, 490–496.
- O'Mara, F.P. 2012. The role of grasslands in food security and climate change. Ann. Botany 110 (6), 1263–1270.



- Pal, S.C., Chakraborty, R., Malik, S., Das, B. 2018. Application of forest canopy density model for forest cover mapping using LISS-IV satellite data: A case study of Sali watershed, West Bengal. *Model. Earth Syst. Environ.*, 4, 853–865.
- Pullanagari, R., Yule, I., Hedley, M., Tuohy, M., Dynes, R., King, W., 2012. Multi-spectral radiometry to estimate pasture quality components. *Precis. Agric.* 13, 442–456.
- Rayburn, E. 2020. Plate meter calibrations for forage mass follow a continuum of sward basal density. *Crop, Forage & Turfgrass Management* 6(1).
- Rossel, V.R.A., Adamchuk, V.I., Sudduth, K.A., McKenzie, N.J., Lobsey, C. 2011. Proximal Soil Sensing: An Effective Approach for Soil Measurements in Space and Time. In *Advances in Agronomy*; Sparks, D.L., Ed.; Elsevier: Amsterdam, The Netherlands, Volume 113, pp. 243–291.
- Rovira-Más, F., Saiz-Rubio, V., Cuenca-Cuenca, A. 2021. Sensing architecture for terrestrial crop monitoring: harvesting data as an asset. *Sensors*, 21(9), 3114.
- Safari, H., Fricke, T., Reddersen, B., Möckel, T., Wachendorf, M., 2016. Comparing mobile and static assessment of biomass in heterogeneous grassland with a multi-sensor system. *J. Sens. Syst.* 5 (2), 301–312.
- Sanderson, M.A., Rotz, C.A., Fultz, S.W., Rayburn, E.B. 2001. Estimating forage mass with a commercial capacitance meter, rising plate meter, and pasture ruler. *Agron. J.*, 93, 1281–1286.
- Sankey, T.T., Leonard, J.M., Moore, M.M. 2019. Unmanned Aerial Vehicle Based Rangeland Monitoring: Examining a Century of Vegetation Changes. *Rangel. Ecol. Manag.*, 72, 858–863.
- Shahi, T. B., Balasubramaniam, T., Sabir, K., Nayak, R. 2025. Pasture monitoring using remote sensing and machine learning: A review of methods and applications. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 101459.
- Shalloo, L., O'Donovan, M., Leso, L., Werner, J., Ruelle, E., Geoghegan, A., Delaby, L., O'leary, N., 2018. Grass-based dairy systems, data and precision technologies. *Animal* 12 (s2), s262–s271.
- Tosun, F., Altın, M., 1986. Çayır-Mera-Yayla Kültürü ve Bunlardan Faydalanma Yöntemleri. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Yayınları No: 9, Samsun.
- Uçar, B., Aydın, İ., 2019. Meralarda Farklı Ölçüm Yöntemlerinin Karşılaştırılması. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Yüksek Lisans Tezi.
- Wang, Y., Qin, R., Cheng, H., Liang, T., Zhang, K., Chai, N., Gao, J., Feng, Q., Hou, M., Liu, J., et al., 2022. Can machine learning algorithms successfully predict grassland aboveground biomass? *Remote Sens.* 14 (16), 3843.
- Zheng, H., Zhou, X., He, J., Yao, X., Cheng, T., Zhu, Y., Cao, W., Tian, Y. 2020. Early season detection of rice plants using RGB, NIR-G-B and multispectral images from unmanned aerial vehicle (UAV). *Comput. Electron. Agric.*, 169, 105223.



FARKLI BİÇİM YÜKSEKLİKLERİNİN ŞEKER SORGUMU (*SORGHUM BICOLOR* L. MOENCH) VE SORGUM X SUDANOTU MELEZLERİNDE VERİM VE MORFOLOJİK ÖZELLİKLERE ETKİSİ

Ece COŞKUN

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Tarla Bitkileri Anabilim Dalı Doktora Öğrencisi,

E-posta: ece_coskun_89@hotmail.com

ORCID: 0000-0002-4253-9501

Sorumlu Yazar: Doç. Dr. Fırat ALATÜRK*

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü,

E-posta: alaturkf@comu.edu.tr

ORCID: 0000-0003-3394-5855

Dr. Öğr. Üyesi Baboo ALİ

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü,

E-posta: baboo.ali@comu.edu.tr

ORCID: 0000-0002-6989-7018

Prof. Dr. Ahmet GÖKKUŞ

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü

E-posta: agokkus@yahoo.com

ORCID: 0000-0002-8549-8498

Prof. Dr. Harun BAYTEKİN

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü

E-posta: hbaytekin@comu.edu.tr

ORCID: 0000-0001-6286-9877

ÖZET

Bu çalışma, şeker sorgumu (*Sorghum bicolor* L. Moench) ve sorgum × sudanotu melezlerinde (*Sorghum bicolor* × *Sorghum sudanense*) farklı biçim yüksekliklerinin verim ve morfolojik özelliklere etkilerini belirlemek amacıyla yürütülmüştür. Araştırma, 2019–2020 yıllarında Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Ziraat Fakültesi deneme alanında, bölünmüş parseller deneme desenine göre dört tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiştir. Denemede bitkiler 30, 60, 90, 120, 150 cm ve fizyolojik olgunluk dönemine ulaştıklarında toprak seviyesinden 15 cm anız yüksekliği kalacak şekilde hasat edilmiştir. Bir yetiştirme döneminde yapılan biçim sayıları 30, 60, 90, 120, 150 cm ve fizyolojik olum dönemlerinde sırasıyla 6, 5, 4, 3, 2 ve 1 kez hasat edilmiştir. Araştırmada yeşil ot verimi, kuru ot verimi, kuru madde oranı, bitki başına yaş ve kuru kök ağırlıkları ile kök kuru madde oranları incelenmiştir. Yürütülen bu çalışmanın sonucunda biçim yüksekliği, yeşil ot verimi, kuru ot verimi, toprak üstü kuru madde oranı, yaş kök verimi, kuru kök verimi ve kök kuru madde oranı üzerinde istatistiksel olarak önemli



farklılıklar oluşturmuştur ($P<0,001$). İki yıllık ortalamalar dikkate alındığında, en yüksek yeşil ot verimi 8679,6 kg/da ile M81-E şeker sorgumunda, en düşük ise 6584,6 kg/da ile Topper-76 çeşidinde elde edilmiştir. Kuru ot veriminde fizyolojik olum dönemi öne çıkmış ve M81-E 4071,1 kg/da ile en yüksek değeri sağlamıştır. Kuru madde oranı, biçim yüksekliği arttıkça artış göstermiş ve fizyolojik olumda %36,54'e ulaşmıştır. Kök özelliklerinde şeker sorgumu çeşitleri daha yüksek yaş ve kuru kök verimleriyle dikkat çekmiş, fizyolojik olum döneminde kök kuru madde oranı %42,04'e ulaşmıştır. Sonuç olarak, şeker sorgumu ve sorgum × sudanotu melezleri kaba yem açığının kapatılmasında önemli bir potansiyele sahiptir. Ancak yem kalitesi ve sindirilebilirlik dikkate alındığında, üreticiler için en uygun biçim yüksekliğinin 90–120 cm aralığında olduğu belirlenmiştir. Kuru madde birikimi ve kök veriminin artırılması amacıyla fizyolojik oluma yakın biçimler de değerlendirilebilir. Çalışma, sürdürülebilir yem bitkileri üretiminde çeşit ve biçim yüksekliği etkileşimine dayalı yönetim stratejilerinin geliştirilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır.

Keywords: Şeker Sorgumu, Sorgum*Sudanotu Melezi, Biçim Yüksekliği, Yeşil Ot Verimi, Kuru Ot Verimi.

Not: Bu çalışma, T.C. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından desteklenen **FBA-2020-3209** numaralı Bağımsız Araştırma Projesi kapsamında üretilmiştir. Sağladıkları destek için teşekkür ederiz.



ABSTRACT

This study was conducted to determine the effects of different cutting heights on the yield and morphological traits of sweet sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) and sorghum × sudangrass hybrids (*Sorghum bicolor* × *Sorghum sudanense*). The experiment was carried out during 2019–2020 at the experimental fields of the Faculty of Agriculture, Çanakkale Onsekiz Mart University, using a split-plot design with four replications. Plants were harvested at cutting heights of 30, 60, 90, 120, and 150 cm, as well as at physiological maturity, leaving a stubble height of 15 cm above ground level. Within a single growing season, the number of harvests at cutting heights of 30, 60, 90, 120, 150 cm, and physiological maturity were 6, 5, 4, 3, 2, and 1, respectively. The study evaluated fresh hay yield, dry hay yield, dry matter ratio, fresh and dry root weights per plant, and root dry matter ratio. The results revealed that cutting height had statistically significant effects ($P<0.001$) on fresh hay yield, dry hay yield, aboveground dry matter ratio, fresh root yield, dry root yield, and root dry matter ratio. Based on the two-year averages, the highest fresh hay yield was obtained from the sweet sorghum cultivar M81-E (8679.6 kg/da), while the lowest was recorded in Topper-76 (6584.6 kg/da). In terms of dry hay yield, physiological maturity was the most favorable stage, with M81-E reaching the highest value of 4071.1 kg/da. The dry matter ratio increased with cutting height and reached 36.54% at physiological maturity. Sweet sorghum cultivars exhibited higher fresh and dry root yields, and the root dry matter ratio reached 42.04% at maturity. In conclusion, sweet sorghum and sorghum × sudangrass hybrids present considerable potential to reduce forage deficits. However, when forage quality and digestibility are considered, the optimal cutting height for producers is between 90–120 cm. Cutting at physiological maturity may also be considered when the goal is to maximize dry matter accumulation and root yield. The study highlights the necessity of developing management strategies based on the interaction between cultivar and cutting height to promote sustainable forage production.

Keywords: Sweet Sorghum, Sorghum-Sudangrass Hybrid, Cutting Height, Forage Yield, Dry Matter Yield.

Note: This study was produced within the scope of the Independent Research Project (Project No: **FBA-2020-3209**), supported by the Scientific Research Projects Coordination Unit of Çanakkale Onsekiz Mart University, Republic of Türkiye. We gratefully acknowledge their support.



INTRODUCTION

Türkiye’de hayvancılığın ölçeği ve niteliği son yıllarda hızla değişmekte; et, süt ve süt ürünleri üretiminde büyükbaş yetiştiriciliğin payı artarken kaba yem talebi de belirgin biçimde yükselmektedir. Mevcut çayır ve mera alanlarının (yaklaşık 14,6 milyon ha) verim gücündeki düşüş ve hayvan varlığındaki artış (yaklaşık 19,3 milyon HB) yem bitkileri tarımını stratejik bir öncelik haline getirmiştir (TÜİK, 2019). Bu bağlamda, su ve girdi kullanımı bakımından etkin, yazlık dönemde yüksek biyokütle üreten ve çoklu kullanım olanağı sunan sorgum türleri öne çıkmaktadır. Sorgum ve sorgum $\times$ sudanotu melezleri (SSM) birim alanda yüksek organik madde üretimi, sıcak ve kurak koşullara dayanımı, biçim sonrası yeniden sürgün verme yeteneği ve yeşil ot, kuru ot, silaj/haylaj ile otlatmada esnek kullanım avantajları nedeniyle hem küçük/orta ölçekli aile işletmeleri hem de ticari kaba yem üreticileri için cazip alternatiflerdir (İptaş ve ark., 2001; Uzun ve Çiğdem, 2005; Genç ve Baytekin, 2015). Dünya ölçeğinde de sorgum; kuraklık/sıcaklık stresine ve bazı hastalık-zararlılara göreli toleransı sayesinde mısıra alternatif bir yem ve biyokütle bitkisi olarak konumlanmakta, ekim alanı ve üretim miktarı bakımından tahıllar içinde ilk beş sırada yer almaktadır (FAOSTAT, 2016; Amzallag ve Seligmann, 2000; Getachew ve ark., 2016). Öte yandan şeker sorgum, şıra/etanol potansiyeli ve kısıtlı su koşullarında yüksek verim gücü ile enerji tarımı yanında yem ve silaj üretimi için de önemli bir seçenek sunmaktadır (Yücel ve ark., 2017).

Sorgum ve SSM’de hasat/otlatma yönetimi, hem verim hem de yem kalitesinin belirleyici bileşenidir. Uygulamada genç sürgünlerin aşırı erken otlatılması kimi zaman sindirim sorunlarına yol açabildiğinden, optimum biçim yüksekliğinin belirlenmesi üretim güvenliği ve kalite açısından kritik önemdedir (Uzun ve Çiğdem, 2005). Literatürde farklı ekim sıklığı, sıra aralığı ve lokasyon koşullarında yeşil/kuru ot verimine ilişkin çok sayıda çalışma bulunmakla birlikte (Acar ve ark., 2002; Sürmen ve Kara, 2022), çoklu biçim yüksekliğinin eşzamanlı olarak hem toprak üstü (yeşil ot, kuru ot, toprak üstü kuru madde oranı) hem de toprak altı bileşenleri (yaş kök verimi, kuru kök verimi, kök kuru madde oranı) üzerindeki etkilerini, çeşit $\times$ biçim yüksekliği etkileşimiyle birlikte iki yıl süreyle sistematik biçimde inceleyen çalışmalar sınırlıdır. Bu boşluk, üreticinin hedefe (yeşil ot/kuru ot/silaj) uygun en uygun biçim yüksekliğini seçmesine dönük kanıta dayalı önerilerin geliştirilmesini güçleştirmektedir. Bu çalışma, söz konusu ihtiyaca yanıt olarak, iki şeker sorgumu (M81-E, Topper-76) ve iki SSM (Nutri Honey, Nutrima) çeşidinde 30, 60, 90, 120, 150 cm ve fizyolojik olum dönemlerinde yapılan hasatların; yeşil ot verimi, kuru ot verimi, toprak üstü kuru madde oranı, yaş kök verimi, kuru kök verimi ve kök kuru madde oranı üzerine etkilerini bölünmüş parseller deneme deseni ve dört tekerrürle iki yıl boyunca değerlendirmiştir. Çalışmanın amacı, (i) biçim yüksekliğinin ve (ii) çeşit $\times$ biçim yüksekliği etkileşiminin istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığını ortaya koymak, (iii) verim ve kalite göstergeleri arasında üretici açısından denge sunan pratik bir biçim yüksekliği önerisi geliştirmek ve (iv) farklı kullanım amaçları (yeşil ot/kuru ot/silaj) için karar destek sağlayacak nicel kanıt üretmektir. Böylelikle, su ve girdi kullanımının rasyonelleştirilmesi yoluyla kaba yem açığının azaltılmasına ve bölgesel yem bitkileri üretiminin sürdürülebilirliğine katkı sağlanması hedeflenmektedir (İptaş ve ark., 2001; Tansı ve ark., 1991; Küçüksemerci ve Baytekin, 2017).

METHODOLOGY

Araştırma, 2019 ve 2020 yıllarının yaz yetiştirme dönemlerinde Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Ziraat Fakültesi deneme alanında yürütülmüştür. Çalışmada, farklı biçim yüksekliklerinin şeker sorgumu (*Sorghum bicolor* L. Moench) ve sorgum $\times$ sudanotu melezi (*Sorghum bicolor* $\times$ *Sorghum sudanense*) çeşitlerinde verim ve morfolojik özellikler üzerine etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Denemede bitkilerin yem kalitesindeki değişimlerini ortaya koymak amacıyla farklı biçim yükseklikleri uygulanmıştır. Biçimler, bitkilerin 30, 60,



90, 120 ve 150 cm boy uzunluklarına ulaştıkları dönemler ile fizyolojik olgunluk aşamasında gerçekleştirilmiştir. Her bir parsel şeker sorgumunda 5 m uzunluğunda 6 sıra, sorgum × sudanotu melezinde (SSM) ise 12 sıradan oluşturulmuş; biçim uygulamaları şeker sorgumunda 4, SSM’de ise 8 sıra üzerinden yürütülmüştür. Bitkilerin hedef boy uzunluklarına ulaşmasıyla birlikte biçimler aynı gelişim düzeyinde tekrarlanmıştır. Deneme alanı ekim öncesinde klasik toprak işleme yöntemleri kullanılarak hazırlanmış; derin sürümün ardından kültivatör ve diskaro çekilerek tohum yatağı oluşturulmuştur. Taban gübrelemesi kapsamında dekara 10 kg N, 10 kg P ve 10 kg K gelecek şekilde 15-15-15 kompoze gübre uygulanmış ve toprağa karıştırılmıştır. Çıkış sonrasında ise üst gübre olarak dekara 5 kg N, amonyum sülfat formunda verilmiştir (Avcioğlu ve ark., 2009). Gübreleme işlemleri öncesinde deneme alanından toprak örnekleri alınarak analizler yapılmıştır. Ekim işlemleri her iki yılda da mayıs ayının ilk haftasında elle gerçekleştirilmiştir. Şeker sorgumu çeşitleri 70 cm sıra arası, 7–10 cm sıra üzeri mesafe olacak şekilde, SSM çeşitleri ise 35 cm sıra arası, 7–10 cm sıra üzeri mesafe ile ekilmiştir (Orak ve Kave ark., 1994; Baytekin ve Şilbir, 1996; Baytekin ve ark., 1996; Kızıl ve Tansı, 1997; Mahmood ve Honermeier, 2012). Deneme boyunca sulamalar damla sulama sistemiyle yapılmış, yabancı ot kontrolü ise sıra aralarının çapalanması ve sıra üzerlerinin elle temizlenmesi yoluyla sağlanmıştır. Toprak analizleri Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi’nde (ÇOBİLTUM) gerçekleştirilmiştir. Analiz sonuçları, deneme alanı topraklarının killi-tınlı bünyeye sahip olduğunu, reaksiyon açısından nötr karakterde bulunduğunu, orta düzeyde kireç içerdiğini, organik madde bakımından orta seviyede, fosfor yönünden orta düzeyde, potasyum açısından ise yetersiz durumda olduğunu ortaya koymuştur (Çizelge 1).

Çizelge 1. Deneme alanına ait toprak analiz sonuçları

	İşba (%)	pH	E.C. (mS/cm)	Kireç (%)	Organik madde (%)	P (kg/da)	K (kg/da)
Örnek 1	70	7,50	0,85	8,65	1,89	2,95	80,36
	Killi-tınlı	Hafif alkali	Tuzsuz	Orta kireçli	Az	Az	Az
Örnek 2	65	7,35	0,88	7,69	1,95	2,45	75,69
	Killi-tınlı	Nötr	Tuzsuz	Orta kireçli	Az	Az	Az
Örnek 3	68	7,31	0,95	9,16	1,78	3,10	86,35
	Killi-tınlı	Nötr	Tuzsuz	Orta kireçli	Az	Az	Az
Ortalama	67,7	7,39	89,3	8,50	1,87	2,83	80,80
	Killi-tınlı	Nötr	Tuzsuz	Orta kireçli	Az	Az	Az

Denemede incelenen özellikler kapsamında hem toprak üstü hem de toprak altı verim bileşenleri ayrıntılı olarak değerlendirilmiştir. Yeşil ot verimlerinin belirlenmesi amacıyla parseller bitki boyu hedeflenen biçim yüksekliğine ulaştığında hasat edilmiştir. Bu aşamada



parsel başlarından 50 cm, parsel kenarlarından ise ikişer sıra kenar tesiri olarak bırakılmış; kalan yaklaşık 14 m²'lik alan, orakla 15 cm anız bırakılarak biçilmiş ve tartımlar yapılmıştır. Elde edilen değerler dekara çevrilerek yeşil ot verimleri hesaplanmıştır (Lang, 2001). Kuru ot verimlerinin saptanmasında, yeşil ot için hasat edilen materyalden her parselden rastgele 1 kg'ın üzerinde olacak şekilde örnekler alınmış ve yaş ağırlıkları kaydedilmiştir. Bu örnekler önce parçalanarak gölgede havalandırılmış, daha sonra 60 °C'de sabit ağırlığa ulaşmaya kadar yaklaşık 48 saat süreyle etüvde kurutulmuştur. Son tartımlar yapıldıktan sonra yeşil ve kuru ağırlık değerleri karşılaştırılarak kuru madde oranları hesaplanmıştır (AOAC, 1990). Toprak üstü kuru madde oranı, yeşil ot verimi ile kuru madde oranının çarpılması yoluyla elde edilmiştir. Bu yöntemle hem toplam kuru madde üretimi hem de otun besleme açısından potansiyel değerine ilişkin göstergeler ortaya konulmuştur. Kök özelliklerinin belirlenmesi amacıyla her hasat döneminde bitkilerden köklü örnekler alınmıştır. Yaş kök verimi doğrudan taze köklerin tartılmasıyla hesaplanmış, kuru kök verimi ise köklerin ayrılarak 60 °C'de sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutulmasıyla elde edilmiştir (AOAC, 1990). Kök kuru madde oranı, yaş kök ve kuru kök ağırlıkları arasındaki oranlama yöntemiyle belirlenmiştir. Böylece kök dokularındaki su içeriği ve kuru madde birikim düzeyi ortaya konulmuştur. Bu yöntemlerle elde edilen veriler, biçim yüksekliği ve çeşit farklılıklarının hem toprak üstü verim bileşenleri (yeşil ot, kuru ot, toprak üstü kuru madde oranı) hem de toprak altı özellikler (yaş kök, kuru kök, kök kuru madde oranı) üzerindeki etkilerini kapsamlı biçimde değerlendirme olanağı sağlamıştır.

İstatistiksel Analiz

Elde edilen veriler varyans analizi (ANOVA) yöntemiyle değerlendirilmiş; çeşit, biçim yüksekliği ve çeşit × biçim yüksekliği etkileşimleri test edilmiştir. Tekrarlanan ölçümlere uygun varyans analizleri SAS paket programı (SAS Institute, 1999) kullanılarak yapılmıştır. Ortalamalar arasındaki farklılıklar LSD çoklu karşılaştırma testi ile %5 önem düzeyinde değerlendirilmiştir.

CONCLUSION AND DISCUSSION

Araştırmada farklı biçim yüksekliklerinin şeker sorgumu ve sorgum × sudanotu melezlerinde (SSM) verim ve morfolojik özellikler üzerine etkileri istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P<0,001$). Çeşit, biçim yüksekliği ve çeşit × biçim yüksekliği etkileşimi, tüm özelliklerde farklı düzeylerde anlamlı sonuçlar vermiştir.

Yeşil Ot Verimi: Araştırmada sorgum-sudanotu (Nutrima ve Nutri Honey) ve şeker sorgumu (M81-E ve Topper-76) çeşitlerinin yeşil ot verimleri; çeşit, biçim yüksekliği ve bu iki faktörün etkileşiminden istatistiksel olarak önemli düzeyde etkilenmiştir ($P<0,001$). Genel eğilim, ikinci yıl verimlerinin daha yüksek olması yönündedir. Ancak M81-E çeşidi birinci yılda (9838,7 kg/da) ikinci yıldan (7520,5 kg/da) daha yüksek verim vermiştir. Çeşitler genelinde yeşil ot verimleri 6215,1–9838,7 kg/da aralığında değişmiş; en yüksek verim M81-E'nin birinci yılında, en düşük ise Topper-76'nın birinci yılında kaydedilmiştir. İki yıllık ortalamalar dikkate alındığında M81-E 8679,6 kg/da ile en yüksek, Topper-76 ise 6584,6 kg/da ile en düşük değere ulaşmıştır. Nutrima ve Nutri Honey çeşitleri birbirine yakın performans göstermiştir (7838,7 ve 7861,7 kg/da). Biçim yüksekliği arttıkça yeşil ot veriminde artış eğilimi gözlenmiş, 120 cm'de en yüksek ortalama (8372,2 kg/da), 30 cm'de ise en düşük (6668,4 kg/da) değer elde edilmiştir. Fizyolojik olum döneminde M81-E'nin verimi en yüksek düzeye çıkarken (10717,6 kg/da), Nutrima gibi bazı çeşitlerde belirgin düşüşler saptanmıştır (Çizelge 2). Bu sonuçlar, çeşitlerin farklı gelişim stratejileri nedeniyle optimum biçim yüksekliğinin çeşit bazında değişebildiğini göstermektedir.



Çizelge 2. Sorgum-Sudanotu ve şeker sorgumu çeşitlerinde (2019–2020) farklı biçim uygulamalarının iki yıllık ortalama yeşil ot verimleri (kg/da)

Biçim Uygulamaları	SS*-Nutri Honey	SS*-Nutrima	ŞS*-M81-E	ŞS*-Topper-76	Ortalama
30 cm	7126,6 d-h	7162,6 d-h	6617,2 f-1	5767,5 1	6668,4 C
60 cm	7360,5 c-h	8717,1 bc	8267,2 bcd	6011,4 h1	7589,1 B
90 cm	8916,9 b	8254,4 bcd	7975,2 b-f	6765,6 e-1	7978,0AB
120 cm	8630,4 bc	8061,3 b-e	9288,3 b	7509,0 c-g	8372,2 A
150 cm	8068,6 b-e	8718,8 bc	9212,3 b	6432,4 gh1	8108,0AB
Fizyolojik Olum	7067,1 d-1	6118,2 h1	10717,6 a	7021,8 d-1	7731,2AB
Ortalama	7861,7 B	7838,7 B	8679,6 A	6584,6 C	-
Önemlilik	PÇeşit;0,0001, Yüksekliği:0,0001	PBiçim	yüksekliği:0,0001,	PÇeşit*Biçim	

*SS: Sorgum Sudan otu, ŞS: Şeker Sorgumu

Kuru Ot Verimi

Araştırmada sorgum-sudanotu (Nutrima ve Nutri Honey) ile şeker sorgumu (M81-E ve Topper-76) çeşitlerinin kuru ot verimleri, çeşit, biçim yüksekliği ve bunların etkileşiminden istatistiksel olarak önemli düzeyde etkilenmiştir ($P<0,001$). İki yıllık sonuçlara göre çeşitlerin çoğunda ikinci yıl verimleri daha yüksek bulunmuş, yalnızca M81-E’de birinci yıl değeri (2482,5 kg/da) ikinci yıldan (1578,5 kg/da) daha yüksek olmuştur. Çeşit ortalamaları incelendiğinde M81-E 2030,5 kg/da ile en yüksek, Topper-76 ise 1364,0 kg/da ile en düşük kuru ot verimine ulaşmıştır. Nutrima ve Nutri Honey çeşitleri birbirine yakın değerler göstermiştir. Biçim yüksekliği açısından 30 cm erken biçimler düşük verimlerle sonuçlanırken, fizyolojik olum döneminde tüm çeşitlerde en yüksek kuru ot verimleri elde edilmiştir. Özellikle M81-E çeşidi fizyolojik olumda 4071,1 kg/da ile en yüksek değeri vermiştir (Çizelge 3). Bu sonuçlar, kuru ot üretiminde geç biçimlerin özellikle şeker sorgumu çeşitlerinde daha avantajlı olduğunu ortaya koymaktadır.

Çizelge 3. Sorgum-Sudanotu ve şeker sorgumu çeşitlerinde (2019–2020) farklı biçim uygulamalarının iki yıllık ortalama kuru ot verimleri (kg/da)

Biçim Uygulamaları	SS*-Nutri Honey	SS*-Nutrima	ŞS*-M81-E	ŞS*-Topper-76	Ortalama
30 cm	1050,3 ijk	1127,5 ijk	983,6 jk	760,6 k	980,5 D
60 cm	1222,7 hij	1383,9 g-j	1610,9e-h	1081,0 ijk	1324,6 C



90 cm	1888,7 de	1874,3 de	1764,1d-g	1146,0 ıjk	1668,3 B
120 cm	1943,6 cde	1643,7 efg	1944,0cde	1445,6 f-ı	1744,2 B
150 cm	1959,4 cde	2068,5 cd	1809,2def	1442,3 f-ı	1819,9 B
Fizyolojik Olum	2506,2 b	2310,5 bc	4071,1 a	2308,2 bc	2799,0 A
Ortalama	1761,8 B	1734,8 B	2030,5 A	1364,0 C	-
Önemlilik	PÇeşit;0,0001, Yüksekliği:0,0001	PBiçim	yüksekliği:0,0001,	PÇeşit*Biçim	

*SS: Sorgum Sudan otu, ŞS: Şeker Sorgumu

Toprak Üstü Kuru Madde Oranı

Çalışmada sorgum-sudanotu ve şeker sorgumu çeşitlerinin kuru madde oranları üzerinde biçim yüksekliğinin istatistiksel olarak önemli etkisi olduğu belirlenmiştir ($P<0,001$), ancak çeşit ve çeşit $\times$ biçim yüksekliği etkileşimi önemli bulunmamıştır. İlk yıl en yüksek kuru madde oranı M81-E'de (%24,48), en düşük Topper-76'da (%21,12) kaydedilmiştir. İkinci yılda ise en yüksek oran Nutrima'da (%21,49), en düşük değer M81-E'de (%20,26) saptanmıştır. Ortalama değerler incelendiğinde, fizyolojik olum döneminde yapılan biçimler en yüksek kuru madde oranını sağlamış (%36,54), 30 cm'de ise en düşük oran (%14,75) elde edilmiştir (Çizelge 4). Genel eğilim biçim yüksekliği arttıkça kuru madde oranının yükselmesi yönündedir.

Çizelge 4. Sorgum-Sudanotu ve şeker sorgumu çeşitlerinde (2019–2020) farklı biçim uygulamalarının iki yıllık ortalama toprak üstü kuru madde oranları (%)

Biçim Uygulamaları	SS*-Nutri Honey	SS*-Nutrima	ŞS*-M81-E	ŞS*-Topper-76	Ortalama
30 cm	14,74	15,75	14,93	13,60	14,75 E
60 cm	16,62	15,87	20,01	17,95	17,62 D
90 cm	21,15	22,73	21,26	16,82	20,49 C
120 cm	22,56	20,33	20,66	19,29	20,71 C
150 cm	24,84	24,48	19,55	23,05	22,98 B
Fizyolojik Olum	36,05	38,35	37,82	33,94	36,54 A
Ortalama	22,66	22,92	22,37	20,78	-
Önemlilik	PÇeşit;0,0694, Yüksekliği:0,1336	PBiçim	yüksekliği:0,0001,	PÇeşit*Biçim	

*SS: Sorgum Sudan otu, ŞS: Şeker Sorgumu

Yaş Kök Ağırlığı



Araştırmada sorgum-sudanotu (Nutrima ve Nutri Honey) ile şeker sorgumu (M81-E ve Topper-76) çeşitlerinin yaş kök verimleri çeşit faktöründen istatistiksel olarak önemli düzeyde etkilenmiştir ($P<0,001$). İki yıllık sonuçlara göre tüm çeşitlerde ikinci yıl değerleri ilk yıla kıyasla daha yüksek bulunmuştur. M81-E çeşidinde yaş kök verimi 2019 yılında 24,14 g/bitki iken 2020 yılında 60,03 g/bitki'ye yükselmiş, benzer bir artış Topper-76'da da gözlemlenmiştir. Her iki yılda da en yüksek yaş kök verimine sahip çeşit Topper-76 (24,43–75,07 g/bitki), en düşük ise Nutri Honey (12,71–26,65 g/bitki) olmuştur. Ortalama değerler incelendiğinde şeker sorgumu çeşitleri yaş kök veriminde üstünlük göstermiş, en yüksek değerler fizyolojik olum döneminde, en düşük ise 30 cm biçim yüksekliğinde kaydedilmiştir (Çizelge 5).

Çizelge 5. Sorgum-Sudanotu ve şeker sorgumu çeşitlerinde (2019–2020) farklı biçim uygulamalarının iki yıllık ortalama yaş kök ağırlıkları (g/bitki)

Biçim Uygulamaları	SS*-Nutri Honey	SS*-Nutrima	ŞS*-M81-E	ŞS*-Topper-76	Ortalama
30 cm	24,95 d-g	31,39 d-g	16,47 fg	20,07 efg	23,22 C
60 cm	25,75 d-g	27,67 d-g	39,00 c-f	59,16 abc	37,89 AB
90 cm	19,69 efg	19,35 fg	44,73 b-e	69,47 ab	38,31 AB
120 cm	15,93 fg	18,83 fg	46,48 bcd	40,94 c-f	30,54 BC
150 cm	18,33 fg	19,84 efg	37,64 c-g	31,03 d-g	26,71 BC
Fizyolojik Olum	13,45 g	21,26 d-g	68,19 ab	77,82 a	45,18 A
Ortalama	19,68 B	23,06 B	42,08 A	49,75 A	-
Önemlilik	PÇeşit:0,0001, PBiçim yüksekliği:0,0076, PÇeşit*Biçim Yüksekliği:0,0057				

*SS: Sorgum Sudan otu, ŞS: Şeker Sorgumu

Kuru Kök Verimi

Sorgum-sudanotu (Nutrima ve Nutri Honey) ile şeker sorgumu (M81-E ve Topper-76) çeşitlerinin kuru kök verimleri çeşit ($P<0,001$), biçim yüksekliği ($P<0,001$) ve çeşit $\times$ biçim yüksekliği etkileşimine ($P=0,0023$) bağlı olarak istatistiksel açıdan anlamlı farklılıklar göstermiştir. Tüm çeşitlerde ikinci yıl kuru kök verimleri birinci yıldan yüksek bulunmuş, 2020 yılında en yüksek değer Topper-76 çeşidinde (24,40 g/bitki), en düşük ise Nutri Honey'de (9,44 g/bitki) kaydedilmiştir. 2019 yılında ise M81-E en yüksek (6,99 g/bitki), Nutri Honey en düşük (3,82 g/bitki) değere sahip olmuştur. İki yıllık ortalamalar incelendiğinde şeker sorgumu çeşitleri (M81-E: 14,25 g/bitki; Topper-76: 15,40 g/bitki) sorgum-sudanotu çeşitlerinden (Nutrima: 7,50 g/bitki; Nutri Honey: 6,63 g/bitki) daha yüksek kuru kök verimi göstermiştir. Biçim yüksekliği bakımından en yüksek kuru kök verimleri fizyolojik olum döneminde (M81-E: 31,86 g/bitki; Topper-76: 31,66 g/bitki), en düşük verimler ise erken biçimlerde (30–60 cm) elde edilmiştir (Çizelge 6).

Çizelge 6. Sorgum-Sudanotu ve şeker sorgumu çeşitlerinde (2019–2020) farklı biçim uygulamalarının iki yıllık ortalama kuru kök verimleri (g/bitki)



Bıçım Uygulamaları	SS*-Nutri Honey	SS*-Nutrima	ŞS*-M81-E	ŞS*-Topper-76	Ortalama
30 cm	7,56 c	9,60 bc	4,43 c	6,66 c	7,06 B
60 cm	8,69 bc	8,84 bc	7,81 c	18,75 b	11,03 B
90 cm	7,28 c	5,61 c	14,34 bc	12,31 bc	9,89 B
120 cm	5,30 c	6,28 c	12,81 bc	12,79 bc	9,30 B
150 cm	5,66 c	7,15 c	14,28 bc	10,25 bc	9,33 B
Fizyolojik Olum	5,29 c	7,49 c	31,86 a	31,66 a	19,07 A
Ortalama	6,63 B	7,50 B	14,25 A	15,40 A	-
Önemlilik	PÇeşit:0,0001, PBiçim yüksekliği:0,0023		yüksekliği:0,0002,		PÇeşit*Biçim

*SS: Sorgum Sudan otu, ŞS: Şeker Sorgumu

Kök Kuru Madde Oranı

Sorgum-sudanotu ve şeker sorgumu çeşitlerinin kök kuru madde oranları incelendiğinde, çeşitler arasında fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmamış ancak sınıra yakın çıkmıştır ($P=0,1287$). Buna karşın, biçim yüksekliği kök kuru madde oranını güçlü biçimde etkilemiş ($P=0,001$) ve çeşit $\times$ biçim yüksekliği etkileşimi de anlamlı olmuştur ($P=0,0145$). İki yıllık sonuçlara göre tüm çeşitlerde 2020 yılı değerleri 2019'a göre daha yüksek bulunmuş; 2019'da %30'un altında olan oranlar, 2020'de %33'ün üzerine çıkmıştır. En yüksek kök kuru madde oranı fizyolojik olum döneminde M81-E (%42,04) ve Nutri Honey (%41,05) çeşitlerinde, en düşük oran ise 90 cm'de yapılan hasatta Topper-76'da (%20,77) belirlenmiştir (Çizelge 7).

Çizelge 7. Sorgum-Sudanotu ve şeker sorgumu çeşitlerinde (2019–2020) farklı biçim uygulamalarının iki yıllık ortalama kök kuru madde oranları (%)

Bıçım Uygulamaları	SS*-Nutri Honey	SS*-Nutrima	ŞS*-M81-E	ŞS*-Topper-76	Ortalama
30 cm	29,16 de	28,95 de	27,91 ef	32,82 b-e	29,71 C
60 cm	30,83 b-e	29,79 cde	21,90 fg	28,75 def	27,82 C
90 cm	35,21 a-d	28,67 def	31,39 b-e	20,77 g	29,01 C
120 cm	32,70 b-e	32,85 b-e	27,64 efg	30,15 cde	30,84 BC
150 cm	31,13 b-e	35,07 a-d	35,61 a-d	31,44 b-e	33,31 B
Fizyolojik Olum	41,05 a	37,73 ab	42,04 a	36,48 abc	39,32 A
Ortalama	33,35	32,18	31,08	30,07	-



Önemlilik	PÇeşit:0,1287, Yüksekliği:0,0145	PBiçim	yüksekliği:0,0001,	PÇeşit*Biçim
-----------	----------------------------------	--------	--------------------	--------------

*SS: Sorgum Sudan otu, ŞS: Şeker Sorgumu

Bu çalışmada şeker sorgumu ve sorgum × sudanotu melezlerinde farklı biçim yüksekliklerinin verim ve morfolojik özellikler üzerindeki etkileri incelenmiş, sonuçlar biçim yüksekliğinin tüm özelliklerde istatistiksel olarak anlamlı farklılıklara yol açtığını ortaya koymuştur ($P<0,001$).

Yeşil ot veriminde biçim yüksekliği arttıkça verimde belirgin bir artış görülmesi, sorgum bitkisinin fotosentetik kapasitesi ve vejetatif büyümesinin sürekliliği ile açıklanabilir. Bitki boyu arttıkça yaprak alan indeksi yükselmekte, bu da fotosentez etkinliğini artırarak karbon asimilasyonunun daha fazla yaprak, gövde ve kök dokularına yönlendirilmesine yol açmaktadır (Getachew ve ark., 2016). Özellikle M81-E şeker sorgumunun yüksek yeşil ot verimine ulaşması (8679,6 kg/da), genetik yapısının geççi karakteri sayesinde daha uzun süre fotosentetik aktiviteyi sürdürebilmesiyle ilişkilendirilebilir.

Kuru ot veriminin fizyolojik oluma doğru artış göstermesi de bitkinin yaşam döngüsündeki doğal asimilasyon ve rezerv birikim süreçleriyle açıklanabilir. Olgunlaşma dönemine yaklaşıldığında yaprak ve gövdelerdeki su içeriği azalmakta, lignifikasyon ve selüloz/lignin oranı artmaktadır. Bu durum kuru madde oranını artırmakta, dolayısıyla kuru ot verimini yükseltmektedir (Salman ve Budak, 2015). Ancak burada yem kalitesi açısından bir denge söz konusudur; ileri dönem biçimlerde sindirilebilirlik azalırken, erken biçimlerde sindirilebilirlik yüksek fakat kuru madde birikimi düşük olmaktadır. Bu nedenle yem değerinin korunması için 90–120 cm aralığı daha uygun bir denge sağlamaktadır.

Toprak üstü kuru madde oranının biçim yüksekliğine bağlı olarak artması (%14,75'ten %36,54'e), bitkide su-kuru madde dengesinin fenolojik gelişimle birlikte değişmesinden kaynaklanmaktadır. Vejetatif dönemde hücreler daha fazla su içerirken, generatif döneme geçişle birlikte su kaybı artmakta ve karbonhidratlar başta olmak üzere yapısal maddeler birikmektedir. Özellikle C4 fotosentez yoluna sahip sorgum, yüksek ışık ve sıcaklık koşullarında su kullanım etkinliği sayesinde yoğun bir kuru madde üretim kapasitesine sahiptir (Amzallag ve Seligmann, 2000).

Kök gelişimi incelendiğinde, şeker sorgum çeşitlerinin (M81-E ve Topper-76) SSM çeşitlerine göre daha yüksek yaş ve kuru kök verimine sahip olduğu belirlenmiştir. Bu durum fizyolojik olarak karbon asimilasyonunun daha büyük bir bölümünün kök dokularına aktarılmasından kaynaklanmaktadır. Fizyolojik olum döneminde köklerdeki kuru madde oranının artması (%42,04'e kadar ulaşması), köklerde depo karbonhidratlarının (özellikle nişasta ve çözünür şekerlerin) birikmesiyle açıklanabilir. Bu rezerv maddeler, bitkinin yeniden sürgün verme yeteneğini desteklemekte ve sonraki biçimlerde bitkinin toparlanmasına katkı sağlamaktadır (Zhong ve ark., 2019).

Yaş kök veriminin özellikle Topper-76 çeşidinde yüksek bulunması (77,8 g/bitki), çeşitler arasında kök gelişim stratejilerinin farklılığını yansıtmaktadır. Daha geniş kök sistemine sahip çeşitler, topraktan daha etkin su ve besin alımı yapabilmekte, bu da kurak koşullarda adaptasyonu güçlendirmektedir. Ayrıca, gelişme ilerledikçe köklerde su kaybı artsa da kuru madde oranı yükselmektedir. Bu fizyolojik süreç, bitkinin hem toprak üstü hem de toprak altı organlarında eş zamanlı bir olgunlaşma dinamiği sergilediğini göstermektedir.

Sonuç olarak, çalışmadan elde edilen bulgular sadece verim değerlerini değil, aynı zamanda bitkinin fizyolojik adaptasyon mekanizmalarını da yansıtmaktadır. Fotosentetik kapasitenin artışı, karbon asimilasyonunun gövde ve köklere yönlendirilmesi, lignifikasyon ve depo



karbonhidrat birikimi, biçim yüksekliği ile ilişkili verim farklılıklarının temel fizyolojik nedenleridir. Bu bağlamda, 90–120 cm biçim yüksekliği hem yeterli fotosentetik üretim hem de optimum yem kalitesi açısından en dengeli sonuçları vermektedir. Fizyolojik oluma doğru biçim yapılması ise kuru madde ve kök verimini artırsa da sindirilebilirlikteki azalma nedeniyle sınırlı olarak önerilmektedir.

Bu çalışma, şeker sorgumu (*Sorghum bicolor* L. Moench) ve sorgum × sudanotu melezlerinde (*Sorghum bicolor* × *Sorghum sudanense*) farklı biçim yüksekliklerinin verim ve morfolojik özellikler üzerindeki etkilerini ortaya koymuştur. İki yıllık deneme sonuçları, biçim yüksekliğinin yeşil ot verimi, kuru ot verimi, toprak üstü kuru madde oranı, yaş kök verimi, kuru kök verimi ve kök kuru madde oranı üzerinde istatistiksel olarak önemli farklılıklara yol açtığını göstermiştir ($P < 0,001$). Özellikle M81-E şeker sorgumu çeşidi hem yeşil ot hem de kuru ot veriminde üstün performans sergilemiş; Topper-76 ise kök verimlerinde öne çıkmıştır. Biçim yüksekliği açısından bakıldığında, 120 cm boyda yapılan biçimler yeşil ot verimi bakımından en yüksek değerleri sağlarken, fizyolojik olum dönemi kuru ot ve kök verimleri açısından avantajlı bulunmuştur. Ancak yem kalitesi ve sindirilebilirlik dikkate alındığında, fizyolojik olumda artan lignifikasyon yem değerini sınırlamaktadır.

Fizyolojik açıdan değerlendirildiğinde, biçim yüksekliği arttıkça yaprak alanının genişlemesi, fotosentetik kapasitenin yükselmesi, karbon asimilasyonunun gövde ve köklerde birikmesi ve lignifikasyonun artması verim artışlarının temel nedenleri olarak görülmektedir. Buna karşılık, erken biçimlerde yüksek sindirilebilirlik sağlanırken, geç biçimlerde artan kuru madde ve lif oranı yem kalitesini sınırlamaktadır. Bu nedenle yem üretiminde hem miktar hem de kaliteyi birlikte optimize etmek için 90–120 cm aralığında biçim yapılması en uygun strateji olarak önerilmektedir.

Sonuç olarak, şeker sorgumu ve sorgum × sudanotu melezleri Türkiye koşullarında kaba yem açığının kapatılmasında önemli bir potansiyel sunmaktadır. Üreticilere, verim ve kalite dengesini sağlamak için bitkilerini 90–120 cm aralığında biçimleri tavsiye edilmekte; eğer hedef kuru madde birikimi ve kök verimi ise fizyolojik oluma yakın biçimler de değerlendirilebilmektedir. Ayrıca farklı çeşitlerin kök gelişim stratejilerindeki farklılıklar, ileride yapılacak araştırmalarda hem yem verimi hem de toprak sağlığı açısından dikkate alınmalıdır.



REFERENCES

- Acar, Z., Ayan, İ., & Önal Aşçı, Ö. (2002). Samsun koşullarında bazı sorgum × sudanotu melezi çeşitlerinin verim ve kalite özellikleri. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 8(4), 351–357.
- Amzallag, G. N., & Seligmann, R. (2000). Response of sorghum to stress: IV. Effect of salinity on the hormonal balance during early stages of seedling growth. *Journal of Plant Physiology*, 156(5–6), 669–674. [https://doi.org/10.1016/S0176-1617\(00\)80227-5](https://doi.org/10.1016/S0176-1617(00)80227-5)
- AOAC. (1990). Official methods of analysis (15th ed.). Association of Official Analytical Chemists.
- Avcıoğlu, R., Hatipoğlu, R., & Karadağ, Y. (2009). Yem bitkileri. Cilt II. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Yayınları.
- Baytekin, H., İptaş, S., & Yücel, C. (1996). Tokat ekolojik koşullarında sorgum × sudanotu melezi çeşitlerinde biçim zamanının ot verimi ve bazı kalite özelliklerine etkileri. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 13(2), 71–81.
- FAOSTAT. (2016). Food and Agriculture Organization of the United Nations statistical database. <http://www.fao.org/faostat/en/>
- Genç, İ., & Baytekin, H. (2015). Türkiye’de yem bitkileri üretiminin mevcut durumu ve geliştirilme olanakları. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 2(2), 175–182.
- Getachew, G., Putnam, D. H., DePeters, E. J., & DeBoer, B. (2016). Summary of 2016 sorghum forage variety trial at UC Davis. University of California Agriculture and Natural Resources.
- İptaş, S., Yücel, C., & Baytekin, H. (2001). Tokat ekolojik koşullarında sorgum × sudanotu melezi çeşitlerinde farklı ekim sıklıklarının verim ve bazı özelliklere etkileri. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 10(1–2), 28–34.
- Kızıl, S., & Tansı, V. (1997). Çukurova koşullarında mısır ve sorgumda farklı ekim zamanlarının ot verimine etkisi. In *Türkiye 2. Tarla Bitkileri Kongresi Bildirileri* (ss. 353–357). Samsun.
- Küçüksemerci, F., & Baytekin, H. (2017). Bursa ekolojik koşullarında sorgum-sudanotu melezinde biçim zamanının verim ve kaliteye etkisi. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 31(1), 77–87.
- Lang, B. (2001). Forage yield determination methods in small-plot trials. *Iowa State University Extension Bulletin*.
- Mahmood, T., & Honermeier, B. (2012). Effect of sowing date and plant density on biomass yield and quality of sweet sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench]. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 58(3), 327–334. <https://doi.org/10.1080/03650340.2010.507437>
- Orak, A., & Kave, A. (1994). Çukurova koşullarında sorgum × sudanotu melezlerinde verim ve bazı tarımsal özelliklerin belirlenmesi. *Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 9(2), 115–123.
- Salman, M., & Budak, B. (2015). Erzurum koşullarında sorgum × sudanotu melezi çeşitlerinde biçim zamanının ot verimi ve kalite üzerine etkisi. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 46(1), 37–44.
- SAS Institute. (1999). SAS/STAT user’s guide (Version 8). SAS Institute Inc.
- Sürmen, M., & Kara, R. (2022). Konya koşullarında sorgum × sudanotu melezi çeşitlerinin ot verimi ve kalite özellikleri. *Selçuk Tarım Bilimleri Dergisi*, 36(1), 45–52.



- Tansı, V., Kızıl, S., & İptaş, S. (1991). Çukurova koşullarında sorgum × sudanotu melezlerinin verim ve bazı kalite özellikleri. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 6(1), 35–42.
- Uzun, A., & Çiğdem, Y. (2005). Orta Anadolu koşullarında sorgum × sudanotu melezi çeşitlerinde biçim zamanının ot verimi ve yem kalitesine etkisi. Tarım Bilimleri Dergisi, 11(3), 251–257.
- Yücel, C., İptaş, S., & Baytekin, H. (2017). Şeker sorgumunun enerji ve yem bitkisi olarak değerlendirilme olanakları. Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi, 10(2), 29–36.
- Zhong, R., Wang, M., Wang, H., & Zhao, Y. (2019). Root development and dry matter accumulation in sudangrass under different water regimes. Grass and Forage Science, 74(1), 112–120. <https://doi.org/10.1111/gfs.12384>



MERALARDA MİKROBİYAL VE KİMYASAL GÜBRE UYGULAMALARININ KARŞILAŞTIRILMASI

Ece COŞKUN

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Tarla Bitkileri Anabilim
Dalı Doktora Öğrencisi,

E-posta: ece_coskun_89@hotmail.com,

ORCID: 0000-0002-4253-9501

Sorumlu Yazar: Doç. Dr. Fırat ALATÜRK*

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü,

E-posta: alaturkf@comu.edu.tr

ORCID: 0000-0003-3394-5855

Dr. Öğr. Üyesi Baboo ALİ

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü,

E-posta: baboo.ali@comu.edu.tr

ORCID: 0000-0002-6989-7018

Prof. Dr. Ramazan ÇAKMAKÇI

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü

E-posta: rcakmakci@comu.edu.tr

ORCID: 0000-0002-1354-1995

ÖZET

Bu araştırma Çanakkale ili Biga ilçesi Hacıpehlivan köyü merasında farklı mikrobiyal ve kimyasal gübrelerin mera verim özelliklerine etkilerini belirlemek amacıyla 2024–2025 yıllarında yürütülmüştür. Tesadüf blokları deneme desenine göre üç tekerrürlü olarak kurulan denemede mikrobiyal gübre uygulamaları 2024 sonbaharında yapılmış ve 2025 yılı Mayıs ayında ot örnekleri alınarak analiz edilmiştir. Araştırmada yeşil ot verimi, kuru ot verimi, kuru madde oranı (KMO) ve bitki boyu değerleri incelenmiştir. Yapılan çalışmanın sonuçlarına göre, yeşil ot verimi, kuru ot verimi, kuru madde oranları ve bitki boyu değerleri yapılan istatistik sonuçlarına göre uygulamalara bağlı olarak önemli değişim göstermiştir. Yeşil ot veriminin 1480,0 kg/da (GBF120) ile 3153,3 kg/da (NPK) arasında değiştiğini göstermiştir. Kimyasal gübre uygulaması en yüksek yeşil ot verimini sağlamış olsa da, GBF63 ve FTH1 gibi bazı mikrobiyal gübre uygulamaları da dikkat çekici sonuçlar ortaya koymuştur. Kuru ot verimi 491,9 kg/da (GBF80) ile 771,0 kg/da (FTH1) arasında değişmiş ve FTH1, GBF63, VITA ile NPK uygulamaları öne çıkmıştır. Kuru madde oranı %23,1 (NPK, FTH2) ile %34,9 (F10) arasında bulunmuş, F10 uygulaması en yüksek değeri sağlamıştır. Bitki boyu ise 36,7 cm (A70) ile 74,7 cm (FTH1) arasında değişmiş, FTH1 uygulaması kimyasal gübreye eşdeğer hatta daha yüksek bir değer sağlamıştır. Sonuç olarak mikrobiyal gübrelerin kimyasal gübreye yakın veya üstün etkiler ortaya koyması, bu ürünlerin mera yönetiminde sürdürülebilirlik açısından önemli bir yer edineceği aşikardır. Özellikle Bacillus ve Pseudomonas türlerinin fitohormon üretimi, besin elementlerinin yarayışlılığını artırması ve bitki gelişimini teşvik etmesi gibi



mekanizmalarla katkı sağladığı bilinmektedir. Bu çalışma mikrobiyal gübrelerin mera yönetiminde umut vadeden bir seçenek olduğunu ortaya koymuştur. Daha kesin sonuçlar için farklı lokasyonlarda, çok yıllık ve daha fazla tekrarlı denemeler önerilmektedir.

Keywords: Mikrobiyal Gübre, Mera, Ot Verimi, Bitki Boyu, Sürdürülebilir Tarım.

Not: Bu çalışma, TÜBİTAK tarafından 123-O-044 numaralı 1001 proje kapsamında desteklenmiştir. Sağladıkları değerli katkılar için TÜBİTAK'a teşekkür ederiz.



MICROBIAL FERTILIZERS AS SUSTAINABLE ALTERNATIVES IN PASTURE MANAGEMENT: YIELD AND QUALITY PERSPECTIVES

ABSTRACT

This study was conducted in the pastures of Hacıpehlivan village, Biga district of Çanakkale, during the 2024–2025 period with the aim of determining the effects of different microbial and chemical fertilizers on pasture yield characteristics. The experiment was established in a randomized complete block design with three replications. Microbial fertilizer applications were carried out in the autumn of 2024, and forage samples were collected and analyzed in May 2025. The parameters investigated included fresh hay yield, dry hay yield, dry matter ratio (DMR), and plant height. According to the statistical analyses, all measured traits showed significant variation depending on the treatments. Fresh hay yield ranged from 1480.0 kg/da (GBF120) to 3153.3 kg/da (NPK). Although the chemical fertilizer (NPK) treatment produced the highest fresh hay yield, some microbial fertilizers, such as GBF63 and FTH1, also exhibited remarkable results. Dry hay yield varied between 491.9 kg/da (GBF80) and 771.0 kg/da (FTH1), with FTH1, GBF63, VITA, and NPK emerging as the leading treatments. The DMR ranged from 23.1% (NPK, FTH2) to 34.9% (F10), with F10 providing the highest value. Plant height ranged between 36.7 cm (A70) and 74.7 cm (FTH1), and the FTH1 treatment produced values comparable to or even higher than the chemical fertilizer application. Overall, the findings demonstrated that microbial fertilizers can exert effects similar to, or even superior to, chemical fertilizers, underlining their potential importance in sustainable pasture management. In particular, species of *Bacillus* and *Pseudomonas* are known to contribute through mechanisms such as phytohormone production, enhancement of nutrient availability, and stimulation of plant growth. This study revealed that microbial fertilizers represent a promising option in pasture management. Nevertheless, to obtain more definitive conclusions, multi-year trials with higher replication across different locations are strongly recommended.

Keywords: Microbial Fertilizer, Pasture, Forage Yield, Plant Height, Sustainable Agriculture.

Note: This study was supported by TÜBİTAK under project number 123-O-044 (1001 Program). We gratefully acknowledge the financial support provided by TÜBİTAK.



INTRODUCTION

Meralar, özellikle hayvancılık sektöründe yem kaynağı olarak stratejik öneme sahiptir ve tarımsal üretim sistemlerinin sürdürülebilirliği açısından kritik rol oynamaktadır (Gökkuş ve ark., 1999). Ancak son yıllarda hatalı yönetim uygulamaları, iklim değişikliği, toprak erozyonu ve yetersiz gübreleme uygulamaları nedeniyle mera ekosistemlerinin verim ve kalite özelliklerinde ciddi düşüşler gözlenmektedir (Koç ve Çomaklı, 2005). Bu durum, meraların sadece yem üretim potansiyelini değil aynı zamanda karbon depolama, biyolojik çeşitlilik ve ekosistem hizmetlerini de olumsuz etkilemektedir (FAO, 2020).

Meraların verim ve üretilen otun kalitesini artırmak için en yaygın kullanılan yöntemlerden biri gübrelemedir. Kimyasal gübreler, kısa vadede hızlı ve yüksek verim artışı sağlasa da uzun vadede toprak organik maddesinin azalması, toprak tuzluluğunun artması ve mikrobiyal çeşitliliğin azalması gibi olumsuz sonuçlara yol açabilmektedir (Chen, 2006; Çomaklı ve ark., 2017). Bu nedenle son yıllarda biyogübreler ya da diğer adıyla mikrobiyal gübreler, sürdürülebilir tarım ve mera yönetiminde dikkat çekici bir alternatif olmuştur (Bhattacharyya ve Jha, 2012; Mahanty ve ark., 2017).

Mikrobiyal gübreler; azot fiksasyonu, fosfor ve potasyum çözünürlüğünü artırma, fitohormon (IAA, gibberellin vb.) üretimi, siderofor sentezi ve ACC deaminaz aktivitesi gibi mekanizmalarla bitki büyümesini desteklemektedir (Vessey, 2003; Lucy ve ark., 2004). Özellikle *Bacillus* ve *Pseudomonas* cinsleri, hem kök gelişimini teşvik ederek hem de stres koşullarına dayanıklılığı artırarak yem bitkilerinde verim ve kaliteyi yükseltmektedir (Çakmakçı ve ark., 2007; Sahin ve ark., 2004). Nitekim farklı ekosistemlerde yürütülen çalışmalar, bu mikroorganizmaların çoklu kombinasyonlar halinde kullanıldığında sinerjik etkiler yaratarak tekli inokulantlara göre daha yüksek performans sağladığını göstermektedir (Tilak ve ark., 2005).

Türkiye’de meraların iyileştirilmesi amacıyla mikrobiyal gübrelerin kullanımına yönelik araştırmalar son yıllarda artış göstermektedir. Örneğin, Karadağ ve Büyükburç (2004) ile Çomaklı ve ark. (2017), meralarda gübrelemenin ot verimi ve kalite üzerine etkilerini vurgulamış; biyogübrelerin özellikle fosfor çözünürlüğünü artırarak yem kalitesine katkı sağladığını bildirmiştir. Ayrıca uluslararası literatürde yapılan çalışmalarda, mikrobiyal gübre uygulamalarının yalnızca verim artışıyla sınırlı kalmayıp aynı zamanda mera ekosistemlerinin karbon döngüsü ve toprak biyotasının canlılığını korumada da önemli rol oynadığı ortaya konmuştur (Smith ve ark., 2019).

Bu bağlamda, mikrobiyal gübrelerin kimyasal gübrelerle kıyasla daha çevre dostu ve sürdürülebilir bir alternatif olabileceği açıktır. Ancak, farklı ekolojik koşullarda ve farklı mera bitki topluluklarında etkinliklerinin belirlenmesi için daha fazla araştırmalara ihtiyaç duyulmaktadır. Bu çalışmanın amacı, Çanakkale ili Biga ilçesi Hacıpehlivan köyü merasında farklı mikrobiyal gübrelerin ot verimi ve bitki boyu parametrelerine etkisini araştırmak ve elde edilen sonuçları kimyasal gübre uygulamaları ile karşılaştırmaktır.

METHODOLOGY

Deneme 2024–2025 yıllarında Çanakkale ili Biga ilçesi Hacıpehlivan köyü merasında yürütülmüştür. Araştırma Tesadüf Blokları Deneme Deseni’ne göre üç tekerrürlü olarak kurulmuştur (Gomez ve Gomez, 1984; Steel ve Torrie, 1980). Her bir parsel 2 m genişlik, 5 m uzunluk ve 10 m² toplam alana sahip olacak şekilde düzenlenmiş; bloklar arasında 1 m mesafe bırakılmıştır. Parselasyon ve deneme tesisi, çiftçilerin ve Tarım Teşkilatı mühendislerinin katılımıyla gerçekleştirilmiştir. Bakteri uygulamaları 27.11.2024 tarihinde parseller üzerine spreysel yöntemle uygulanmıştır. Denemede Kontrol, ticari gübre (NPK): 20 kg/da kompoze



gübre, Ticari mikrobiyal gübre: 2 farklı ticari preparat, Yeni geliştirilen formülasyonlar: (5 adet tekli bakteri, 1 adet ikili bakteri, 8 adet üçlü bakteri, 2 adet dördü bakteri karışımı, 2 farklı bakterikombinasyon) kullanılmıştır. Bu kapsamda toplamda 20 farklı uygulama test edilmiştir. Denemede kullanılan bakteri türleri ve özellikleri ilgili tabloda sunulmuştur (Çizelge 1). N-free ortamda gelişme: Azot fikse etme potansiyelini göstermektedir. *Pseudomonas putida*, *Bacillus megaterium* ve bazı *Agrobacterium* izolatları bu özelliğe sahiptir. Fosfor çözme: Özellikle *Bacillus megaterium* ve *Pseudomonas fluorescens* suşlarında yaygındır. Bitkilerin P alımını kolaylaştırmaktadır. Potasyum çözme (K çözme): Çok sayıda suşta pozitifdir. Bu, bitkide kök gelişimi ve stres dayanıklılığı için kritik öneme sahiptir. İndol Asetik Asit (İAA) üretimi: Birçok *Bacillus* ve *Pseudomonas* türü bu yeteneğe sahiptir. İAA kök büyümesini ve dallanmasını artırarak biyokütleyi artırmaktadır. Siderofor (SD) üretimi: Özellikle *Pseudomonas fluorescens* ve bazı *Bacillus* suşlarında görülmektedir. Bu özellik, demir bağlayarak patojenlerin gelişimini baskılar, ayrıca bitkiye demir eldesi sağlamaktadır. ACC deaminaz (ACCD) aktivitesi: Bitkide stres hormonu (etilen) seviyesini düşürerek tuz, kuraklık gibi stres koşullarında dayanıklılığı artırmaktadır. Tabloya göre birçok *Bacillus* ve *Pseudomonas* izolatı bu özelliğe sahiptir. Ot verimi ve bitki boyu örneklem işlemleri ise 20.05.2025 tarihinde yapılmıştır. Ot verimi için 0,25 m²'lik çerçeveler kullanılmış daha sonra dekara çevrilmiştir (Gökkuş, 1991; Koç, 1995). Bitki boyu ise toprak yüzeyinden itibaren bitkinin en üst kısmına kadar olan kısım metre ile ölçülmüştür.

Çizelge 1. Mera denemesinde gübre uygulamaları ve kullanılan bakteri türleri

Kombi - nasyon	Suş No	MALDI-TOF MS Tanı sonucu	N-free Ortamda Gelişme	Fosfor çözme	K çözme	SD üretim i	İAA üretim i	ACCD aktivites i
1. Kontrol (bakteri ve gübre uygulanmamış)								
2. Optimum NPK (20 kg/da kompoze 20-20-20)								
3. Ticari mikrobiyal gübre BmusaGreen								
4. Ticari mikrobiyal gübre BmusaVita								
G163	RA10	<i>Pseudomonas koreensis</i>	-		Z ⁺	K ⁺	K ⁺	
G120	RA17	<i>Bacillus megaterium</i>	+	K ⁺			K ⁺	K ⁺
G80	GA147	<i>Pseudomonas putida biotype A</i>	+			K ⁺	K ⁺	



A66	A66	<i>Agrobacteriu m radiobacter</i>	+	+				
A70	A70	<i>Delftia acidovorans</i>	+	K ⁺			+	+
F1	RA1	<i>Pseudomonas putida</i>	+			K ⁺	64	-
	RA7	<i>Bacillus subtilis</i>	K ⁺				+	-
	RC81	<i>Bacillus megaterium</i>	K ⁺	K ⁺			K ⁺	K ⁺
	RA6	<i>Peribacillus simplex</i>	K ⁺				Z ⁺	-
F10	GA147	<i>Pseudomonas putida biotype A</i>	+			K ⁺	K ⁺	-
	GBF63 1	<i>Bacillus subtilis</i>	K ⁺				+	K ⁺
	RA3	<i>Bacillus megaterium</i>	K ⁺	+			K ⁺	K ⁺
F11	RA17	<i>Bacillus megaterium</i>	+	K ⁺			K ⁺	K ⁺
	RC631	<i>Bacillus subtilis</i>	K ⁺				+	K ⁺
FTH1	RC631	<i>Bacillus subtilis</i>	K ⁺	+	-	-	Z ⁺	K ⁺
	GBF-01 10-7 1	<i>Bacillus megaterium</i>	K ⁺	K ⁺	-	+	+	K ⁺
	GBF 251 10- 4 1	<i>Pseudomonas fluorescens</i>	K ⁺	+	K ⁺	K ⁺	Z ⁺	K ⁺
FTH2	RC631	<i>Bacillus subtilis</i>	K ⁺	+	-	-	Z ⁺	K ⁺
	GBF-14 10-7 1	<i>Bacillus megaterium</i>	K ⁺	K ⁺	+	-	Z ⁺	K ⁺



	GBF 251 10-4 1	<i>Pseudomonas fluorescens</i>	K ⁺	+	K ⁺	K ⁺	Z ⁺	K ⁺
G1	A96	<i>Pseudomonas koreensis</i>	+	+		+	+	
	A3	<i>Comamonas sp.</i>	+	+		+	+	
	A38	<i>Bacillus licheniformis</i>	+	+			+	+
	B12	<i>Peribacillus simplex</i>	+	+			+	+
G3	B168	<i>Pseudomonas stutzeri</i>	K ⁺	K ⁺				+
	A51	<i>Pseudomonas putida</i>	+	+		+		
	A54	<i>Bacillus pumilus</i>	K ⁺	K ⁺		+	+	
G7	RA7	<i>Bacillus subtilis</i>	K ⁺				+	-
	G80	<i>Bacillus megaterium</i>	K ⁺	K ⁺			+	K ⁺
	RA6	<i>Peribacillus simplex</i>	K ⁺				3	-
M1	RA17	<i>Bacillus megaterium</i>	+	K ⁺			K ⁺	K ⁺
	RA20	<i>Bacillus atrophaeus</i>	K ⁺				Z ⁺	-
	RA7	<i>Bacillus subtilis</i>	K ⁺				+	-
M2	RA19	<i>Bacillus megaterium</i>	K ⁺	K ⁺				+
	GBF11 4	<i>Acinetobacter calcoaceticus</i>	+		K ⁺	Z ⁺	Z ⁺	K ⁺



	GBF12 1	<i>Agrobacteriu m radiobacter</i>	K ⁺			Z ⁺	Z ⁺	K ⁺
M3	GBF12 1	<i>Pseudomonas thivervalensis</i>	-		K ⁺	Z ⁺	+	Z ⁺
	GBF41	<i>Bacillus mojavensis</i>	K ⁺				K ⁺	-
	RA7	<i>Bacillus subtilis</i>	K ⁺				+	-
R1	RC512+210+301							
R2	RC58+602+536+39/3							

İAA: İndol asetik asit; ACCD: Aminosiklopropan karboksilat deaminaze; +:pozitif, K+: kuvvetli pozitif, Z⁺ zayıf pozitif

CONCLUSION AND DISCUSSION

Yeşil Ot Verimi: Yeşil ot verimleri bakımından uygulamalar arasında istatistiksel olarak çok önemli farklılıklar bulunmuştur (P<0,0001). En yüksek verim kimyasal gübre (NPK, 3153,3 kg/da) ile elde edilirken, özellikle *Pseudomonas koreensis* (GBF63, 2600,0 kg/da) ve *Bacillus–Pseudomonas* kombinasyonları (FTH1, 2406,7 kg/da; R1, 2353,3 kg/da) kimyasal gübreye yakın değerler sağlamıştır. Bu durum, biyogübrelerin uygun bakteri türleri ve kombinasyonlarla kullanıldığında verim artışında etkili olabileceğini göstermektedir. Orta düzeyde verim sağlayan uygulamalar arasında F1, M1 ve M2 öne çıkarken, kontrol (2140,0 kg/da) bazı mikrobiyal uygulamalardan daha yüksek sonuç vermiştir. En düşük verimler ise tekli bakteri uygulamalarında (GBF120, 1480,0 kg/da; A70, 1580,0 kg/da) kaydedilmiştir. Genel olarak, kimyasal gübre en yüksek verimi sağlasa da çoklu mikrobiyal kombinasyonların, özellikle *Pseudomonas* türleri içerenlerin, sürdürülebilir tarımda önemli bir alternatif olabileceği söylenebilir (Çizelge 2).

Kuru Ot Verimi: Kuru ot verimleri bakımından uygulamalar arasında istatistiksel olarak çok önemli farklılıklar tespit edilmiştir (P<0,0001). En yüksek değer F10 (707,1 kg/da), VITA (744,4 kg/da), GBF63 (744,7 kg/da) ve NPK (729,2 kg/da) uygulamalarında elde edilmiştir. Bu uygulamaların kimyasal gübre veya çoklu bakteri kombinasyonları içermesi dikkat çekicidir. Özellikle *Pseudomonas koreensis* (GBF63) ve ticari preparat (VITA) kimyasal gübreye eşdeğer düzeyde sonuç vermiştir. Orta seviyede verim sağlayan uygulamalar arasında FTH1 (771,0 kg/da), R1 (726,7 kg/da) ve M1 (597,6 kg/da) öne çıkmıştır. Kontrol uygulaması (548,7 kg/da) bazı mikrobiyal uygulamalardan daha yüksek sonuç verirken, en düşük verimler GBF80 (491,9 kg/da), GBF120 (530,4 kg/da) ve G1 (535,3 kg/da) gibi tekli veya düşük etkili bakteri uygulamalarında görülmüştür. Genel olarak, kimyasal gübre en yüksek seviyeyi sağlamış olsa da, çoklu mikrobiyal kombinasyonlar ve özellikle *Pseudomonas* türleri içeren uygulamalar kuru ot veriminde güçlü bir alternatif olarak öne çıkmaktadır (Çizelge 2).

Kuru Madde Oranı (KMO): Kuru madde oranı (KMO) sonuçları değerlendirildiğinde uygulamalar arasında anlamlı farklılıklar bulunmuştur (P=0,0486). En yüksek değer F10 (34,9%) uygulamasında elde edilmiş, bunu FTH1 (32,0%), F1 (31,3%) ve R1 (30,9%) izlemiştir. Bu sonuç, özellikle *Bacillus* ve *Pseudomonas* kombinasyonlarının kuru madde oranını artırmada etkili olabileceğini göstermektedir. Ortalama düzeyde sonuç veren



uygulamalar çoğunlukla 26–30% aralığında yer almış, kontrol (%25,6) bu grupta değerlendirilmiştir. En düşük değerler ise FTH2 (%23,1) ve NPK (%23,1) uygulamalarında gözlenmiştir. Bu durum, kimyasal gübre uygulamasının ot verimini artırmasına karşın kuru madde oranını düşürdüğünü ortaya koymaktadır. Genel olarak, yüksek ot verimi sağlayan uygulamalar kuru madde oranında her zaman avantajlı olmamış, ancak belirli mikrobiyal kombinasyonların hem verim hem de kalite açısından olumlu etkiler gösterebildiği belirlenmiştir (Çizelge 2).

Bitki Boyu: Bitki boyları bakımından uygulamalar arasında istatistiksel olarak önemli farklılıklar belirlenmiştir ($P=0,0486$). En yüksek değerler FTH1 (74,7 cm) ve FTH2 (68,4 cm) uygulamalarında kaydedilmiş, bu kombinasyonların *Bacillus subtilis*, *Bacillus megaterium* ve *Pseudomonas fluorescens* içerikleriyle dikkat çektiği görülmüştür. Kimyasal gübre (NPK, 62,6 cm) ile birlikte GBF80 (62,6 cm) ve M1 (59,6cm) uygulamaları da yüksek bitki boyu sağlamıştır. Kontrol uygulaması (59,0 cm) ise bazı biyogübre uygulamalarından daha yüksek değer göstermiştir. Düşük bitki boyları A70 (36,7 cm), A66 (43,2 cm) ve GBF120 (42,0 cm) gibi tekli veya etkinliği düşük bakteri uygulamalarında ortaya çıkmıştır. Genel olarak, çoklu mikrobiyal kombinasyonlar özellikle *Bacillus* ve *Pseudomonas* türlerini içeren uygulamalar bitki boyunu artırmada etkili olurken, tekli uygulamaların bu açıdan yetersiz kaldığı görülmektedir (Çizelge 2).

Çizelge 2. Uygulamalara göre ot verimleri, kuru madde oranları ve bitki boyu değişimleri

Uygulama	Bakteri İçeriği	Yeşil Ot Verimi (kg/da)	Kuru Ot Verimi (kg/da)	Kuru Madde Oranı (%)	Bitki Boyu
A66	<i>Agrobacterium radiobacter</i>	2126,7 ef	619,3 e-1	29,1 abc	43,2 cd
A70	<i>Delftia acidovorans</i>	1580,0 fg	568,5 g-j	29,0 ab	36,7 d
F1	<i>Pseudomonas putida</i> , <i>Bacillus subtilis</i> , <i>Bacillus megaterium</i> , <i>Peribacillus simplex</i>	2176,7 def	680,9 d-h	31,3 abc	45,2 cd
F10	<i>Pseudomonas putida</i> biotype A, <i>Bacillus subtilis</i> , <i>Bacillus megaterium</i>	2026,7 de	707,1 bcd	34,9 a	55,3 a-d
F11	<i>Bacillus megaterium</i> , <i>Bacillus subtilis</i>	1760,0 g	620,0 hij	26,8 abc	47,2 bcd
FTH1	<i>Bacillus subtilis</i> , <i>Bacillus megaterium</i> , <i>Pseudomonas fluorescens</i>	2406,7 de	771,0 c-f	32,0 abc	74,7 a



FTH2	<i>Bacillus subtilis</i> , <i>Bacillus megaterium</i> , <i>Pseudomonas fluorescens</i>	2320,0 de	536,2 c-g	23,1 abc	68,4 ab
G1	<i>Pseudomonas koreensis</i> , <i>Comamonas sp.</i> , <i>Bacillus licheniformis</i> , <i>Peribacillus simplex</i>	2013,3 def	535,3 c-g	26,7 ab	57,3 a-d
G3	<i>Pseudomonas stutzeri</i> , <i>Pseudomonas putida</i> , <i>Bacillus pumilus</i>	1926,7 def	589,2 c-g	30,6 ab	42,8 cd
GBF63	<i>Pseudomonas koreensis</i> (yüksek biyogübre potansiyeli)	2600,0 a	744,7 a	28,6 abc	47,8 bcd
GBF80	<i>Pseudomonas putida</i> biotype A	1686,7 de	491,9 cde	28,2 a	62,6 abc
GBF120	<i>Bacillus megaterium</i>	1480,0 g	530,4 ij	25,1 ab	42,0 cd
M1	<i>Bacillus atrophaeus</i> , <i>Bacillus subtilis</i>	2206,7 bc	597,6 cde	27,1 cd	59,6 abc
M2	<i>Bacillus megaterium</i> , <i>Acinetobacter calcoaceticus</i> , <i>Agrobacterium radiobacter</i>	2266,7 de	595,2f-j	26,3 bcd	42,0 cd
NPK	Kimyasal gübre	3153,3 ab	729,2 f-j	23,1 abc	62,6 abc
R1	Mikrobiyal kombinasyon	2353,3 de	726,7 cde	30,9 ab	50,4 bcd
R2	Mikrobiyal kombinasyon	2020,0 ef	617,0 efg	29,8 abc	48,4 bcd
Kontrol	Kontrol (uygulama yok)	2140,0 de	548,7 cde	25,6 ab	59,0 abc
VITA	Mikrobiyal kombinasyon (ticari preparat)	2066,7 cd	744,4 bc	27,3 abc	53,9 a-d
GREEN	Mikrobiyal kombinasyon	1826,7 def	573,8 j	29,9 abc	58,9 abc
Önemlilik	P _{YOV} : 0,0001, P _{KOV} :0,0001, P _{KMO} : 0,0486, P _{BB} :0,0486				



Not: Aynı harf ile işaretlenen ortalamalar arasında istatistiksel olarak fark yoktur (LSD, $p<0.05$).

Yeşil ot verimi sonuçlarına göre uygulamalar arasında istatistiksel olarak çok önemli farklılıklar tespit edilmiştir ($P<0,0001$). En yüksek verim NPK (3153,3 kg/da) uygulamasında elde edilmiş olup, kimyasal gübrelerin ot verimi üzerindeki kısa vadeli etkisini doğrulamaktadır. Nitekim, mineral gübrelerin hızlı besin sağlayarak bitki gelişimini desteklediği ve yüksek verim artışı sağladığı birçok çalışmada vurgulanmaktadır (Çomaklı ve ark., 2017; Karadağ ve Büyükburç, 2004). Bununla birlikte, bazı mikrobiyal gübre uygulamalarının da kimyasal gübreye yakın değerler verdiği dikkat çekmektedir. Özellikle GBF63 (2600,0 kg/da; *Pseudomonas koreensis*) ve FTH1 (2406,7 kg/da; *Bacillus* + *Pseudomonas* kombinasyonu) uygulamaları yüksek verim sağlamış ve biyogübrelerin kimyasal gübreye alternatif olabileceğini göstermiştir. Daha önce yapılan çalışmalarda da *Pseudomonas* ve *Bacillus* türlerinin azot fiksasyonu, fosfor çözünürlüğü ve bitki büyüme düzenleyici hormon üretimi yoluyla verim artışına katkı sağladığı bildirilmiştir (Lucy et al., 2004; Vessey, 2003). Kontrol parselinde (2140,0 kg/da) elde edilen verimin, bazı mikrobiyal uygulamalardan daha yüksek olması, seçilen bakteri türlerinin veya kombinasyonlarının verim üzerindeki etkinliklerinin farklılık gösterdiğini ortaya koymaktadır. Özellikle A70 (1580,0 kg/da; *Delftia acidovorans*) ve GBF120 (1480,0 kg/da; *Bacillus megaterium*) gibi tekli inokulant uygulamalarında düşük değerler kaydedilmiştir. Bu durum, tekli bakteri uygulamalarının her zaman beklenen etkiyi göstermediğini, sinerjik etkilerin çoklu bakteri kombinasyonlarında daha belirgin olduğunu düşündürmektedir. Benzer şekilde, çoklu bakteri kombinasyonlarının ot verimi üzerine olumlu etkileri farklı araştırmalarda da ortaya konmuştur (Tilak et al., 2005; Sahin et al., 2004). Sonuç olarak, kimyasal gübre en yüksek yeşil ot verimini sağlamış olsa da, özellikle *Pseudomonas koreensis* içeren uygulamalar ve *Bacillus*–*Pseudomonas* kombinasyonları biyogübrelerin verim artışı açısından güçlü bir alternatif olabileceğini göstermektedir. Bu bulgular, sürdürülebilir mera yönetiminde biyogübrelerin kimyasal gübre kullanımını azaltmada önemli bir rol oynayabileceğini desteklemektedir.

Kuru ot verimleri bakımından uygulamalar arasında istatistiksel olarak çok önemli farklılıklar belirlenmiştir ($P<0,0001$). En yüksek kuru ot verimleri GBF63 (744,7 kg/da), VITA (744,4 kg/da), F10 (707,1 kg/da) ve NPK (729,2 kg/da) uygulamalarında elde edilmiştir. Kimyasal gübre (NPK) beklenildiği üzere yüksek bir değer sağlamış, ancak özellikle *Pseudomonas koreensis* içeren GBF63 ve ticari mikrobiyal preparat VITA'nın kimyasal gübreye eşdeğer sonuçlar vermesi dikkat çekmiştir. Bu durum, biyogübrelerin doğru bakteri türleri ve kombinasyonlarla kullanıldığında ot verimini artırmada etkili olabileceğini göstermektedir. Nitekim literatürde *Pseudomonas* ve *Bacillus* türlerinin kök gelişimini teşvik ederek bitki biyokütlesini ve ot verimini artırdığı vurgulanmaktadır (Lucy et al., 2004; Vessey, 2003). Orta düzeyde sonuçlar FTH1 (771,0 kg/da), R1 (726,7 kg/da) ve M1 (597,6 kg/da) gibi mikrobiyal kombinasyonlarda görülmüş, kontrol parseli (548,7 kg/da) ise bazı biyogübre uygulamalarından daha yüksek değer vermiştir. Bu bulgulardan yola çıkarak, biyogübre etkinliğinin kullanılan bakteri türlerine, kombinasyonlarına ve çevresel koşullara bağlı olarak değiştiği sonucuna varılabilir. En düşük kuru ot verimleri ise GBF80 (491,9 kg/da) ve GBF120 (530,4 kg/da) gibi tekli bakteri uygulamalarında tespit edilmiştir. Tekli inokulantların etkisinin sınırlı kalması, farklı bakteri türlerinin sinerjik etkisinin önemini ortaya koymaktadır. Benzer şekilde, çoklu mikrobiyal kombinasyonların kuru ot veriminde tekli türlere göre daha başarılı sonuçlar verdiği farklı çalışmalarda da rapor edilmiştir (Sahin et al., 2004; Tilak et al., 2005). Sonuç olarak, kimyasal gübre kuru ot veriminde üstün olsa da, GBF63 ve VITA gibi biyogübre uygulamaları benzer düzeyde yüksek sonuçlar ortaya koyarak sürdürülebilir tarım açısından güçlü bir alternatif olduklarını göstermektedir. Bu bulgular, biyogübrelerin özellikle çoklu bakteri kombinasyonları ile kullanıldığında, hem verim hem de kalite yönünden kimyasal gübre kullanımını azaltabilecek potansiyele sahip olduğunu ortaya koymaktadır.



Kuru madde oranı (KMO) değerleri incelendiğinde uygulamalar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar olduğu görülmüştür ($P=0,0486$). En yüksek değer F10 (%34,9) uygulamasında elde edilmiş, bunu FTH1 (%32,0), F1 (%31,3) ve R1 (%30,9) izlemiştir. Bu sonuç, özellikle *Bacillus* ve *Pseudomonas* kombinasyonlarının bitkinin fizyolojik özelliklerini olumlu yönde etkileyerek kuru madde oranını artırabileceğini göstermektedir. Literatürde de PGPR'lerin kök gelişimini ve besin alımını teşvik ederek kuru madde birikimini artırdığı belirtilmektedir (Lucy et al., 2004; Vessey, 2003). Orta seviyedeki uygulamalar çoğunlukla %26–30 aralığında yer almış, kontrol (%25,6) bu grupta değerlendirilmiştir. Kimyasal gübre (NPK) ise %23,1 ile en düşük değerlerden birini vermiştir. Bu durum, kimyasal gübrelerin yeşil ot verimini artırmasına karşın bitkilerde su içeriğini yükselterek kuru madde oranını olumsuz etkileyebileceğini ortaya koymaktadır. Benzer şekilde, FTH2 (%23,1) uygulaması da düşük KMO değeri göstermiştir. Genel olarak değerlendirildiğinde, yüksek ot verimi sağlayan uygulamaların her zaman yüksek kuru madde oranına sahip olmadığı görülmektedir. Bu bulgu, verim ve kalite parametrelerinin birlikte değerlendirilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır. Özellikle *Bacillus*–*Pseudomonas* kombinasyonları kuru madde oranını artırmada öne çıkarken, tekli bakteri uygulamaları ve kimyasal gübre kullanımının kalite parametreleri açısından sınırlı kaldığı söylenebilir. Bu sonuçlar, biyogübrelerin sürdürülebilir mera yönetiminde yalnızca verim değil aynı zamanda yem kalitesini iyileştirme potansiyeline de sahip olduğunu göstermektedir (Sahin et al., 2004; Tilak et al., 2005).

Bitki boyu değerleri ile yapılan istatistik analiz sonucunda uygulamalara göre anlamlı farklılıklar ortaya çıkmıştır ($P=0,0486$). En yüksek değerler FTH1 (74,7 cm) ve FTH2 (68,4 cm) uygulamalarında kaydedilmiş, bu kombinasyonlarda *Bacillus subtilis*, *Bacillus megaterium* ve *Pseudomonas fluorescens* gibi PGPR türlerinin birlikte kullanılması dikkat çekmiştir. Bu bulgu, çoklu bakteri kombinasyonlarının sinerjik etkiler yaratarak bitki gelişimini uyardığını göstermektedir. Literatürde de benzer şekilde PGPR uygulamalarının kök ve sürgün gelişimini artırarak bitki boyunu uzattığı rapor edilmiştir (Lucy et al., 2004; Sahin et al., 2004). Kimyasal gübre (NPK, 62,6 cm) ile birlikte GBF80 (62,6 cm) ve M1 (59,6 cm) uygulamaları da yüksek bitki boyu sağlamıştır. Bu durum, kimyasal gübrelerin hızlı besin sağlama etkisi yanında, bazı mikrobiyal uygulamaların da bitki boyu artışında etkili olabileceğini ortaya koymaktadır. Kontrol parselinde 59,0 cm ile nispeten yüksek bir değer elde edilmesi, bazı mikrobiyal uygulamaların kontrolün gerisinde kaldığını göstermektedir. Özellikle A70 (36,7 cm), A66 (43,2 cm) ve GBF120 (42,0 cm) gibi tekli bakteri uygulamaları en düşük bitki boyu değerlerini vermiştir. Bu sonuç, tekli inokulantların çoğu zaman yeterli etkiyi gösteremediğini, çoklu bakteri kombinasyonlarının ise sinerji sayesinde daha olumlu sonuçlar ortaya koyduğunu desteklemektedir (Tilak et al., 2005; Vessey, 2003). Genel olarak, bitki boyu açısından en yüksek değerler çoklu *Bacillus*–*Pseudomonas* kombinasyonlarında elde edilmiştir. Bu bulgular, biyogübrelerin yalnızca verim artışı değil, aynı zamanda morfolojik gelişim açısından da kimyasal gübreye alternatif olabilecek potansiyele sahip olduğunu göstermektedir.

Bu araştırmada, Çanakkale ili Biga ilçesi Hacıpehlivan köyü merasında farklı mikrobiyal gübrelerin ve kimyasal gübrenin (NPK) mera verim özelliklerine etkileri incelenmiştir. Bu çalışmada farklı mikrobiyal gübre uygulamalarının yem bitkilerinde yeşil ot verimi, kuru ot verimi, kuru madde oranı ve bitki boyu üzerine etkileri araştırılmıştır. Bulgular, uygulamalar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar olduğunu göstermiştir. Yeşil ve kuru ot veriminde en yüksek değerler kimyasal gübre uygulamasında elde edilmekle birlikte, özellikle *Pseudomonas koreensis* (GBF63) ve *Bacillus*–*Pseudomonas* kombinasyonları (FTH1, R1) kimyasal gübreye yakın veya eşdeğer düzeyde sonuçlar vermiştir. Kuru madde oranında F10 ve FTH1 öne çıkarken, bitki boyunda FTH1 ve FTH2 en yüksek değerleri sağlamıştır.



Sonuçlar, tekli inokulantların sınırlı etkiye sahip olduğunu, çoklu mikrobiyal kombinasyonların ise verim ve kaliteyi birlikte artırabildiğini ortaya koymuştur. Bu bağlamda biyogübreler, yem bitkilerinde kimyasal gübre kullanımını azaltabilecek sürdürülebilir bir alternatif olarak değerlendirilebilir. İlerleyen araştırmalarda, öne çıkan bakteri tür ve kombinasyonlarının farklı mera ekosistemlerinde uzun dönemli etkilerinin test edilmesi ve biyogübre–kimyasal gübre entegrasyon stratejilerinin geliştirilmesi önerilmektedir.



REFERENCES

- Bhattacharyya, P. N., & Jha, D. K. (2012). Plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR): Emergence in agriculture. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 28(4), 1327–1350. <https://doi.org/10.1007/s11274-011-0979-9>
- Çakmakçı, R., Dönmez, M. F., Aydın, A., & Şahin, F. (2007). Growth promotion of plants by plant growth-promoting rhizobacteria under greenhouse and two different field soil conditions. *Soil Biology and Biochemistry*, 39(6), 1482–1490. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2006.12.025>
- Chen, J. (2006). The combined use of chemical and organic fertilizers and/or biofertilizer for crop growth and soil fertility. *International Workshop on Sustained Management of the Soil-Rhizosphere System for Efficient Crop Production and Fertilizer Use*. Bangkok, Thailand.
- Çomaklı, B., Daşcı, M., Koç, A., & Gökkuş, A. (2017). Mera alanlarında gübrelemenin verim ve kalite üzerine etkileri. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 48(1), 25-32.
- FAO. (2020). *Grasslands and rangelands in the global carbon cycle*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <http://www.fao.org/3/cb1783en/cb1783en.pdf>.
- Gökkuş, A. (1991). *Çayır-mera uygulama tekniği*. Atatürk Üniversitesi Yayınları.
- Gökkuş, A., Koç, A., & Altın, M. (1999). *Mera ıslahı ve amenajmanı*. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları.
- Gomez, K. A., & Gomez, A. A. (1984). *Statistical procedures for agricultural research* (2nd ed.). John Wiley & Sons.
- Karadağ, Y., & Büyükburç, U. (2004). Farklı gübrelerin çayır mera bitkilerinde ot verimi ve kalitesi üzerine etkileri. *Türkiye Tarla Bitkileri Kongresi Bildirileri*, 1, 101-105.
- Koç, A. (1995). Çayır-mera araştırmalarında uygulanan örnekleme yöntemleri ve değerlendirme kriterleri. *Türkiye 3. Çayır-Mera ve Yem Bitkileri Kongresi Bildirileri* (pp. 180–187). Erzurum.
- Koç, A., & Çomaklı, B. (2005). Türkiye’de çayır-mera alanlarının mevcut durumu, sorunları ve ıslah olanakları. In *Türkiye Ziraat Mühendisliği VI. Teknik Kongresi Bildirileri* (pp. 515–533). TMMOB Ziraat Mühendisleri Odası.
- Lucy, M., Reed, E., & Glick, B. R. (2004). Applications of free living plant growth-promoting rhizobacteria. *Antonie van Leeuwenhoek*, 86(1), 1–25. <https://doi.org/10.1023/B:ANTO.0000024903.10757.6e>
- Mahanty, T., Bhattacharjee, S., & Goswami, M. (2017). Biofertilizers: A potential approach for sustainable agriculture development. *Environmental Science and Pollution Research*, 24(4), 3315–3335. <https://doi.org/10.1007/s11356-016-8104-0>
- Sahin, F., Çakmakçı, R., & Kantar, F. (2004). Sugar beet and barley yields in relation to inoculation with N₂-fixing and phosphate solubilizing bacteria. *Plant and Soil*, 265, 123–129.
- Smith, P., Soussana, J. F., Angers, D., Schipper, L., Chenu, C., Rasse, D. P., ... & Kuikman, P. (2019). 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. <https://doi.org/10.1111/gcb.14815>
- Tilak, K. V. B. R., Ranganayaki, N., & Manoharachari, C. (2005). Synergistic effects of plant growth promoting rhizobacteria and Rhizobium on nodulation and nitrogen fixation by pigeonpea. *European Journal of Soil Science*, 56(1), 67–71.



Vessey, J. K. (2003). Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. *Plant and Soil*, 255(2), 571–586. <https://doi.org/10.1023/A:1026037216893>.



EFFECTS OF DIFFERENT SWARD MIXTURES ON BIOMASS PRODUCTION AND FORAGE QUALITY UNDER DROUGHT

Yük. Zir. Müh. Fatih KUMBASAR

Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Tarla Bitkileri Bölümü

Fatih.kumbasar@tarimorman.gov.tr

ORCID: 0000-0002-0379-3355, 05548411099

Prof. Dr. Christopher REYNOLDS

University of Reading, Department of Animal Science

c.k.reynolds@reading.ac.uk

ORCID: 0000-0002-4152-1190

ABSTRACT

Rising temperatures and prolonged droughts driven by climate change pose a serious threat to forage production and the sustainability of livestock systems. As the primary source of roughage for ruminants, pastures are highly vulnerable to these stressors, while species diversity and the functional traits of mixtures are expected to play a crucial role in maintaining productivity. This study, conducted within the framework of the Diverse Forages Project at the University of Reading, aimed to evaluate the performance of different sward mixtures under drought conditions in terms of biomass yield and forage quality.

The experiment was carried out in 2017 and 2018 at Sonning Farm on two sites representing “medium moisture” and “dry” conditions. Four mixtures were tested: Control (perennial ryegrass, timothy, cocksfoot), Biomix (festulolium, meadow fescue, red and white clover, alsike clover, sainfoin, birdsfoot trefoil, chicory, plantain), Herbal (grasses and legumes combined with functional forbs such as burnet, yarrow, sheep’s parsley), and Smartgrass (tall fescue, festulolium, timothy, ryegrass, supported by clovers). Measurements included total annual biomass yield, crude protein (CP), acid detergent fibre (ADF), and neutral detergent fibre (NDF). Data were statistically analysed using independent t-tests and one-way ANOVA (SPSS).

Results indicated that biomass production was relatively high across mixtures in 2017, whereas a sharp decline was recorded in 2018 due to increased temperatures and reduced rainfall. For example, in the medium site, Control plots reached 9.45 t DM/ha in 2017 but decreased to 4.40 t DM/ha in 2018.

Overall, the findings highlight that species-rich mixtures, particularly Biomix and Herbal, sustained biomass production more effectively under drought stress and partially maintained forage quality. These results underscore the importance of incorporating diverse and deep-rooted species into pasture mixtures as a strategy to enhance resilience to climate change and ensure the sustainability of forage-based livestock systems.

Keywords: drought, sward mixtures, biomass yield, forage quality, crude protein, ADF, NDF



INTRODUCTION

In the world food economy, along with increasing food demand, food obtained from livestock has reached a very important point. With the increasing population in developing countries, the demand for meat has increased by 5–6% and the demand for dairy products has increased by 3.4–3.8% compared to the end of the 20th century (Bruinsma, 2003). One of the main targets in management of feeding livestock is the availability of sufficient amount and quality, but also affordable feed. Pasture areas, which account for about 70% of the world's agricultural land, provide livelihoods for some 800 million people worldwide. In addition, pastures are the main source of food for ruminant animals and have an important role in the preservation of carbon and biological diversity (Gaujour et al., 2012). However, due to the negative impact of climate change on feed resources, the solution of feed source problems has become increasingly important (Tubiello et al., 2007; Thornton et al., 2009). It is estimated that around 70% of domestic animal feed needs are met from pastures (Brown & Thorpe, 2008).

According to climate scenarios, between 2080 and 2099 the temperature will increase by 2.5–4.3 °C (IPCC, 2014), with drought as a major factor (Schär & Jendritzky, 2004; Brookshire & Weaver, 2015). Global climate change has been linked to summer droughts in Central Europe (Calanca, 2007; Fischer et al., 2012; Frei et al., 2006), which may cause short- and long-term negative impacts on pastures (Jentsch & Beierkuhnlein, 2008). Some studies in Australia concluded that low rainfall effects on pastures could be minimal and that higher CO₂ concentration may even have a positive effect (Howden et al., 2008). It has also been reported that higher CO₂ concentrations could compensate for yield reductions of about 10% caused by low rainfall (Harle et al., 2007).

Drought stress has been found to have greater effects on yield than other abiotic and biotic stress factors (Lambers et al., 2008). Since the 1970s, drought intensity has increased significantly in many regions (Schär et al., 2004; Trenberth et al., 2003). Plant communities show no uniform response to drought (van Peer et al., 2004; Galle et al., 2007; Noormets et al., 2008; Kreyling et al., 2008; Jentsch et al., 2009). Drought frequency due to climate change is expected to be higher in north-western Europe (IPCC, 2007). In Australia, perennial pastures have been proposed as a solution to nutrient loss under low seasonal precipitation (Hayes et al., 2010; Heng et al., 2001; Cransberg & McFarlane, 1994).

Forage crops are the main source of quality and inexpensive feed required by livestock systems and also play an essential role in crop rotation (Sheaffer & Moncada, 2012). They improve soil physical and chemical properties through increased soil organic matter, contribute to erosion control and water conservation, and reduce chemical inputs while improving subsequent crop yields (Barnes et al., 1995). Leguminous forage crops provide atmospheric nitrogen through rhizobium bacteria (Horrocks & Vallentine, 1999).

Ryegrasses are among the most important forage species due to their digestibility and adaptability to temperate and humid regions (Hannaway et al., 1999). However, perennial ryegrass is sensitive to extreme drought and cold, and annual ryegrass is even less tolerant (Casler & Duncan, 2003). Precipitation irregularities caused by climate change can reduce rangeland yields (Volaire et al., 2014). Plant diversity has been shown to increase tolerance against drought (Van Ruijven & Berendse, 2010; Vogel et al., 2012; Isbell et al., 2015). The degree of impact may vary depending on pre-drought conditions and soil type (Gilgen & Buchmann, 2009; Vogel et al., 2012; Zwicke et al., 2013). Mixtures generally perform better than monocultures in pastures (Nyfeler et al., 2009; Finn et al., 2013). However, both ryegrass and white clover, the most common mixtures, have shallow roots and are less productive in dry conditions (Kemp et al., 1999; Brown et al., 2005).



Ryegrass combined with drought-tolerant species such as tall fescue and cocksfoot improves performance under arid conditions (Thomas et al., 2003; Humphreys et al., 2012). Deep-rooted species such as chicory, lucerne, and red clover have also been recommended for mixtures in dry environments. Other drought-tolerant grasses such as festulolium and tall fescue are increasingly important (Gilliland et al., 2010).

Studies show mixed outcomes: some report that tall fescue outyields ryegrass in dry conditions (Wilman & Gao, 1996; Pontes et al., 2007; Gilliland et al., 2010; Van Eekeren et al., 2010), while others find that mixtures do not always improve drought resistance or forage quality (Bullock et al., 2007). Still, research indicates that mixtures enhance overall pasture efficiency and provide stability under variable conditions (Deak et al., 2007; Papastylianou, 2004; Lithourgidis et al., 2011).

Drought is the most critical environmental stress for pasture plants, as it reduces growth, leaf area, photosynthetic pigments, and biomass accumulation (Jaleel et al., 2009). Plants adapt by developing deeper roots, but overgrazing intensifies stress by reducing root depth and leaf regrowth capacity (Olson & Lacey, 1988). Crude protein concentration under drought has shown inconsistent results, with some species increasing and others decreasing (Wang & Frei, 2011; Peterson et al., 1992). Fibre fractions (ADF, NDF) also show variable responses under drought (Peterson et al., 1992; Seguin et al., 2002; Skinner et al., 2004). Higher temperatures increase NDF due to greater cell wall content, thereby reducing digestibility (Buxton, 1995). Increased lignification caused by heat further reduces protein availability and feed value (Moore & Jung, 2001).

Research has shown that legumes and herbs can improve pastures by providing nitrogen, deep rooting, and resilience to stress (Cardinale et al., 2007). Mixtures often outperform monocultures in terms of yield and quality (Deak et al., 2007; Lithourgidis et al., 2011).

METHODOLOGY

Study Site and Experimental Design

The research was conducted at Sonning Farm, University of Reading (UK), within the framework of the Diverse Forages Project (2016–2020). The experiment was carried out in 2017 and 2018 at Sonning Farm. The farm includes multiple experimental plots representing different soil moisture conditions. For the present study, two contrasting environments were selected:

Medium site, characterised by moderate soil moisture and relatively stable water availability.

Dry site, prone to moisture deficit and representing drought-like conditions.

Experimental plots were established in a Latin square design with four blocks (A–D) and four rows, allowing for replication and minimisation of spatial variability. Each treatment was sown in four replicate plots (64 plots in total per year).

Forage Treatments

Four sward compositions were compared:

Control (Ryegrass monoculture) – perennial ryegrass (*Lolium perenne*).

SmartGrass mixture – perennial ryegrass, timothy, cocksfoot, festulolium, meadow fescue, red and white clover.



Herbal mixture – ryegrass base complemented by chicory (*Cichorium intybus*), plantain (*Plantago lanceolata*), lucerne (*Medicago sativa*), sainfoin (*Onobrychis viciifolia*), birdsfoot trefoil (*Lotus corniculatus*), and other herbs.

Biomix (multi-species functional mixture) – broadest combination including grasses, legumes, and herbs such as chicory, plantain, yarrow, burnet, sheep's parsley, black medic, and alsike clover.

The selection of species was based on complementary functional traits, such as nitrogen fixation (legumes), deep rooting (herbs/forbs), and high biomass production (grasses).

Sampling Procedure

Three full harvests were performed each year, corresponding to local grazing periods:

Early season: March/April

Mid-season: June/July

Late season: August/September

Additional cuts were carried out if biomass exceeded grazing thresholds (>3 t DM/ha).

For each harvest, biomass was sampled using a 50×50 cm quadrat, cut to 7 cm stubble height. At least three quadrats per plot were taken randomly. Fresh weight was recorded immediately, and subsamples were dried at 60°C for 72 hours to determine dry matter (DM) yield.

Laboratory Analyses

Crude Protein (CP): Determined using the Kjeldahl method. Approximately 0.6 g of ground dried sample was digested with 98% sulfuric acid and hydrogen peroxide, followed by neutralisation and titration. Nitrogen concentration was multiplied by 6.25 to obtain CP values (Jones, 1931).

Acid Detergent Fibre (ADF) and Neutral Detergent Fibre (NDF): Analysed with an Ankom 200 Fiber Analyzer (Ankom Technology, NY, USA). For NDF analysis, sealed filter bags (Ankom F57) containing 0.45–0.50 g of ground sample were digested with neutral detergent solution containing sodium sulfite and α -amylase at 100°C for 75 minutes. ADF analysis followed a similar procedure using acid detergent solution (H_2SO_4 and CTAB). After rinsing and drying, fibre concentrations were calculated as a proportion of DM.

Statistical Analysis

All data (biomass, CP, ADF, NDF) were analysed using SPSS v25. Descriptive statistics (mean, minimum, maximum, range, standard deviation) were calculated for each treatment, site, and year. Differences between years (2017 vs. 2018) and between sites (medium vs. dry) were tested using independent-sample t-tests. Treatment effects among mixtures were assessed using one-way ANOVA followed by Tukey's post-hoc tests for pairwise comparisons. A significance level of $P < 0.05$ was used throughout.

CONCLUSION AND DISCUSSION

Results and Discussion

Biomass Yield

Biomass production showed strong variation between years, sites, and treatments. In 2017, mean annual dry matter yields ranged between 5.7 and 9.45 t DM/ha, with the highest values recorded in the control (ryegrass) plots at the medium site. In contrast, the lowest yields were observed in the Herbal mixture at the dry site (3.9 t DM/ha). By 2018, yields declined sharply,



with averages ranging from 2.05 to 4.95 t DM/ha. The decline was particularly evident in the dry site, where ryegrass monocultures produced as little as 1.8 t DM/ha. Statistical analysis confirmed significant differences between years ($P < 0.001$) and between sites ($P < 0.05$), indicating that drought stress and high temperatures in 2018 were major limiting factors for forage productivity.

Crude Protein Concentration

Crude protein (CP) values varied between 78 and 168 g/kg DM across treatments. Although no significant differences were detected between sites, year-to-year variation was significant ($P < 0.001$). In 2017, the highest crude protein content was observed in Biomix (168 g/kg DM), while the lowest was found in SmartGrass (115 g/kg DM). In 2018, values declined, with the highest in Herbal (115 g/kg DM) and the lowest in Control (79 g/kg DM). These results indicate that climatic conditions directly influence forage quality.

Fibre Fractions (ADF and NDF)

ADF values ranged from 239 to 332 g/kg DM, while NDF values ranged from 386 to 467 g/kg DM depending on site, year, and treatment. Both ADF and NDF concentrations were significantly higher in 2018 compared to 2017 ($P < 0.05$). This pattern reflects the influence of heat and drought on plant cell wall development, resulting in increased lignification and reduced digestibility. Herbal mixtures displayed the largest variation, as indicated by wider error bars, while Biomix plots tended to yield more consistent fibre values across both years and sites.

The results of this study highlight the substantial influence of climatic variability, particularly drought, on the productivity and nutritive value of forage mixtures. Biomass yields were markedly higher in 2017 compared with 2018, confirming the severe impact of the 2018 heatwave and prolonged dry conditions on pasture systems in southern England. Such findings are consistent with earlier studies reporting that drought exerts stronger effects on yield than any other abiotic stress factor (Lambers et al., 2008; Jentsch & Beierkuhnlein, 2008).

Discussion

Ryegrass monocultures demonstrated high productivity under favourable moisture conditions, but their performance collapsed under drought, reflecting the species' shallow root system and limited drought tolerance (Casler & Duncan, 2003). In contrast, multi-species mixtures, particularly Biomix, showed greater yield stability across sites and years. This supports the theory that biodiversity confers resilience, as functional traits of different species (e.g., nitrogen fixation by legumes, deep rooting by chicory and plantain, persistence of fescues) complement each other under stress conditions (Van Ruijven & Berendse, 2010; Vogel et al., 2012).

The implications of these findings are twofold. First, reliance on ryegrass monocultures may expose livestock systems to considerable risk under increasing climate variability. Second, although multi-species mixtures may not always achieve maximum yields, they provide more consistent forage quantity and quality under stress, reducing vulnerability to production shocks. This balance between productivity and resilience is critical for sustainable pasture management in the context of climate change.

Regarding total annual biomass, yields were generally higher in 2017, particularly under medium (normal) moisture conditions, where Control reached the highest production values. In contrast, 2018 was characterized by lower biomass yields, especially in dry conditions, reflecting the direct effect of climatic stress on herbage accumulation. Nevertheless, mixtures such as Biomix and Herbal showed relatively better performance, suggesting that botanical diversity provides a buffering capacity against environmental stress by sustaining productivity and quality.



Overall, the combined results of CP, ADF, NDF, and biomass clearly indicate that climatic conditions exert a dual effect: reducing forage nutritive value (lower CP, higher ADF/NDF) while also limiting herbage production. Importantly, diverse mixtures rich in legumes and herbs (e.g., Biomix, Herbal) demonstrated greater resilience than grass-dominated or monoculture swards (e.g., SmartGrass, Control). These findings emphasize the role of species diversity in maintaining both forage quality and productivity under climate variability, supporting sustainable livestock production systems in the face of increasing drought and heat stress.

Conclusion

This study demonstrates the profound impact of drought stress on forage yield and quality. Biomass production was drastically reduced in the drought year (2018), with yields declining by more than 50% compared to 2017.

Species composition played a crucial role in moderating these effects. While ryegrass monocultures produced high yields under medium-moisture conditions, their productivity collapsed under drought. In contrast, diverse mixtures such as Biomix and Herbal maintained more stable yields and fibre quality across environments. This highlights the importance of functional diversity—legumes contributing nitrogen fixation, herbs providing deep rooting capacity, and grasses offering rapid ground cover—in sustaining productivity under climate variability.

From a practical perspective, the findings support the integration of multi-species swards into pasture management strategies. Although monocultures may be profitable in optimal years, multi-species mixtures reduce vulnerability to climatic extremes and provide more consistent forage supply. Given the increasing frequency of drought events projected under climate change, adopting biodiverse pastures represents a viable strategy for ensuring sustainable livestock production in temperate regions.



REFERENCES

- Barnes, R. F., Miller, D. A., & Nelson, C. J., 1995. Forages: An introduction to grassland agriculture. Iowa State University Press.
- Brookshire, E. N. J., & Weaver, T., 2015. Long-term decline in grassland productivity driven by increasing drought frequency. *Climatic Change*, 132: 619–631.
- Brown, H. E., & Thorpe, P., 2008. Ruminant feed supply from pastures: global trends. *Grass and Forage Science*, 63: 405–420.
- Brown, H. E., Moot, D. J., & Pollock, K. M., 2005. Drought resistance in ryegrass/clover mixtures. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 48: 423–432.
- Bruinsma, J., 2003. World agriculture: Towards 2015/2030. FAO, Rome.
- Buxton, D. R., 1995. Quality-related characteristics of forages as influenced by plant environment and agronomic factors. *Animal Feed Science and Technology*, 59: 37–49.
- Calanca, P., 2007. Climate change and drought occurrence in the Alpine region. *Climatic Change*, 82: 165–177.
- Cardinale, B. J., Wright, J. P., Cadotte, M. W., et al., 2007. Impacts of plant diversity on biomass production and stability across trophic levels. *PNAS*, 104: 18123–18128.
- Casler, M. D., & Duncan, R. R., 2003. Turfgrass biology, genetics, and breeding. Wiley, Hoboken.
- Cransberg, L., & McFarlane, D. J., 1994. Can perennial pastures provide the basis for a sustainable farming system in southern Australia? *NZ Journal of Agricultural Research*, 37: 287–294.
- Deak, A., Hall, M. H., Sanderson, M. A., & Archibald, D. D., 2007. Production and nutritive value of grazed forage mixtures. *Agronomy Journal*, 99: 814–821.
- Finn, J. A., Kirwan, L., Connolly, J., et al., 2013. Increased forage yield from grass–legume mixtures across Europe's grasslands. *Annals of Botany*, 111: 1211–1220.
- Fischer, E. M., Seneviratne, S. I., Lüthi, D., & Schär, C., 2012. Contribution of land-atmosphere coupling to European summer heat waves. *Geophysical Research Letters*, 34.
- Frei, C., Schöll, R., Fukutome, S., Schmidli, J., & Vidale, P. L., 2006. Future change of precipitation extremes in Europe. *J. Geophys. Res.*, 111.
- Galle, A., Florez-Sarasa, I., Aououad, H. E., & Flexas, J., 2007. The role of mesophyll conductance during water stress in tobacco. *Journal of Experimental Botany*, 58: 3019–3031.
- Gaujour, E., Amiaud, B., Mignolet, C., & Plantureux, S., 2012. Plant diversity effect on livestock grazing in permanent pastures. *Agric. Ecosyst. Environ.*, 145: 4–12.
- Gilgen, A. K., & Buchmann, N., 2009. Response of temperate grasslands to simulated summer drought. *Biogeosciences*, 6: 2525–2539.
- Gilliland, T. J., Barrett, P. D., Mann, R. L., et al., 2010. Ryegrass breeding for Northern Europe. *Irish J. Agric. Food Res.*, 49: 119–132.
- Harle, K. J., Howden, S. M., Hunt, L. P., & Dunlop, M., 2007. Impact of climate change on the Australian dairy industry. *Climatic Change*, 84: 451–466.
- Hayes, R. C., Li, G. D., Norton, M. R., et al., 2010. Perennial pastures for recharge control in southern Australia. *Crop & Pasture Science*, 61: 693–704.



- Heng, L. K., Hsiao, T. C., Evett, S. R., et al., 2001. Crop response to water stress and irrigation scheduling. *Irrigation Science*, 20: 197–208.
- Horrocks, R. D., & Vallentine, J. F., 1999. Forage and crop production. Prentice Hall, NJ.
- Howden, S. M., Crimp, S. J., & Stokes, C. J., 2008. Climate change and Australian livestock systems. *Aust. J. Exp. Agric.*, 48: 780–788.
- IPCC, 2007. Climate Change 2007: Synthesis Report. Cambridge Univ. Press.
- IPCC, 2014. Climate Change 2014: Synthesis Report. Geneva.
- Isbell, F., Craven, D., Connolly, J., et al., 2015. Biodiversity increases resistance of ecosystem productivity to climate extremes. *Nature*, 526: 574–577.
- Jaleel, C. A., Manivannan, P., Wahid, A., et al., 2009. Drought stress in plants: a review. *Plant Stress*, 3: 23–38.
- Jentsch, A., & Beierkuhnlein, C., 2008. Research frontiers in climate change: effects of extreme events. *C. R. Geoscience*, 340: 621–628.
- Jentsch, A., Kreyling, J., Elmer, M., et al., 2009. Drought extremes reduce diversity and productivity. *PNAS*, 106: 10016–10020.
- Kemp, D. R., Michalk, D. L., & Virgona, J. M., 1999. Pasture species mixtures in temperate grazing systems. *Grass and Forage Science*, 54: 291–302.
- Kreyling, J., Wenigmann, M., Beierkuhnlein, C., & Jentsch, A., 2008. Effects of extreme weather events on plant productivity. *New Phytologist*, 179: 765–774.
- Lambers, H., Chapin, F. S., & Pons, T. L., 2008. Plant physiological ecology. Springer, New York.
- Lithourgidis, A. S., Vasilakoglou, I. B., Dhima, K. V., et al., 2011. Forage yield and quality of common vetch mixtures. *Agronomy Journal*, 103: 944–949.
- McKeon, G. M., Stone, G. S., Syktus, J. I., et al., 2009. Climate change impacts on northern Australian rangeland. *Rangeland Journal*, 31: 1–29.
- Moore, K. J., & Jung, H. J. G., 2001. Lignin and fiber digestion. *Journal of Range Management*, 54: 420–430.
- Nyfelner, D., Huguenin-Elie, O., Suter, M., et al., 2009. Strong mixture effects among four species in fertilized grassland. *J. Appl. Ecol.*, 46: 683–691.
- Peterson, P. R., Sheaffer, C. C., & Hall, M. H., 1992. Drought effects on forage yield and quality. *Agronomy Journal*, 84: 774–779.
- Pontes, L. S., Carrère, P., Andueza, D., et al., 2007. Performance of temperate grasses under cutting. *Grass and Forage Science*, 62: 45–52.
- Schär, C., & Jendritzky, G., 2004. Climate change: hot news from summer 2003. *Nature*, 432: 559–560.
- Schär, C., Vidale, P. L., Lüthi, D., et al., 2004. The role of increasing temperature variability in European summer heatwaves. *Nature*, 427: 332–336.
- Seguin, P., Clark, K. W., Zheng, H. Y., & Smith, D. L., 2002. Heat stress and forage quality in alfalfa. *Agronomy Journal*, 94: 198–205.



- Sheaffer, C. C., & Moncada, K. M., 2012. Introduction to agronomy: Food, crops, and environment. Cengage Learning.
- Skinner, R. H., Gustine, D. L., & Sanderson, M. A., 2004. Growth, water relations, and nutritive value of forage. *Crop Science*, 44: 1361–1369.
- Thomas, H., Humphreys, M. W., & Ougham, H. J., 2003. The molecular basis of drought tolerance in forage grasses. *Annals of Applied Biology*, 143: 159–167.
- Thornton, P. K., Jones, P. G., Ericksen, P. J., & Challinor, A. J., 2009. Agriculture and food systems in sub-Saharan Africa in a 4 °C+ world. *Philos. Trans. R. Soc. Lond. A*, 369: 117–136.
- Trenberth, K. E., Dai, A., Rasmussen, R. M., & Parsons, D. B., 2003. The changing character of precipitation. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 84: 1205–1217.
- Tubiello, F. N., Soussana, J. F., & Howden, S. M., 2007. Crop and pasture response to climate change. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 104: 19686–19690.
- Van Eekeren, N., de Boer, H., Hanegraaf, M. C., et al., 2010. Ecosystem services in grassland. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 137: 97–106.
- Van Peer, L., Nijs, I., Reheul, D., & De Cauwer, B., 2004. Species richness and susceptibility to drought in experimental plant communities. *Oikos*, 107: 67–76.
- Van Ruijven, J., & Berendse, F., 2010. Diversity enhances community drought resistance. *Journal of Ecology*, 98: 113–120.
- Vogel, A., Scherer-Lorenzen, M., & Weigelt, A., 2012. Biodiversity and drought resistance. *Nature Climate Change*, 2: 504–507.
- Volaire, F., Barkaoui, K., & Norton, M., 2014. Designing resilient grasslands for a drier future. *European Journal of Agronomy*, 52: 81–89.
- Wang, Y., & Frei, M., 2011. Stressed food: The impact of abiotic stresses on crop quality. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 141: 271–286.
- Wilman, D., & Gao, Y., 1996. Herbage yield and digestibility of tall fescue and perennial ryegrass. *Grass and Forage Science*, 51: 111–118.



THE OVERVIEW OF THE PLANT PRODUCTION PLANNING IN THE REPUBLIC OF TURKEY MINISTRY OF AGRICULTURE AND FORESTRY AGRICULTURAL PRODUCTION PLANNING PROJECT

Ziraat Mühendisi Dilan İLTER HELVACI

Adnan Menderes Üniversitesi, Ziraat Fakültesi

dilan.ilterhelvaci@tarimorman.gov.tr

ORCID: 0009-0008-2895-9850

Prof. Dr. Mustafa SÜRMEN

Adnan Menderes Üniversitesi, Ziraat Fakültesi

mustafa.surmen@adu.edu.tr

ORCID:0000-0001-9748-618X

ABSTRACT

The Farmer Registration System (FRS), established in 2002 by the Ministry of Agriculture and Forestry, is an administrative registration system that records the production of producers on their land (own property, lease, consent, commitment, etc.) and provides agricultural support payments based on these records. In addition to the Farmer Registration System (FRS), the Ministry of Agriculture and Forestry's new project, Agricultural Production Planning, aims to ensure climate change-adapted production by focusing on water, prevent marketing problems faced by producers through the effective and efficient use of resources, increase productivity and agricultural yields, and ensure the sustainable use of our natural resources. This will protect and strengthen our producers while ensuring the sustainability of the raw material supply needed by agriculture-based industries. Examining TÜİK data on plant production in our country, it was seen that approximately 61 million tons of forage crops were produced in 2021, approximately 67 million tons in 2022, approximately 68 million tons in 2023, and approximately 66 million tons in 2024. Although forage crop production, which has been increasing since 2021, is expected to decline relatively in 2024 due to drought and economic reasons, it is expected that the upcoming Agricultural Production Planning will also benefit in this regard. The Plant Production Support Prices and Agricultural Production Planning announced in the Presidential Decree, published in the Official Gazette and entered into force, aim to ensure a supply-demand balance based on sustainability in production.

Keywords: The Farmer Registration System, Planning, Support, Agricultural Production



TÜRKİYE CUMHURİYETİ TARIM VE ORMAN BAKANLIĞI TARIMSAL ÜRETİM PLANLAMA PROJESİ'NDE BİTKİSEL ÜRETİM PLANLAMASINA GENEL BAKIŞ

ÖZET

Çiftçi Kayıt Sistemi (ÇKS) Tarım ve Orman Bakanlığı tarafından 2002 yılında başlayarak günümüze kadar uzanan üreticilerin kendi tasarruflarında olan (kendi malı, kira, muvafakatname, taahhütname vb.) arazilerinde gerçekleştirecekleri üretimlerin kayıt altına alındığı ve bu kayıtlara göre tarımsal destek ödemelerinin yapıldığı idari bir kayıt sistemidir. Çiftçi Kayıt Sistemi (ÇKS) yansira Tarım ve Orman Bakanlığının yeni projesi olan ve hayata geçirilen Tarımsal Üretim Planlaması ile suyu merkeze alarak iklim değişikliğine uyumlu üretim yapılması, kaynakların etkin ve verimli kullanılarak üreticilerin yaşadığı pazarlama sorunlarının önüne geçilmesi, verimlilik ve tarımsal hasılda artış sağlanması, doğal kaynaklarımızın sürdürülebilir kullanımının sağlanması hedeflenmektedir. Böylece üreticimiz korunup güçlendirilirken tarıma dayalı sanayinin ihtiyaç duyduğu ham madde tedarikinde de sürdürülebilirlik sağlanacaktır. Ülkemizde Bitkisel üretim bazında TÜİK verileri incelenerek 2021 yılında yaklaşık 61 milyon ton yem bitkileri üretimi 2022 yılında yaklaşık 67 milyon ton 2023 yılında yaklaşık 68 milyon ton 2024 yılında ise yaklaşık 66 milyon ton üretim gerçekleştirilmiş olduğu görülmüştür. 2021 yılından bu yana artarak devam eden Yem Bitkileri üretimi kuraklık ve ekonomik sebepler göz önüne alındığında 2024 yılında nispeten düşüşe uğrasa da yapılacak olan Tarımsal Üretim Planlamasının bu konu üzerinde de fayda sağlayacağı hedeflenmektedir. Resmi Gazete' de yayımlanarak yürürlüğe giren Cumhurbaşkanı Kararında açıklanan Bitkisel Üretim Destekleme fiyatları ve Tarımsal Üretim planlaması ile üretimde sürdürülebilirlik esas alınarak arz talep dengesinin sağlanması hedeflenmektedir.

Anahtar Kelimeler: Çiftçi Kayıt Sistemi , Planlama, Destekleme, Tarımsal Üretim



GİRİŞ

Ülkemizde Bitkisel üretim bazında TÜİK verileri incelenerek 2021 yılında yaklaşık 61 milyon ton yem bitkileri üretimi, 2022 yılında yaklaşık 67 milyon ton, 2023 yılında yaklaşık 68 milyon ton, 2024 yılında ise yaklaşık 66 milyon ton üretim gerçekleştirilmiş olduğu görülmüştür. 2021 yılından bu yana artarak devam eden Yem Bitkileri üretimi kuraklık ve ekonomik sebepler göz önüne alındığında 2024 yılında nispeten düşüşe uğrasa da yapılacak olan Tarımsal Üretim Planlamasının bu konu üzerinde de fayda sağlayacağı hedeflenmektedir. (TÜİK,2024)

Tarım ve Orman Bakanı ise Tarımsal Üretim Planlamasını “İnsanlık tarihi boyunca önemini her daim koruyan tarımsal üretim; iklim değişikliği, nüfus artışı, doğal afetler, göçler ve jeopolitik riskler gibi birçok unsurun etkisi ile günümüzde daha stratejik bir olgu hâline gelmiştir. Toprak ve su gibi doğal kaynaklar üzerindeki baskıyı da artıran tüm bu gelişmeler “gıda milliyetçiliği” kavramının doğmasına yol açmış, ülkeleri gıda arzının devamının sağlanmasına yönelik yeni tedbirler almaya zorlamıştır. Ülkemizin gıda arz güvenliğinin sağlanmasında başat bir sorumluluğu bulunan Tarım ve Orman Bakanlığı olarak bizler de tarım sektörünü sürdürülebilir, verimli, kaliteli, kayıtlı ve yatırım yapılan bir yapıya kavuşturup üretim gücümüzü daha ileri bir seviyeye taşıyarak bu risklere karşı gereken tedbirleri alıyoruz. Bu kapsamda çalışmalarımızın en önemli ayaklarından birini “Tarımsal Üretim Planlaması” oluşturuyor. Hayata geçirdiğimiz bu strateji ile tarımsal üretimi etkileyen koşulların hızla değiştiği ve gıdaya olan talebin arttığı bu yeni dönemde, Türkiye Yüzyılı’ na uygun bir vizyon ortaya koyduk. Faaliyetlerimizin ana gövdesini, toprak ve su kaynaklarımızın sürdürülebilirliği ile gıda arz güvenliğini sağlamaya yönelik faaliyetler oluşturuyor. Bu vizyon, suyun merkeze alındığı Tarımsal Üretim Planlaması üst başlığı altında; yeni destekleme modeli, kayıtlılık, tarımsal krediler, işlenmeyen tarım arazilerinin üretime kazandırılması, tarım arazilerinin izinlendirilmesi, tarım sayımı, sözleşmeli üretim gibi çok sayıda unsuru içeriyor. Ülke genelinde 81 ilimizde hayata geçirdiğimiz yeni model ile stratejik ürünlerde yeterliliği artıracakız, tarımsal hasılamızı daha yukarılara taşıyacağız. Geçmişte etkin bir planlamanın olmadığı dönemde karşı karşıya olunan sorunları ortadan kaldıracakız, üretimde istikrar ve öngörülebilirliği sağlayacağız. Hayvancılık sektörünü güçlü ve dirençli hâle getireceğiz, desteklerimizi daha sade ve etkili kılacağız, tarıma dayalı sanayinin ham madde ihtiyacını sürdürülebilir şekilde karşılayacağız.” anlatmaktadır. (Tarım ve Orman Bakanlığı,2025)

Tarımsal Üretim Planlamasının sürdürülebilirliği açısından önem arz eden konuların başında kayıtlılık gelmektedir. Tarım ve Orman Bakanlığı’nın bu konu hakkında da önemli gelişmeleri olmuştur.

Öncelikle Çiftçi Kayıt Sistemini açıklamaya çalışırsak, “Çiftçi Kayıt Sistemi (ÇKS) 21 Haziran 2001 yılında Bakanlığımızca devreye alınan, üreticilerin kendi tasarruflarında bulunan arazileri ile bu araziler üzerinde yaptıkları bitkisel üretim faaliyetlerinin kayıt altına alındığı ve bu kayıtlara göre tarımsal destek ödemelerinin yapıldığı idari bir kayıt sistemidir. Bu kayıt sisteminin iş ve işlemleri Bakanlığımızın 12.09.2024 tarih ve 15673086 sayılı yazısı ile Çiftçi Kayıt Sistemi Uygulama Talimatı, 31.12.2024 tarih ve 32769 (5. Mükerrer) sayılı Resmi Gazete’ de yayımlanarak yürürlüğe giren 2025-2027 Yıllarında Yapılacak Bitkisel Üretime Yönelik Desteklemeler ile Diğer Bazı Tarımsal Desteklemelere Ödeme Yapılmasına Dair Tebliğ, 29.08.2024 tarih ve 32647 sayılı Resmi Gazete’ de yayımlanarak yürürlüğe giren 2025-2027 Yıllarında Yapılacak Bitkisel Üretime Yönelik Desteklemeler ile Diğer Bazı Tarımsal Desteklemelere İlişkin Karar, 27.05.2014 tarih ve 29012 sayılı Resmi Gazete’ de yayımlanarak yürürlüğe giren Çiftçi Kayıt Sistemi Yönetmeliği hükümleri doğrultusunda gerçekleşmektedir.

Tam ve güvenilir verinin sağlanması ve ÇKS’ ye kayıtlılık oranının artırılması için e-Devlet ile başvuru süreç ve şartları kolaylaştırılmış ve fiilen üretim yapılan alanların Taahhütname



Belgesi ile mülkiyetten bağımsız olarak kaydedilebilmesi imkânı getirilmiştir. Bu sayede mülkiyet ve mirasçılık sorunları nedeniyle kaydı yapılamayan alanların kayıt altına alınması mümkün olmuştur. ÇKS’ de yapılan bu düzenlemeler ile kayıtlı alan ve çiftçi sayısında önemli ölçüde artış sağlanmıştır. ÇKS’ ye kayıtlı olmayan ama üretim yapılan alanlar da uzaktan algılama, CBS ve yerinde tespit yöntemi ile kayıt altına alınacaktır. (Tarım ve Orman Bakanlığı,2025)

22 Ağustos 2024 tarihli “İşlenmeyen Tarım Arazilerinin Tarımsal Amaçlı Kiraya Verilmesine İlişkin Yönetmelik” hükümlerine göre 2024 ve 2025 üretim yıllarına ait işlenmeyen tarım arazileri tespit edilerek 2026 üretim yılı başlangıcında bu alanların kiralama süreci başlatılacaktır. Bu kapsamda mülkiyeti gerçek ve tüzel kişilere ait olan ve üst üste 2 yıl işlenmeyen tarım arazileri rayiç bedelden aşağı olmayacak ve kira bedeli maliklere ödenecek şekilde yıllık olarak kiralanacaktır. (Tarım ve Orman Bakanlığı,2025)

Veriye dayalı bir planlama sürecinin işletilmesi ve politikaların belirlenmesi için tarımsal veri ekosisteminin iyileştirilmesi kapsamında tarım sayımı yapılacaktır. 22 Eylül 2023 tarihinde Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) ile Bakanlığımız arasında yapılan protokol kapsamında 2025 yılında tarım sayımı sürecinin başlatılacağı kararı alınmıştır. (Tarım ve Orman Bakanlığı,2025)

Tarımsal Üretim Planlamasının amacı; üretimde arz fazlası veya eksikliğinin oluşmasının önüne geçmek ve stratejik ürünlerde arz güvenliğinin korunmasını sağlamaktır. Bu doğrultuda ülke ihtiyacına göre asgari ve azami üretim miktarları tespit edilecek, ürünlerin arz ve talep miktarı dikkate alınarak tarım havzası veya işletme bazında hangi ürün veya ürün gruplarının üretileceği belirlenecektir. (Tarım ve Orman Bakanlığı,2025)

Tarımsal Üretim Planlamasıyla; Suyu merkeze alarak iklim değişikliğine uyumlu üretim yapılması, Üretimde verim ve kalitenin artırılması, Kaynakların etkili kullanılması, Verimlilik ve tarımsal hasılda artış sağlanması, Üreticilerin yaşadığı pazarlama sorunlarının önüne geçilmesi, Üreticilerin refah düzeyinde artış sağlanması, Doğal kaynaklarımızın sürdürülebilir kullanımının sağlanması hedeflenmektedir. Böylece üreticimiz korunup güçlendirilirken tarıma dayalı sanayinin ihtiyaç duyduğu ham madde tedarikinde de sürdürülebilirlik sağlanacaktır. (Tarım ve Orman Bakanlığı,2025)

Yeni destekleme modeli; hayvansal üretim ve su ürünleri üretimi konularını kapsayan “2024 - 2026 Yıllarında Yapılacak Hayvancılık Desteklemelerine İlişkin Karar” (26 Temmuz 2024) ve bitkisel üretimle ilgili konuları içeren “2025 - 2027 Yıllarında Yapılacak Bitkisel Üretime Yönelik Desteklemeler ile Diğer Bazı Tarımsal Desteklemelere İlişkin Cumhurbaşkanı Kararları (29 Ağustos 2024) ile yasal zemine oturtulmuştur. Tarımsal Üretim Planlamasının önemli bir aracı olarak değerlendirdiğimiz tarımsal destekler, aşağıda yer alan ölçütler dikkate alınarak yapılan düzenlemelerle daha etkin bir yapıya kavuşturulmuştur. (Tarım ve Orman Bakanlığı,2025)

Temel girdi maliyetlerine göre ürünler kategorilere ayrılmış ve her kategori için destek katsayısı belirlenmiştir. 2025 üretim yılı için destek katsayı değeri dekara 244 TL olarak hesaplanmıştır. Birim destek katsayı değeri her yıl mazot ve gübre fiyatlarındaki artış oranları dikkate alınarak güncellenecektir. Bitkisel üretim destekleri; Temel Üretim, Planlı Üretim ve Üretimi Geliştirme Desteği olarak 3 gruba ayrılmıştır. Temel Destek: Planlama kapsamındaki ürünleri havzasında yetiştiren üreticilerimiz ile planlama kapsamı dışındaki diğer ürünleri üreten ÇKS’ ye kayıtlı tüm çiftçilerimize ödenecektir. Temel destek kapsamında üretim sürecinde kullanılan mazot maliyetinin ortalama %50’si ve gübre ortalama maliyetinin %25’i karşılanacaktır. (Tarım ve Orman Bakanlığı,2025)

**Temel Destek Miktarları**

Ürün Grupları	Katsayı	Ürünler
1. Kategori	1,0	Aspir, Mercimek, Mısır (dane), Nohut, Patates, Soğan (kuru), Birinci grup yem bitkileri, Diğer ürünler
2. Kategori	1,30	Arpa, Buğday, Çavdar, Tritikale, Yulaf, İkinci grup yem bitkileri
3. Kategori	1,50	Ayçiçeği (yağlık), Fındık, Kolza (Kanola), Fasulye (kuru), Soya, Çay
4. Kategori	2,25	Çeltik, Pamuk (kütü)

Planlı Üretim Destekleri: Planlama kapsamındaki ürünleri (13 stratejik ürün + yem bitkileri), havzasında üreten üreticilere temel desteğe ilave olarak ödenecektir. Bu destek kapsamında mazot maliyetinin %100'ü, gübre maliyetinin %50'si karşılanacaktır. (Tarım ve Orman Bakanlığı,2025)

Planlı Üretim Desteği Miktarları

Ürün Grupları	Katsayı	Ürünler
1. Kategori	1,0	Aspir, Mercimek, Mısır (dane), Nohut, Patates, Soğan (kuru), Birinci grup yem bitkileri
2. Kategori	1,30	Arpa, Buğday, İkinci grup yem bitkileri
3. Kategori	1,50	Ayçiçeği (yağlık), Kolza (Kanola), Fasulye (kuru), Soya
4. Kategori	2,25	Pamuk (kütü)



Yer altı su kısıtının bulunduğu yerlerde planlı üretime ve münavebeye uygun üretim yapan üreticilerimizin mazot ve gübre maliyetinin tamamı karşılanacaktır. Tarımsal Üretimin Planlanması Kurulu tarafından süt havzası olarak belirlenen illerde yem bitkisi üreten çiftçilere ilave planlı üretim desteği verilecektir. Kamu tarafından ıslah edilen yerli ve millî sertifikalı tohumla üretim yapan çiftçilere ilave destek verilecektir. Üretimi Geliştirme Desteği: Verim ve kaliteyi artırmak amacıyla; Sertifikalı tohum/fidan kullanım desteği, Organik ve iyi tarım uygulamaları desteği, Katı Organik Organomineral Gübre Desteği verilecektir. (Tarım ve Orman Bakanlığı,2025)

Sertifikalı Tohum Kullanım Desteği Miktarları

Ürünler	Katsayı
Arpa, Buğday, Çavdar, Çeltik, Fasulye (kuru), Triticale, Yulaf	0,5
Aspir, Kolza (kanola), Susam	0,2
Korunga, Soya, Yer fıstığı, Yonca	0,6
Fiğ, Mercimek, Nohut, Yem bezelyesi	0,4
Patates	2,2

Katı Organik Organomineral Gübre Desteği 2025 yılı için 0,21 destek katsayısı karşılığı hesaplanan tutar üzerinden destekleme yapılması planlanmıştır.

Sonuç olarak Tarım ve Orman Bakanlığı tarafından hayata geçirilen ve yürütülmekte olan bu proje ülkenin tarım stratejilerini belirleyebilmek kayıt ve planlama açısından büyük hedefler barındırmaktadır.

Kaynak

- 1) TÜİK (2021,2022,2023,2024)
- 2) Tarım ve Orman Bakanlığı (2025), Tarımsal Üretim Planlaması, https://www.tarimorman.gov.tr/Belgeler/Paylasim/Tarimsal_Uretim_Planlamasi.pdf



TÜRKİYE'DE SÜRDÜRÜLEBİLİR YEM ÜRETİMİ İÇİN ÇAVDARIN POTANSİYELİ

Prof. Dr. Uğur BAŞARAN

Yozgat Bozok Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Yozgat

ugur.basaran@yobu.edu.tr,

ORCID: 0000-0002-6644-5892

Doç. Dr. Erdem GÜLÜMSER

Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Ziraat ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü,
Bilecik, erdem.gulumser@bilecik.edu.tr

ORCID: 0000-0001-6291-3831

Arş. Gör. Dr. Yusuf Murat KARDEŞ

Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Ziraat ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü,
Bilecik, yusufmurat.kardes@bilecik.edu.tr

ORCID: 0000-0001-7144-9612

ÖZET

Türkiye’de mevcut hayvan varlığının yıllık yeşil ot olarak kaba yem gereksinimi 351.3 milyon ton olup, yem bitkileri tarımı ile çayır-mera alanlarından üretilen ot miktarı ise 116.2 milyon ton dur. Bu değer ihtiyacın ancak %33’ünü karşılamaktadır. Kaba yem üretiminin artırılması için küçük taneli tahıllar yüksek potansiyel taşımaktadır. Bu bakımdan özellikle çavdarın yem bitkisi olarak kullanımı önemli fırsatlar sunmaktadır. Tahıllar içerisinde yer alan çavdar soğuğa, kurağa, hastalıklara ve zararlılara dayanıklı, her türlü toprakta yetişebilen, güçlü kök sistemi ile sudan iyi yararlanabilen, çok fazla bakım istemeyen, ayrıca münavebede yer alabilecek bir bitkidir. Çavdar, buğday ve arpa için elverişli olmayan verimsiz topraklarda bile tatminkâr ürün vermektedir. Türkiye’de çavdar, beslenme değeri yüksek olduğundan ekmeklik ve yemlik olarak kullanılmaktadır. Son yıllarda çavdar, silo, yeşil yem ve kuru ot olarak önem kazanmıştır. Son 10 yıllık verilere göre çavdar ekim alanı 7 bin hektardan 115 bin hektara çıkarken, elde edilen kuru ot miktarı da 20 kat artarak 40 bin tona ulaşmıştır. Tahıllar arasında yem kalitesi bakımından alt sıralarda yer alsa uygun zamanda biçildiğinde yem kalitesi azımsanmayacak düzeydedir. Yapılan farklı araştırmalarda çavdarın ham protein içeriği %8.0-13.0, ADF içeriği %33.0-40.0 NDF içeriği %48.0-55.0, K içeriği %1.99-2.83, P içeriği %0.39-0.41, Ca içeriği %0.15-0.29 ve Mg içeriği ise %0.11-0.14 arasında bildirilmiştir.

Bu derlemede, çavdarın sürdürülebilir bir tarım açısından önemine değinilmiş ve önceki çalışmalar da bildirilen verim ve kalite değerleri çerçevesinde Türkiye için yem bitkisi olarak potansiyeli vurgulanmıştır.

Anahtar kelimeler: Yem Bitkisi, Hayvan Besleme, Çavdar, Sürdürülebilir Tarım.



THE POTENTIAL OF RYE FOR SUSTAINABLE FORAGE PRODUCTION IN TÜRKİYE

ABSTRACT

The annual requirement of roughage for the current livestock is 351.3 million tons in Türkiye, while the amount of roughage produced from forage crops and meadows, and pastures is 116.2 million tons. This amount meets only 33% of the total need. Small-grain cereals hold high potential for increasing roughage production. In this regard, the use of rye as a forage crop presents significant opportunities. Among cereals, rye is resistant to cold, drought, diseases, and pests; it can grow in all types of soil, has a strong root system that efficiently utilizes water, requires minimal care, and can also be included in crop rotation. Rye can yield satisfactory crops even in poor soils that are unsuitable for wheat and barley. In Türkiye, rye is used both for bread making and as animal feed due to its high nutritional value. In recent years, rye has gained importance as silage, green forage, and hay. According to data from the last 10 years, the rye cultivation area has increased from 7000 hectares to 115.000 hectares, and the amount of dry hay produced has risen 20-fold to reach 40.000 tons. Although rye ranks lower among cereals in terms of feed quality, when harvested at the appropriate time, its feed quality is considerable. Previously studies have reported that rye contains 8.0–13.0% crude protein, 33.0–40.0% ADF, 48.0–55.0% NDF, 1.99–2.83% potassium (K), 0.39–0.41% phosphorus (P), 0.15–0.29% calcium (Ca), and 0.11–0.14% magnesium (Mg).

This review highlights the importance of rye in terms of sustainable agriculture and emphasizes its potential as a forage crop in Turkey, based on previously reported yield and quality values.

Keywords: Forage, Animal Nutrition, Rye, Sustainable Agriculture



GİRİŞ

Son yıllarda iklimde yaşanan değişimler, sulama olanaklarının azalması ve enerji, gübre, tohum gibi temel tarımsal girdilerin maliyetlerindeki ciddi artışlar, tarım sektörünün tüm alanlarında üretimi kısıtlamakta ve gıda arz güvenliğini tehdit eden bir tablo oluşturmaktadır. Bu olumsuzluklar yalnızca bitkisel üretimi değil, hayvancılığı da doğrudan etkilemektedir. Çünkü hayvansal üretim, hem biyolojik hem de ekonomik açıdan bitkisel üretime bağımlıdır. Hayvancılık faaliyetlerinde, yem giderleri toplam üretim maliyetlerinin büyük bir kısmını oluşturmaktadır. Bu oran, sektöre bağlı olarak değişiklik gösterse de, genel olarak maliyetlerin %70'ine kadar ulaşabilmektedir. Besi hayvancılığında ise, hayvan alım maliyetleri hariç tutulduğunda, yem giderlerinin toplam maliyet içindeki payı %70 ile %90 seviyelerine çıkabilmektedir (Ertuğrul, 1997). Türkiye'de hayvancılığın karşı karşıya olduğu en büyük problemlerden biri, yeterli miktar ve kalitede yem üretiminin yapılamamasıdır. Bu yetersizlik, yem fiyatlarının yükselmesine ve dolayısıyla hayvansal ürünlerin piyasa fiyatlarında artışa neden olmaktadır. Bu açığın kapatılması amacıyla başvurulmuş ithalat politikaları ise, sürdürülebilir bir çözüm sunmamaktadır. Özellikle son yıllarda küresel ölçekte tarım ürünlerinde yaşanan fiyat artışları ve döviz kuru dalgalanmaları, Türkiye'de üretim maliyetlerinde öngörülemeyen artışlara yol açmış, bu da hem üreticiyi hem de tüketiciyi ekonomik anlamda olumsuz etkilemiştir. Ortaya çıkan tablo, yem girdisi özelinde hayvancılık sektörünün ciddi bir krizle karşı karşıya olduğunu açıkça göstermektedir. Bu koşulların devam etmesi durumunda, hayvansal gıdalara erişimde yaşanacak sıkıntıların daha da derinleşeceği ve bunun toplumsal boyutta önemli sonuçlar doğuracağı açıktır.

Gelinen noktada, hayvancılık sektöründe yaşanan yapısal sorunlar, sadece üreticileri değil, akademik çevreleri ve politika yapıcılarını da alternatif çözüm arayışlarına yöneltmiştir. Kalıcı ve uzun vadeli çözümlerin başında ise yem üretiminin artırılması gelmektedir. Ancak mevcut tarım arazilerinin sınırlılığı, iklim değişikliklerinin olumsuz etkileri ve üretim girdilerindeki sürekli artış, yalnızca üretim hacmini değil, verimlilik kavramını da ön plana çıkarmaktadır. Bu bağlamda, kaynakların daha etkin kullanılması ve çevresel koşullara dayanıklı, sürdürülebilir üretim modellerinin benimsenmesi bir zorunluluk haline gelmiştir. Son yıllarda, yüksek verimli ancak yüksek girdi gereksinimine sahip modern çeşitlerin yanında; düşük maliyetli, farklı iklim ve toprak koşullarına adaptasyon yeteneği yüksek tür ve çeşitlere olan ilgi dikkat çekici şekilde artmıştır. Bu özellikleri taşıyan bitkilerin başında küçük taneli tahıllar yer almaktadır. Türkiye'de arpa, yulaf, tritikale, çavdar ve buğday gibi türlerin hem tane hem de kaba yem olarak kullanıldığı bilinmektedir. Ancak mevcut üretim miktarlarının artırılması hem teknik olarak mümkündür hem de ülke ekolojik koşulları ile uyumludur (Çifci ve Doğan, 2017; Gökkuş ve ark., 2017). Bu çerçevede, Anadolu'nun yerli türlerinden biri olan ve birçok bölgede üretimi azalmış olan çavdar, yeniden değerlendirilmesi gereken önemli bir tür olarak öne çıkmaktadır.

Küçük taneli tahıllar arasında çavdar (*Secale cereale* L.), düşük girdi ihtiyacı, erken gelişme özelliği, geniş adaptasyon kabiliyeti ve olumsuz çevre koşullarına dayanıklılığı ile dikkat çekmektedir. Özellikle Orta Anadolu koşullarında, yüksek sıcaklık ve kuraklığa karşı gösterdiği direnç, çinko gibi mikro element eksikliklerine toleransı bakımından ön plana çıkmaktadır (Çakmak ve ark., 1998; Ekiz ve ark., 1998). Bunun yanında, çavdar, buğday ve arpaya kıyasla soğuk, yüksek rakım ve kötü toprak koşullarına daha yüksek tolerans göstermektedir (Wettberg ve ark., 2021). Sadece zorlu koşullarda bile tatmin edici verim sağlamakla kalmamakta, aynı zamanda sulama ve gübre uygulamalarına da olumlu yanıt vermektedir. Ergot hastalığı dışında çoğu fungal patojene karşı yüksek toleransa sahip olması (Miedaner ve ark., 2021; Tsers ve ark., 2021) ve alelopatik özellikleri sayesinde çok sayıda yabancı ot türüne karşı doğal bir baskılama sağlaması da önemli avantajlarındandır (Smith ve ark., 2017).



Çavdar ayrıca otlatma açısından da değerlidir. Özellikle erken ilkbahar döneminde, buğdaya göre daha düşük besin değerine sahip olsa da daha yüksek yeşil biyokütle üretmektedir (Phillips ve ark., 2021). Nitekim son yıllarda ABD’de yem amacıyla çavdar ekimi artış göstermiş, Avrupa’da ise özellikle Almanya ve Polonya gibi ülkelerde yüksek verimli hibrit çeşitlerin geliştirilmesiyle birlikte üretim alanları genişlemiştir (Kim ve ark., 2017). Türkiye’de ise özellikle diğer tahıl ve yem bitkilerinin yetersiz kaldığı çevresel koşullarda, çavdar üretiminin artırılması; hem yem açığının kapatılmasına katkı sağlayabilir hem de hayvansal üretimin sürdürülebilirliğine destek olabilir. Bu nedenle, çavdar gibi dayanıklı ve düşük maliyetli yem kaynaklarının değerlendirilmesi, sektör için stratejik bir öneme sahiptir.

Bu derlemede, çavdarın sürdürülebilir bir tarım açısından önemine değinilmiş ve önceki çalışmalar da bildirilen verim ve kalite değerleri çerçevesinde Türkiye için yem bitkisi olarak potansiyeli vurgulanmıştır.

1. SÜRDÜLEBİLİR TARIM VE YEMBİTKİLERİ

Sürdürülebilir tarım, çevreyi koruyarak, ekonomik olarak kârlı ve sosyal açıdan adil bir tarım sisteminin sürdürülmesini amaçlayan tarım modelidir. Bu yaklaşım, doğal kaynakları verimli kullanmayı, toprak sağlığını korumayı, biyolojik çeşitliliği artırmayı ve gelecek nesillere sağlıklı bir üretim ortamı bırakmayı hedefler.

Günümüzde özellikle gelişmiş ülkeler, yem bitkileri üretimine büyük önem vererek hem tarımsal hem de sanayi sektöründe karşılaşılan pek çok sorunun önüne geçebilmektedir. Hayvansal üretimde ihtiyaç duyulan yemlerin sağlanması kadar, bitkisel üretimin temelini oluşturan toprakların korunması ve verimliliğinin devam ettirilmesi açısından da yem bitkilerine tarım içinde daha fazla yer verilmesi gerekmektedir. Yem bitkileri ekiliş alanlarının genişletilmesi, hayvancılığın sürdürülebilir şekilde geliştirilmesine katkı sağlarken aynı zamanda toprakların yapısının bozulmadan korunmasına da yardımcı olur. Özellikle baklagil grubu yem bitkileri, havadaki serbest azotu toprağa bağlama yetenekleri sayesinde kimyasal azotlu gübrelere olan ihtiyacı azaltır. Bu durum hem üretim maliyetlerini düşürür hem de aşırı gübre kullanımının neden olduğu nitrat kirliliği gibi çevresel sorunların önlenmesine katkı sağlar. Sonuç olarak, yem bitkilerinin tarım sistemlerinde dengeli ve yeterli düzeyde yer alması; güvenli gıda üretimi, sağlıklı ekosistemler ve sürdürülebilir çevre açısından büyük önem taşımaktadır.

2. ÇAVDAR (*Secale cereale* L.)

Çavdar (*Secale cereale* L.) tek yıllık diploid ($2n=14$) bir bitkidir. Çavdarın kökeni Yakın Doğu’daki “Verimli Hilal” bölgesidir. Ana çeşitlilik bölgesi Türkiye, Lübnan, İran, Irak ve Afganistan’dır. Çavdar ilk olarak M.Ö. 3000-4000 Hazar denizi çevresindeki bölge de kültüre alınmıştır (Geiger ve Miedaner, 2009). Çavdar buğdaydan daha sonra kültüre alınmıştır. Eski Yunan ve Mısırlılar zamanında çavdar bitkisi bilinmiyordu. Çavdarın farklı dönem ve kısımlarına ait genel görünüm Şekil 1’de verilmiştir.

Çavdar, soğuk hava koşullarına, kuraklığa, hastalıklara ve zararlılara karşı oldukça dayanıklı bir tahıl türüdür. Çavdarın kuraklığa, tuzluluğa ve alüminyum stresine karşı oldukça dayanıklıdır. Soğuğa dayanımı da diğer tahıllardan daha iyidir (Geiger ve Miedaner, 2009). Buğday kadar yaygın olmasa da çavdar tarımına altı kıtada, soğuk ve kurak ortamlarda, tropikal veya subtropikal iklimlerde ve yüksek rakımlarda bile rastlanmaktadır. Düşük kaliteli ve verimsiz topraklara dayanımında oldukça iyidir. Bu özellikleri çavdarın daha çok kuzey enlemlerinde yaygın olmasına yol açmıştır (Schreiber ve ark., 2021). Nitekim, küresel üretimin çoğunluğu (%75) Rusya, Belarus, Polonya, Almanya ve Ukrayna’da gerçekleşmektedir (Geiger ve Miedaner, 2009). 2020 yılında altı kıtada yaklaşık 11 milyon dönümlük alanda çavdar



ekilmiş ve 15 milyon tondan üretim gerçekleşmiştir (Brzozowski ve ark., 2023). Çavdarın yaygın kullanım alanı kullanım alanı bölgeye göre değişiklik göstermektedir; Avrupa'da büyük bir kısmı insan tüketimi için yetiştirilirken, Amerika Birleşik Devletleri'nde otlatma veya örtü bitkisi amacıyla yetiştirilmesi daha yaygındır (Miedaner ve Laidig, 2019).



Şekil 1. Çavdarın farklı dönem ve kısımlarına ait genel görünüm

Güçlü kök yapısı sayesinde suyu verimli kullanabilme kapasitesine sahiptir ve bu sayede farklı toprak türlerinde başarıyla yetişebilir. Az bakım gerektirmesi ve ekim nöbetinde değerlendirilebilmesi, tarım sistemlerinde avantaj sağlamaktadır. Bu olumlu özellikleriyle çavdarın, toprak yapısını koruma ve iyileştirme potansiyeline sahip olduğu belirtilmiştir (Lutheria ve ark., 2012). Ayrıca, buğday ve arpa gibi tahılların yetişmesine uygun olmayan, verim düzeyi düşük alanlarda bile çavdar daha iyi sonuç vermektedir (Kumbasaroğlu ve Dağdemir, 2010). Yağışa olan düşük ihtiyacı ve zorlu çevre koşullarına uyum sağlayabilmesi, onu geniş adaptasyon kabiliyetine sahip bir tür hâline getirmiştir. Ancak çavdarın, buğday, arpa ve yulaf gibi kendine döllen türlerin aksine, yabancı döllen bir bitki olması nedeniyle ıslah çalışmaları daha yavaş ilerlemiş ve son 50 yılda üretim miktarında %58'lik bir düşüş yaşanmıştır (Anonim, 2018). Bu nedenle, özellikle tarımsal verimliliğin düşük olduğu alanlarda, tritikale ve çavdar gibi tek yıllık, yüksek besin değerine sahip tahılların üretime kazandırılması büyük önem taşımaktadır.

3. ÇAVDARIN YEM POTANSİYELİ

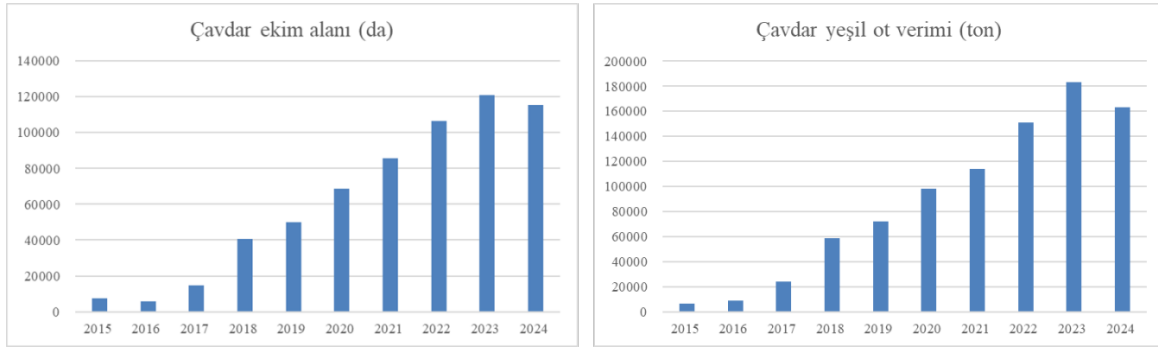
3.1. Çavdarın ot verimi

Çavdarın ot verimi ve yem kalitesi; çevresel koşullar, yönetim teknikleri, genetik özellikler ve çevre koşulları gibi çeşitli unsurlardan etkilenmektedir. Özellikle sıcaklık, yağış miktarı ve



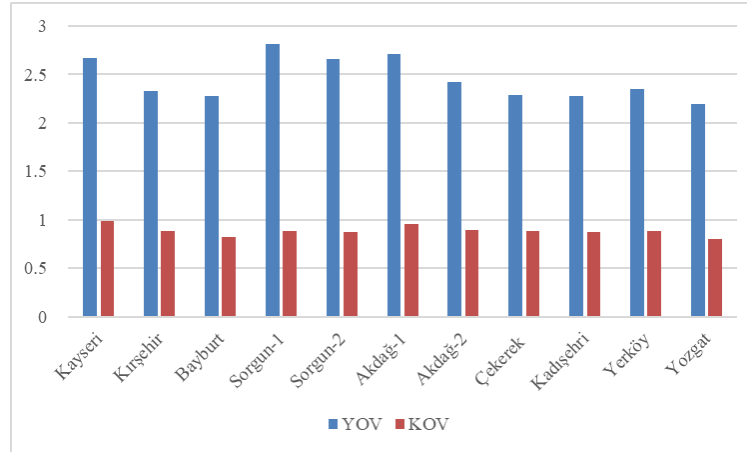
diğer çevresel faktörler, çavdarın yem amaçlı kullanımında verim ve kalite üzerinde belirleyici rol oynamaktadır. Geç olgunlaşan çavdar çeşitlerinde, kuru madde üretimi aratabilir; ancak bu çeşitler, yüksek sıcaklık koşullarına karşı daha hassas olabilir. Buna rağmen, bu tip geççi çeşitler, genellikle mayıs ayının ortalarına kadar mısır ekiminden önce, sıcaklıktan olumsuz etkilenmeden biçilerek hayvan yemi olarak değerlendirilebilir (Kim ark., 2016; Williams ve ark., 1995).

Şekil 2’de çavdarın son 10 yıldaki ekim alanı ile elde edilen toplam yeşil ot verimine ait değişim görülmektedir. Bitkinin 2015 yılında ekim alanı 7.6 bin dekar iken, bu değer 2024 yılında 115 bin dekara yükselmiştir. Toplam elde edilen yeşil ot verimi ise 2015 yılında 6.4 bin tona, 2024 yılında ise 163 bin tona ulaşmıştır (Anonim, 2025). Dolayısıyla Türkiye’nin çavdar ekimi ve üretimi son yıllarda istikrarlı bir şekilde artmıştır. Ancak 2024 yılında çavdar ekim alanı ve üretimi, 2023 yılı değerlerine göre azalma göstermiştir (Şekil 2).

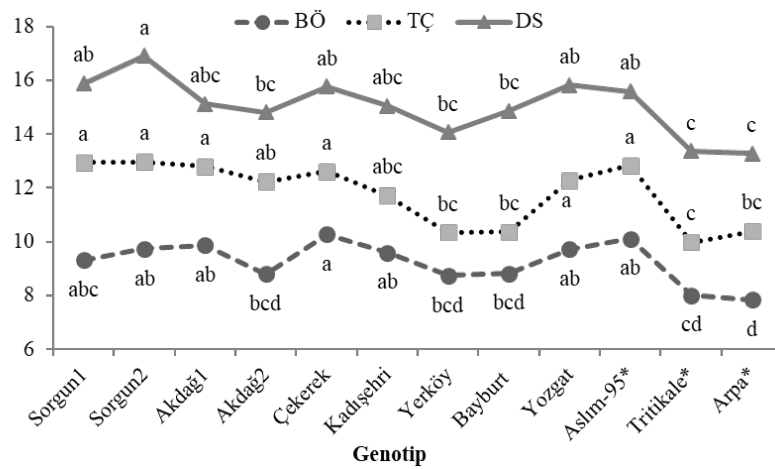


Şekil 2. Türkiye’de çavdarın yıllara bağlı ekim alanı ve yeşil ot verimi (Anonim, 2025)

Şekil 3’de Başaran ve ark. (2024)’nın yapmış oldukları çalışmada farklı çavdar popülasyonlarının yeşil ve kuru ot verimleri görülmektedir. Çalışmada genotiplerin yeşil ot verimleri 2.19-2.81 t/ha, kuru ot verimleri ise 0.80-0.99 t/ha arasında değişmiştir. Farklı bir çalışmada da (Bulut ve Başaran, 2023), çavdar genotiplerinin biçim zamanlarına bağlı kuru ot verimleri başaklanma öncesi (BÖ), tam çiçeklenme (TÇ) ve döllenme sonrası (DS) olmak üzere 3 farklı biçim zamanı ele alınmış ve sonuçlar arpa ve tritikale ile kıyaslanmıştır (Şekil 4). Araştırmacılar tüm materyallerde ortalama kuru ot veriminin biçim zamanı ilerledikçe önemli düzeyde arttığını, en düşük BÖ dönemde (6.75 ve 11.74 t/ha), en yüksek ise DS dönemde (14.05 ve 16.03 t/ha) olduğunu bildirmişlerdir. Çavdarlar arasında, kuru ot verimi bakımından Aslım-95 ile, Sorgun1, Sorgun2, Akdağ1, Çekerek, Kadışehri ve Yozgat popülasyonları üstün performans sergilemişlerdir. Bu sonuçlara dayanarak araştırmacılar çavdarın ot verimi bakımından genel olarak arpa ve tritikale ile rekabet edebildiğini, hatta bazı popülasyonların daha üstün olduğunu bildirmişlerdir.



Şekil 3. Farklı çavdar popülasyonlarının yeşil ve kuru ot verimleri



Şekil 4. Çavdar genotiplerinin farklı biçim zamanlarında kuru ot verimleri

(BÖ: başaklanma öncesi, TÇ: tam çiçeklenme, DS: döllenme sonrası)

3.2. Çavdarın ot kalitesi

Çavdarın kalitesi üzerine yapılan bir çalışmada bitkinin ham protein oranı (HPO), asit deterjanda çözünmeyen lif (ADF) ve nötr deterjanda çözünmeyen lif (NDF), potasyum (K), fosfor (P), kalsiyum (Ca) ve magnezyum (Mg) içerikleri belirlenmiştir (Başaran ve ark., 2024). Çalışmada bitkinin HPO, ADF, NDF, K, P Ca ve Mg içerikleri hayvan besleme açısından yeterli olmuştur.

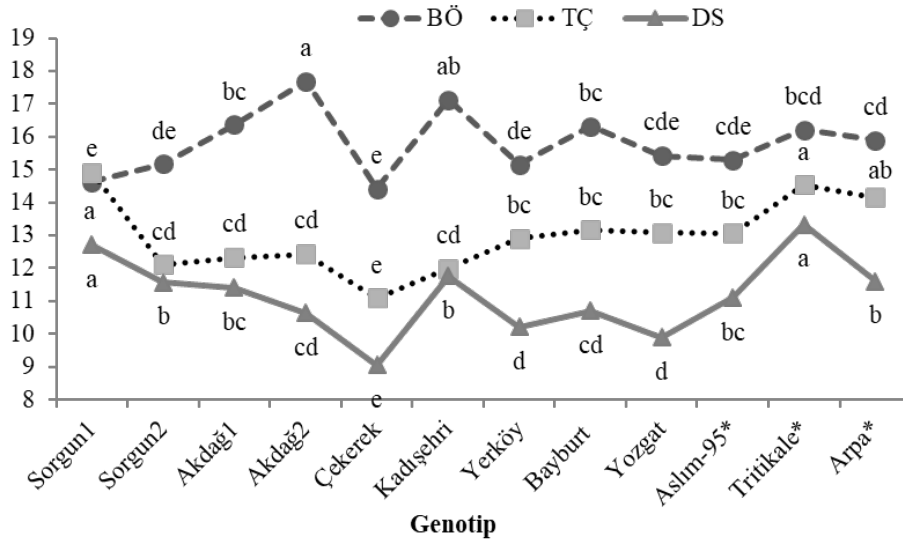
Yapılan bir çalışmada, farklı çavdar genotiplerinin biçim zamanlarına bağlı ham protein içerikleri şekil 5’de verilmiştir. Çalışmada başaklanma öncesi (BÖ), tam çiçeklenme (TÇ) ve döllenme sonrası (DS) olmak üzere 3 farklı biçim zamanı ele alınmış olup, biçim zamanı geciktikçe azalmıştır. BÖ döneminde en yüksek ham protein içeriğine çavdar popülasyonları (Akdağ2 ve Kadışehri) sahip iken, TÇ ve DS dönemlerinde çavdarın bu üstünlüğünü kaybettiği, arpa ve tritikalenin öne çıktığı görülmüştür. TÇ döneminde ham protein içeriği bakımından arpa (%14.14) ve tritikale (%14.55) öne çıkmakla birlikte, Sorgun1 popülasyonu (%14.92) bunlara benzer hatta göreceli olarak daha yüksek bir değere sahip olmuştur. Diğer taraftan, üç dönemde de en düşük ortalama ham protein oranı Çekerek popülasyonunda belirlenmiştir.

Tablo 1. Çavdarın kaba yeminin bazı kalite içerikleri

Değer	HPO	ADF	NDF	K	P	Ca	Mg
-------	-----	-----	-----	---	---	----	----

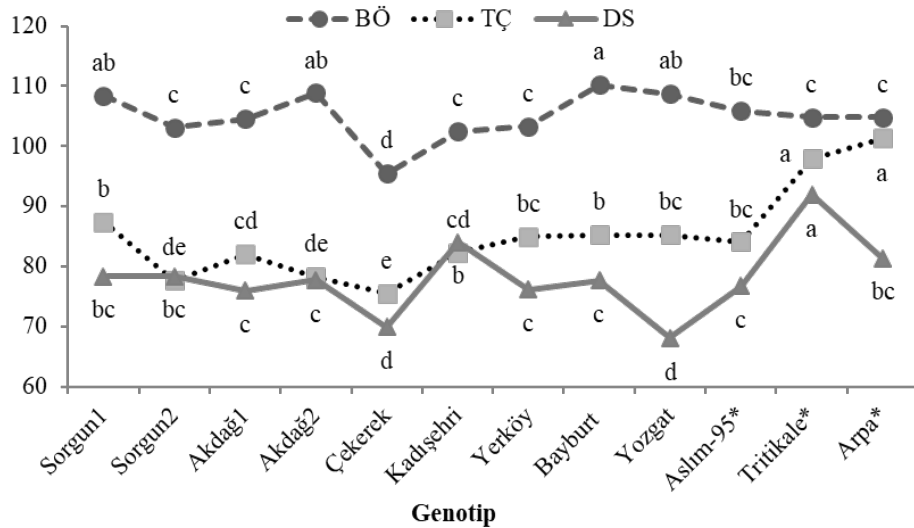


En yüksek	%11.99	%37.77	%52.01	%2.77	%0.39	%0.15	%0.14
En düşük	%8.97	%31.42	%60.63	%1.99	%0.41	%0.29	%0.11
Ortalama	%10.87	%33.59	%55.12	%2.52	%0.40	%0.24	%0.12



Şekil 5. Çavdar genotiplerinin farklı biçim zamanlarında ham protein içerikleri (Bulut ve Başaran, 2023). BÖ: başaklanma öncesi, TÇ: tam çiçeklenme, DS: döllenme sonrası

Yine aynı çalışmada kuru otun nispi yem değerleri (NYD) belirlenmiştir. Aynı ham protein oranında olduğu üzere biçim zamanı ilerledikçe NYD’de azalmış, en yüksek BÖ dönemde (120.67 ve 92.70), en düşük ise DS dönemde (77.87 ve 78.80) tespit edilmiştir. Birleştirilmiş yıllarda ise, BÖ dönemde bazı çavdarlarda (Sorgun1, Akdağ2, Bayburt, Yozgat ve Aslım-95) arpa ve tritikaleden daha yüksek NYD belirlenmiştir (Şekil 5). TÇ ve DS dönemlerinde çavdarlar arpa ve tritikaleden daha düşük NYD içermiş ancak, DS dönemde sorgun1 ve Sorgun2 arpayla benzer olmuştur. NYD bakımından çavdarlar kendi içinde kıyaslandığında, BÖ dönemde Sorgun 1, Akdağ 2, Bayburt ve Yozgat, TÇ dönemde Sorgun1 ve Bayburt, DS dönemde ise Sorgun1, Sorgun2 ve Kadışehri popülasyonları Aslım-95’ten daha üstün olmuştur.



Şekil 5. Çavdar genotiplerinin farklı biçim zamanlarında nispi yem değerleri (BÖ: başaklanma öncesi, TÇ: tam çiçeklenme, DS: dölleme sonrası)

4. SONUÇ

Son yıllarda iklim değişikliği, tarımsal girdi maliyetlerindeki artış ve su kaynaklarının azalması gibi sorunlar, hem bitkisel üretimi hem de hayvancılığı olumsuz etkilemektedir. Hayvansal üretimde maliyetlerin büyük bir kısmını yem giderleri oluşturmakta olup, Türkiye’de yeterli ve kaliteli yem üretiminin yapılamaması önemli bir sorun teşkil etmektedir. Bu bağlamda, sürdürülebilir yem kaynaklarının önemi artmış ve alternatif yem bitkileri arayışı gündeme gelmiştir.

Çavdar, hayvan beslenmesinde kullanılan tahıllar arasında besin değeri ve ekonomikliği açısından dikkat çeken bir üründür. Soğuk iklim koşullarına dayanıklı olması sayesinde, özellikle zorlu çevre şartlarında kolaylıkla yetiştirilebilmekte ve bu yönüyle sürdürülebilir yem üretimine katkı sağlamaktadır. Lif ve enerji içeriği bakımından zengin olan çavdar, büyükbaş ve küçükbaş hayvanların rasyonlarında kullanılabilen dengeli bir yem hammaddesidir. Aynı zamanda, sindirilebilirliğinin yüksek olması hayvanların verimliliğini artırmakta ve yemden alınan faydayı yükseltmektedir. Bu özellikleriyle çavdar, hem ekonomik hem de besleyici bir yem kaynağı olarak hayvancılık sektöründe önemli bir yer tutmaktadır. Türkiye’nin farklı agro-ekolojik bölgelerinde alternatif ve sürdürülebilir bir yem bitkisi olarak değerlendirilebilecek önemli bir bitkidir. Hem çevresel dayanıklılığı hem de yem verimi ve kalitesi açısından gösterdiği performans, hayvancılığın sürdürülebilirliğine katkı sağlama potansiyelini ortaya koymaktadır.

Sonuç olarak, çavdar hem sürdürülebilir tarım hem de yem bitkisi olarak hayvan sağlığı, verimi ve kalitesi açısından önem ihtiva etmektedir. Bitki üzerinde yapılan çalışmalar bitkinin adaptasyon kabiliyetinin yüksek olduğunu ortaya koymuştur. Ancak hali hazırda bitkinin tarımının unutulduğu ve halen istenen düzeye gelmediği görülmektedir. Bu bağlamda bitki üzerinde yapılacak olan araştırmaların sayısının artırılması ile hem yem bitkileri açığının kapatılmasına hem de bitkinin üretiminin tekrardan yaygınlaştırılmasına katkı sağlayacaktır.



KAYNAKLAR

Anonim, (2018). <https://www.fao.org/home/en>.

Anonim, (2025). <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=tarim-111&dil=1>

Başaran, U., Kardeş, Y.M., Gülümser, E. (2024). Yerel Çavdar Genotiplerinin Kaba Yem Verimi Ve Kalitesinin Belirlenmesi. 7. Uluslararası Tarım, Çevre ve Sağlık Kongresi, 30 Mayıs-1 Haziran, Bursa/Türkiye, s:200-208.

Brzozowski, L. J., Szuleta, E., Phillips, T. D., Van Sanford, D. A., & Clark, A. J. (2023). Breeding cereal rye (*Secale 960 cereale*) for quality traits. *Crop Science*, 63, 1964–1987. <https://doi.org/10.1002/csc2.21022>

Bulut, B., & Başaran, U. (2023). Çavdarın Yem Bitkisi Olarak Arpa ve Triticale İle Karşılaştırılması; Ot Verimi ve Kalitesinin Biçim Dönemine Bağlı Değişimi. *Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 37(1), 35-49.

Çakmak, İ., Torun, B., Erenoğlu, B., Öztürk, L., Marschner, H., Kalaycı, M., Ekiz, H., & Yılmaz, A. (1998). Morphological and physiological differences in cereals in response to zinc deficiency. *Euphytica*, 100, 349-357.

Çifci, E. A., & Doğan, R. (2018). Bursa ekolojik koşullarında yetiştirilen bazı tritikale (X *Triticosecale* Witmack) genotiplerinde özellikler arası ilişkiler ve path analizi". *Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 32(1), 59-67.

Ekiz, H., Bağcı, S.A., Kırıl, S., Eker, S., Gültekin, I., Alkan, A., & Çakmak, İ. (1998). Effect of Zinc Fertilization of Various Cereals Grown in Zinc-Deficient Calcareous. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 21, 2245-2256.

Ertuğrul, M. (1997). Hayvan Yetiştirme (Yetiştiricilik). Baran Ofset, Ankara, 313 s.

Geiger, H. H., & Miedaner, T. (2009). Rye breeding. *Cereals*, 3, 157–197.

Geiger, H. H., & Miedaner, T. (2009). Rye breeding. In M. J. Carena, J. Prohens, & F. Nuez (Eds.), *Handbook of plant 1036 breeding* (Vols. 3, Cereals, pp. 157–181). Springer US. <https://doi.org/10.1007/978-0-387-72297-9>

Gökkuş, A., Birer, S., & Alatürk, F. (2017). Farklı Anız Yükseklikleri Kalacak Şekilde Yapılan Biçimlerin Arpanın Ot Verimi ve Kalitesine Etkileri. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 20 (Özel Sayı), 121-125.

Kim, K. S., Anderson, J. D., Newell, M. A., & Butler, T. J. (2016). Variations of forage yield and nutritive value in winter rye germplasm. *Crop Science*, 56(3), 1018-1024.

Kim, K.S., Anderson, J.D., Webb, S.L., Newell, M.A., & Butler, T.J. (2017). Variation of winter forage production in four small grain species-oat, rye, triticale and wheat. *Pakistan Journal of Botany*, 49, 553–559.

Kumbasaroğlu H., & Dağdemir, V. (2010). Erzurum ilinde buğday, arpa ve çavdarda girdi talebi araştırması. *Ankara Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 16, 194-204

Luthria, D., Ghatak, R., & Huang, H. (2012). Phenolic Phytochemicals from Rye (*Secale Cereale* L). *Cereals and Pulses: Nutraceutical Properties and Health Benefits*, 71- 84.

Miedaner, T., & Laidig, F. (2019). Hybrid breeding in rye (*Secale cereale* L.). In J. M. Al-Khayri, S. M. Jain, & D. V. Johnson (Eds.), *Advances in plant breeding strategies: Cereals* (pp. 343–372). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-23108-8_9



- Miedaner, T., Kodisch, A., Raditschnig, A., & Eifler, J. (2021). Ergot alkaloid contents in hybrid rye are reduced by breeding. *Agriculture*, 11, 526
- Phillips, H.N., Heins, B.J., Delate, K., & Turnbull, R. (2021). Biomass Yield and Nutritive Value of Rye (*Secale cereale* L.) and Wheat (*Triticum aestivum* L.) Forages While Grazed by Cattle. *Crops*, 1(2), 42-53.
- Schreiber, M., Özkan, H., Komatsuda, T., & Mascher, M. (2021). Evolution and domestication of rye. In M. T. Rabanus1198 Wallace & N. Stein (Eds.), *The Rye Genome* (pp. 85–100). Springer International Publishing. 1199 https://doi.org/10.1007/978-3-030-83383-1_6
- Smith, K.K, Anderson, J.D., Webb, S.L., Newell, M.A., & Butler, T.J. (2017). Variation of winter forage production in four small grain species-oat, rye, triticale and wheat. *Pakistan Journal of Botany*, 49, 553-559.
- Tsers, I., Meshcherov, A., Gogoleva, O., Petrova, O., Gogoleva, N., Ponomareva, M., Gogolev, Y., Korzun, V., & Gorshkov, V. (2021). Alterations in the transcriptome of rye plants following the *Microdochium nivale* infection: identification of resistance/susceptibility-related reactions based on RNA-Seq analysis. *Plants*, 10, 272.
- Wettberg, E, Toker, C., Özkan, H., & Smýkal, P. (2021). Endangered Wild Crop Relatives of the Fertile Crescent, In Book: Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences, Elsevier Science, Oxford/Amsterdam, Amsterdam, p: 673-682.
- Williams, C. C., Froetschel, M. A., Ely, L. O., & Amos, H. E. (1995). Effects of inoculation and wilting on the preservation and utilization of wheat forage. *Journal of dairy science*, 78(8), 1755-1765.



YEM ŞALGAMI İLE YULAF KARIŞIMLARININ KURU OT VERİMİ VE KALİTESİ

Doç. Dr. Erdem GÜLÜMSER

Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Ziraat ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü,
Bilecik

erdem.gulumser@bilecik.edu.tr

ORCID: 0000-0001-6291-3831

Arş. Gör. Dr. Yusuf Murat KARDEŞ

Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Ziraat ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü,
Bilecik

yusufmurat.kardes@bilecik.edu.tr

ORCID: 0000-0001-7144-9612

Prof. Dr. Uğur BAŞARAN

Yozgat Bozok Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Yozgat

ugur.basaran@yobu.edu.tr

ORCID: 0000-0002-6644-5892

ÖZET

Karışık ekim, aynı anda ve aynı alanda birden fazla bitki türünün birlikte yetiştirilmesi olarak tanımlanmaktadır. Bu sayede ürün verimi ve kalitesi artarken, bitkiler, toprak, su, ışık ve besin maddeleri gibi doğal kaynakları daha etkin kullanarak kaynak verimliliğini artırmakta ve çevresel etkileri azaltmaktadır. Diğer taraftan karışık ekimlerde türlerin ve karışım oranların belirlenmesi çok önemlidir. Nitekim bitkilerin birbirleri arasında doğacak olan rekabetler, bir takım sorunları da ortaya çıkarabilmektedir. Bu çalışmada yem şalgamı “YŞ” ile yulaf “Y” karışımlarının (%100+0, %80+20, %60+40, %40+60 ve %0+100) kuru ot verimi ile bazı kalite özelliklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Deneme Bilecik ekolojik koşullarında ve 2024-2025 vejetasyon döneminde yürütülmüştür. Çalışma Tesadüf Blokları Deneme Desenine göre ve 3 tekrarlamalı olarak kurulmuştur. Hasat işlemi yalın yem şalgamı ve karışımlarda yem şalgamının %50 çiçeklenme, yalın yulaf ise süt olum döneminde yapılmıştır. Karışımlarda, alan eşdeğerlik oranı, kuru ot verimi, ham protein oranı, protein verimi, asit deterjanda çözünmeyen lif (ADF), nötr deterjanda çözünmeyen lif (NDF), potasyum (K), fosfor (P), kalsiyum (Ca) ve magnezyum (Mg) içerikleri belirlenmiştir. En yüksek kuru ot verimi %40YŞ+60Y (11.52 t/ha) ve %60YŞ+40 Y (12.25 t/ha) karışımlarından elde edilmiştir. Çalışmada alan eşdeğerlik oranı 1.09-1.48 arasında değişmiş ve karışımlar yalınlara göre daha üstün olmuştur. En yüksek protein verimi %40YŞ+60Y (2.02 t/ha), %60YŞ+40Y (2.04 t/ha) ve %80YŞ+20Y (1.74 t/ha) karışımlarında tespit edilmiştir. Yem şalgamı ile yulaf karışımlarının mineral madde içerikleri hayvan sağlığı açısından yeterli düzeylerde olmuştur. Sonuç olarak, özellikle ot ve protein verimi açısından yüksek yulaf içeren (%40 ve %60) karışımlar daha üstün olmuştur. Bu itibarla yem şalgamı ve yulaf karışımlarında yulafın daha belirleyici olduğu söylenebilir.

Anahtar kelimeler: Karışık Ekim, Alan Eşdeğerlik Oranı, Yem Şalgamı, Yulaf, Kuru Ot.



HAY YIELD AND QUALITY OF FORAGE TURNIP AND OAT MIXTURES

ABSTRACT

Intercropping is defined as the cultivation of two or more plant species simultaneously in the same area. Through this method, crop yield and quality are improved. At the same time, plants utilize natural resources such as soil, water, light, and nutrients more efficiently, thereby increasing resource use efficiency and reducing environmental impacts. On the other hand, in mixed cropping systems, determining the appropriate species and their mixing ratios is crucial. This is because competition between plant species can lead to certain issues. In this study, it was aimed to determine the hay yield and some quality traits of mixtures of forage turnip (FT) and oat (O) in the following ratios: 100+0%, 80+20%, 60+40%, 40+60%, and 0+100%. The experiment was conducted under the ecological conditions of Bilecik during the 2024-2025 growing season. The study was established using a Randomized Complete Block Design with three replications. Pure forage turnip and mixtures were harvested at the flowering stage based on forage turnip, while the pure oat was harvested at the milk-dough stage. In the mixtures, land equivalent ratio (LER), hay yield, crude protein content and protein yield, acid detergent fiber (ADF), neutral detergent fiber (NDF), potassium (K), phosphorus (P), calcium (Ca), and magnesium (Mg) contents were determined. The highest hay yield was obtained from the 40FT%+60O% (11.52 t ha⁻¹) and 60FT+40O% (12.25 t ha⁻¹) mixtures. Land equivalent ratio ranged between 1.09 and 1.48, indicating that mixtures outperformed the pure stands. The highest protein yield was observed in the 40FT+60O% (2.02 t ha⁻¹), 60FT+40O% (2.04 t ha⁻¹), and 80FT+20O% (1.73 t ha⁻¹) mixtures. The mineral content of forage turnip and oat mixtures was found to be at sufficient levels for animal health. As a result, mixtures with a high oat content (40% and 60%) were superior, particularly in terms of forage and protein yield. Therefore, it can be said that oats play a more decisive role in oat and forage turnip mixtures.

Keywords: Intercropping, Land Equivalent Ratio, Forage Turnip, Oat, Hay.



1. GİRİŞ

Türkiye sahip olduğu çok farklı iklim, toprak ve üretim deseni sayesinde bir çok yem bitkisinin başarıyla yetiştirilmesine olanak sağlamaktadır (Avcıoğlu ve ark., 2000). Ancak ülkede tarımı yapılan yem bitkisi sayısı yeterli düzeye ulaşamamıştır. Bu durum mevcut hayvan varlığının ihtiyaç duyduğu kaba yemin üretilmemesinde ve açığın gidedrek artmasında önemli bir nedendir. Nitekim hem dünyada hem de ülkemizde artan nüfus ile birlikte artan talebe karşın, tarım alanların giderek azaldığı bilinen bir gerçektir. Bu nedenle üreticiler son yıllarda mevcut tarım alanlarından daha etkin yararlanabilmek için karışık ekim sistemlerine başvurumaktadırlar.

Karışık ekim aynı alanda eş zamanlı olarak birden fazla türün yetiştirilmesi anlamına gelmektedir. Karışık ekim sistemi hem toplam üründe hem de üretici gelirinde artış sağlamaktadır. Ayrıca aynı ortamda bulunan bitkiler toprak, su, ışık ve besin maddelerini daha etkin kullanarak, çevreye de daha az zarar vermektedir (Akman ve Kara, 2001; Bauman ve ark., 2002). Karışık ekimlerde türlerin belirlenmesi çok önemlidir. Nitekim bitkilerin birbirleri arasında doğacak olan rekabetler bir takım sorunları ortaya çıkarabilir. Karışık ekimde bitkiler aynı ya da farklı familyalardan olabilmektedir. Dolayısıyla sahip olduğu farklı morfolojik özellikleri sayesinde ışık, su ve besin maddesi alımında birbirleri ile rekabet halinde olacaklardır.

Brassica türleri (örneğin yem şalgamı, kolza ve lahanası), hem yüksek protein ve enerji içerikleri hem de serin mevsim koşullarına uygunlukları nedeniyle dikkat çeken alternatif yem kaynakları arasında yer almaktadır. Özellikle ot tipi yem şalgamı (*Brassica rapa* L.), düşük sıcaklıklara dayanıklılığı, kısa sürede yüksek biyokütle üretimi ve yüksek sindirilebilirliği sayesinde ruminant beslenmesinde önemli bir yere sahiptir. Türkiye’de yem şalgamı ekim alanı 43.645 dekar olup, toplam yeşil ot üretim miktarı 214.410 ton olarak kaydedilmiştir (Anonim, 2024).

Yulaf (*Avena sativa* L.) son zamanlarda hayvan yemi olarak da değerlendirilmeye başlanmıştır (Hoffmann, 1995; Peterson ve ark., 2005). Yulaf, diğer serin iklim tahılları ile karşılaştırıldığında, yaprak oranı, besleme değeri, sindirilebilirliği ve hayvanlar tarafından tercih edilmesinin fazla olmasının yanı sıra, nemli koşullarda verimi daha iyi olan bir bitkidir. Ayrıca erken dönemde otlatma veya koparıma sonrasında yeniden büyümesi iyidir (Tan ve Serin, 1997).

Bu çalışmada yem şalgamı ile yulaf karışımlarının kuru ot verimi ile kalitesinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışma Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Tarımsal Uygulama ve Araştırma alanında bulunan arazide 2024-2025 vejetasyon döneminde yürütülmüştür. Çalışmada materyal olarak yem şalgamının (*Brassica rapa* L.) “Lenox”, yulafın (*Avena sativa* L.) ”Çekota” çeşitleri kullanılmıştır. Denemede 5 farklı karışım oranı (%100+0, %80+20, %60+40, %40+60 ve %0+100) ele alınmıştır.

Bilecik Meteoroloji Müdürlüğü’nden alınan uzun yıllar ile 2024- 2025 vejetasyon dönemlerine ait sıcaklık ve yağış değerleri incelendiğinde; İlin uzun yıllar sıcaklık ortalaması 9.3 °C iken, 2024-2025 yılında 10.3 °C olmuştur. Uzun yıllar ile 2024-2025 vejetasyon dönemlerine ait toplam yağış miktarı sırasıyla 365.2 ve 121.7 mm olarak tespit edilmiştir (Tablo 1.).

Deneme alanın toprağının yapısı killi-tınlı olup, pH’sı hafif alkali (7.61), kireç içeriği orta (%7.99) ve tuz içeriği ise (%0.038) azdır. Fosfor içeriği (23.82 kg/da) ve potasyum içeriği (175.50 kg/da) fazla olup, organik madde miktarı ise (%1.35) az olarak tespit edilmiştir.

Deneme 10.12.2024 tarihinde Tesadüf Blokları Deneme Desenine göre, 3 tekrarlamalı olarak kurulmuştur. Ekim el ile yapılmıştır. Denemede parsellerinin sıra arası 20 cm, sıra uzunluğu 2



m olup, parseller ise 6 sıradan oluşmuştur. Çalışmada tohumluk miktarı yem şalgamında 1 kg/da, yulafta 20 kg/da olarak hesaplanmıştır. Ekim ile birlikte 8 kg/da fosfor gelecek şekilde DAP gübresi verilmiştir. Hasat işlemi yalın yem şalgamı ve karışımlarda yem şalgamının çiçeklenme, yalın yulafta ise süt olum döneminde yapılmıştır.

Tablo 1. Bilecik İli Uzun Yıllar ve Deneme Yılına Ait İklim Verileri*

Aylar	Uzun Yıllar**	2024-2025	Uzun Yıllar**	2024-2025
Kasım	9.1	8.1	37.4	55.1
Aralık	4.7	6.3	55.2	42.2
Ocak	2.5	5.9	50.8	7.6
Şubat	3.8	2.1	42.5	2.4
Mart	6.4	10.8	47.2	4.8
Nisan	11.5	10.5	41.6	3.9
Mayıs	16.1	16.6	47.4	5.6
Haziran	19.9	22.1	43.1	0.1
Ort./Top.	9.3	10.3	365.2	121.7

*: Bilecik Meteoroloji Bölge Müdürlüğü; **: Uzun yıllar (1939-2024)

Hasat edilen örneklerden alınan yeşil ot örnekleri sabit ağırlığa gelinceye kadar etüvde 60 °C’de kurutularak tartılmış ve elde edilen değerler yaş ot ağırlığına oranlanarak kuru ot verimleri hesaplanmıştır. Alan eşdeğerlik oranları (AEO); birlikte ekildikleri parsellerdeki yem şalgamı ve yulaf kuru ot verimlerinin yalın ekildikleri parsellerdeki kuru ot verimlerine bölünmesi ve yem şalgamı ile yulaf için bulunan değerlerin toplanması ile hesaplanmıştır. Kuru örnekler laboratuvarında 1 mm elek çapına sahip değirmende öğütülmüş ve analize hazır duruma getirilmiştir. Bu örneklerin ham protein, ADF, NDF, potasyum (K), fosfor (P), kalsiyum (Ca) ve magnezyum (Mg) içerikleri Yozgat Bozok Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Laboratuvarında yer alan Infrared Reflectance Spectroscopy (NIRS) (Foss 6500) cihazı (IC-0904FE paket programı) ile belirlenmiştir. Elde edilen ham protein oranları ile dekara kuru ot verimlerinin çarpılması ile protein verimi belirlenmiştir. Karışımların Nispi Yem Değerleri (NYD) ise Van Dyke ve Anderson, (2000)’un bildirdikleri formül kullanılarak belirlenmiştir.

$$\% \text{ SKM (Sindirilebilir kuru madde)} = 88.9 - (0.779 \times \% \text{ ADF})$$

$$\% \text{ KMT (Kuru madde tüketimi)} = 120 / \text{NDF}$$

$$\text{NYD} = \% \text{ KMS} \times \% \text{ KMT} \times 0.775$$

Elde edilen sonuçlar MSTAT-C istatistik paket programı kullanılarak Tesadüf Blokları Deneme Desenine göre analiz edilmiştir. İşlemler arasındaki farklılıklar Duncan çoklu karşılaştırma testi ile ortaya konulmuştur.



3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Tablo 2’de karışımların alan eşdeğerlik oranı, kuru ot verimi, ham protein oranı, protein verimi ve nispi yem değeri verileri verilmiştir. Tüm özellikler bakımından işlemler arasında istatistiksel olarak çok önemli ($p<0.01$) farklılık olmuştur.

En yüksek kuru ot verimi %60YŞ+40Y (11.52 t/ha) ve %40YŞ+60Y (12.25 t/ha), en düşük ise 7.07 t/ha ile yalın yem şalgamında elde edilmiştir. Çalışmada yulaf karışımların kuru ot verimini olumlu yönde etkilemiş ve karışımlarda yulaf tohum oranının artması ile kuru ot verimi de artmıştır. Nitekim yalın yulaf yalın yem şalgamına göre de daha yüksek kuru ot verimine sahip olmuştur. Yavuz (2023) yem şalgamı ile arpa, buğday ve yulaf karışımlarının (%100:0, %75:25, %50:50, %25:75 ve %0:100) performanslarını incelediği çalışmada karışımların kuru ot verimi 5.45-10.27 t/ha arasında değişmiştir.

Çalışmada ham protein oranı %15.50-20.96 arasında değişmiştir. Yalın yem şalgamı yalın yulafa göre daha yüksek ham protein oranına sahip olmuştur. Bu durum karışımlarda da karışıma çıkmıştır. Yem şalgamı tohum oranına paralel olarak ham protein oranı da artmıştır (Tablo 2). Geun ve ark. (2005) yemlik kolza ile çavdar, yulaf, arpa ve tek yıllık çim karışımlarının ham protein oranı %14.3-18.6 arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Aynı çalışmada en yüksek ham protein oranı yalın kolza parselinden elde edilmiştir. Mevcut çalışma ile söz konusu araştırmacının bulguları benzerlik göstermektedir.

En yüksek protein verimi her üç karışımdan elde edilirken, en düşük ham protein verimi ise yalın parsellerde görülmüştür (Tablo 2). Protein verimi ham protein oranı ile kuru ot veriminin çarpılması ile elde edilmektedir. Bu nedenle hem kuru ot verimi hem de protein oranı yüksek olan parseller protein verimi bakımından üstün performans sergilemiştir.

Tablo 2. Karışımların bazı verim ve kalite özellikleri ile alan eşdeğerlik oranları

Karışımlar	KOV (t/ha)**	HPO (%)**	PV (t/ha)**	NYD**	AEO**
%100YŞ	7.07 ^c	20.96 ^a	1.48 ^b	138.83 ^a	-
%100YB	9.42 ^b	15.50 ^c	1.46 ^b	95.90 ^d	-
%80YŞ+20Y	8.99 ^b	19.33 ^b	1.74 ^{ab}	113.75 ^b	1.15 ^b
%60YŞ+40Y	11.52 ^a	17.67 ^c	2.04 ^a	111.13 ^{bc}	1.48 ^a
%40YŞ+60Y	12.25 ^a	16.48 ^{cd}	2.02 ^a	102.53 ^{cd}	1.09 ^b
<i>Ortalama</i>	9.85	17.99	1.75	112.43	1.24

YŞ: Yem şalgamı; Y: Yulaf; **($p<0.01$). KOV: Kuru ot verimi, HPO: Ham protein oranı, PV: Protein verimi, NYD: Nispi yem değeri, AEO:Aalan eşdeğerlik oranı

Nispi yem değeri (NYD), ADF ve NDF oranları kullanılarak hesaplanan ve yemin kalitesini rakamsal olarak gösteren bir ölçüdür. En yüksek NYD %100YŞ (138.83), en düşük %100Y (95.90) işlemlerinde belirlenmiştir. NYD yem bitkileri pazar fiyatlarının belirlenmesi amacıyla kullanılan 6 kalite sınıfına ayrılmış rakamsal bir ölçüttür. Buna göre, NYD 151’den büyükse başlangıç sınıfı, 125-151 arasında ise 1. sınıf, 103-124 arasında ise 2. sınıf, 87-102 arasında ise 3. sınıf, 75-86 ise 4. sınıf ve 75’den küçük olduğunda ise 5. sınıf olarak kabul edilmiştir (Rohweder ve ark., 1978). Çalışmada işlemler 2. ve başlangıç kalite sınıfında yer almıştır. En yüksek alan eşdeğerlik oranı %60YŞ+40Y (1.48) işleminde tespit edilmiştir (Tablo 2).



Karışımların yalın ekilen türlere göre üstün olduklarını belirlemede kullanılan alan eşdeğerlik oranının 1'den büyük olması gerekmektedir (Albayrak, 2003). Bu değer 1'den büyük olursa karışımların yalınlara göre daha avantajlı, 1'den küçük olursa dezavantajlı olduğunu göstermektedir. Tüm karışımların alan eşdeğerlilik oranı 1'den büyük olmuştur. Seydeşoğlu ve ark. (2020) tritikale ile yem bezelyesi karışımlarında alan eşdeğerlik oranının 1.08-1.30 arasında değiştiğini bildirmiştir. Tablo 3'de karışımların potasyum (K), fosfor (P), kalsiyum (Ca) ve magnezyum (Mg) içerikleri verilmiştir. Karışımlar arasında Ca ve Mg bakımından çok önemli ($p<0.01$) farklılık varken, K ve P bakımından ise işlemler arasında istatistiksel olarak fark önemsiz olmuştur (Tablo 3). Karışımların K, P, Ca ve Mg içerikleri sırasıyla %2.41-2.70, %0.47-0.49, %0.25-1.08 ve %0.29-0.34 arasında olmuştur (Tablo 3). Yemler içerisinde bulunan P ve Ca'nın yüksek veya düşük olması raşitizm hastalığının ortaya çıkmasına neden olabilmektedir. Diğer taraftan K vücudun asit-baz dengesinin sağlanmasına yardımcı olurken, Mg ise vücuttaki kemik yapısını güçlendirmektedir (Dua ve Care, 1999; Başbağ ve ark., 2011; Gürsoy ve Macit, 2017). Tejeda ve ark. (2015) kaliteli yemlerde K içeriğinin %0.8, P içeriğinin %0.21, Ca içeriğinin %0.18-0.44 ve Mg içeriğinin ise %0.4-0.10 arasında olması gerektiğini bildirmişlerdir. Tüm karışımların besin içerikleri belirtilen değerlerin üzerinde olmuştur (Tablo 3).

Tablo 3. Karışımların mineral madde içerikleri

Karışımlar	K (%)	P (%)	Ca (%)**	Mg (%)**
%100YŞ	2.41	0.48	1.08 ^a	0.34 ^a
%100YB	2.70	0.47	0.25 ^e	0.29 ^c
%80YŞ+20Y	2.61	0.49	0.76 ^b	0.33 ^a
%60YŞ+40Y	2.59	0.47	0.58 ^c	0.31 ^b
%40YŞ+60Y	2.65	0.47	0.40 ^d	0.30 ^{bc}
Ortalama	2.59	0.47	0.61	0.31

YŞ: Yem şalgamı; Y: Yulaf; **($p<0.01$). K: Potasyum; P: Fosfor; Ca: Kalsiyum; Mg: Magnezyum.

4. SONUÇ

Bu çalışmada yem şalgamı ile yulafın farklı karışımlarının kuru ot verimi ve kalitesi incelenmiştir. Çalışmada incelenen özellikler açısından karışımlar yalınlara göre daha üstün performans sergilemiştir. Sonuç olarak yem şalgamı ile yulafın tüm karışımlarında alan eşdeğerlik oranı yüksek bulunmuştur. Özellikle ot ve protein verimi açısından yüksek yulaf içeren (%40 ve %60) karışımlar daha üstün olmuştur. Bu itibarla yem şalgamı ve yulaf karışımlarında yulafın daha belirleyici olduğu söylenebilir.



KAYNAKLAR

- Akman, Z., & Kara, B. (2001). Ekolojik tarımda birlikte ekim (intercropping)'in rolü. Türkiye 2. Ekolojik Tarım Sempozyumu, 14-16 Kasım, Antalya, s. 375-383.
- Albayrak, S. (2003) Ankara Ekolojik Koşullarında Yapay Mera Kurulması Üzerine Bir Araştırma. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi, Ankara.
- Anonim, (2024). <https://www.tuik.gov.tr/>.
- Avcıoğlu, R., Açıkgöz, E., Soya, H., & Tan, M. (2000). Yem bitkileri Üretimi. [Erişim: 10.05.2022, www.zmo.org.tr/etkinlikler/5tk00.php41k]
- Başbağ, M., Çağan, E., & Sayar, M.S. (2011). Güneydoğu Anadolu Bölgesi doğal alanlarından toplanan bazı fiğ türlerinin ot kalitesi özelliklerinin belirlenmesi. Uluslararası Katılımlı I. Ali Numan Kırış Tarım Kongresi ve Fuarı, 27-30 Nisan, Eskişehir, Türkiye, pp: 143-151.
- Bauman, D. T., Bastiaans, L., Goudriaan, J., Vanlaar, H. H., & Kropft, M. J. (2002). Analysing crop yield and plant quality in a intercropping system using an eco physiological model for interplant competition. *Agricultural system*, 73, 173-203.
- Dua, K., & Care, A.D. (1999). The role of phosphate on the rates of mineral absorption from the forestomach of sheep. *The Veterinary Journal*, 157, 51-55.
- Geun, K. J., Soo, C. E., Sung, S., Joong, K. M., Seok, C. Y., & Chun, C. B. (2005). Effect of Nitrogen Fertilizer Level and Mixture of small Grain and Forage Rape on Productivity and Quality of Spring at South Region in Korea. *Journal of The Korean Society of Grassland and Forage Science*, 25(3), 143-150.
- Gürsoy, E., & Macit, E. (2017). Erzurum ili çayır ve meralarında doğal olarak yetişen bazı baklagil ve buğdaygil yem bitkilerinin mineral madde kompozisyonlarının belirlenmesi. *Alinteri Journal of Agriculture Science*, 32(1), 1-9.
- Hoffmann, L. A. (1995). World Production and Use of Oats. Welch, R.W. (Ed.), *The Oat Crop Production and Utilization*. Chapman and Hall, London, 34-61.
- Peterson, D.M., Wesenberg, D.M., Burrup, D.E., & Erickson, C.A. (2005). Relationships among Agronomic Traits and Grain Composition in Oat Genotypes Grown in Different Environments. *Crop Science*, 45, 1249-1255.
- Rohweder, D. A., Barnes, R.F., & Jorgensen, N. (1978). Proposed hay grading standards based on laboratory analyses for evaluating quality. *Journal of Animal Science* 47, 747-75
- Seydoşoğlu, S., Gelir, G., & Çam, B. A. (2020). Yem bezelyesi ve tritikale karışımlarında karışım oranları ile biçim dönemlerinin ot verimine etkileri. *Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 17(1), 9-13.
- Tan, M., & Serin, Y. (1997). Kaba yem olarak kullanılan tahılların besleme değerine yaklaşımlar. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 28(1), 130-137.
- Tejeda, R., McDowell, L.R., Martin, F.G., & Concard, J.H. (1985). Mineral element analyses of various tropical forages in Guatemala and their relationship to soil concentrations. *Nutrition reports international*, 8, 71.
- Yavuz, K. (2022). Yem şalgamı tahıl karışımlarının ot verimi ve kalitesinin belirlenmesi (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bilecik.
- Van Dyke, N.J., & Anderson P.M. (2000). Interpreting a forage analysis. Alabama cooperative extension. Circular ANR-890.



AWARENESS OF ANIMAL BREEDERS IN VAN PROVINCE ABOUT INDUSTRIAL HEMP¹

Ferda KARAKUS^{1}, Sibel ERDOĞAN², Çağrı KALE³, Murat TURAN⁴,
Abdullah YESİLOVA⁵*

¹ Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Van Yüzüncü Yıl University, 65080, Van, Türkiye; Study Area: Small Ruminant Breedin fkarakus@yyu.edu.tr

ORCID: 0000-0002-9107-1079

² Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Van Yüzüncü Yıl University, 65080, Van, Türkiye; Study Area: Animal Nutrition and Feeds; serdogan@yyu.edu.tr; ORCID: 0000-0003-2640-3871

³ Department of Animal Husbandry and Animal Nutrition, Faculty of Veterinary Medicine, Van Yüzüncü Yıl University, 65080, Van, Türkiye; Study Area: Animal Nutrition and Feeds; cagrikale@yyu.edu.tr;

ORCID: 0000-0003-1918-6346

⁴ Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Van Yüzüncü Yıl University, 65080, Van, Türkiye; Study Area: Cattle Breeding; muratturan@yyu.edu.tr;

ORCID: 0000-0001-9286-3046

⁵ Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Van Yüzüncü Yıl University, 65080, Van, Türkiye; Study Area: Biometrics and Genetics; yesilova@yyu.edu.tr;

ORCID: 0000-0002-0666-8170

* Corresponding author

ABSTRACT

The aim of this study was to determine the awareness, knowledge level, attitudes, and perceptions of cattle and small ruminant producers operating in the province of Van regarding industrial hemp (IH), and to examine the relationships between these variables and educational levels. A face-to-face survey was administered to a total of 433 producers; the data were evaluated using descriptive statistics and chi-square tests of independence. Only 12% of the producers stated that they possessed knowledge about industrial hemp; 7.2% reported an interest in its production; and 8.1% indicated that they knew its areas of use. The proportion of those who had used hemp products remained at 12%. While 21% reported that they would consider feeding IH to their animals, 56% were undecided. Those who believed IH was not harmful to animals comprised 33%, whereas 7% considered it harmful and 60% had no opinion. Regarding prejudice against its use as feed, 8.1% declared they held a prejudice, 42% stated they did not, and 49.9% were undecided. The proportion of respondents who had not heard the term cannabinoid was 55%. Those who wanted cultivation areas to expand constituted 27%, those who opposed 15%, and those without an opinion 58%. Educational level showed a statistically significant association ($p<0.01$) with having knowledge about IH, intention to feed

¹ This study was supported and funded by the Scientific and Technological Research Council of Türkiye (TÜBİTAK), Project Number: 122O550.



it to animals, perception of its harmfulness, prejudice regarding its use as feed, knowledge of its application areas, and desire for expansion of cultivation areas. In contrast, no significant relationship was found between education and interest in production. Overall, the lack of knowledge and the high level of indecision were noteworthy. In conclusion, the awareness and knowledge level of cattle and small ruminant producers in Van concerning industrial hemp were found to be quite low. It was determined that attitudes toward industrial hemp did not change markedly as educational level increased. Cultivated areas for industrial hemp should be expanded, and farmers should be informed about its benefits. In particular, it is considered important to plan initiatives aimed at reaching producers who are exploring the cultivation and marketing of industrial hemp.

Keywords: Breeder, Cannabis sativa, cattle, industrial hemp, sheep



INTRODUCTION

Although there was a temporary decline in some periods of the 20th and 21st centuries, interest in hemp production has increased significantly due to its high feed and food production potential and its positive impact on the environment (Bailoni vd., 2021; Ely ve Fike, 2022). Hemp (*Cannabis sativa* L.) is an annual herbaceous plant species belonging to the *Cannabis* genus of the Cannabaceae family. Cultivated industrial hemp is the variety *C. sativa* ssp. *vulgaris* L., which can grow to heights of 120–450 cm (Şevik, 2020).

Industrial hemp has received a lot of attention because of its many uses, short production cycle, low cultivation costs, potential for carbon-negative transformation, and ability to easily sequester carbon (Ahmed vd., 2022). Studies have shown that industrial hemp is environmentally friendly and sustainable (Karche and Singh, 2019; Schumacher et al., 2020).

Cannabis sativa contains a complex mixture of secondary metabolites. These include cannabinoids and non-cannabinoid-type constituents. Over 500 compounds have been reported from *C. sativa*, and 125 of these have been isolated and/or identified as cannabinoids. Cannabinoids are C₂₁ terpenophenolic compounds that are unique to the cannabis plant. The non-cannabinoid constituents include phenols, flavonoids, terpenes, and alkaloids (Radwan et al., 2021).

Tetrahydrocannabinol (THC) is the main psychoactive compound in the hemp plant and is a substance directly related to the narcotic part of the hemp plant. Efforts to breed hemp varieties with low tetrahydrocannabinol content and high fiber and seed yields are ongoing to improve hemp cultivation. The legal limit for THC content in industrial hemp is 0.3% in Canada and 0.2% in the European Union. Unlike traditional hemp, which is banned in many countries due to its narcotic properties, the cultivation of industrial hemp varieties developed in recent years is expanding in many countries, making significant contributions to national economies (Göre and Kurt, 2021).

At the Industrial Hemp Forum I-II, the recognition of the hemp plant in Türkiye was evaluated, obstacles to its cultivation were discussed, and the necessary steps for its reintegration into the economy were assessed. The event emphasized the need to expand industrial hemp cultivation areas (İstanbul Aydın Üniversitesi, 2018; 2019). As a matter of fact, with hemp coming back onto the agenda as an agricultural product, the “Industrial Hemp Cultivation Report and Action Plan in Türkiye” was prepared on January 11, 2019, with the participation of the Ministry of Agriculture and Forestry, the Ministry of Industry and Technology, the Ministry of Health, TÜBİTAK and Samsun Ondokuz Mayıs University. This action plan addressed the following issues:

- Increasing hemp production in the short term with local populations
- Carrying out seed multiplication from the local Narlısaray population
- Completing seed registration studies for local varieties
- Transitioning to the use of certified seeds
- Developing the hemp-based industry and mechanization systems
- Identifying priority investment areas (Başer ve Bozoğlu, 2020).

While the amount of hemp fiber production in Türkiye was 55 tons in 2005, it decreased to 6 tons in 2012 and 1 ton in 2015. The production amount increased from 3 tons in 2018 to 20 tons in 2019 and then to 273 tons in 2020 due to an increase in cultivated areas (Ordu Ticaret Borsası, 2021).



Although there is interest in using industrial hemp in livestock diets, concerns remain about the presence of THC and other bioactive cannabinoids in feed and how to safely use it in ruminant diets. Despite its potential production advantages, hemp has not been approved as feed for ruminants because of concerns about the accumulation of psychoactive cannabinoids in their tissues and products (Addo et al., 2023). Research should be planned to address public concerns and eliminate obstacles to the widespread use of hemp as animal feed. As the potential uses for hemp products in Türkiye increase, it will become easier to legalize industrial hemp production. If the livestock sector capitalizes on this opportunity, hemp could become a widespread alternative protein source in livestock feed.

Van province is one of the leading provinces in Türkiye with its cattle and sheep population. Therefore, there is high potential for evaluating alternative sources of protein and energy for feed. This study aimed to reveal the level of knowledge and awareness of cattle and small ruminants' breeders in Van province about industrial hemp through a survey.

MATERIALS AND METHODS

The study material consisted of enterprises in Van province with ≥ 50 heads of cattle and/or ≥ 100 heads of small ruminants that were registered in the Farmer Registration System. The sample size was determined according to the stratified sampling method given in the formula below (Boz, 2013).

$$n = \frac{N \sum N_h S_h^2}{N^2 D^2 + \sum N_h S_h^2} \quad D^2 = \frac{e^2}{t^2}$$

Where;

n = Sample size,

N = Total population size,

N_h = The number of enterprises sampled from each stratum,

S_h = Standard deviation in each stratum,

D^2 = Desired variance,

e = Acceptable margin of error from the main population average,

t = Confidence interval critical values in the t-distribution table

Accordingly, the sample size was calculated as 433 with a 5% margin of error at a 95% confidence level. Later, enterprises were visited on a district basis and survey forms consisting of 17 questions were filled out face to face. Data was analyzed using chi-square tests and frequency analysis.

RESULTS AND DISCUSSION

As shown in Table 1, which provides education level data, farmers with low education levels were predominant. Together, those who could only read and write and those who had only a primary school education constituted 56.5% (29.3% + 31.2%). The rates of middle school and high school graduates were 18% and 14.6%, respectively, while only 6.9% of farmers were university graduates. Similarly, various studies revealed that farmers engaged in animal husbandry in Van province had low levels of education (Karakuş and Akkol, 2013; Yıldız and Aygün, 2021).



Table 1. The educational level of farmers

Educational level	n (%)
Literate	127 (29.3)
Primary school	135 (31.2)
Middle school	78 (18.0)
High school	63 (14.6)
University	30 (6.9)
Total	433 (100)

Table 2 presents the questions that were used to assess farmers' knowledge and interest in industrial hemp. Only 12% (52) of farmers stated that they had knowledge about industrial hemp, while 88% lacked basic information. Only 7.2% of farmers stated that they were interested in hemp production. Twenty-one percent of farmers considered using hemp as animal feed. This percentage was three times higher than the percentage of farmers interested in growing hemp. By contrast, most farmers (56%) were undecided about using hemp for animal feed.

Only 7% believed that hemp was harmful to animals, while 33% said it was not. Most farmers (60%) did not have an opinion on the matter. Only 8.1% of farmers were prejudiced against using industrial hemp as animal feed, while nearly half (49.9%) were undecided on the issue. Only 8.1% of farmers knew where industrial hemp is used. Meanwhile, 36% were unaware and 55.9% were completely uninformed.

Table 2. Farmers' awareness of industrial hemp

Questions	n (%)
Do you know about industrial hemp?	
Yes	52 (12)
No	381 (88)
Are you interested in industrial hemp production?	
Yes	31 (7.2)
No	402 (92.8)
Do you think of feeding your animals with industrial hemp?	
Yes	91 (21)
No	100 (23)
Undecided	242 (56)



Do you think industrial hemp is harmful to your livestock?

Yes	30 (7)
No	143 (33)
No idea	260 (60)

Do you have any prejudices about using industrial hemp as animal feed?

Yes	35 (8.1)
No	182 (42)
Undecided	216 (49.9)

Do you know the areas where industrial hemp is used?

Yes	35 (8.1)
No	156 (36)
No idea	242 (55.9)

Do you use any hemp products, such as food, medicine, or cosmetics?

Yes	52 (12)
No	381 (88)

Have you ever heard the term "cannabinoid"?

Yes	30 (7)
No	238 (55)
No idea	165 (38)

Do you think it is ethical to use industrial hemp as animal feed?

Yes	74 (17)
No	87 (20)
Undecided	272 (63)

Should industrial hemp production areas be increased?

Yes	117 (27)
No	65 (15)



No idea

251 (58)

The proportion of farmers who stated that they used any hemp product such as food, medicine and cosmetics was 12%. The term “cannabinoid” was unknown to 93% of respondents. Conversely, 30 of the farmers said they knew the term "cannabinoid," and all of them were university graduates. Seventeen percent of farmers believed that using industrial hemp as animal feed was ethical, while 20% believed that it was unethical. When asked whether industrial hemp production areas should be increased, 27% of farmers responded yes, 15% responded no, and 58% responded they had no opinion.

Chi-square analysis of the survey data revealed a statistically significant ($p < 0.01$) relationship between education level and knowledge about industrial hemp (Figure 1). As education levels increased, so did the rate of knowledge about industrial hemp. For instance, 3.9% of literate farmers and 40% of university graduates had knowledge about industrial hemp.

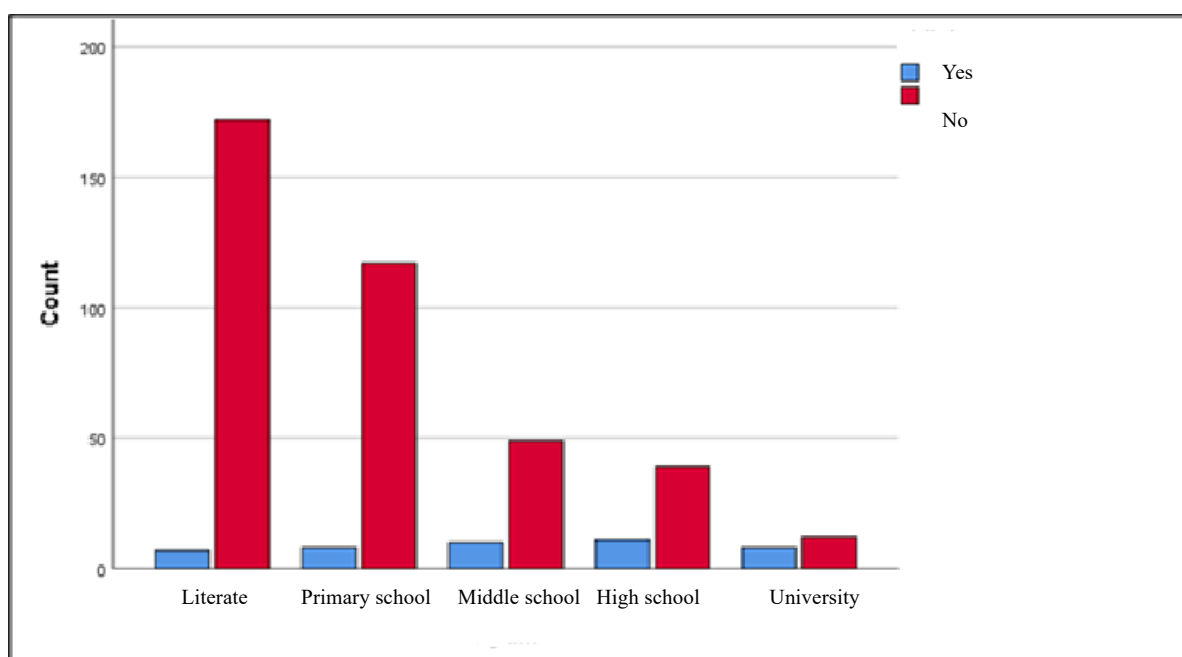


Figure 1. The relationship between education level and knowledge about industrial hemp

The relationship between educational level and interest in industrial hemp production was found to be statistically insignificant (Figure 2). Most farmers at all levels of education generally reported that they were not interested in industrial hemp production.

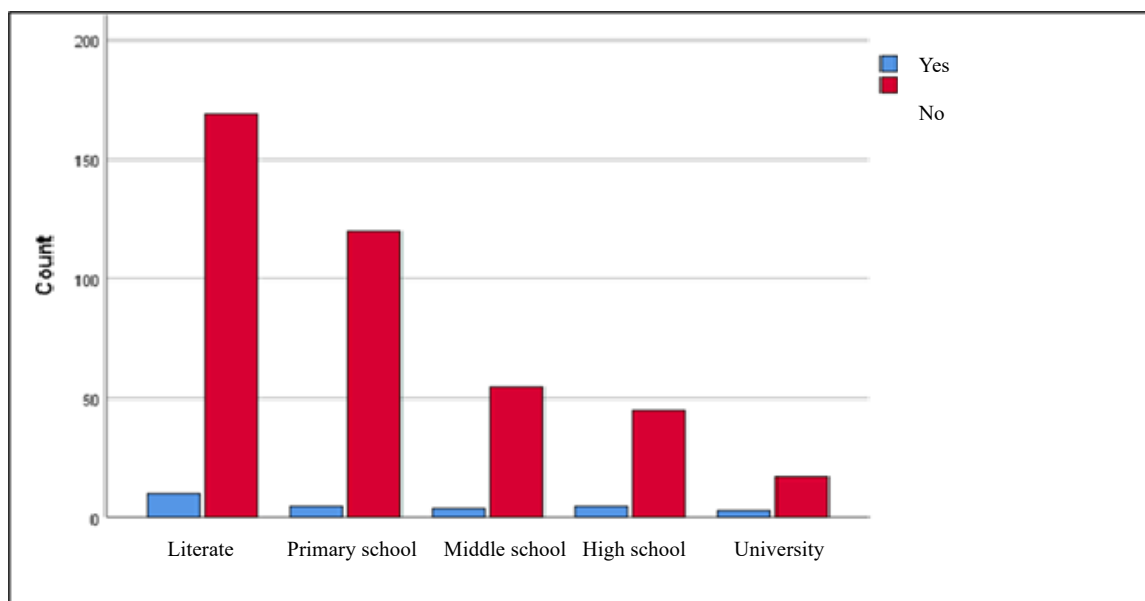


Figure 2. The relationship between education level and interest in producing industrial hemp

A statistically significant relationship was found between educational level and the response to the question, “Do you think of feeding your animals with industrial hemp?” ($p < 0.01$) (Figure 3). A higher percentage of literate farmers considered feeding their animals with industrial hemp. Meanwhile, most primary, secondary and high school graduates were undecided.

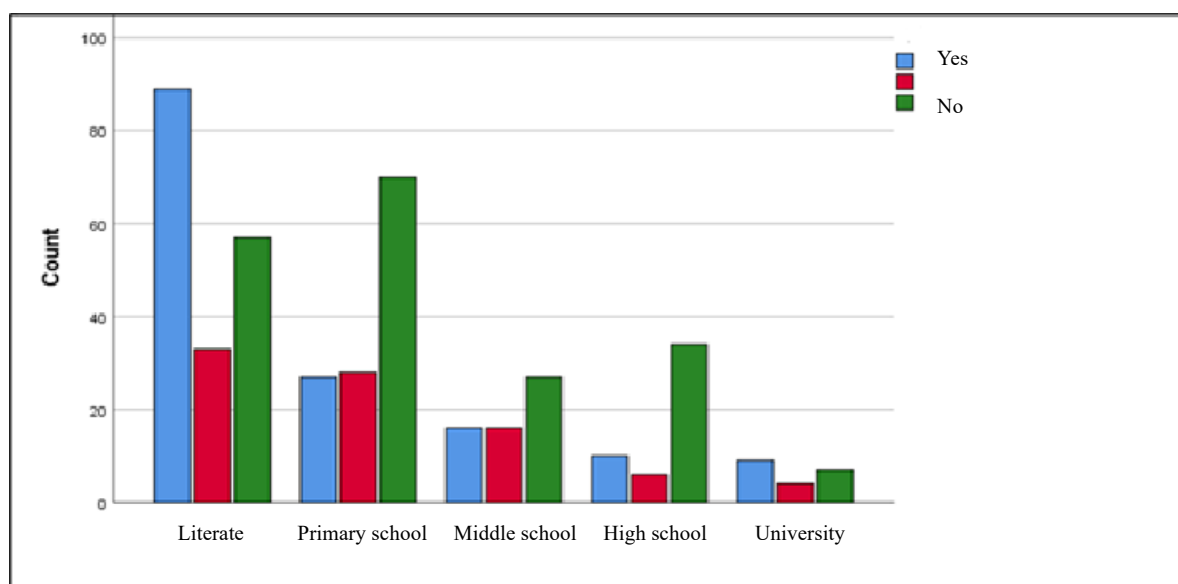


Figure 3. The relationship between educational level and the question “Do you think of feeding your animals with industrial hemp?”

A statistically significant relationship was found between educational level and the response to the question, “Do you think industrial hemp is harmful to your livestock?” ($p < 0.01$) (Figure 4). Most of the literate farmers thought that industrial hemp was not harmful to animals. Among primary and high school graduates, the percentage of those who did not have an idea was higher.

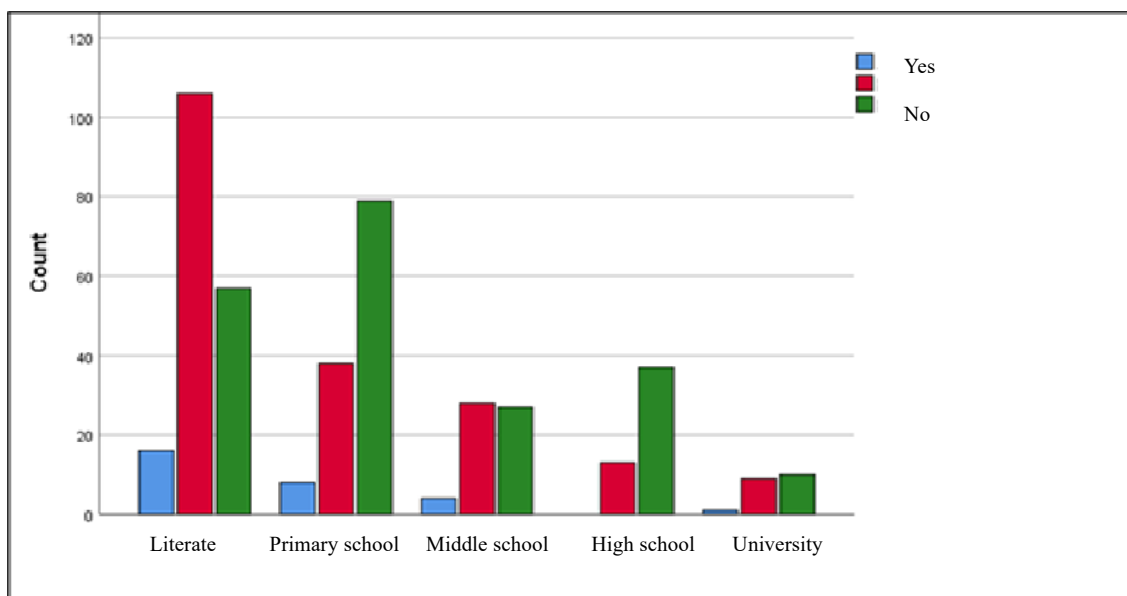


Figure 4. The relationship between educational level and the question “Do you think industrial hemp is harmful to your livestock?”

A statistically significant relationship was found between educational level and the response to the question, “Do you have any prejudices about using industrial hemp as animal feed?” ($p < 0.01$) (Figure 5). It was found that literate farmers generally did not have prejudices, while primary and high school graduates did not have any opinions.

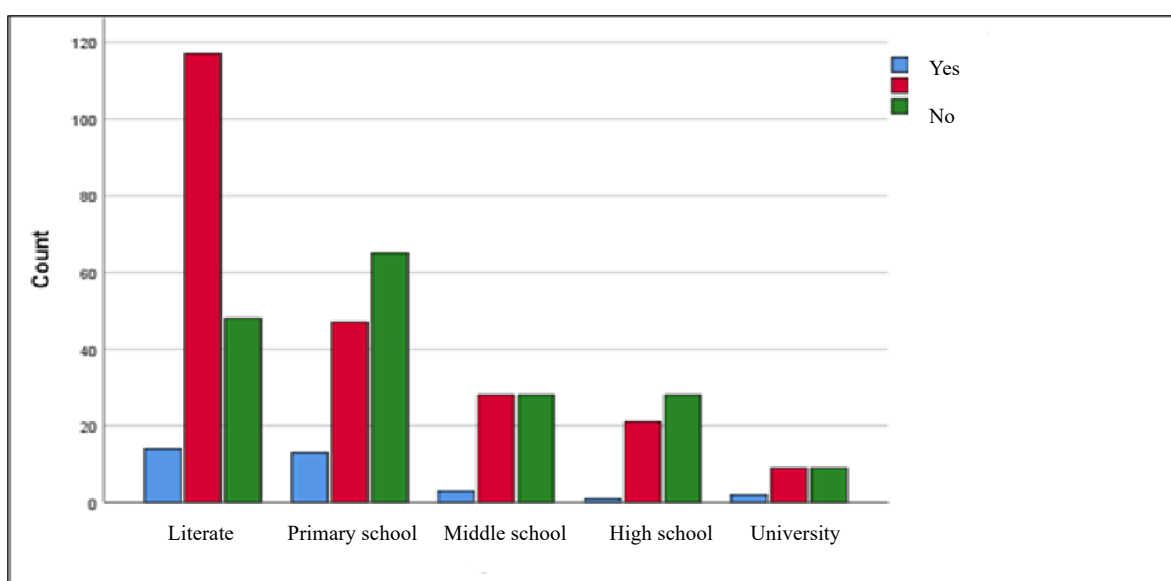


Figure 5. The relationship between educational level and the question “Do you have any prejudices about using industrial hemp as animal feed?”

A statistically significant relationship was found between educational level and the response to the question, “Do you know the areas where industrial hemp is used?” ($p < 0.01$) (Figure 6). It was found that literate farmers generally lack knowledge, whereas primary and high school graduates lack ideas. When asked about the uses of hemp, middle school graduates generally responded with “no” or “no idea”. Among university graduates, no one was found to be uninformed about the areas where industrial hemp is used.

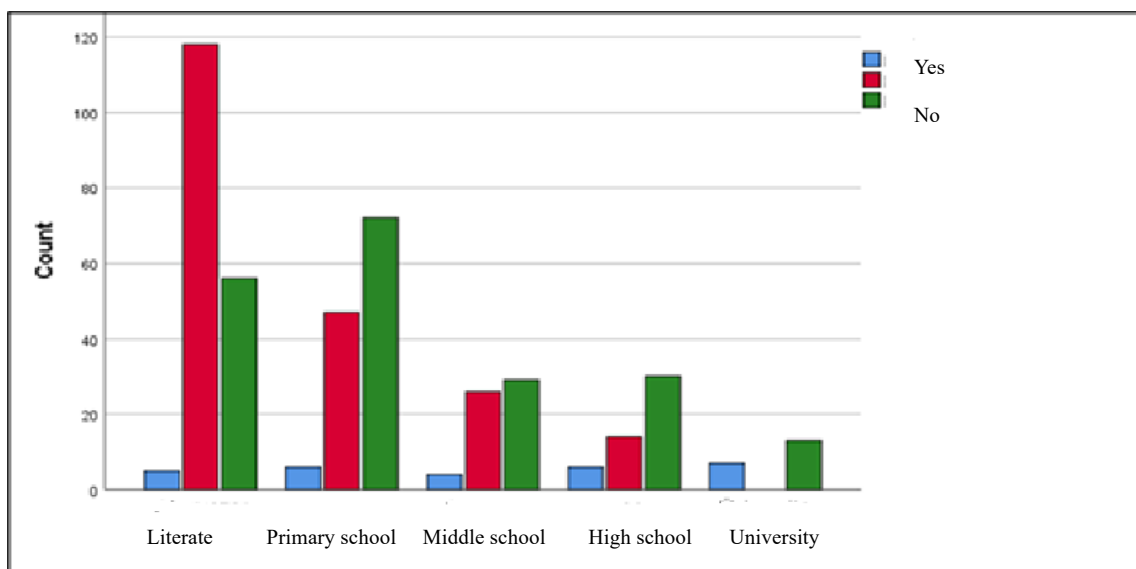


Figure 6. The relationship between educational level and the question “Do you know the areas where industrial hemp is used?”

A statistically significant relationship was found between educational level and the response to the question, “Should industrial hemp production areas be increased?” ($p < 0.01$) (Figure 7). It was determined that most literate farmers wanted the cultivation areas of industrial hemp to be expanded. On the other hand, it was found that most primary school, high school and university graduates did not have any idea.

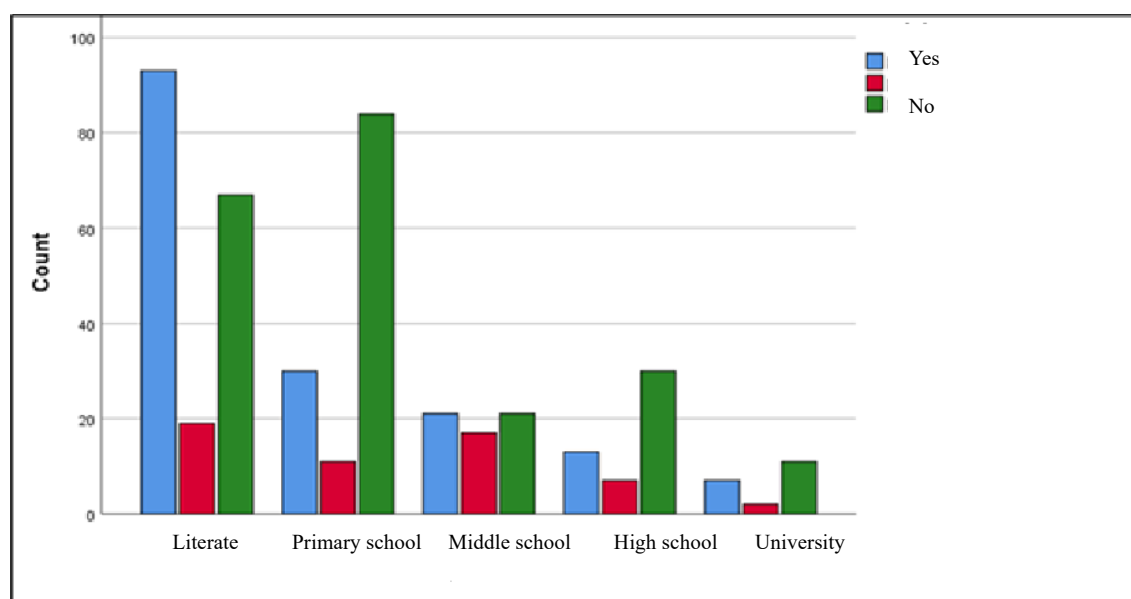


Figure 7. The relationship between educational level and the question “Should industrial hemp production areas be increased?”

In 2019, an online agricultural news agency in the United States conducted a study titled Cannabis in U.S. Agriculture. The study surveyed farmers and ranchers about their interest in growing and using hemp. Forty-eight percent of participants identified as interested in producing hemp. Additionally, 48% of participants responded positively when asked about feeding hemp to their animals. Meanwhile, 34% were undecided, and 18% responded negatively. A common theme that emerged from the study was that farmers believed that they



would grow hemp if it were low in THC, profitable, environmentally friendly, and had a market (Mead and Shultz, 2019).

To investigate the economic feasibility of hemp cultivation in Türkiye, Aydoğan et al. (2020) surveyed hemp enterprises in the Vezirköprü district of Samsun Province. The main problems with hemp farming were that production relied on traditional, labor-intensive methods and the supply chain was underdeveloped. It was determined that producers' awareness of hemp cultivation has increased, but the transition to actual production has proven difficult. Additionally, the study emphasized the need to develop the hemp products industry's infrastructure in parallel with increased production. A similar survey determined that 72% of hemp producers in Samsun produced for seed purposes (Saltık İbiş, 2020).

CONCLUSION

The level of awareness and knowledge regarding industrial hemp among animal breeders in Van province was found to be quite low. It can be said that the attitude towards industrial hemp does not change much as the level of education increases. The cultivation of industrial hemp should be increased, and farmers should be made aware of its benefits. Therefore, it is crucial to plan strategies for engaging with producers interested in cultivating and marketing industrial hemp.



ADVANCING SUSTAINABLE AGRICULTURE THROUGH ROBOTIC SYSTEMS: OPPORTUNITIES AND CHALLENGES

Assist. Prof. Dr. Emre KARA,

Aydın Adnan Menderes University, Faculty of Agriculture, Department of Field Crops, Aydın
emre.kara@adu.edu.tr

ORCID: 0000-0002-5535-8398

Prof. Dr. Mustafa SÜRMEN

Aydın Adnan Menderes University, Faculty of Agriculture, Department of Field Crops, Aydın
mustafa.surmen@adu.edu.tr

ORCID: 0000-0001-9748-618X

ABSTRACT

The growing global population, the escalating impacts of climate change, and the urgent need for sustainable food systems have intensified the demand for innovative technologies that enhance efficiency and resource-use effectiveness in agriculture. Within this context, robotic systems have emerged as a transformative force with the potential to revolutionize every stage of agricultural production. From precision sowing and targeted irrigation to automated weed management and robotic harvesting, these systems offer a wide array of applications that minimize labor dependency while maximizing operational accuracy and timeliness. Autonomous tractors, unmanned aerial vehicles (UAVs), robotic harvesters, and sensor-driven smart robots exemplify the tools that are reshaping agricultural landscapes by improving productivity and reducing time- and energy-intensive practices.

Beyond operational efficiency, agricultural robotics plays a pivotal role in advancing data-driven decision-making. When integrated with artificial intelligence and machine learning algorithms, robotic platforms enable high-precision monitoring of crop health, early disease detection, and accurate product quality classification. Such capabilities not only mitigate yield losses but also optimize input use—fertilizers, water, and pesticides—thereby contributing to environmentally sustainable production practices. Moreover, the capacity of robotic systems to generate real-time, high-resolution data fosters traceability and resilience, which are increasingly crucial in modern agri-food supply chains.

Nevertheless, the widespread adoption of agricultural robotics faces several challenges, including high investment costs, infrastructural limitations, and the need for farmer adaptation and training. Addressing these barriers through supportive policies, collaborative research, and technology transfer will be essential to unlocking the full potential of these systems.

Keywords: Precision agriculture, robotic systems, sustainable agriculture



INTRODUCTION

Sustainable agriculture aims to reconcile food security, environmental protection, and economic viability. Conventional high-input farming practices often cause soil degradation, biodiversity loss, and greenhouse gas emissions (Tilman et al., 2011; Foley et al., 2011). Therefore, technological innovation has become central to agricultural transitions toward sustainability. Robotic systems, including autonomous tractors, unmanned aerial vehicles (UAVs), and ground robots for weeding and harvesting, represent one of the most promising innovations (Spagnuolo et al., 2025).

Agricultural robotics goes beyond simple mechanization by integrating artificial intelligence (AI), computer vision, and the Internet of Things (IoT). This integration supports precision agriculture, where site-specific management of resources reduces waste and enhances productivity (Padhiary, 2025). For example, precision irrigation and robotic weed control can reduce water use by up to 40% and pesticide use by nearly 50% in real-world trials (Rahimi Azghadi et al., 2024; Wang et al., 2025).

Robots also mitigate labor shortages, especially in horticulture and specialty crops where manual labor is critical. Selective harvesting robots equipped with computer vision can detect and pick ripe produce, improving efficiency and reducing post-harvest losses (Zhang et al., 2022). Yet, widespread adoption faces challenges such as high costs, technical limitations in perception and navigation, and socio-economic barriers, including farmers' acceptance and regulatory hurdles (Spagnuolo et al., 2025; Gerhards et al., 2024).

General Overview of Agricultural Robotics

Spagnuolo et al. (2025) reviewed agricultural robots' main functions: weeding, monitoring, harvesting, and mapping. They emphasized that weed removal dominates robotic applications, often using RGB cameras and mechanical actuators. The review also highlighted technical bottlenecks, such as energy supply and cost, which limit adoption.

Zhang et al. (2022) examined precision weed management robots and concluded that machine vision and deep learning are increasingly effective but still limited by variable lighting, occlusion, and diverse weed-crop morphologies. Similarly, Wang et al. (2025) assessed laser-based weeding robots, demonstrating their capacity for chemical-free weed control but pointing to challenges in power consumption and safety standards. Gerhards et al. (2024) compared seven robotic weeding systems in German sugar beet and oilseed rape fields, finding substantial differences in efficiency, cost, and crop safety.

Padhiary (2025) described how robotics integrates into broader precision agriculture systems, linking sensors, cloud computing, and predictive analytics. This integration enhances decision-making, optimizes planting and irrigation schedules, and reduces environmental impacts.

Rahimi Azghadi et al. (2024) presented real-world evidence that robotic spot-spraying reduced herbicide usage by up to 65% compared to conventional broadcast spraying, while maintaining weed control efficacy above 95%. Hernández et al. (2025) demonstrated that reconfigurable robotic platforms could switch between weeding, seeding, and monitoring tasks, improving cost-effectiveness for farmers.

Opportunities

Resource efficiency: Robotic weeding and precision spraying minimize agrochemical inputs and reduce environmental contamination (Zhang et al., 2022; Rahimi Azghadi et al., 2024).

Labor savings: Robots address labor shortages in crop harvesting and repetitive tasks, increasing efficiency and reducing costs (Gerhards et al., 2024).



Environmental sustainability: Lightweight robots reduce soil compaction, while chemical-free weeding supports biodiversity and soil health (Wang et al., 2025).

Technological integration: Robotics, AI, and IoT convergence allows for real-time monitoring and adaptive management (Padhiary, 2025).

Challenges

Technical: Vision algorithms struggle under real field variability; navigation in unstructured terrain remains problematic (Zhang et al., 2022).

Economic: High acquisition costs and uncertain return on investment hinder adoption, particularly among smallholders (Spagnuolo et al., 2025).

Social and regulatory: Farmers' trust, training needs, and safety standards for autonomous systems (e.g., laser robots, UAVs) must be addressed (Wang et al., 2025).

Environmental trade-offs: Energy demands of high-tech robots may offset sustainability gains unless renewable energy sources are adopted (Hernández et al., 2025).

Future Directions

Develop robust multi-sensor fusion systems (RGB + LiDAR + hyperspectral) for reliable perception in variable conditions. Advance energy-efficient designs, including solar-powered platforms. Promote modular robotics for multiple tasks, enhancing affordability. Scale up real-world trials across diverse crops and environments. Build policy and financing frameworks to ensure accessibility for smallholder farmers.

CONCLUSION

Robotic systems hold substantial potential for advancing sustainable agriculture by improving efficiency, reducing environmental impacts, and mitigating labor shortages. Literature indicates strong promise in precision weed management, selective harvesting, and real-time monitoring. However, significant challenges remain in technology, cost, and social acceptance. A combined focus on technical innovation, supportive policy, and farmer training will be key to unlocking the transformative potential of agricultural robotics.



REFERENCES

- Foley, J. A., Ramankutty, N., Brauman, K. A., Cassidy, E. S., Gerber, J. S., Johnston, M., ... Zaks, D. P. (2011). Solutions for a cultivated planet. *Nature*, 478(7369), 337–342. <https://doi.org/10.1038/nature10452>
- Gerhards, R., Peteinatos, G. G., & Rueda Ayala, V. (2024). A comparison of seven innovative robotic weeding systems across sugar beet and winter oilseed rape fields. *Weed Research*, 64(4), 401–416. <https://doi.org/10.1111/wre.12603>
- Hernández, H. A., Gonzalez, A., Cardenas, J., & Morales, R. (2025). Reconfigurable agricultural robotics: Control strategies, architectures and applications. *Agricultural Systems*, 212, 103467. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2025.103467>
- Padhiary, M. (2025). Emerging technologies for smart and sustainable precision agriculture. *npj Precision Agriculture*, 1(1), 6. <https://doi.org/10.1007/s44430-025-00006-0>
- Rahimi Azghadi, M., Olsen, A., Wood, J., Saleh, A., Calvert, B., Granshaw, T., Fillols, E., & Philippa, B. (2024). Precise robotic weed spot-spraying for reduced herbicide usage and improved environmental outcomes: A real-world case study. *arXiv Preprint*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2401.13931>
- Spagnuolo, M., Todde, G., Caria, M., Furnitto, N., Schillaci, G., & Failla, S. (2025). Agricultural robotics: A technical review addressing challenges in sustainable crop production. *Robotics*, 14(2), 9. <https://doi.org/10.3390/robotics14020009>
- Tilman, D., Balzer, C., Hill, J., & Befort, B. L. (2011). Global food demand and the sustainable intensification of agriculture. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108(50), 20260–20264. <https://doi.org/10.1073/pnas.1116437108>
- Wang, C., Song, C., Xu, T., & Jiang, R. (2025). Precision weeding in agriculture: A comprehensive review of intelligent laser robots leveraging deep learning techniques. *Agriculture*, 15(11), 1213. <https://doi.org/10.3390/agriculture15111213>
- Zhang, W., Zheng, H., Miao, Z., Li, N., He, C., Sun, T., & Gao, L. (2022). Review of current robotic approaches for precision weed management. *Current Robotics Reports*, 3(3), 139–151. <https://doi.org/10.1007/s43154-022-00069-9>



YIELD COMPONENT RESPONSES TO VARYING INTERCROPPING PROPORTIONS OF MAIZE, SOYBEAN, AND SUNFLOWER

Prof. Dr. Mustafa SÜRME

Aydın Adnan Menderes University, Faculty of Agriculture, Department of Field Crops , Aydın

mustafa.surmen@adu.edu.tr

ORCID: 0000-0001-9748-618X

Assist. Prof. Dr. Emre KARA

Aydın Adnan Menderes University, Faculty of Agriculture, Department of Field Crops , Aydın

emre.kara@adu.edu.tr

ORCID: 0000-0002-5535-8398

ABSTRACT

The field experiment was conducted at the Research and Application Farm of Aydın Adnan Menderes University, Faculty of Agriculture. The trial was established on 2018, with a total of six treatments consisting of sole maize, sole sunflower, sole soybean, maize–soybean, maize–sunflower, and maize–soybean–sunflower mixtures. Each treatment was arranged in three replications, resulting in a total of 18 experimental plots. The plots were sized 2.8 × 5 m, with sowing performed using a drill calibrated to a row spacing of 70 cm. The study evaluated selected yield components, including plant height and leaf number. The results indicated that leaf number did not differ significantly among treatments. However, intercropping effects were more pronounced for plant height. Soybean exhibited greater height when intercropped with maize or sunflower, while sunflower achieved higher plant stature in the three-species mixtures. Similarly, maize also demonstrated increased plant height in intercrops compared to sole cropping. The competitive interactions created by two- and three-species intercropping arrangements resulted in distinct responses among the crop species. Overall, the findings highlight the complex competitive dynamics among maize, soybean, and sunflower under different intercropping fractions, suggesting that crop-specific responses in plant growth parameters can play a critical role in optimizing mixture designs for enhanced productivity.

Keywords: Intercropping, maize, sunflower, soybean, plant height



INTRODUCTION

Intercropping systems, which integrate multiple crops in the same agricultural space, have been shown to significantly influence forage yield and quality, particularly with combinations such as soybean, maize, and sunflower. This multifaceted approach to agronomy leverages the complementary growth habits and biochemical properties of these species, enhancing overall productivity while optimizing resource utilization.

The intercropping of maize (*Zea mays*) with legumes like soybeans (*Glycine max*) has been documented to improve forage quality by increasing crude protein (CP) concentrations compared to monoculture systems. Putnam et al. noted that intercropped corn and soybeans have been shown to enhance protein production for silage, which aligns with findings that highlight the benefits of introducing legumes into intercropping systems (Putnam et al., 1985). Specifically, these legumes contribute nitrogen through their natural fixation capabilities, which can significantly uplift the nutritional quality of the forage produced (Eskandari et al., 2009). The synergistic effect between maize and soybeans results in higher biomass yields and enhanced forage digestibility, which can be critical for animal feed, supporting improved growth and health of livestock.

Additionally, the presence of sunflower (*Helianthus annuus*) in intercropping should not be overlooked as it can play a vital role in both yield enhancement and quality improvement. Sunflower's extensive root systems can aid in the spatial competition for nutrients and water, allowing for better overall utilization of the field. Intercropping sunflower with legumes can further boost nutrient levels and provide a broader spectrum of amino acids in the forage, which is often reflected in increased digestibility and palatability for grazing animals (Zorić et al., 2015).

Research suggests that the optimal planting ratios are crucial in maximizing the benefits derived from these intercropping systems. One study highlighted effective intercropping ratios, indicating that a 50:50 combination often yields satisfactory forage quality when appropriate irrigation methods are employed (Baghdadi et al., 2023). Similar attention to spatial arrangements appeared in studies where specific densities of legumes among cereals improved land equivalent ratios (LER), indicating increased efficiency of resource use compared to sole cropping systems (Mohamed et al., 2020).

Moreover, other studies have corroborated the finding that intercropping can elevate forage yields, particularly in low-nitrogen environments. Carr et al. (1998) found that intercropping with legumes can improve CP concentration and dry matter yields under certain conditions, specifically noting that intercropping can enhance forage quality in low-soil-N environments. As the system matures and competition for resources occurs, having legumes in the mix tends to better alleviate stress on the main crop while enhancing the overall nutrient profile of the forage produced.

MATERIAL and METHOD

The experiment was conducted during the 2018 summer main cropping season at the experimental fields of Aydın Adnan Menderes University, Faculty of Agriculture, with sowing carried out in May. The seed materials used in the study were maize (cv. 7240 Dekalp), soybean (cv. Yemsoy), and sunflower (cv. Baron). The study investigated plant height and leaf number under both intercropping and sole cropping systems.

**Table 1.** Climate data of the experimental area

2018				Long term mean	
Aylar	Temperature (°C)	Precipitation(mm)	Humidity (%)	Temperature (°C)	Precipitation(mm)
May	20,70	26,3	64,1	20,90	35,10
June	23,80	64,8	61,4	25,80	13,60
July	27,80	1,8	53,6	28,40	3,80
August	27,40	-	60,4	27,60	2,20
September	24,20	28,3	69,4	23,50	12,80

The sowing was carried out on May 31, 2018. The cropping treatments consisted of sole maize, sole sunflower, sole soybean, maize–soybean, maize–sunflower, and maize–soybean–sunflower mixtures. Each treatment was arranged in three replications, resulting in a total of 18 plots. The plot size was 2.8 × 5 m. Sowing was performed with a seed drill, adjusted to 70 cm row spacing, 20 cm intra-row spacing, and 5 cm sowing depth.

RESULTS and DISCUSSION

Plant Height

The analysis of variance (ANOVA) revealed that intercropping patterns involving maize, soybean, and sunflower had a significant effect on plant height ($p < 0.05$). While the replication effect was not significant ($F = 3.00$), the treatment effect showed a clear variation among different intercropping combinations ($F = 6.12$), indicating that the spatial arrangement and species composition influenced vertical growth performance. The relatively low error mean square (0.0075) suggests that the experimental design was precise and that the observed differences in plant height can be attributed mainly to the intercropping treatments rather than random variation. These findings imply that species interactions within specific intercropping arrangements may either enhance or suppress plant height depending on the degree of interspecific competition and complementarity (Table 2.)

Table 2. Analysis of Variance (ANOVA) Table for the Experiment					
Source of Variation	Serbestlik Derecesi	Sum of Squares	Mean Squares	F value	
Replication	2	0.04478750	0.02239375	3.00	
Treatment	3	0.13692492	0.04564164	6.12	
Error	6	0.04477983	0.00746331	-	
Total	11	0.22649225	-	-	



Maize plant height

The comparison of means shows that plant height varied among the different intercropping patterns involving maize. The tallest plants were observed in the maize–soybean–sunflower combination (2.40 m), which was statistically superior and placed in group “A.” In contrast, the sole maize (2.16 m), maize–sunflower (2.17 m), and maize–soybean (2.13 m) treatments formed the same statistical group “B,” indicating no significant differences among them. These findings suggest that the inclusion of both soybean and sunflower in the intercropping system had a synergistic effect on maize growth, resulting in greater plant height compared to the other combinations (Table 3).

Table 3. Plant height of silage maize in intercropping systems

Sole Maize	2.16 B
Maize-Sunflower	2.17 B
Maize- Soybean	2.13 B
Maize- Soybean- Sunflower	2.40 A

Soybean Plant Height

The plant height of soybean did not differ significantly among the different intercropping combinations, as all treatments were grouped under the same statistical category. The highest mean height was recorded in sole soybean (1.39 m), followed by maize–soybean (1.23 m) and maize–soybean–sunflower (1.17 m) systems. Although a slight reduction in height was observed when soybean was intercropped with maize and sunflower, the differences were not statistically significant. This indicates that soybean maintained a relatively stable growth pattern across the intercropping designs, suggesting its adaptive capacity and compatibility with companion crops in mixed systems (Table 4).

Table 4. Plant height of soybean in intercropping systems

Sole soybean	1.39
Maize - Soybean	1.23
Maize- Soybean - Sunflower	1.17

Sunflower Plant Height

The analysis of variance for sunflower plant height revealed significant differences among treatments. The tallest plants were recorded in the maize–soybean–sunflower system (1.63 m), which shared the same statistical group (“A”) with sole sunflower (1.57 m). In contrast, the maize–soybean combination resulted in shorter sunflower plants (1.37 m), classified under group “B.” These findings indicate that intercropping sunflower simultaneously with both maize and soybean supports its vertical growth similarly to sole cropping, while intercropping only with maize tends to restrict its height—likely due to stronger interspecific competition for light or nutrients (Table 5).

**Table 5.** Plant height of sunflower in intercropping systems

Sole sunflower	1.57 A
Maize - Soybean	1.37 B
Maize- Soybean - Sunflower	1.63 A

Leaf Number***Maize Leaf Number***

The number of leaves per maize plant did not show statistically significant differences among the different cropping systems, as all treatments were grouped in the same statistical category (“A”). The highest mean leaf number was observed in the maize–soybean–sunflower combination (14.2 leaves per plant), followed by sole maize (13.73), maize–soybean (13.2), and maize–sunflower (12.2). Although a slight numerical increase was detected in the three-species mixture, the variation was not statistically meaningful. This suggests that the intercropping pattern had little influence on leaf formation in maize, indicating a relatively stable vegetative growth response under the different intercropping arrangements (Table 6).

Table 6. Leaf number per plant of silage maize in intercropping systems

Sole Maize	13.73 A
Maize-Sunflower	12.2 A
Maize- Soybean	13.2 A
Maize- Soybean- Sunflower	14.2 A

The number of leaves per soybean plant did not differ significantly among the tested cropping systems, as all treatments were classified under the same statistical group (“A”). The highest average leaf number was recorded in the maize–soybean–sunflower system (14.2 leaves per plant), while the sole maize (13.73), maize–soybean (13.2), and maize–sunflower (12.2) systems showed slightly lower but statistically similar values. These results indicate that intercropping did not substantially affect leaf development in soybean, suggesting its stable performance and adaptability within mixed cropping environments involving maize and sunflower (Table 6).

Table 6. Leaf number per plant of soybean in intercropping systems

Sole soybean	15.86 A
Maize - Soybean	14.93 B
Maize- Soybean - Sunflower	14.99 B

The number of leaves per sunflower plant showed no considerable variation among the different cropping systems. The mean leaf number was 24.13 in both the sole sunflower and maize–sunflower combinations, and 24.80 in the maize–soybean–sunflower mixture. Since no statistical grouping differences were observed, it can be inferred that intercropping had minimal influence on leaf development in sunflower. These results suggest that sunflower maintained



stable vegetative growth regardless of the cropping pattern, highlighting its competitive ability and adaptability in mixed systems involving maize and soybean (Table 7).

Table 7. Leaf number per plant of sunflower in intercropping systems

Sole sunflower	24.13
Maize - Sunflower	24.13
Maize- Soybean - Sunflower	24.80

The differences observed in plant height and leaf number across intercropping patterns indicate that species interactions within maize–soybean–sunflower systems are highly crop-specific. The tallest maize and sunflower plants were recorded in the three-species mixture, suggesting that complementary resource use and canopy stratification improved vertical growth. Such morphological advantages have been frequently reported in diversified intercropping systems, where differential light interception and root-zone partitioning reduce direct competition (Li et al., 2020; Brooker et al., 2015). The stable plant height of soybean, on the other hand, reflects its adaptive capacity to partial shading and its relatively conservative growth pattern under mixed canopies (Bedoussac et al., 2015). Increased maize and sunflower height in the three-species pattern may also indicate better radiation use efficiency and facilitative nitrogen effects derived from the legume component (Lithourgidis et al., 2011).

Regarding leaf number, species responded differently to the intercropping environment. Maize and soybean showed relatively constant leaf production across all systems, while sunflower exhibited a slight but significant increase in the three-species combination compared with the two-species mixtures. This result aligns with earlier studies suggesting that sunflower displays high morphological plasticity, producing more leaves when grown under competitive yet complementary conditions (Agegnehu et al., 2017). The stable leaf number of maize and soybean implies that their leaf area development is less influenced by spatial configuration and more by genetic and ontogenic control (Willey, 1990). Overall, these findings confirm that intercropping can modify plant architecture through both competitive and facilitative mechanisms, leading to improved canopy structure and light capture, particularly in systems integrating three functionally distinct crops.

CONCLUSION

The overall results show that intercropping effects were trait- and species-specific. The three-species maize–soybean–sunflower mixture promoted vertical growth, with maize and sunflower being taller in maize–soybean–sunflower than in the two-species patterns, whereas soybean height was largely unchanged. For leaf number, maize showed no significant differences among cropping patterns, and soybean varied only slightly; however, sunflower exhibited a significant increase in leaf number in the maize–soybean–sunflower mixture compared with the maize–sunflower combination (and was comparable to sole sunflower). Taken together, these findings indicate that the benefits of maize–soybean–sunflower are expressed primarily through taller canopies in maize and sunflower and, to a lesser extent, through greater leaf production in sunflower, while soybean remains relatively stable across mixtures.



REFERENCES

- Agegnehu, G., Ghizaw, A., & Sinebo, W. (2017). Yield potential and land-use efficiency of barley and faba bean mixed cropping. *European Journal of Agronomy*, 33(1), 50–58.
- Bedoussac, L., et al. (2015). Ecological principles underlying the increase of productivity achieved by cereal–legume intercrops. *Frontiers in Plant Science*, 6, 943.
- Brooker, R. W., et al. (2015). Improving intercropping: A synthesis of research in agronomy, ecology and modelling. *Journal of Experimental Botany*, 66(8), 2333–2349.
- Baghdadi, A., Golzardi, F., & Hashemi, M. (2023). The use of alternative irrigation and cropping systems in forage production may alleviate the water scarcity in semi-arid regions. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 103(10), 5050-5060. <https://doi.org/10.1002/jsfa.12574>
- Carr, P., Martin, G., Caton, J., & Poland, W. (1998). Forage and nitrogen yield of barley—pea and oat—pea intercrops. *Agronomy Journal*, 90(1), 79-84. <https://doi.org/10.2134/agronj1998.00021962009000010015x>
- Eskandari, H., Ghanbari, A., & Javanmard, A. (2009). Intercropping of cereals and legumes for forage production. *Notulae Scientia Biologicae*, 1(1), 07-13. <https://doi.org/10.15835/nsb113479>
- Mohamed, A., Ibrahim, M., El-Said, M., & Mahdy, A. (2020). Effect of intercropping cow pea with pearl millet on forage yield and competitive relationships. *Archives of Agriculture Sciences Journal*, 0(0), 101-116. <https://doi.org/10.21608/aasj.2020.43889.1039>
- Lithourgidis, A. S., Dordas, C. A., Damalas, C. A., & Vlachostergios, D. N. (2011). Annual intercrops: An alternative pathway for sustainable agriculture. *Australian Journal of Crop Science*, 5(4), 396–410.
- Putnam, D., Herbert, S., & Vargas, A. (1985). Intercropped corn–soyabean density studies. i. yield complementarity. *Experimental Agriculture*, 21(1), 41-51. <https://doi.org/10.1017/s0014479700012230>
- Zorić, L., Mikić, A., Antanasović, S., Karanović, D., Čupina, B., & Luković, J. (2015). Stem anatomy of annual legume intercropping components: white lupin (*lupinus albus* l.), narbonne (*vicia narbonensis* l.) and common (*vicia sativa* l.) vetches. *Agricultural and Food Science*, 24(2), 139-149. <https://doi.org/10.23986/afsci.48223>
- Willey, R. W. (1990). Resource use in intercropping systems. *Agricultural Water Management*, 17, 215–231.



FARKLI AZOT DOZLARI VE BİÇİM ZAMANLARININ YULAFIN OT VERİMİ VE KALİTESİ ÜZERİNE ETKİLERİ

Prof.Dr.Mevlüt TÜRK*

Isparta University of Applied Sciences Faculty of Agriculture Department of Field Crops

Orcid: 0000-0003-4493-887X

mevlutturk@isparta.edu.tr

Hasan ALTINKALE

Isparta University of Applied Sciences Faculty of Agriculture Department of Field Crops

05444822202, altinkale@icloud.com

ÖZET

Bu çalışma, farklı azot dozları ve biçim zamanlarının yulaf (*Avena sativa* L.) bitkisinin ot verimi ve kalitesi üzerine etkilerini belirlemek amacıyla 2024 yılında Isparta'da yürütülmüştür. Denemede yulafın Seydişehir çeşidi kullanılmıştır. Deneme tesadüf bloklarında bölünmüş parseller deneme desenine göre üç tekrarlamalı olarak yürütülmüştür. Azot dozları (0, 5, 10, 15 ve 20 kg/da) ana parsellere, biçim zamanları (başaklanma, çiçeklenme ve süt olum) ise alt parsellere yerleştirilmiştir. Çalışmada kuru ot verimi, ham protein oranı, ham protein verimi, NDF ve ADF oranları belirlenmiştir. Araştırma sonuçlarına göre, azot dozları arttıkça kuru ot verimi, ham protein oranı ve ham protein verimi artmış, ADF oranı azalmıştır. Biçim zamanları ilerledikçe kuru ot verimi, ham protein verimi, NDF ve ADF oranları artmış, ham protein oranı azalmıştır. Sonuçlar bir bütün olarak değerlendirildiğinde, verim bakımından 20 kg/da azot uygulaması ve süt olum döneminde hasat edilmesi en yüksek değerleri verirken, kalite bakımından 15-20 kg/da azot uygulaması ve başaklanma ve çiçeklenme dönemlerinde en yüksek değerler elde edilmiştir. Yüksek verim ve kalite için dekara en az 15 kg azot uygulanmasının ve biçimin çiçeklenme döneminde yapılmasının daha iyi sonuç verdiği tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Yulaf, Azot dozları, Biçim zamanları, Ot verimi, Ot kalitesi



EFFECTS OF DIFFERENT NITROGEN DOSES AND HARVESTING TIMES ON THE FORAGE YIELD AND QUALITY OF OAT

ABSTRACT

This study was conducted to determine the effects of different nitrogen doses and harvesting times on the forage yield and quality of oat (*Avena sativa* L.) at the Isparta in 2024. The Seydişehir variety was used in the study. For nitrogen five different doses (0, 5, 10, 15 and 20 kg N da⁻¹) while the harvesting times (Heading, flowering and milk dough stages) were studied. The experiment was conducted in a split-plot design with three replications, within randomized complete block design. In the study, dry matter yield, crude protein content, crude protein yield, NDF and ADF ratios were determined. According to the results, increasing nitrogen doses hay yield, crude protein ratio and crude protein yield increased while ADF ratio decreased. As growth stages progressed, hay yield, crude protein yield, NDF and ADF ratios increased, while crude protein ratio decreased. Evaluating all the results obtained from the study, it was observed that applying nitrogen 20 kg/da and harvesting at milk dough stage gives the best results for higher forage yield of oat while according to forage quality of oat crop nitrogen application 15-20 kg/da and harvesting at heading and flowering stages gave better results. For higher yield and quality, nitrogen application 15 kg/da and harvesting at flowering stage is recommended. It is seen that for high yield and quality, it is better to apply at least 15 kg/da nitrogen application and harvesting at flowering stage.

Key Words: Oat, Nitrogen doses, Harvesting times, Forage yield, Forage quality



GİRİŞ

Türkiye’de halen 23.5 milyon ha işlenen tarım alanı ve 14.6 milyon ha çayır ve mera alanı bulunmaktadır (TÜİK, 2021). Çayır ve meralar kaba yem üreten doğal yem alanlarıdır. Bu alanların küçülmesi ve verimlerinin azalması nitelikli kaba yem üretiminin azalmasına neden olmaktadır. Bu sebeple Türkiye’de çiftlik hayvanlarının nitelikli kaba yem ihtiyaçlarının yaklaşık %40-65 kadarı karşılanabilmektedir (Gökkuş ve Hanoğlu, 2022). Dünyada 9.77 milyon da alanda 25.18 milyon ton yulaf üretimi yapılmaktadır (FAO, 2020). Türkiye’de ise 137 bin ha alanda 276 bin ton yulaf üretilmektedir (TÜİK, 2021).

Yulaf hem önemli bir gıda hem de hayvansal üretimin arttırılması için hayati önem taşıyan önemli bir yem bitkisi olarak öne çıkmaktadır (Shen vd., 2023). Yulaf, hayvanları protein, enerji, lif, mineraller ve vitaminler gibi temel besinlerle besleyerek sağlıklı büyümelerini sağlar (Han vd., 2018). Serin ve kuru ortamlarda gelişir, zayıf toprağı tolere eder ve 4000 m rakımlarda bile yetiştirilebilmektedir. Buna ek olarak, ekolojik yönetimde önemli bir rol oynar, toprak korumasını, su tutmayı ve zemin örtüsünü iyileştirir ve tuzlu-alkali toprakları iyileştirir, böylece arazinin yeniden ağaçlanma indeksini iyileştirici etkileri vardır (Reynolds vd., 2005). Düşük üretim maliyeti ve yüksek verimi, çiftçiler için tatminkar bir ekonomik getiri sağlamaktadır (Li vd., 2021), özellikle kırsal bölgelerdeki hayvancılık için önemli bir kaba yem kaynağı haline gelmiştir. Yulafın artan pazar talebini karşılayabileceğı, çiftçilere önemli ekonomik getiri sağlayabileceğı ve sürdürülebilir tarımsal kalkınmayı destekleyebileceğı için yulaf üretiminin ve kalitesinin arttırılması çok önemlidir (Cui vd., 2018).

Bitkisel üretimde yüksek verim ve kalite esastır. Her iki özellik de birden fazla faktörden etkilenir (May vd., 2020; Wang vd., 2023). Yulafın yem kalitesi gübreleme, sulama, genotip, bitki yoğunluğu ve biçim zamanları gibi birçok faktöre bağlıdır. Hasattaki olgunluk aşaması yem kalitesini belirleyen en önemli faktördür ve olgunluk ilerledikçe yem kalitesi düşer. Ayrıca yem bitkilerinin olgunluğu, sindirilebilirliğini ve hayvanlar tarafından tüketilmesini etkiler (Ball vd., 2001). Pek çok araştırmada, biçim zamanlarının ertelenmesinin yem bitkilerinin lif içeriğini arttırdığını, ham protein içeriğinin azaldığını, bunun sonucunda da sindirilebilirliğin ve yem kalitesinin azaldığını göstermiştir (Yun vd., 2009; Soe-Htet vd., 2022). Benzer şekilde ot kalitesinin en yüksek seviyede olduğu zamanda hasat etmek verimi önemli ölçüde azaltabilir (Türk ve Albayrak, 2012; Mandić vd., 2018). Bitkilerin gelişmesi ilerledikçe genelde ot verimi artarken, ot kalitesinde azalma olmaktadır. Kuru ot verimi artacağı düşüncesi ile biçimi geç yapmak tercih edilebilir. Ancak olgunlaşma evresine yaklaştıkça ham protein oranı ve sindirilebilme oranındaki düşüş hızlanır. Geç biçim yapmak artan kuru ot verimindeki artış ile telafi edilebilir. Bu sebeple ot üretimi amacıyla yetiştirilen tahılların süt olum evresine kadar değerlendirilmesi önerilmektedir (Bishnoi vd., 1978; Hasar ve Tükel, 1994; Tan, 1995). Bu yüzden en uygun biçim zamanının seçilmesi, ürünün olgunlaşma sürecinde besin içeriğindeki değişikliklerin ve farklı gelişme aşamalarındaki yem değerinin daha iyi anlaşılmasını gerektirir.

Bitkisel üretimde verimin arttırılmasına yönelik olarak gübre kullanılmasının tarihi oldukça eski olmasına rağmen, tarımda devrim yaratan kimyasal gübrelerin geçmişi 200 yılı dahi bulmamaktadır. Kimyasal gübreler temel olarak azotlu, fosforlu ve potasyumlu gübreler olarak üç grupta değerlendirilir. Bunlardan azotlu gübreler hem Dünya genelinde hem de Türkiye’de en fazla tüketilen ve bitkisel üretimde özel bir yeri bulunan grubu teşkil etmektedir (Polat, 2022).

Özellikle tahılların yetiştiriciliğinde azotlu gübrelemenin belirli bir dozdan sonra beklenen oranda verimi arttırmadığı (Akçin ve Önder, 1994) ve fazla azotun, yatma veya yanma sonucu verim kayıplarına neden olduğu bildirilmektedir (Güzel, 1982). Azot kullanım etkinliği sadece daha fazla azotun daha etkili kullanılması açısından değil, doğal kaynaklarımızın korunması ve



sürdürülebilir bir tarım için de önem taşımaktadır (Müftüoğlu ve Demirer, 1998; Hirel ve Lemaire, 2006; Gonzalez-Dugo vd., 2010; Ali vd., 2015). Ülkemizde üreticiler tarım ilaçlarının çevreye verebileceği zararların farkında olmalarına rağmen gübre kullanımının genellikle zararsız olduğu görüşündedir (Korkutal, 2002). Bu nedenle, topraklarımızdaki nitrat kirliliğinde hatalı ve yüksek dozlarda yapılan gübrelemenin çok büyük payı vardır (Süenal ve Erşahin, 2012). Tarımsal üretimde azotu daha etkili kullanarak verimliliği azaltmadan düşük azot dozlarından daha iyi faydalanabilecek çeşitlerin geliştirilmesi, yoğun azotlu gübre kullanılan alanlarda nitratin yeraltı sularına karışarak yol açtığı çevre kirliliği sorununa bir çözüm sunacaktır (Zhu ve Chen, 2002; Mosier vd., 2013). Havza bazında yüzey ve yeraltı sularındaki tarım kaynaklı kirliliğin önüne geçilmesi, ülkemizin günümüzdeki ve gelecekteki su koruma politikalarının hedeflerinden birisidir (Akkaya vd., 2006; Akın ve Akın, 2007; Muluk vd., 2013).

Bu çalışma, Isparta ili ekolojik koşullarında, 3 farklı biçim zamanı (başaklanma, çiçeklenme ve süt olum) ve 5 farklı azot dozu (0, 5, 10, 15 ve 20 kg N/da) uygulamalarının, yulafın ot verimi ve kalitesi üzerine etkilerinin incelenmesi amacıyla yürütülmüştür.

MATERYAL VE YÖNTEM

Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Eğitim, Araştırma ve Uygulama Çiftliğinde 2024 yılında yürütülen denemede bitki materyali olarak Bahri Dağdaş Uluslararası Tarımsal Araştırma Enstitüsü tarafından tescil edilen Seydişehir yulaf çeşidi kullanılmıştır. Seydişehir tek yıllık, beyaz salkımlı, uzun boylu, yatmaya dayanıklı bir çeşittir.

Bölgeye ait uzun yıllar iklim verilerine göre, şubat-haziran aylarında toplam yağış miktarı 269.8 mm, ortalama sıcaklık değeri 10.98°C ve ortalama nispi nem miktarı %62.16 olarak hesaplanmıştır. Arazi denemesinin yürütüldüğü 2024 yılında ortalama sıcaklık değeri 15.54°C ile uzun yıllar sıcaklık ortalamasından daha yüksek, nispi nem değeri %55.04 ile uzun yıllar ortalamasından daha düşük ve yağış miktarının 199.0 mm ile uzun yıllar ortalamasından daha az olduğu belirlenmiştir. Uzun yıllar (1929-2020) verilerine göre ortalama yıllık yağış miktarı 567.5 mm olarak hesaplanırken, 2024 yılı içerisinde toplam yağış miktarı 453.3 mm olarak gerçekleşmiştir. Denemenin yürütüldüğü arazilerin farklı bölgelerinden alınan toprak örneklerinin analizi sonucunda; deneme alanının tekstür bakımından killi-tınlı, kireç bakımından zengin, organik maddece fakir, pH'sı 7.99, fosfor bakımından fakir ve potasyum bakımından zengin olduğu belirlenmiştir.

Deneme, tesadüf bloklarında bölünmüş parseller deneme desenine göre 3 tekerrürlü yürütülmüştür. Çalışmada 5 farklı azot dozu (0, 5, 10, 15 ve 20 kg/da N) ve 3 farklı biçim zamanı (başaklanma, çiçeklenme ve süt olum dönemi) uygulanmıştır. Azot dozları ana parsellere, biçim zamanları ise alt parsellere yerleştirilmiştir.

Denemede sıra arası 20 cm, her parselde 10 sıra, parsel eni 2 m, parsel boyu 10 m olarak planlanmıştır. Bloklar arası 2 m, parseller arası 1 m olarak ayarlanmıştır. Parsel alanı 20 m² (2 m x 10 m), parsel sayısı 15, toplam deneme alanı 476 m² olarak hesaplanmıştır.

Ekim 25.02.2024 tarihinde, dekara 25 kg tohum gelecek şekilde tahıl mibzeriyle yapılmıştır. Fosforlu gübre olarak triple süper fosfat (TSP %42) gübresi kullanılmış ve toprak analizleri dikkate alınarak, dekara 8 kg fosfor (P₂O₅) olacak şekilde, fosforun tamamı ekimle birlikte verilmiştir. Azotlu gübre olarak üre amonyum sülfat (Nitropower %33) kullanılmış ve dozlara uygun şekilde 1/3'ü ekimle, kalan miktarlar ise kardeşlenme döneminde olacak şekilde iki seferde uygulanmıştır.

Hasat işlemi, başaklanma dönemi için 20.05.2024, çiçeklenme dönemi için 29.05.2024, süt olum dönemi için 04.06.2024 tarihlerinde gerçekleştirilmiştir. Hasatta kenar tesirleri dikkate



alınarak, dıştaki birer sıra ile parsel başından ve sonundan ellişer santim değerlendirme dışı bırakılmış, parselin geriye kalan bölümü hasat edilmiştir.

Araştırmada kuru ot verimi, ham protein oranı, ham protein verimi, NDF ve ADF oranları belirlenmiştir. Biçim dönemlerinde her parselden, 1 m²'lik kuadrat yardımı ile 2'şer adet biçim yapılarak arazide tartılmıştır. Yeşil ot verimleri bulunan bitkilerden alınan 500 g'lık örnekler kurutma dolabında 70°C'de 48 saat süre ile kurutularak tartımları yapılmıştır. Kurutulan örnekler yardımıyla % kuru madde oranları hesaplanmış ve yeşil ot verimleri ile çarpılarak dekara kuru ot verimleri hesaplanmıştır. Parsellerden alınan kuru ot örnekleri öğütülmüş ve yakma yöntemiyle toplam azot miktarları tespit edilmiştir. Bulunan değerler 6.25 ile çarpılarak ham protein oranı hesaplanmıştır (Kacar ve İnal, 2008). Ham protein oranı ile kuru ot verimi çarpılarak ham protein verimleri hesaplanmıştır (Albayrak, 2003). Her dönem elde edilen kuru ot örneklerinde ANKOM teknolojinin bildirdiği esaslara göre NDF ve ADF oranları tespit edilmiştir (Türk vd., 2009).

Çalışmada elde edilen bütün veriler, tesadüf bloklarında bölünmüş parseller deneme desenine'ne göre SAS (1998) bilgisayar programından yararlanılarak varyans analizine tabi tutulmuştur. Analiz sonucunda ortaya çıkan önemli farklılıklar %5 önemlilik düzeyinde Asgari Önemli Fark (LSD) testi yapılarak karşılaştırılmıştır.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Farklı azot dozu ve biçim zamanı uygulamalarının yulafın ot verimi ve kalitesi üzerine etkilerine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 1'de verilmiştir. Varyans analiz sonuçlarına göre azot dozlarının kuru ot verimi, ham protein oranı, ham protein verimi ve ADF oranı üzerine etkileri istatistiksel olarak %1 düzeyinde önemli çıkarken, biçim zamanlarının etkisi incelenen tüm faktörler için %1 düzeyinde önemli bulunmuştur.

Çizelge 1. Çalışmada elde edilen verilere ilişkin varyans analizi sonuçları (K.O.)

Varyasyon Kaynakları	SD	Kuru Ot Verimi	Ham Protein Oranı	Ham Protein Verimi	NDF	ADF
Blok	2	1325.26	0.22	18.99	0.70	0.43
Azot (N)	4	36531**	1.88**	662**	6.71	10.84**
Hata 1	8	419.82	0.32	22.87	8.23	0.73
Biçim Zamanı (BZ)	2	148764**	3.18**	451**	48.54**	244.23**
N x BZ	8	701.33	0.18	11.07	0.65	0.68
Hata 2	20	837.02	0.12	11.00	1.38	0.88

*: P<0.05; **: P<0.01; KO: Kareler ortalaması; S.D.: Serbestlik derecesi

Çizelge 1'de verilen kuru ot verimi değerleri incelendiğinde, azot dozu uygulamalarının kuru ot verimini arttırdığı ve kontrol parsellerinde dekardan 629.4 kg elde edilen kuru ot verimi 20 kg/da azot uygulanan parsellerde dekardan 792.4 kg'a çıkarak yaklaşık olarak %25'lik verim artışı olduğu belirlenmiştir. Biçim zamanlarına ait ortalama kuru ot verimleri incelendiğinde ise bitkinin olgunluk seviyesinin artması ile kuru ot verimi değerlerinde artış gözlenmiştir.



Başaklanma döneminden süt olum dönemine kadar hasat edilen yulaf bitkilerinde kuru ot verimi 619.2 kg/da'dan 817.1 kg/da'a kadar yükselmiştir. En düşük kuru ot verimi başaklanma döneminde belirlenirken, en yüksek kuru ot verimi süt olum döneminde elde edilmiştir. Azot dozu uygulamalarının yulafta kuru ot verimi üzerine etkilerinin incelendiği benzer çalışmalarda, artan azot dozuna bağlı olarak, Bassegio vd. (2013), 1066.6 kg/ha'dan 1349.33 kg/ha'a, Thakuria ve Gogoi (2001) 1320.0 kg/ha'dan 2264.4 kg/ha'a, Bayram ve Ayan (2017) 559.0 kg/da'dan 2023.8 kg/da'a, Erega vd. (2020) 671 kg/da'dan 1271 kg/da'a kadar arttığını bildirmişlerdir. Biçim zamanlarının kuru ot verimi üzerine etkilerinin incelendiği çalışmalara bakıldığında ise Kılınç ve Gökkuş (2022) 537.0-2036.1 kg/da arasında, Sariarslan (2022) 432.5-521.2 kg/da arasında, Molla (2018) 3.42-4.99 t/ha arasında değiştiğini belirtmişlerdir. Denemede elde edilen kuru ot verimi literatürlerle de belirtildiği gibi hem azot dozunun artmasıyla hem de biçim zamanının geciktirilmesiyle artış göstermiştir. Bulgularımız araştırmacıların sonuçlarıyla yüksek oranda benzerlikler göstermektedir.

Çizelge 2. Çalışmada elde edilen ortalama kuru ot verimleri (kg/da)

Uygulamalar	N ₀	N ₅	N ₁₀	N ₁₅	N ₂₀	Ort.
Başaklanma	498.2	591.8	637.4	673.0	695.4	619.2 C
Çiçeklenme	648.9	706.6	749.7	766.2	813.7	737.0 B
Süt Olum	741.2	792.5	828.7	855.2	868.2	817.1 A
Ort.	629.4 E	696.9 D	738.6 C	764.8 B	792.4 A	

Ham protein oranı, uygulanan azot miktarları arttıkça, N₀ konusundan N₁₀ konusuna kadar artış göstermiş, N₁₀, N₁₅ ve N₂₀ konuları arasında istatistiksel olarak bir farklılık görülmemiştir (Çizelge 3). Analizler sonucu, azot uygulamalarına göre en düşük ham protein oranı %7.76 ve %8.14 ile N₀ ve N₅ konularının uygulandığı parsellerden elde edilirken, en yüksek ham protein oranları N₁₀, N₁₅ ve N₂₀ uygulaması yapılan parsellerden sırasıyla %8.33, %8.72 ve %8.90 olarak tespit edilmiştir. Her bir hasat döneminde elde edilen bitki örneklerinde belirlenen ham protein oranlarının biçimin geciktirilmesiyle azaldığı gözlemlenmiştir. Üçüncü biçim dönemimiz olan süt olum evresinde ham protein oranı %7.85 ile en düşük değere sahip olurken, başaklanma ve çiçeklenme evrelerinde sırasıyla %8.73 ve %8.53 ile en yüksek değerler elde edilmiştir. Deneme sonucunda elde edilen ham protein oranları %6.90 ile %9.43 arasında değişim göstermiştir. Yulaf bitkisinde farklı azot dozu uygulamalarının ham protein oranları üzerine etkilerini inceledikleri çalışmalarda, Yalçın (2019) %10.06 ile %10.78, Kumari vd. (2014) birinci biçiminde %9.48 ile %13.10, ikinci biçiminde ise %9.23 ile %11.90 arasında değişim gösterirken, farklı biçim zamanlarının ham protein oranı üzerine etkilerini inceledikleri çalışmalarda, Uzun ve Aşık (2012) %10.72 ile %15.31, Molla (2018) %15.22 ile %19.54, Kılınç (2022) %8.67 ile %13.12, Günay (2024) %9.66 ile %18.45, Barsila vd. (2023) %11.02 ile %16.27 arasında değişim gösterdiğini belirtmişlerdir. Denemede elde edilen sonuçlara göre azot dozu uygulamalarının ham protein oranını arttırdığı, biçim zamanının geciktirilmesiyle ham protein oranının azaldığı literatürlerle uyumluluk gösterirken, araştırmacıların belirttiği ham protein değerleri bizim değerlerimizden yüksek çıktığı gözlemlenmiştir. Bu farklılıklarında bölge, iklim, çeşit ve yetiştirme koşulları gibi sebeplerden olabileceği düşünülmektedir.



Çizelge 3. Çalışmada elde edilen ortalama ham protein oranları (%)

Uygulamalar	N ₀	N ₅	N ₁₀	N ₁₅	N ₂₀	Ort.
Başaklanma	8.27	8.47	8.67	8.83	9.43	8.73 A
Çiçeklenme	8.10	8.17	8.30	8.97	9.10	8.53 A
Süt Olum	6.90	7.80	8.03	8.37	8.17	7.85 B
Ort.	7.76 C	8.14 BC	8.33 A-C	8.72 AB	8.90 A	

Denemeden elde edilen ortalama ham protein verimlerinin verildiği Çizelge 4 incelendiğinde, azot dozlarının ham protein verimini üzerine pozitif etkide bulunduğu belirlenmiştir. Azot dozu uygulaması yapılmayan parsellerden 48.31 kg/da ile en düşük ham protein verimi elde edilirken, dozlardaki artışa paralel olarak N₁₅ dozuna kadar artmış göstermiş ve N₁₅ ve N₂₀ konularının uygulandığı parsellerden 66.55 ve 70.12 kg/da ham protein verimleriyle en yüksek değerler tespit edilmiştir. Biçim dönemlerine ait ortalama değerlere bakıldığında ise başaklanma evresinde 54.30 kg/da ile en düşük ham protein verimi belirlenirken, çiçeklenme (63.06 kg/da) ve süt olum (64.39 kg/da) evrelerinde en yüksek ham protein verimleri tespit edilmiştir. Biçim zamanının ilerlemesiyle ham protein oranının düşmesine karşılık birim alandan elde edilen kuru otun artmasının ham protein veriminin artışında etkili olduğu gözlemlenmiştir.

Çizelge 4. Çalışmada elde edilen ortalama ham protein verimleri (kg/da)

Uygulamalar	N ₀	N ₅	N ₁₀	N ₁₅	N ₂₀	Ort.
Başaklanma	41.20	50.12	55.33	59.37	65.45	54.30 B
Çiçeklenme	52.57	57.69	62.29	68.74	74.04	63.06 A
Süt Olum	51.15	61.82	66.56	71.55	70.87	64.39 A
Ort.	48.31 D	56.54 C	61.39 BC	66.55 BA	70.12 A	

Çalışmamızdan elde edilen ham protein verimi değerleri 41.20 ile 74.04 kg/da arasında değişim göstermiştir. Yulafta ham protein verimi üzerine azot dozu uygulamalarının etkisinin incelendiği çalışmalarda, Dubey vd. (2013), 0, 4, 8 ve 12 kg/da azot uygulamalarından ortalama 51-94 kg/da arasında, Yalçın (2019), 0, 5, 10 ve 15 kg/da azot uygulamalarından ortalama 79.2-85.2 kg/da arasında, farklı biçim zamanlarında ise (başaklanma, çiçeklenme ve süt olum) ham protein verimini sırasıyla (67.7, 75.3 ve 99.1 kg/da) olduğunu bildirilmiştir. Uzun ve Asık (2012), yulafta biçim zamanının etkisini inceledikleri çalışmada birinci biçiminde (B₁) ortalama ham protein verimi 137 kg/da, ikinci biçiminde (B₂) 145 kg/da, üçüncü biçiminde ise 157 kg/da belirlediklerini ifade etmişlerdir. Yulaf bitkisinde farklı biçim zamanlarının etkisinin incelendiği diğer çalışmalarda ise ham protein verimleri Molla (2017) 61-81 kg/da, Yavuz (2017) 56.0-58.9 kg/da, Kılınç (2022) 70.75-173.16 kg/da arasında değişim gösterdiğini tespit etmişlerdir. Türk ve Albayrak (2012), olgunlaşmanın ilerlemesiyle kuru madde ve ham protein veriminin arttığını fakat yem kalitesinin azaldığını bildirmişlerdir.



Çizelge 5 incelendiğinde, azot uygulamalarının NDF oranı üzerinde istatistiksel olarak önemli bir etkisi olmamasına rağmen N_0 konusundan N_{20} konusuna gidildikçe bir azalma görülmektedir. Azot dozu uygulamaları sonucu NDF oranları %60.83 ile %62.63 arasında değişim göstermiştir. Biçim zamanlarına ait ortalama değerlere bakıldığında ise biçimin geciktirilmesi yulaf bitkisinde NDF oranının artmasına sebep olmuştur. Başaklanma evresinden süt olum evresine kadar devam eden bu artış, NDF oranının %60.26'dan %63.74'e kadar arttırmıştır.

Çizelge 5. Çalışmada elde edilen ortalama NDF oranları (%)

Uygulamalar	N_0	N_5	N_{10}	N_{15}	N_{20}	Ort.
Başaklanma	60.75	60.89	60.57	60.03	59.08	60.26 C
Çiçeklenme	62.19	61.78	61.11	60.48	60.48	61.21 B
Süt Olum	64.95	64.71	64.10	62.03	62.92	63.74 A
Ort.	62.63	62.46	61.93	60.85	60.83	

Çalışmamızda tespit edilen NDF değerleri %59.08 ile %64.95 arasında değişim göstermiştir. Azot dozu uygulamalarının artmasıyla yulafta NDF oranının azaldığı görülse de istatistiksel olarak bir farklılık gözlemlenmemiştir. Yulafta azot uygulamalarının NDF oranı üzerine etkilerinin incelendiği bazı çalışmalarda, Kaur ve Goyal (2017), azot dozunun (0, 50, 75 ve 100 kg/ha) uygulamalarından elde ettiği NDF oranlarını sırasıyla (%47.54, %52.37, %50.89 ve %48.17) olarak bildirirken, denemesinin sonucunda ortalama NDF oranlarının önce arttığı sonra ise azalttığı vurgulanmıştır. Kaba yemdeki karbonhidratlar, hayvanların sindirim sistemlerinde kısmen sindirilebilirken, bir kısmı sindirilemeyen fraksiyonlardan oluşur. Bu sindirilemeyen fraksiyonlar genellikle selüloz, hemiselüloz ve lignin gibi bileşenlerden oluşur (Mertens, 1987; Moon vd., 2002; Zhao vd., 2011). ADF ve NDF oranları, yemin lifli yapısını belirleyen önemli göstergelerdir. Yüksek ADF ve NDF oranları, yemin lif içeriğinin arttığını gösterir ve bu durum yemden elde edilen faydayı azaltabilir. Dolayısıyla, düşük ADF ve NDF oranları arzu edilir (Bowman vd., 2003). Benzer konu üzerine yapılan diğer çalışmalarda ise Kumari vd. (2014) %57.1'den %55.1'e, Bayram ve Ayan (2017) %53.9'dan %51.7'a ve Yalçın (2019) %61.77'den %59.12'ye kadar azaldığını bildirmişlerdir. Farklı biçim zamanlarının NDF oranı üzerine etkisinin incelendiği çalışmalarda, Kumari vd. (2014) %56.0'dan %61.2'ye, Molla (2017) %45.98'den %54.89'a, Yavuz (2017) %42.27'den %50.33'e, Yalçın (2019) %59.62'den %62.56'a, Kılınç (2022) %54.68'den %56.86'ya ve Barsila vd. (2023) %60.22'den %65.58'e arttığını ve biçim zamanının gecikmesiyle NDF oranlarının arttığını ortaya koymuşlardır. Bu sonuçlar araştırmamızdan elde edilen sonuçlarla benzerlikler göstermektedir.

Çizelge 6'da verilen ortalama ADF oranları incelendiğinde, azot uygulamaları sonucu artan dozlara bağlı olarak ADF oranının azalmasına neden olduğu belirlenmiştir. Azot dozu konularından N_0 , N_5 ve N_{10} konuları aynı grupta yer alarak sırasıyla %43.83, %43.54 ve %43.21 değerleri ile daha yüksek ADF oranlarına sahip olurken, N_{15} ve N_{20} konularında ise düşük ADF oranları tespit edilmiştir. Biçim dönemlerine ait ortalama ADF oranlarına bakıldığında ise geciken biçim zamanlarına paralel olarak ADF oranlarının da arttığı görülmektedir. Deneme sonucunda en düşük ADF oranını %39.09 ile başaklanma döneminde, en yüksek ADF oranını %46.80 ile süt olum deneminde hasat edilen bitki örneklerinde belirlenmiştir.



Çizelge 6. Çalışmada elde edilen ortalama ADF oranları (%)

Uygulamalar	N ₀	N ₅	N ₁₀	N ₁₅	N ₂₀	Ort.
Başaklanma	39.71	39.59	39.77	38.59	37.81	39.09 C
Çiçeklenme	43.20	43.05	42.83	41.66	41.06	42.36 B
Süt Olum	48.58	47.97	47.03	45.25	45.16	46.80 A
Ort.	43.83 A	43.54 A	43.21 A	41.83 B	41.34 B	

Hayvan besleme açısından önemli bir kalite özelliği olan ADF oranının düşük değerlerde olmasının hayvanlarda sindirilebilirliği kolaylaştırması beklenir (Van-Soest, 1994). Yüksek verimli besleme açısından bakıldığında, her zaman düşük ADF'li yem tercih edilir. ADF konsantrasyonu, azot uygulanan parsellerde, azot uygulanmayan parsellere göre daha düşük değerlere sahip olmuş, bununla birlikte azotlu gübre ile ADF arasında negatif bir korelasyon ortaya çıkmıştır. ADF oranları azaldıkça yemde sindirilebilirlik artarken, ADF değerlerinin yoksunluğu hayvanlarda üreme sıkıntıları, süt yağında düşme ve verim ömründe azalmaya neden olabilir (Tekce ve Gül, 2014). Bitkilerde büyümenin ilerlemesi ile olgun hücrelerin oranı artar, bu da bitkilerde hücre çeperlerinin kalınlaşmasına ve yapısal karbonhidratların artmasına sebep olur, bu yüzden biçim zamanının gecikmesi ile ot verimindeki artış ile birlikte ADF oranları da artmaktadır (Aksoy ve Nursoy, 2010; Keleş, 2014; Akbay, 2021). Araştırmada ADF oranları %37.81-48.58 arasında değişmiştir. Yulafta azot uygulamalarının ADF oranına etkisi ile ilgili yapılan çalışmalarda, Kumari vd. (2014) %34.1-36.0, Bayram ve Ayan (2017) %30.0-31.4, Kaur ve Goyal (2017) %27.29-34.87 ve Yalçın (2019), %43.04-44.04 arasında değişim gösterdiği bildirilirken, biçim zamanı uygulamalarının ADF oranına etkisi ile ilgili yapılan çalışmalarda ise Kumari vd. (2014) %34.9-36.3, Molla (2017) %35.03-%40.43, Yalçın (2019) %42.98-43.70, Kılınç (2022) %34.28-%37.22 ve Barsila vd. (2023) %48.31-51.29 arasında değişim gösterdiği belirlenmiştir. Araştırmacıların bulgularında belirttiği gibi azot dozundaki artışın ADF oranında azalmaya, biçim zamanlarının geciktirilmesinin de ADF oranlarında artmaya neden olduğu ifade edilmiş ve bulguları sonuçlarımızla paralellik göstermiştir.

SONUÇ

Çalışma sonucunda elde edilen veriler bir bütün olarak değerlendirildiğinde Isparta ekolojik koşullarında, yüksek verim bakımından 20 kg/da azot uygulaması ve süt olum döneminde hasat edilmesi uygun görülürken, kalite bakımından 15-20 kg/da azot uygulaması yapılan ve başaklanma ve çiçeklenme dönemlerinde hasat edilen parseller öne çıkmıştır. Yulaf bitkisinin yeşil ot amaçlı üretiminde çalışmada incelenen özellikler bakımından dekara en az 15 kg azot uygulanması ve biçimin ise en geç çiçeklenme döneminde yapılmasının daha uygun olacağı değerlendirilmiştir. Ayrıca, bu çalışma sonuçlarının daha sonraki çalışmalara referans olabilmesi ve sonuçların güvenilirliğini arttırmak adına çalışmanın en az 1 yıl daha tekrarlanması fayda görülmektedir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmadaki veriler, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalında Hasan ALTINKALE tarafından sunulan Yüksek Lisans tezinden alınmıştır.



KAYNAKLAR

- Akbay, T. S. (2021). *Iğdır Koşullarında Karışım Oranı ve Biçim Zamanının Adi Fiğ Tahıl Karışımlarında Verim ve Kalite Üzerine Etkileri*. (Doktora Tezi, Gazi Osmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Akçin, A., & Önder, M. (1994). Ekmeklik ve makarnalık buğday çeşitlerinde gübrelemenin tane verimine etkileri. *Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 4(6), 15-24.
- Akın, M., & Akın, G. (2007). Suyun önemi, Türkiye’de su potansiyeli, su havzaları ve su kirliliği. *Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Dergisi*, 47(2), 105-118.
- Akkaya, C., Efeoğlu, A., & Yeşil, N. (2006). Avrupa Birliği su çerçeve direktifi ve Türkiye’de uygulanabilirliği. *TMMOB Su Politikaları Kongresi*, 1, 195-204.
- Aksoy, İ., & Nursoy, H. (2010). Vejetasyonun farklı dönemlerinde biçilen Macar fiği buğday karışımının besin madde kompozisyonu, rumende yıkılım özellikleri, in-vitro sindirilebilirlik ve rölatif yem değerinin belirlenmesi. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 16(6), 925-931.
- Albayrak, S. (2003). *Ankara Ekolojik Koşullarında Yapay Mera Kurulması Üzerine Bir Araştırma*. (Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Ali, S. A., Tedone, L., & De-Mastro, G. (2015). Optimization of the environmental performance of rainfed durum wheat by adjusting the management practices. *Journal of Cleaner Production*, 87, 105-118. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.09.029>
- Ball, D. M., Collins, M., Lacefield, G. D., Martin, N. P., Mertens, D. A., Olson, K. A., Putnam D. H., Under-sander, D. J., & Wolf, M. W. (2001). Understanding Forage Quality. [https://www1.agric.gov.ab.ca/\\$department/deptdocs.nsf/ba3468a2a8681f69872569d60073fde1/afac7f43bc58261987257a3000687206/\\$FILE/foragequality.pdf](https://www1.agric.gov.ab.ca/$department/deptdocs.nsf/ba3468a2a8681f69872569d60073fde1/afac7f43bc58261987257a3000687206/$FILE/foragequality.pdf) (Son erişim tarihi: 13 Haziran 2024)
- Barsila, S. R., Bogati, R. B., & Tamang, D. T. (2023). Time of harvest as the determinant of dry matter productivity and chemical composition of field pea and oat and their mixture in the abandoned lands of subtropical terai Nepal. *Agro-Biodiversity For Life And Environment*, 24, 251-261.
- Bassegio, D., Santos, R. F., de-Oliveira, E., Wernecke, I., Secco, D., & de-Souza, N. M. (2013). Effect of nitrogen fertilization and cutting age on yield of tropical forage plants. *African Journal Agriculture*, 8(16), 1427-1432.
- Bayram, C., & Ayan, İ. (2017). Determination the Effects of Nitrogen Doses on Hay Yield and Quality Characteristics of Some Oat Cultivars/Lines. *VIII International Scientific Agriculture Symposium, "Agrosym 2017"*. 05-08 October, Jahorina, Bosnia and Herzegovina, 744-749.
- Bishnoi, U. R., Chitapong, P., Hughes, J., & Nishimuta, J. (1978). Quantity and quality of triticale and other small grain silages 1. *Agronomy Journal*, 70(3), 439-441. <https://doi.org/10.2134/agronj1978.00021962007000030018x>
- Bowman, G. R., Beauchemin, K. A., & Shelford, J. A. (2003). Fibrolytic enzymes and parity effects on feeding behavior, salivation, and ruminal pH of lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 86(2), 565-575. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(03\)73635-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(03)73635-2)
- Cui, Z., Zhang, H., Chen, X., Zhang, C., Ma, W., Huang, C., Zhang, W., Mi, G., Miao, Y., Li, X., & Gao, Q. (2018). Pursuing sustainable productivity with millions of small holder farmers. *Nature*, 555(7696), 363-366. <https://doi.org/10.1038/nature25785>



- Dubey, A., Rathi, G. S., & Sahu, R. (2013). Effect of nitrogen levels on green fodder yield of oat (*Avena sativa*) varieties. *Forage Research*, 39(1), 39-41.
- Erega, Y., Nigusie, F., & Animut, G. (2020). Effects of seed rate and nitrogen fertilizer rate on growth and biomass yield of oat (*Avena sativa* L.). *World Journal of Agriculture and Soil Science*, 4(1), 1-8. <https://doi.org/10.33552/WJASS.2020.04.000580>
- FAO (2020). Food and Agriculture Organization of the United Nations. Crops and livestock products. <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL> (Son erişim tarihi: 22 Mayıs 2024)
- Gonzalez-Dugo, V., Durand, J. L., & Gastal, F. (2010). Water deficit and nitrogen nutrition of crops. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 30(3), 529-544. <https://doi.org/10.1051/agro/2009059>
- Gökkuş, A., & Hanoğlu, O. H. (2022). Hayvanlar için önemli bir kaba yem kaynağı: tahıl meraları. *Acta Natura et Scientia*, 3(1), 1-14. <https://doi.org/10.29329/actanatsci.2022.351.01>
- Günay, Z. D. (2024). *Farklı Biçim Zamanlarının Buğday ve Triticale Ot Verimi ve Kalitesine Etkileri*. (Yüksek Lisans Tezi, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Güzel, N. (1982). *Toprak Verimliliği ve Gübreler (Çeviri)*. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları.
- Han, O. K., Ku, J. H., Min, H. G., Lee, H. J., Joo, Y. H., Lee, S. S., Oh, J. S., Jung, K. H., & Kim, S. C. (2018). Effect of sowing and harvest time on forage yield and feed value of spring and fall oats at Youngnam mountain area. *Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science*, 38(2), 126-134. <https://doi.org/10.5333/KGFS.2018.38.2.126>
- Hasar, E., & Tükel, T. (1994). Çukurova'nın Taban Koşullarında Yetiştirilecek Fiğ (*Vicia sativa* L.) + Triticale (*Triticum x Secale*) Karışımında Karışım Oranı ve Biçim Zamanının Yem Verimi ve Kalitesi ile Karışım Ögelerinin Tohum Verimine Etkisi Üzerine Araştırmalar. *Türkiye 1. Tarla Bitkileri Kongresi Bildiriler Kitabı*. 25-29 Nisan 1994, İzmir, 25-30.
- Hirel, B., & Lemaire, G. (2006). From agronomy and ecophysiology to molecular genetics for improving nitrogen use efficiency in crops. *Journal of Crop Improvement*, 15(2), 213-257. https://doi.org/10.1300/J411v15n02_07
- Irfan, M., Ansar, M., Sher, A., Wasaya, A., & Sattar, A. (2016). Improving forage yield and morphology of oat varieties through various row spacing and nitrogen application. *Journal of Animal & Plant Sciences*, 26(6), 1718-1724.
- Kacar, B., & İnal, A. (2008). *Bitki Analizleri*. Nobel Yayınları.
- Kaur, G., & Goyal, M. (2017). Effect of growth stages and fertility levels on growth, yield and quality of fodder oats (*Avena sativa* L.). *Journal of Applied and Natural Science*, 9(3), 1287-1296. <https://doi.org/10.31018/jans.v9i3.1355>
- Keleş, G. (2014). Farklı gelişme dönemlerinde hasat edilmiş tritikale hasılında morfolojik unsurların besin değeri. *Hayvansal Üretim*, 55(1), 1-6.
- Kılınç, K., & Gökkuş, A. (2022). Farklı biçim zamanlarının yulaf ve tritikale otunun verim ve kalitesine etkileri. *Acta Natura et Scientia*, 3(2), 108-115. <https://doi.org/10.29329/actanatsci.2022.352.03>
- Korkutal, E. (2002). *Tekirdağ İlinde Üretilen Buğday ve Ayçiçeğinin Girdi Kullanımının Sürdürülebilir Tarım Açısından Değerlendirilmesi*. (Yüksek Lisans Tezi, Tekirdağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)



- Kumari, A., Kumar, P., Ahmad, E., Singh, M., Kumar, R., Yadav, R. K., & Chinchmalatpure, A. (2014). Fodder yield and quality of oats fodder (*Avena sativa* L.) as influenced by salinity of irrigation water and applied nitrogen levels. *Indian Journal of Animal Nutrition*, 31(3), 266-271.
- Li, W., Wei, T. H., Abaodi, Y., Cairentaci, Z. U., Li, W. H., Guo, W. X., & Zhang, Y. P. (2021). Effects of reduction of chemical fertilizer and organic manure supplement on oat nutrient quality and soil nutrient in Alpine cold region. *Acta Agrestia Sinica*, 29(12), 2878-2886.
- Mandić, V., Bijelić, Z., Krnjaja, V., Simić, A., Petričević, M., Mičić, N., & Caro-Petrović, V. (2018). Effect of harvesting time on forage yield and quality of maize. *Biotechnology in Animal Husbandry*, 34(3), 345-353. <https://doi.org/10.2298/BAH1803345M>
- May, W. E., Brandt, S., & Hutt-Taylor, K. (2020). Response of oat grain yield and quality to nitrogen fertilizer and fungicides. *Agronomy Journal*, 112(2), 1021-1034. <https://doi.org/10.1002/agj2.20081>
- Mertens, D. R. (1987). Predicting intake and digestibility using mathematical models of ruminal function. *Journal of Animal Science*, 64(5), 1548-1558. <https://doi.org/10.2527/jas1987.6451548x>
- Molla, E. A., Wondimagegn, B. A., & Chekol, Y. M. (2018). Evaluation of biomass yield and nutritional quality of oats-vetch mixtures at different harvesting stage under residual moisture in Fogera District, Ethiopia. *Agriculture & Food Security*, 7, 1-10.
- Moon, Y. H., Lee, S. C., & Lee, S. S. (2002). Chewing activities of selected roughages and concentrates by dairy steers. *Asian-australasian Journal of Animal Sciences*, 15(7), 968-973. <https://doi.org/10.5713/ajas.2002.968>
- Mosier, A., Syers, J. K., & Freney, J. R. (2013). *Agriculture and The Nitrogen Cycle: Assessing The Impacts of Fertilizer Use on Food Production and The Environment (Vol. 65)*. Island Press.
- Muluk, Ç. B., Kurt, B., Turak, A., Türker, A., Çalışkan, M. A., Balkız, Ö., & Zeydanlı, U. (2013). Türkiye’de suyun durumu ve su yönetiminde yeni yaklaşımlar: çevresel perspektif. <https://dkm.org.tr/sites/other/dkm/uploads/yayinlar/kitaplar/kitap-21.pdf> (Son erişim tarihi: 29 Eylül 2024)
- Müftüoğlu, N. M., & Demirer, T. (1998). Toprakta azot bilançosu. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 29(1), 175-185.
- Polat, B. (2022). *Toprak Altı Damla Sulama Sisteminde Farklı Lateral Derinliklerinin Sorgum Bitkisinin Gelişmesi ile Biyoetanal Verimine Etkilerinin Belirlenmesi ve HYDRUS/2D Modeliyle Toprak Profilineki Nem Dağılımının Simülasyonu*. (Doktora Tezi, Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Reynolds, S. G., Batello, C., Baas, S., & Mack, S. (2005). Grassland and forage to improve livelihoods and reduce poverty. In *Grassland: A Global Resource*. (pp. 321-338)
- Sarıarslan, K. (2022). *Çift Amaçlı Yulaf Yetiştiriciliğinde Uygun Biçim Zamanı ve Bitki Sıklığında Yem ve Tane Verimi ve Kalitesine Etkisi*. (Yüksek Lisans Tezi, Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Shen, H., Yu, J., Bai, J., Liu, Y., Ge, X., Li, W., & Zheng, J. (2023). A new pre-gelatinized starch preparing by spray drying and electron beam irradiation of oat starch. *Food Chemistry*, 398, 133938. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.133938>



- Soe-Htet, M. N., Wang, H., Yadav, V., Sompouviseth, T., & Feng, B. (2022). Legume integration augments the forage productivity and quality in maize-based system in the loess plateau region. *Sustainability*, 14(10), 6022-6039. <https://doi.org/10.3390/su14106022>
- Süenal, S., & Erşahin, S. (2012). Türkiye’de tarımsal kaynaklı yeraltı suyu nitrat kirliliği. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, (2), 116-118.
- Tan, M. (1995). *Fiğ + Tahıl Karışımları İçin En Uygun Karışım Oranları ve Biçim Zamanlarının Belirlenmesi*. (Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Tekce, E., & Gül, M. (2014). Ruminantların beslenmesinde ADF ve NDF’nin önemi. *Atatürk Üniversitesi, Veteriner Bilimleri Dergisi*, 9, 63-73. <https://doi.org/10.17094/avbd.34439>
- Thakuria, K., & Gogoi, P. (2001). Performance of oat (*Avena sativa* L.) in rice (*Oryza sativa* L.) fallows under different levels of nitrogen and sowing method. *Indian Journal of Agronomy*, 46(2), 361-363.
- TÜİK (2021). Tarım istatistikleri. Türkiye İstatistik Kurumu. Ankara, Türkiye. <https://www.tuik.gov.tr/> (Son erişim tarihi: 07 Şubat 2021)
- Türk, M., & Albayrak, S. (2012). Effect of harvesting stages on forage yield and quality of different leaf types pea cultivar. *Turkish Journal of Field Crops*, 17(2), 111-114.
- Türk, M., Albayrak, S., & Yüksel, O. (2009). Effects of fertilisation and harvesting stages on forage yield and quality of hairy vetch (*Vicia villosa* Roth.). *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 52(3), 269-275. <https://doi.org/10.1080/00288230909510511>
- Uzun, A., & Aşık, F. F. (2012). The effect of mixture rates and cutting stages on some yield and quality characters of pea (*Pisum sativum* L.) + oat (*Avena sativa* L.) mixture. *Turkish Journal of Field Crops*, 17(1), 62-66.
- Van-Soest, P. J. (1994). *Nutritional Ecology of The Ruminant* (Vol. 476). Cornell University Press.
- Wang, Z. F., Zhang, X. Q., Zhong, Z. M., & Quan, X. (2023). Effects of oat hay and oat cubes on feeding behavior and production performance of Pengbo semi-fine wool sheep. *Acta Prataculturae Sinica*, 32, 171-179. <https://doi.org/10.11686/cyxb2022200>
- Yalçın, K. (2019). *Ot Üretimi İçin Yetiştirilen Yulaf ve İtalyan Çiminde Azot Dozu ve Hasat Zamanlarının Verim ve Kalite Üzerine Etkileri*. (Yüksek Lisans Tezi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Yavuz, T. (2017). Farklı biçim zamanlarının yem bezelyesi (*Pisum sativum* L.) ve yulaf (*Avena sativa* L.) karışımlarında ot verim ve kalitesi üzerine etkileri. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 26(1), 67-74. <https://doi.org/10.21566/tarbitderg.323592>
- Yun, S. K., Park, T. I., Seo, J. H., Kim, K. H., Song, T. H., Park, K. H., & Han, O. K. (2009). Effect of harvest time and cultivars on forage yield and quality of whole crop barley. *Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science*, 29(2), 121-128. <https://doi.org/10.5333/KGFS.2009.29.2.121>
- Zhao, X. H., Zhang, T., Xu, M., & Yao, J. H. (2011). Effects of physically effective fiber on chewing activity, ruminal fermentation, and digestibility in goats. *Journal of Animal Science*, 89(2), 501-509. <https://doi.org/10.2527/jas.2010-3013>
- Zhu, Z. L., & Chen, D. L. (2002). Nitrogen fertilizer use in China—Contributions to food production, impacts on the environment and best management strategies. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 63, 117-127.



AZOT DOZLARI VE BIÇİM ZAMANLARININ ARPANIN OT VERİMİ VE KALİTESİ ÜZERİNE ETKİLERİ

Burak DOĞRUL

Isparta University of Applied Sciences Faculty of Agriculture Department of Field Crops

burakdogrul20@hotmail.com

Prof.Dr.Mevlüt TÜRK*

Isparta University of Applied Sciences Faculty of Agriculture Department of Field Crops

Orcid: 0000-0003-4493-887X

mevlutturk@isparta.edu.tr

ÖZET

Bu çalışma, farklı azot dozları ve biçim zamanlarının arpa (*Hordeum vulgare* L.) bitkisinin ot verimi ve kalitesi üzerine etkilerini belirlemek amacıyla 2024 yılında Isparta’da yürütülmüştür. Denemede Tarm-92 yemlik arpa çeşidi kullanılmıştır. Deneme tesadüf bloklarında bölünmüş parseller deneme desenine göre üç tekrarlamalı olarak yürütülmüştür. Azot dozları (0, 5, 10, 15 ve 20 kg/da) ana parsellere, biçim zamanları (başaklanma, çiçeklenme ve süt olum) ise alt parsellere yerleştirilmiştir. Çalışmada kuru ot verimi, ham protein oranı, ham protein verimi, NDF ve ADF oranları belirlenmiştir. Araştırma sonuçlarına göre, azot dozları arttıkça kuru ot verimi, ham protein oranı ve ham protein verimi artmış, ADF oranı azalmıştır. Biçim zamanları ilerledikçe kuru ot verimi, ham protein verimi, NDF ve ADF oranları artmış, ham protein oranı azalmıştır. Sonuçlar bir bütün olarak değerlendirildiğinde, verim bakımından 20 kg/da azot uygulaması ve süt olum döneminde hasat edilmesi en yüksek değerleri verirken, kalite bakımından 15-20 kg/da azot uygulaması ve başaklanma ve çiçeklenme dönemlerinde en yüksek değerler elde edilmiştir. Yüksek verim ve kalite için dekara en az 15 kg azot uygulanmasının ve biçimin çiçeklenme döneminde yapılmasının daha iyi sonuç verdiği tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Arpa, Azot dozları, Biçim zamanları, Ot verimi, Ot kalitesi



EFFECTS OF NITROGEN DOSES AND HARVESTING TIMES ON THE FORAGE YIELD AND QUALITY OF BARLEY

ABSTRACT

This study was conducted to determine the effects of different nitrogen doses and harvesting times on the forage yield and quality of barley (*Hordeum vulgare* L.) at the Isparta in 2024. The forage barley cultivar Tarm-92 was used in the study. For nitrogen five different doses (0, 5, 10, 15 and 20 kg N da⁻¹) while the harvesting times (Heading, flowering and milk dough stages) were studied. The experiment was conducted in a split-plot design with three replications, within randomized complete block design. In the study, dry matter yield, crude protein content, crude protein yield, NDF and ADF ratios were determined. According to the results, increasing nitrogen doses hay yield, crude protein ratio and crude protein yield increased while ADF ratio decreased. As growth stages progressed, hay yield, crude protein yield, NDF and ADF ratios increased, while crude protein ratio decreased. Evaluating all the results obtained from the study, it was observed that applying nitrogen 20 kg/da and harvesting at milk dough stage gives the best results for higher forage yield of oat while according to forage quality of oat crop nitrogen application 15-20 kg/da and harvesting at heading and flowering stages gave better results. For higher yield and quality, nitrogen application 15 kg/da and harvesting at flowering stage is recommended. It is seen that for high yield and quality, it is better to apply at least 15 kg/da nitrogen application and harvesting at flowering stage.

Key Words: Barley, Nitrogen doses, Harvesting times, Forage yield, Forage quality



GİRİŞ

Türkiye, dünya arpa üretiminde ilk sıralarda yer almakta olup, özellikle hayvancılıkta yem hammaddesi olarak kritik öneme sahiptir (FAO, 2022). Türkiye, coğrafi konumu, iklim çeşitliliği ve tarımsal üretim potansiyeliyle önemli bir tarım ülkesidir. Ancak, Türkiye’de de gıda güvenliği ve sürdürülebilir tarım politikaları açısından çeşitli sorunlar bulunmaktadır. Özellikle, azotlu gübrelerin yanlış zamanlarda ve dozlarda kullanılması, toprak sağlığını olumsuz etkileyerek, verim kayıplarına ve kalite düşüşüne yol açmaktadır (Yılmaz vd., 2020). Ayrıca, fazla gübreleme ve yanlış bitki besleme uygulamaları, toprakta tuzlulaşma, fizyolojik bozukluklar ve çevresel kirlilik gibi sorunlara neden olmaktadır (Çetin vd., 2019). Aynı zamanda bu durum yalnızca verimliliğe olumsuz etkilemekle kalmayıp, toprak ve su kaynaklarımıza da zarar vermektedir.

Dünyanın artan nüfusu ve yaygınlaşan iklim stresi nedeniyle küresel yem güvenliği ciddi bir tehdit altındadır. FAO verilerine göre arpa, besin değeri açısından mısırla %95 düzeyinde benzerlik göstererek, yem azlığı yaşanan bölgelerde kritik bir takviye kaynağıdır (FAO, 2022). Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) verilerinde son beş yılda arpa üretiminin 7,0 milyon tondan 4,5 milyon tona gerilediği bildirilmektedir; bu düşüş, hem üretim alanlarının hem de verimin istikrarsızlığına işaret etmektedir (TÜİK, 2022). Veriler ışığında kuraklığın da etkisiyle mera alanlarının azalması hayvancılığın yem ihtiyacını karşılama hususunda ciddi problemler doğurur.

Arpa %10-14 ham protein, %60-65 karbonhidrat içeriği ile ruminant hayvan beslenmesinde önemli yer tutar. Yemlik arpa üretiminde verimin yüksek olmasının yanı sıra besinin kalitesi de önemli bir yere sahiptir. Arpa, hayvan beslenmesinde sağladığı pek çok fayda nedeniyle çokça tercih edilen bir yem çeşididir. Maltlık olarak kullanılan arpa ise daha çok bira ve viski yapımında tercih edilir. Aynı zamanda gıda sektöründe un ve bulgur yapımında kullanılır. Son olarak endüstriyel alanlarda da kullanılması arpanın ne denli geniş bir kullanım ağına sahip olduğunu ortaya koyar.

Arpa üretimi yapılırken verimi doğrudan etkileyen faktörler vardır. Bunlar çeşit seçimi, gübreleme ve biçim zamanı olarak sıralanabilir. Toprak çeşidine ve iklim koşullarına uygun arpa seçimi verime doğrudan etki eder. Gübrelemede kullanılan azotun dozajı oldukça önemlidir. Azot yeterince verildiği takdirde arpanın gelişimine katkı sağlarken fazla verilmesi durumda kaliteyi ve verimi düşürebilmektedir. Son olarak doğru zamanda biçilmeyen arpa da ciddi verim ve kalite düşüşüne neden olur. Bu nedenle arpanın verimli ve kaliteli bir şekilde üretiminin sağlanması için öncelikli olarak bu hususlara dikkat edilmesi gerekir.

Azot uygulamaları ve biçim zamanının birlikte değerlendirilmesi, arpa gibi yem amaçlı yetiştirilen türlerde verim ve kalite arasında optimum dengenin kurulmasını sağlar. Nitekim azot dozları ile biçim zamanının etkileşimi, hem ot verimi hem de yem kalitesi parametreleri açısından önemli varyasyonlara neden olabilmektedir (Tekeli & Ates, 2003).

Bu araştırma, Isparta ili ekolojik şartlarında, 3 farklı biçim zamanı (başaklanma, çiçeklenme ve süt olum) ve 5 farklı azot dozu (0, 5, 10, 15 ve 20 kg N/da) uygulamalarının, arpanın ot verimi ve kalitesi üzerine olan etkilerinin incelenmesi amacıyla yapılmıştır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Eğitim, Araştırma ve Uygulama Çiftliğinde 2024 yılında yürütülen denemede bitki materyali olarak Tarm-92 yemlik arpa çeşidi kullanılmıştır.

Bölgeye ait uzun yıllar iklim verilerine göre, şubat-haziran aylarında toplam yağış miktarı 269.8 mm, ortalama sıcaklık değeri 10.98°C ve ortalama nispi nem miktarı %62.16 olarak



hesaplanmıştır. Arazi denemesinin yürütüldüğü 2024 yılında ortalama sıcaklık değeri 15.54°C ile uzun yıllar sıcaklık ortalamasından daha yüksek, nispi nem değeri %55.04 ile uzun yıllar ortalamasından daha düşük ve yağış miktarının 199.0 mm ile uzun yıllar ortalamasından daha az olduğu belirlenmiştir. Uzun yıllar (1929-2020) verilerine göre ortalama yıllık yağış miktarı 567.5 mm olarak hesaplanırken, 2024 yılı içerisinde toplam yağış miktarı 453.3 mm olarak gerçekleşmiştir. Denemenin yürütüldüğü arazilerin farklı bölgelerinden alınan toprak örneklerinin analizi sonucunda; deneme alanının tekstür bakımından killi-tınlı, kireç bakımından zengin, organik maddece fakir, pH'sı 7.99, fosfor bakımından fakir ve potasyum bakımından zengin olduğu belirlenmiştir.

Deneme, tesadüf bloklarında bölünmüş parseller deneme desenine göre 3 tekerrürlü yürütülmüştür. Çalışmada 5 farklı azot dozu (0, 5, 10, 15 ve 20 kg/da N) ve 3 farklı biçim zamanı (başaklanma, çiçeklenme ve süt olum dönemi) uygulanmıştır. Azot dozları ana parsellere, biçim zamanları ise alt parsellere yerleştirilmiştir.

Denemede sıra arası 20 cm, her parselde 10 sıra, parsel eni 2 m, parsel boyu 10 m olarak planlanmıştır. Bloklar arası 2 m, parseller arası 1 m olarak ayarlanmıştır. Parsel alanı 20 m² (2 m x 10 m), parsel sayısı 15, toplam deneme alanı 476 m² olarak hesaplanmıştır.

Ekim 25.02.2024 tarihinde, dekara 25 kg tohum gelecek şekilde tahıl mibzeriyle yapılmıştır. Fosforlu gübre olarak triple süper fosfat (TSP %42) gübresi kullanılmış ve toprak analizleri dikkate alınarak, dekara 8 kg fosfor (P₂O₅) olacak şekilde, fosforun tamamı ekimle birlikte verilmiştir. Azotlu gübre olarak üre amonyum sülfat (Nitropower %33) kullanılmış ve dozlara uygun şekilde 1/3'ü ekimle, kalan miktarlar ise kardeşlenme döneminde olacak şekilde iki seferde uygulanmıştır.

Hasat işlemi, başaklanma dönemi için 18.05.2024, çiçeklenme dönemi için 26.05.2024, süt olum dönemi için 02.06.2024 tarihlerinde gerçekleştirilmiştir. Hasatta kenar tesirleri dikkate alınarak, dıştaki birer sıra ile parsel başından ve sonundan ellişer santim değerlendirme dışı bırakılmış, parselin geriye kalan bölümü hasat edilmiştir.

Araştırmada kuru ot verimi, ham protein oranı, ham protein verimi, NDF ve ADF oranları belirlenmiştir. Biçim dönemlerinde her parselden, 1 m²'lik kuadrat yardımı ile 2'şer adet biçim yapılarak arazide tartılmıştır. Yeşil ot verimleri bulunan bitkilerden alınan 500 g'lık örnekler kurutma dolabında 70°C'de 48 saat süre ile kurutularak tartımları yapılmıştır. Kurutulan örnekler yardımıyla % kuru madde oranları hesaplanmış ve yeşil ot verimleri ile çarpılarak dekara kuru ot verimleri hesaplanmıştır. Parsellerden alınan kuru ot örnekleri öğütülmüş ve yakma yöntemiyle toplam azot miktarları tespit edilmiştir. Bulunan değerler 6.25 ile çarpılarak ham protein oranı hesaplanmıştır (Kacar ve İnal, 2008). Ham protein oranı ile kuru ot verimi çarpılarak ham protein verimleri hesaplanmıştır (Albayrak, 2003). Her dönem elde edilen kuru ot örneklerinde ANKOM teknolojinin bildirdiği esaslara göre NDF ve ADF oranları tespit edilmiştir (Türk vd., 2009).

Çalışmada elde edilen bütün veriler, tesadüf bloklarında bölünmüş parseller deneme desenine'ne göre SAS (1998) bilgisayar programından yararlanılarak varyans analizine tabi tutulmuştur. Analiz sonucunda ortaya çıkan önemli farklılıklar %5 önemlilik düzeyinde Asgari Önemli Fark (LSD) testi yapılarak karşılaştırılmıştır.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Farklı azot dozu ve biçim zamanı uygulamalarının arpanın ot verimi ve kalitesi üzerine etkilerine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 1'de verilmiştir. Varyans analiz sonuçlarına göre azot dozları incelenen tüm özellikler üzerine istatistiki olarak %1 düzeyinde önemli etki



yaparken, biçim zamanları ham protein verimi hariç diğer tüm özellikler üzerine %1 düzeyinde önemli etki yapmıştır.

Çizelge 1. Çalışmada elde edilen verilere ilişkin varyans analizi sonuçları (K.O.)

Varyasyon Kaynakları	SD	Kuru Ot Verimi	Ham Protein Oranı	Ham Protein Verimi	NDF	ADF
Blok	2	274	0,05	16.4	0.71	0.11
Azot (N)	4	6270**	2.42**	527.1**	40.88**	23.29**
Hata 1	8	69	0.077	12.77	0.43	0.11
Biçim Zamanı (BZ)	2	496825**	19.16**	20.28	518.9**	270.2**
N x BZ	8	1565**	0.11	37.86*	2.11**	1.46**
Hata 2	20	99	0.060	8.76	0.28	0.27

*: $P < 0.05$; **: $P < 0.01$; KO: Kareler ortalaması; S.D.: Serbestlik derecesi

Çizelge 2’de görüldüğü üzere kuru ot verimi üzerine hem azot dozları hem de biçim dönemleri önemli etkiler yapmıştır. Biçim dönemleri incelendiğinde en yüksek verim süt olum döneminde (1281.7 kg/da) elde edilmiş, bunu çiçeklenme (1025.6 kg/da) ve başaklanma (929.6 kg/da) dönemleri takip etmiştir. Azot dozları bakımından ise verim N20 uygulamasında (1110.9 kg/da) en yüksek değere ulaşmış, bunu sırasıyla N15, N10 ve N5 dozları izlemiş, en düşük değer ise kontrol uygulamasında (1046.8 kg/da) belirlenmiştir. Artan azot dozlarının ot verimini anlamlı düzeyde yükselttiği, ayrıca hasat döneminin ilerlemesiyle biyokütle birikiminin artarak en yüksek seviyeye süt olumunda ulaştığı görülmektedir. Denemede elde edilen kuru ot verimleri genel olarak 897.8 ile 1302.2 kg/da arasında değişim göstermiştir. Arpa üzerine yapılan benzer çalışmalarda da azot uygulamalarının kuru ot verimini artırdığı bildirilmiştir (Bayram ve Ayan, 2017; Erega vd., 2020). Biçim zamanının geciktirilmesiyle verimin artması eğilimi de literatürde (Kılınç ve Gökkuş, 2022; Sariarslan, 2022; Molla, 2018) sıklıkla vurgulanmıştır. Bu anlamda, elde edilen bulgular literatürle uyumluluk göstermekte ve arpa bitkisinde hem azot dozunun hem de biçim zamanının kuru ot verimi üzerine etkili olduğunu kanıtlamaktadır.

Çizelge 2. Çalışmada elde edilen ortalama kuru ot verimleri (kg/da)

Uygulamalar	N ₀	N ₅	N ₁₀	N ₁₅	N ₂₀	Ort.
Başaklanma	897.8	931.2	940.3	936.9	941.9	929.6 c
Çiçeklenme	981.5	987.0	999.8	1071.0	1088.5	1025.6 b
Süt Olum	1261.2	1270.7	1281.4	1293.0	1302.2	1281.7 a
Ort.	1046.8 e	1062.9 d	1073.9 c	1100.3b	1110.9 a	

Çizelge 3 incelendiğinde, ham protein oranı bakımından en yüksek değerler başaklanma döneminde (%8.65) elde edilmiştir. Bu dönemi çiçeklenme (%7.78) ve süt olum (%6.41)



dönemleri izlemiştir. Azot dozları yönünden, N15 (%8.07) ve N20 (%8.18) dozları en yüksek protein oranını sağlamış, düşük dozlar ve kontrol ise istatistiki olarak daha düşük değerler almıştır. Bulgular, azotun protein sentezini teşvik ederek otun besleme değerini artırdığını ve erken biçim döneminde ham protein oranının daha yüksek olduğunu göstermektedir. Olgunlaşma dönemi ilerledikçe ham protein oranındaki azalış bir çok araştırmacı tarafından da ifade edilmiştir (Uzun ve Aşık, 2012; Molla, 2018; Kılınç, 2022; Barsila vd. 2023; Günay, 2024).

Çizelge 3. Çalışmada elde edilen ortalama ham protein oranları (%)

Uygulamalar	N ₀	N ₅	N ₁₀	N ₁₅	N ₂₀	Ort.
Başaklanma	8.16	8.30	8.86	8.95	8.99	8.65 a
Çiçeklenme	7.08	7.18	7.77	8.26	8.59	7.78 b
Süt Olum	5.83	6.02	6.26	7.00	6.95	6.41 c
Ort.	7.02 c	7.17 c	7.63 b	8.07 a	8.18 a	

Çizelge 4'e göre ham protein verimi bakımından en yüksek değer N20 (89.5 kg/da) ve N15 (87.6 kg/da) dozlarında elde edilmiştir. Orta doz olan N10 da (%80.4) kontrol ve N5'e (%72.1 ve %74.9) göre üstün bulunmuştur. Biçim dönemleri arasında istatistiki olarak önemli bir farklılık tespit edilmemiştir, ancak ortalamalara bakıldığında en yüksek protein verimi süt olum döneminde (82.2 kg/da) belirlenmiştir. Sonuçlar, ot veriminin artması ile protein veriminin de yükseldiğini, bu nedenle özellikle geç dönem biçimlerde protein oranı düşse de protein veriminin yüksek kaldığını ortaya koymaktadır. Türk ve Albayrak (2012), olgunlaşmanın ilerlemesiyle kuru madde ve ham protein veriminin arttığını fakat yem kalitesinin azaldığını bildirmişlerdir.

Çizelge 4. Çalışmada elde edilen ortalama ham protein verimleri (kg/da)

Uygulamalar	N ₀	N ₅	N ₁₀	N ₁₅	N ₂₀	Ort.
Başaklanma	73.3	77.3	83.3	83.9	84.6	80.5
Çiçeklenme	69.5	70.8	77.7	88.5	93.6	80.0
Süt Olum	73.5	76.5	80.2	90.5	90.4	82.2
Ort.	72.1 c	74.9 c	80.4 b	87.6 a	89.5 a	

Çizelge 5'te görüldüğü üzere NDF oranı bakımından en yüksek değerler süt olum döneminde (%64.1) belirlenmiştir. Çiçeklenme dönemi %61.2, başaklanma dönemi ise %52.8 ile daha düşük değer göstermiştir. Azot uygulamaları incelendiğinde, en yüksek NDF değeri kontrolde (%62.02) saptanmış, artan azot dozlarıyla birlikte değerler azalmış ve en düşük NDF N20 (%56.78) dozunda kaydedilmiştir. Bu durum, azotun hücre duvarı bileşenlerini azaltarak yem sindirilebilirliğini artırıcı bir etki yaptığını göstermektedir. Kaba yemdeki karbonhidratlar, hayvanların sindirim sistemlerinde kısmen sindirilebilirken, bir kısmı sindirilemeyen fraksiyonlardan oluşur. Bu sindirilemeyen fraksiyonlar genellikle selüloz, hemiselüloz ve lignin gibi bileşenlerden oluşur (Mertens, 1987; Moon vd., 2002; Zhao vd., 2011). ADF ve NDF oranları, yemin lifli yapısını belirleyen önemli göstergelerdir. Yüksek ADF ve NDF oranları,



yemin lif içeriğinin arttığını gösterir ve bu durum yemden elde edilen faydayı azaltabilir. Dolayısıyla, düşük ADF ve NDF oranları arzu edilir (Bowman vd., 2003). Farklı biçim zamanlarının NDF oranı üzerine etkisinin incelendiği çalışmalarda, Kumari vd. (2014), Molla (2017), Yavuz (2017), Yalçın (2019), Kılınç (2022) ve Barsila vd. (2023) biçim zamanının gecikmesiyle NDF oranlarının arttığını ortaya koymuşlardır. Bu sonuçlar araştırmamızdan elde edilen sonuçlarla benzerlikler göstermektedir.

Çizelge 5. Çalışmada elde edilen ortalama NDF oranları (%)

Uygulamalar	N ₀	N ₅	N ₁₀	N ₁₅	N ₂₀	Ort.
Başaklanma	54.83	53.40	52.35	51.80	51.45	52.8 c
Çiçeklenme	64.17	63.03	61.66	59.73	57.46	61.2 b
Süt Olum	67.05	66.12	63.73	62.10	61.43	64.1 a
Ort.	62.02 a	60.85 b	59.25 c	57.88 d	56.78 e	

Çizelge 6'ya göre ADF oranı biçim dönemleri açısından incelendiğinde, süt olum döneminde (%48.80) en yüksek, çiçeklenme döneminde (%44.89) orta, başaklanma döneminde (%40.31) en düşük değerler elde edilmiştir. Azot dozları bakımından ADF oranı kontrol grubunda en yüksek (%46.70) bulunmuş, azot dozları arttıkça değerler anlamlı şekilde azalmış ve en düşük ADF oranı N20 (%42.66) dozunda kaydedilmiştir. Bu bulgu, artan azot uygulamalarının kaba yemin lif fraksiyonlarını azaltarak sindirilebilirliği iyileştirdiğini ortaya koymaktadır. Hayvan besleme açısından önemli bir kalite özelliği olan ADF oranının düşük değerlerde olmasının hayvanlarda sindirilebilirliği kolaylaştırması beklenir (Van-Soest, 1994). Yüksek verimli besleme açısından bakıldığında, her zaman düşük ADF'li yem tercih edilir. ADF konsantrasyonu, azot uygulanan parsellerde, azot uygulanmayan parsellere göre daha düşük değerlere sahip olmuş, bununla birlikte azotlu gübre ile ADF arasında negatif bir korelasyon ortaya çıkmıştır. ADF oranları azaldıkça yemde sindirilebilirlik artarken, ADF değerlerinin yoksunluğu hayvanlarda üreme sıkıntıları, süt yağında düşme ve verim ömründe azalmaya neden olabilir (Tekce ve Gül, 2014). Bitkilerde büyümenin ilerlemesi ile olgun hücrelerin oranı artar, bu da bitkilerde hücre çeperlerinin kalınlaşmasına ve yapısal karbonhidratların artmasına sebep olur, bu yüzden biçim zamanının gecikmesi ile ot verimindeki artış ile birlikte ADF oranları da artmaktadır (Aksoy ve Nursoy, 2010; Keleş, 2014; Akbay, 2021). Araştırmada ADF oranları %38.65-51.63 arasında değişmiştir.

Çizelge 6. Çalışmada elde edilen ortalama ADF oranları (%)

Uygulamalar	N ₀	N ₅	N ₁₀	N ₁₅	N ₂₀	Ort.
Başaklanma	41.68	40.80	40.34	40.10	38.65	40.31 c
Çiçeklenme	46.78	46.00	44.54	43.87	43.28	44.89 b
Süt Olum	51.63	50.52	48.71	47.08	46.05	48.80 a
Ort.	46.70 a	45.77 b	44.53 c	43.68 d	42.66 e	

SONUÇ



Çalışma sonucunda elde edilen veriler bir bütün olarak değerlendirildiğinde Isparta ekolojik koşullarında, yüksek verim bakımından 20 kg/da azot uygulaması ve süt olum döneminde hasat edilmesi uygun görülürken, kalite bakımından 15-20 kg/da azot uygulaması yapılan ve başaklanma ve çiçeklenme dönemlerinde hasat edilen parseller öne çıkmıştır. Arpa bitkisinin yeşil ot amaçlı üretiminde çalışmada incelenen özellikler bakımından dekara en az 15 kg azot uygulanması ve biçimin ise en geç çiçeklenme döneminde yapılmasının daha uygun olacağı değerlendirilmiştir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmadaki veriler, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalında Burak DOĞRUL tarafından sunulan Yüksek Lisans tezinden alınmıştır. Araştırmayı destekleyen Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi'ne (Proje No: 2024-YL1-0237) teşekkür ederiz.



KAYNAKLAR

- Akbay, T. S. (2021). *Iğdır Koşullarında Karışım Oranı ve Biçim Zamanının Adi Fiğ Tahıl Karışımlarında Verim ve Kalite Üzerine Etkileri*. (Doktora Tezi, Gazi Osmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Aksoy, İ., & Nursoy, H. (2010). Vejetasyonun farklı dönemlerinde biçilen Macar fiği buğday karışımının besin madde kompozisyonu, rumende yıkılım özellikleri, in-vitro sindirilebilirlik ve rölatif yem değerinin belirlenmesi. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 16(6), 925-931.
- Albayrak, S. (2003). *Ankara Ekolojik Koşullarında Yapay Mera Kurulması Üzerine Bir Araştırma*. (Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Barsila, S. R., Bogati, R. B., & Tamang, D. T. (2023). Time of harvest as the determinant of dry matter productivity and chemical composition of field pea and oat and their mixture in the abandoned lands of subtropical terai Nepal. *Agro-Biodiversity For Life And Environment*, 24, 251-261.
- Bayram, C., & Ayan, İ. (2017). Determination the Effects of Nitrogen Doses on Hay Yield and Quality Characteristics of Some Oat Cultivars/Lines. *VIII International Scientific Agriculture Symposium, "Agrosym 2017"*. 05-08 October, Jahorina, Bosnia and Herzegovina, 744-749.
- Bowman, G. R., Beauchemin, K. A., & Shelford, J. A. (2003). Fibrolytic enzymes and parity effects on feeding behavior, salivation, and ruminal pH of lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 86(2), 565-575. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(03\)73635-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(03)73635-2)
- Erega, Y., Nigusie, F., & Animut, G. (2020). Effects of seed rate and nitrogen fertilizer rate on growth and biomass yield of oat (*Avena sativa* L.). *World Journal of Agriculture and Soil Science*, 4(1), 1-8. <https://doi.org/10.33552/WJASS.2020.04.000580>
- FAO (2022). Food and Agriculture Organization of the United Nations. Crops and livestock products. <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL> (Son erişim tarihi: 22 Mayıs 2024)
- Günay, Z. D. (2024). *Farklı Biçim Zamanlarının Buğday ve Tritikalenin Ot Verimi ve Kalitesine Etkileri*. (Yüksek Lisans Tezi, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Kacar, B., & İnal, A. (2008). *Bitki Analizleri*. Nobel Yayınları.
- Keleş, G. (2014). Farklı gelişme dönemlerinde hasat edilmiş tritikale hasılında morfolojik unsurların besin değeri. *Hayvansal Üretim*, 55(1), 1-6.
- Kılınç, K., & Gökkuş, A. (2022). Farklı biçim zamanlarının yulaf ve tritikale otunun verim ve kalitesine etkileri. *Acta Natura et Scientia*, 3(2), 108-115. <https://doi.org/10.29329/actanatsci.2022.352.03>
- Kumari, A., Kumar, P., Ahmad, E., Singh, M., Kumar, R., Yadav, R. K., & Chinchmalatpure, A. (2014). Fodder yield and quality of oats fodder (*Avena sativa* L.) as influenced by salinity of irrigation water and applied nitrogen levels. *Indian Journal of Animal Nutrition*, 31(3), 266-271.
- Mertens, D. R. (1987). Predicting intake and digestibility using mathematical models of ruminal function. *Journal of Animal Science*, 64(5), 1548-1558. <https://doi.org/10.2527/jas1987.6451548x>
- Molla, E. A., Wondimagegn, B. A., & Chekol, Y. M. (2018). Evaluation of biomass yield and nutritional quality of oats-vetch mixtures at different harvesting stage under residual moisture in Fogera District, Ethiopia. *Agriculture & Food Security*, 7, 1-10.



- Moon, Y. H., Lee, S. C., & Lee, S. S. (2002). Chewing activities of selected roughages and concentrates by dairy steers. *Asian-australasian Journal of Animal Sciences*, 15(7), 968-973. <https://doi.org/10.5713/ajas.2002.968>
- Sarıarslan, K. (2022). *Çift Amaçlı Yulaf Yetiştiriciliğinde Uygun Biçim Zamanı ve Bitki Sıklığında Yem ve Tane Verimi ve Kalitesine Etkisi*. (Yüksek Lisans Tezi, Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Tekce, E., & Gül, M. (2014). Ruminantların beslenmesinde ADF ve NDF'nin önemi. *Atatürk Üniversitesi, Veteriner Bilimleri Dergisi*, 9, 63-73. <https://doi.org/10.17094/avbd.34439>
- TÜİK (2022). Tarım istatistikleri. Türkiye İstatistik Kurumu. Ankara, Türkiye. <https://www.tuik.gov.tr/> (Son erişim tarihi: 07 Şubat 2021)
- Türk, M., & Albayrak, S. (2012). Effect of harvesting stages on forage yield and quality of different leaf types pea cultivar. *Turkish Journal of Field Crops*, 17(2), 111-114.
- Türk, M., Albayrak, S., & Yüksel, O. (2009). Effects of fertilisation and harvesting stages on forage yield and quality of hairy vetch (*Vicia villosa* Roth.). *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 52(3), 269-275. <https://doi.org/10.1080/00288230909510511>
- Uzun, A., & Aşık, F. F. (2012). The effect of mixture rates and cutting stages on some yield and quality characters of pea (*Pisum sativum* L.) + oat (*Avena sativa* L.) mixture. *Turkish Journal of Field Crops*, 17(1), 62-66.
- Van-Soest, P. J. (1994). *Nutritional Ecology of The Ruminant* (Vol. 476). Cornell University Press.
- Yalçın, K. (2019). *Ot Üretimi İçin Yetiştirilen Yulaf ve İtalyan Çiminde Azot Dozu ve Hasat Zamanlarının Verim ve Kalite Üzerine Etkileri*. (Yüksek Lisans Tezi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Yavuz, T. (2017). Farklı biçim zamanlarının yem bezelyesi (*Pisum sativum* L.) ve yulaf (*Avena sativa* L.) karışımlarında ot verim ve kalitesi üzerine etkileri. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 26(1), 67-74. <https://doi.org/10.21566/tarbitderg.323592>
- Zhao, X. H., Zhang, T., Xu, M., & Yao, J. H. (2011). Effects of physically effective fiber on chewing activity, ruminal fermentation, and digestibility in goats. *Journal of Animal Science*, 89(2), 501-509. <https://doi.org/10.2527/jas.2010-3013>



YAZ ÇİRİŞ OTUNUN (*ASPHODELUS AESTIVUS* BROT.) HABITAT UYGUNLUĞUNUN GÜNÜMÜZ VE GELECEKTEKİ İKLİM KOŞULLARINA GÖRE MODELLENMESİ

Derya Gülçin^{1,2}, Mustafa Sürmen³, Bülent Deniz¹, Ebru Ersoy Tonyaloğlu¹, Ali Uğur Özcan^{2,4}, Kerim Çiçek^{2,5,6}

¹Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Ziraat Fakültesi, Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, 09100 Aydın, Türkiye; derya.yazgi@adu.edu.tr, bdeniz@adu.edu.tr ebru.ersoy@adu.edu.tr

ORCID: 0000-0001-7118-0174, 0000-0002-3516-0480, 0000-0002-2945-3885

²TEMSUS Araştırma Grubu, Ávila Katolik Üniversitesi, 05005 Ávila, İspanya

³Tarla Bitkileri Bölümü, Ziraat Fakültesi, Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, 09100 Aydın, Türkiye; mustafa.surmen@adu.edu.tr ORCID: 0000-0001-9748-618X

⁴Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Orman Fakültesi, Çankırı Karatekin Üniversitesi, 18200 Çankırı, Türkiye; auozcan@karatekin.edu.tr ORCID: 0000-0002-9046-8074

⁵Ege Üniversitesi Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü, İzmir 35040, Türkiye;

kerim.cicek@ege.edu.tr ORCID: 0000-0002-6753-07574

⁶Ege Üniversitesi Tabiat Tarihi Uygulama ve Araştırma Merkezi, İzmir 35040, Türkiye

ÖZET

Akdeniz Havzası'nda sıcaklık artışı, yağış azalması ve kuraklık sürelerinin uzaması gibi iklime bağlı etkilerinin ekosistemler üzerinde önemli değişikliklere yol açacağı öngörülmektedir. Bu durum, mera ekosistemlerinde tür bileşimini, ot verimini ve otlatma kapasitesini olumsuz etkilerken, istilacı karakter gösteren türlerin yayılışını kolaylaştırmaktadır. Yaz çiriş otu (*Asphodelus aestivus* Brot.), yeraltı depo organları sayesinde yaz dormansisine girebilmesi, kuraklığa dayanıklılığı ve yangın sonrası hızlı rejenerasyon kapasitesiyle dikkat çekmektedir. Ancak, türün yayılışının artması artması mera niteliğini düşürmekte, yem kalitesini olumsuz etkilemekte ve hayvanlar için toksisite riski oluşturmaktadır. Bu çalışmada, Akdeniz ekosistemlerinde yaygın bir geofit olan yaz çiriş otunun günümüz ve gelecekteki iklim koşullarına bağlı habitat uygunluğunun modellenmesi amaçlanmaktadır. Türün habitat uygunluğu, 15 biyoklimatik ve 5 topografik değişken içinden korelasyon ve varyans analizleriyle seçilen altı çevresel değişken kullanılarak Maksimum Entropi (MaxEnt) algoritmasıyla modellenmiştir. Gelecek projeksiyonları için CMIP6 kapsamında sekiz genel sirkülasyon modeli ve üç sosyoekonomik yol (SSP245, SSP370 ve SSP585) dikkate alınmıştır. Model doğrulama ölçütleri yüksek güvenilirlik göstermiş ($AUC_{TEST} = 0,921$, $SD = 0,007$) ve en önemli çevresel faktörün en yağışlı ayın yağışı (bio13) olduğu belirlenmiştir. Sonuçlara göre, günümüzde türün potansiyel uygun alanı yaklaşık 114,5 milyon hektardır. Ancak 2041–2060 döneminde bu alanın SSP245 senaryosunda %26,8, SSP370'te %32,7 ve SSP585'te %36,4 azalacağı öngörülmektedir. Uzun vadede (2081–2100) kayıplar artarak SSP585 senaryosunda %49,2'ye ulaşmaktadır. Türkiye özelinde ise günümüzde 8,3 milyon hektar olan uygun alanın, 2100'e gelindiğinde %65–77 arasında kayba uğrayacağı tahmin edilmektedir. En yüksek kayıplar, Batı Anadolu ve Ege Bölgesi'nde yoğunlaşırken, sınırlı habitat kazanımları Kuzey Afrika kıyıları ve yüksek rakımlı bölgelerde öne çıkmaktadır. Sonuç olarak, *A. aestivus*'ün habitat uygunluğunun iklim değişikliğine karşı duyarlı olduğu belirlenmiştir. Bu bulgular, mera



yönetimi, ıslah çalışmaları, istilacı tür kontrolü ve iklim değişikliğine uyum politikalarının geliştirilmesi bakımından önemlidir.

Anahtar kelimeler: Asphodel, İşgalci Tür, İklim Değişimi, Habitat Uygunluk Modeli, Maxent.



ABSTRACT

Climate change is projected to cause significant alterations in ecosystems, particularly in the Mediterranean Basin, through impacts such as rising temperatures, declining precipitation, and prolonged drought periods. These changes negatively affect species composition, forage yield, and grazing capacity in rangeland ecosystems, while facilitating the spread of invasive species. Summer asphodel (*Asphodelus aestivus* Brot.) stands out with its ability to enter summer dormancy through underground storage organs, its drought tolerance, and rapid post-fire regeneration capacity. However, the expansion of its distribution reduces rangeland quality, diminishes forage value, and poses toxicity risks for grazing animals. This study aims to model the habitat suitability of summer asphodel, a widespread geophyte in Mediterranean ecosystems, under current and future climatic conditions. Habitat suitability was modeled using the Maximum Entropy (MaxEnt) algorithm with six environmental variables selected from 15 bioclimatic and five topographic variables based on correlation and variance analyses. For future projections, eight general circulation models under CMIP6 and three socioeconomic pathways (SSP245, SSP370, and SSP585) were considered. Model validation metrics indicated high reliability ($AUC_{TEST} = 0.921$, $SD = 0.007$), and the most influential bioclimatic factor was identified as precipitation of the wettest month (bio13). Results indicate that the species' current potential suitable area covers approximately 114.5 million hectares. However, by 2041–2060, this area is projected to decline by 26.8% under SSP245, 32.7% under SSP370, and 36.4% under SSP585. In the long term (2081–2100), losses increase, reaching 49.2% under SSP585. In Türkiye, the current suitable area of 8.3 million hectares is expected to decline by 65–77% by 2100. The most severe losses are concentrated in Western Anatolia and the Aegean region, while limited habitat gains are projected along the North African coasts and in high-altitude areas. In conclusion, the habitat suitability of *A. aestivus* is highly sensitive to climate change. These findings are important for rangeland management, rehabilitation practices, invasive species control, and the development of climate change adaptation policies.

Keywords: Asphodel, Invasive Species, Climate Change, Habitat Suitability Modeling, MaxEnt.



GİRİŞ

Akdeniz Havzası, Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) ve Akdeniz İklim ve Çevresel Değişim Uzmanları Ağı (MedECC) değerlendirmelerine göre, küresel ortalamanın üzerinde ısınan ve kuraklık ile yağış azalmasına ilişkin göstergelerin güçlü ve tutarlı biçimde öngörüldüğü bir sıcak iklim noktası (*hotspot*) olarak tanımlanır (Azzopardi vd., 2020; Cramer vd., 2018; Lionello & Scarascia, 2018; Masson-Delmotte vd., 2021; Poncet vd., 2025). İklim projeksiyonlarına göre, yaz mevsiminde belirgin ısınma, birçok alt bölgede yağışta azalma ve kurak dönemlerin uzaması öngörülmektedir; sera gazı salım yörüngesi yükseldikçe (Paylaşılan Sosyoekonomik Yollar [SSP] SSP: SSP2-4.5 → SSP5-8.5) bu eğilimlerin şiddetinin artması beklenmektedir (Field & Barros, 2014; Giorgi & Lionello, 2008). İklim anomalilerinin beklenenden yüksek bir hızda seyretmesi, özellikle doğal alanları, tarım alanlarını ve bu alanları oluşturan vejetasyon sistemlerini önemli ölçüde etkileyerek, hem fenolojik yapıyı hem de biyokütle döngülerini değiştirmektedir (Peñuelas vd., 2004; Verma vd., 2025). Değişen yağış rejimleri ve artan sıcaklıkların, insan kaynaklı baskılarla (otlatma yoğunluğu, arazi kullanım değişimi vb.) birleşmesi, peyzaj ölçeğinde habitat mozaığının ve ekosistem süreçlerinin belirgin biçimde yeniden şekillenmesine yol açmaktadır (Fischer & Lindenmayer, 2007; Ma vd., 2024). Avrupa Çevre Ajansı'nın (EEA) "arazi işgali" (*land take*) göstergesine göre 2000–2018 arasında Avrupa'da 14.049 km² alan, yapay alan sınıfına dönüşmüştür ve bunun %78'i tarım alanlarını (ekili-dikili alan, mera, parçalı tarım alanları) etkilemiştir (EEA, 2020). Bu durum, kırsal peyzajda doğrudan alan kaybına ve parçalanmaya neden olmaktadır. Aynı dönemde, AB Habitatlar Direktifi uyarınca yapılan doğa koruma durumu (elverişli/elverişsiz/kötü) değerlendirmelerinde doğal habitatların sadece %15'inin 'elverişli' olduğu; çayır-meralarda 'kötü' sınıf oranının yaklaşık %49'a çıktığı bildirilmiştir (EEA, 2020). İklim değişikliğinin Akdeniz'de kuraklık ve sıcak hava dalgalarını artıracığına atıf yapan IPCC Altıncı Değerlendirme Raporu (AR6) bulguları da göz önünde bulundurulduğunda, çayır-mera topluluklarının ot veriminin ve mera taşıma kapasitesinin gerilemesinin yanı sıra mevcut habitatların karbon depolama ve yaban hayatı barındırma fonksiyonlarının da azalması beklenmektedir (IPCC, 2014; Masson-Delmotte vd., 2021). Bu nedenle, özellikle tarım alanlarını tehdit eden işgalci türlerin geleceğe dönük habitat uygunluğunu değerlendirmek, hem iklim değişikliğine uyum hem de arazi yönetimi kararları bakımından önemli bir rol oynayacaktır (Ar vd., 2022).

Biyolojik çeşitlilik ve ekosistemler üzerindeki en büyük tehditlerden biri olan istilacı yabancı türlerin yönetimi, bu türlerin potansiyel yayılış alanlarının ve iklim değişikliğinin bu alanlar üzerindeki etkisinin doğru bir şekilde tahmin edilmesini gerektirir (Clements & Ditommaso, 2011; Shabani vd., 2020). Bu bağlamda, Tür Dağılım Modelleri (SDM'ler [*Species Distribution Models*]), belirli bir türün coğrafi dağılımını sınırlayan çevresel koşulları tanımlamak ve haritalamak için güçlü bir araç haline gelmiştir (Elith vd., 2010, 2011; Elith & Leathwick, 2009; Phillips vd., 2006, 2017). SDM'ler, türün bilinen bulunma noktaları ile çeşitli çevresel değişkenler (sıcaklık, yağış, toprak özellikleri vb.) arasındaki ilişkiyi istatistiksel olarak öğrenerek, benzer çevresel koşullara sahip potansiyel olarak istila edilebilir alanları belirler (Guisan vd., 2017; Peterson, 2003). Maksimum Entropi (MaxEnt) ilkesine dayanan MaxEnt modeli, bu alanda öne çıkan ve yaygın olarak kullanılan bir makine öğrenimi algoritmasıdır. MaxEnt'in temel gücü, yalnızca türün bulunduğu noktalardan (*presence-only data*) ve tüm çalışma alanından elde edilen arka plan (*background*) verilerinden etkili bir şekilde öğrenebilmesine dayanmaktadır (Phillips vd., 2006, 2017). Bu özelliği, istilacı türlerin modellenmesinde büyük bir avantaj sağlar, zira bu türler için yokluk (*absence*) verilerinin güvenilir bir şekilde toplanması genellikle imkânsızdır veya son derece zordur. Bu algoritma ile türün dağılımı hakkında bilinenlerle (bulunma noktaları) tutarlı, ancak bu bilgiler dışında belirsizliği (entropiyi) en yüksek düzeyde tutan bir olasılık dağılımı tahmin edilir; böylece



kısıtlı veriyle dahi aşırı uyum sınırlandırılarak çevresel gradyanlar boyunca genellenebilir uygunluk kestirimleri elde edilir (Elith vd., 2011). Modelde, her bir değişkenin modele olan katkısı niceliksel olarak ölçülerek, türün yayılışını sınırlayan en önemli iklimsel faktörlerin (örneğin en soğuk ayın minimum sıcaklığı veya yaz yağışları) belirlenmesine olanak tanınır. Daha sonra, farklı iklim değişikliği senaryolarına göre projeksiyonlar yapılarak, habitat uygunluğundaki değişimler, potansiyel yayılış koridorları ve yeni istila riski taşıyan bölgeler tespit edilir. MaxEnt, yüksek tahmin doğruluğu ve istikrarlı sonuçlar üretme kabiliyetine sahiptir. Modelde, çapraz doğrulama (*cross-validation*), düzenlileştirme (*regularization*) ve değişkenlerin çokluğunu (*multicollinearity*) değerlendirme yöntemleriyle aşırı öğrenme (*overfitting*) önlenir (Merow vd., 2013). Bu, özellikle veri noktalarının nispeten sınırlı olduğu yeni istila alanlarında son derece değerlidir. Sonuç olarak, MaxEnt ile üretilen habitat uygunluk haritaları, biyolojik istilaların risk değerlendirmesi konusunda bilimsel bir temel oluşturmaktadır (Waheed vd., 2025; West vd., 2016).

Mera ekosistemleri, hayvancılık için kaliteli ot kaynağı olmalarının yanı sıra, biyolojik çeşitlilik, toprak sağlığı ve karbon tutulumu gibi önemli ekosistem hizmetleri sunar (Boone vd., 2018; Havstad vd., 2007). Ancak, bu ekosistemler istilacı bitki türlerinin istilasına karşı oldukça savunmasızdır. İstilacı türler, genellikle yüksek rekabet gücü gösterdiği (hızlı büyüme, yoğun tohum üretimi ve diğer türleri baskılayan allelopatik kimyasallar salgılama gibi) için doğal ve yerel bitki örtüsüne hızla zarar verir (DiTomaso, 2000; Tiawoun vd., 2024). Bu durum, meranın hem ekolojik hem de ekonomik değerini ciddi şekilde tehdit eden bir dizi sorunu beraberinde getirir. Meralarda, iklim nedenli değişimler sadece tür kompozisyonunu değil türlerin dominansisini ve dağılış alanlarını da etkilemektedir (Cramer vd., 2020; Masson-Delmotte vd., 2021). Bu bağlamda, yaz çiriş otu (*Asphodelus aestivus* Brot.), yeraltı depo organları sayesinde yaz dormansisine giren bir geofit olarak, mevsimsel su stresi ve sıcaklık dalgalanmalarına verdiği esnek tepkilerle öne çıkmaktadır (Rhizopoulou vd., 1997). Kış sonu-ilkbahar başındaki hızlı çiçeklenme ve sürgün gelişimi gözlenir; bu durum, ot veriminin erken sezondaki dağılımını ve otlatmanın başlatılma tarihini etkileyebilir. Türün örtü ve sıklığındaki artış, yer yer bozulan mera yapısına ve baskınlaşan tür kompozisyonlarına işaret etmektedir. *A. aestivus*'un, meraların niteliğini düşürebilecek kadar yayılış göstermesi, yönetim ve ıslah kararlarında dikkate alınması gereken bir durumdur. Türkiye meralarında çiriş örtüsünün artışı, mera niteliğini düşüren yoğun örtü oluşumları ve yem kalitesinde gerileme ile ilişkilendirilmiştir; ayrıca bitkideki alkaloidler nedeniyle otlatılan hayvanlar için toksisite riski bildirilmektedir (Sürmen & Kara, 2022). Bu nedenle türün baskınlığını sınırlamaya dönük bastırma/ıslah uygulamaları, özellikle Ege meralarında verim ve vejetasyon bileşimi üzerinde ölçülebilir sonuçlar doğurmuştur. Bu bildiride, *A. aestivus*'un değişen iklim koşullarına verdiği yanıt, hem Akdeniz havzası genelinde hem de Türkiye'de mekânsal ve zamansal ölçekte ele alınmaktadır. Isınma, kuraklık ve yağış rejimindeki marjinal değişimlerin hızlandığı bir dönemde, türün habitat uygunluğundaki olası değişimleri öngörebilmek; uzun vadeli istilacı tür yönetimi, mera taşıma kapasitesi, yem kalitesi ve restorasyon önceliklerinin belirlenmesi açısından önem taşımaktadır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Varlık verisi: Çiriş otu, kısa köksaplı ve çok yıllık bir geofittir. Tür, kuraklığa dayanıklılığı, fakir topraklarda gelişebilmesi ve yangın sonrası hızlı rejenerasyon kapasitesi sayesinde Akdeniz ekosistemlerinde yaygın olarak görülmektedir (Pantis vd., 1994; Samocha vd., 2009). Kuru otlaklar, frigana formasyonları ve kayalık-kumlu zeminlerde yayılış gösterir. Bu biyolojik özellikleri, türün bozulmuş veya baskı altında kalan habitatlarda yayılmacı bir karakter sergilemesine ve yer yer baskın tür haline gelmesine olanak tanımaktadır (Sürmen & Kara, 2022). Bu çalışmada, toplam 923 gözlem kaydı; Türkiye Bitkileri Veri Servisi (TÜBİVES,



2025) ve GBIF (*Global Biodiversity Information Facility* [Küresel Biyoçeşitlilik Danışma Tesisi]) veritabanından (GBIF, 2025) derlenmiştir. Varlık verisinin tamamı, WGS84 koordinat sistemine referanslandırılmış ve ArcGIS (v10.7, ESRI, California, USA) kullanılarak kapsamlı biçimde incelenmiştir. Çalışmalar arasındaki arazi çalışması protokollerindeki farklılıklardan kaynaklanabilecek, kestirilen dağılımların olduğundan yüksek çıkması ve otokorelasyon gibi olası sorunları gidermek amacıyla Sillero vd. (2021) ve Hijmans vd. (2015) tarafından önerilen yaklaşımlar uygulanmıştır. Her bir gözlem kaydının etrafında 5 km yarıçaplı bir tampon bölge oluşturularak, R ortamında spThin v0.2.0 (Aiello-Lammens vd., 2015) paketi ile ızgara hücresi bazında veri seyreltilmiştir. Bu işlem sonucunda toplam gözlem sayısı 923'ten 655'e düşürülmüştür. Soberón & Peterson (2005) tarafından tanımlanan çalışma kapsamının (M) odak tür için erişilebilir olduğu varsayılmış ve *A. aestivus*'un teorik olarak tüm Akdeniz Havzası boyunca dağılım gösterebileceği kabul edilmiştir. Bu doğrultuda, çalışma alanını temsil etmek üzere 27.85°K–49.73°K enlemleri ile 11.52°B–47.36°D boylamları arasında kalan bölge çalışma alanı olarak tanımlanmış ve çevresel değişkenler ArcMap 10.7 ortamında buna göre maskelenmiştir.

Çevresel Değişkenler: İklim verileri WorldClim v2.1 veritabanından (Fick & Hijmans, 2017, <https://www.worldclim.org/data/worldclim21.html>) 2,5' (yaklaşık 4,7 km) mekânsal çözünürlükte elde edilmiştir. 1970–2000 dönemine ait aylık sıcaklık ve yağış ortalamalarına dayanan bu veri seti 15 biyoiklimsel değişken içermektedir. Önceki çalışmalarda saptanan mekânsal yapaylıklar nedeniyle dört değişken (bio8, bio9, bio18 ve bio19) modellemeye dâhil edilmemiştir (Campbell vd., 2015; Escobar vd., 2014). Beş topografik değişken (ortalama eğim, pürüzlülük, topografik konum indeksi ve arazi engebелiliği indeksi) 250 m çözünürlüklü GMTED2010 küresel sayısal yükseklik modeli ürünlerinden türetilmiştir (Amatulli vd., 2018). Biyoiklimsel değişkenler arasındaki çoklu doğrusal bağlantının etkisini azaltmak amacıyla, yüksek istatistiksel korelasyon gösterenler ($r > 0,75$ veya $r < -0,75$) çıkarılmıştır (Dormann vd., 2013; Heikkinen vd., 2006). Ayrıca, Guisan vd. (2017) önerisi doğrultusunda korelasyon eşiği 0,75 alınarak varyans şişirme faktörü (VIF) 5'ten büyük olan değişkenler göz ardı edilmiştir. Bu işlem 'usdm' paketi (Naimi, 2015) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Adımlı bir prosedürle, türün ekolojik gereksinimlerine en iyi uyan altı biyoklimatik değişken (bio2 (ortalama gündüz–gece sıcaklık aralığı; aylık maksimum–minimum sıcaklıkların ortalaması), bio4 (sıcaklık mevsimselliği; standart sapma $\times 100$), bio6 (en soğuk ayın en düşük sıcaklığı), bio13 (en yağışlı ayın yağışı), bio15 (yağış mevsimselliği; varyasyon katsayısı) ve eğim) seçilmiştir. *A. aestivus*'un gelecekteki habitat uygunluğu, iklim projeksiyonlarındaki belirsizliği dikkate almak amacıyla uyarlanan modellerin sekiz genel sirkülasyon modeline (GCM; https://www.worldclim.org/data/cmip6/cmip6_clim2.5m.html: ACCESS-CM2, BCC-CSM2-MR, CMCC-ESM2, IPSL-CM6A-LR, MIROC6, MPI-ESM1-2-HR, MRI-ESM2-0 ve UKESM1-0-LL) uygulanmasıyla değerlendirilmiştir (Sanderson vd., 2015). 2041–2060, 2061–2080 ve 2081–2100 dönemlerine ait gelecek veri setleri, İklim Model Karşılaştırma Projesi'nin altıncı aşamasından (CMIP6, www.wcrp-climate.org/wgcm-cmip/wgcm-cmip6) alınmış ve üç ortak sosyoekonomik yol (SSP) [orta yol (SSP245), ara (SSP370) ve kötümser (SSP585)] ile ilişkilendirilmiştir.

Ekolojik Niş Modeli: Mevcut iklim koşullarına göre ve üç farklı geleceğe yönelik iklim projeksiyonuna bağlı olarak türün habitat uygunluğunu tahmin etmek ve potansiyel yayılış alanını belirlemek amacıyla maksimum entropi modellemesi (Maxent v3.4.1; Phillips vd., 2004, 2006, 2017; Phillips & Dudík, 2008) kullanılmıştır. Çapraz doğrulama, ortaya çıkış noktalarının rastgele olarak 10 alt kümeye ayrıldığı rastgele **10 katlı** bir yaklaşımla uygulanmıştır. Phillips & Dudík (2008) tarafından tanımlanan çapraz doğrulama yöntemini uygulamak üzere, **bölme (bin) sayısı (k)** tür veri setindeki gözlem sayısına eşit olarak ayarlanmıştır. Model karmaşıklığını optimize etmek ve uyum-öngörü dengesini korumak

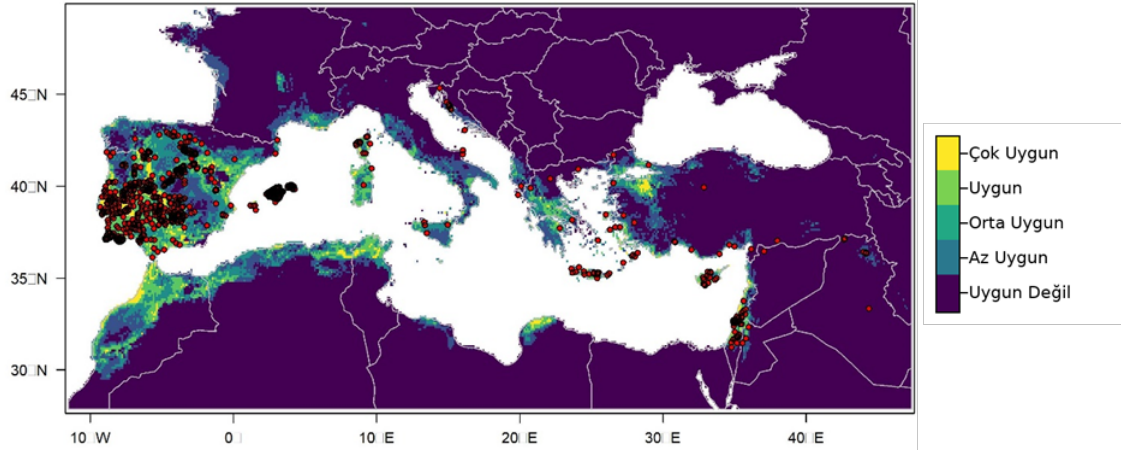


amacıyla maksimum entropi yöntemi seçilmiştir. Bu kapsamda entropinin hesaplanması için R paketi **ENMeval** v2.0.0 (Kass vd., 2021; Muscarella vd., 2014) kullanılmıştır. Modellemede, düzenleştirme çarpanı değerleri 0,5'ten 10'a (0,5 artımlarla) değiştirilmiş ve altı farklı **özellik sınıfı** bileşimi (l, lq, h, lqh, lqhp, lqhpt) denenmiştir. Bu nedenle tür için toplam **120** bireysel model çalıştırılmıştır (Ek Tablo 1). Modellerin doğruluğu, ENMeval içindeki değerlendirme ölçütleri kullanılarak şu şekilde değerlendirilmiştir: (1) test yerlerine ait alıcı işletim karakteristiği (ROC) eğrisi altında kalan alan (AUC_{TEST} ; Hanley & McNeil, 1982; Peterson vd., 2011), (2) eğitim ve test AUC 'leri arasındaki fark (AUC_{DIFF} ; Warren & Seifert, 2011), (3) test yerleri için OR_{10} (eğitim verisinin %10 dışlanma oranı (Fielding & Bell, 1997; Peterson vd., 2011) ve (4) küçük örneklem için düzeltilmiş Akaike bilgi ölçütü ($AICc$; Burnham & Anderson, 2004; Warren & Seifert, 2011). Model performansını daha ileri düzeyde hesaplamak amacıyla sıfır model yaklaşımı (*null model*) uygulanmıştır (Raes & ter Steege, 2007). Boş ENM'ler, Bohl vd. (2019) tarafından önerilen ve Kass vd. (2021) tarafından genişletilen yöntemle 100 yinleme üzerinden üretilmiştir. Ampirik modelin performansı, boş modelin ortalamasıyla karşılaştırılmıştır. Tahminler, 0 (uygunsuz) ile 1 (uygun) aralığında 'cloglog' çıktı biçimi ile sunulmuştur (Phillips vd., 2017). Sürekli olasılık haritasını varlık-yokluk dağılımına dönüştürmek için eğitim varlığının %10'luk (10^{th} percentile) lojistik eşiği yaklaşımı uygulanmıştır (Liu vd., 2005). Ortaya çıkan habitat uygunluğu değerleri 'terra' paketi ile hesaplanmış (Hijmans vd., 2022) ve rasterVis paketi kullanılarak görselleştirilmiştir (Lamigueiro & Hijmans, 2021).

SONUÇ

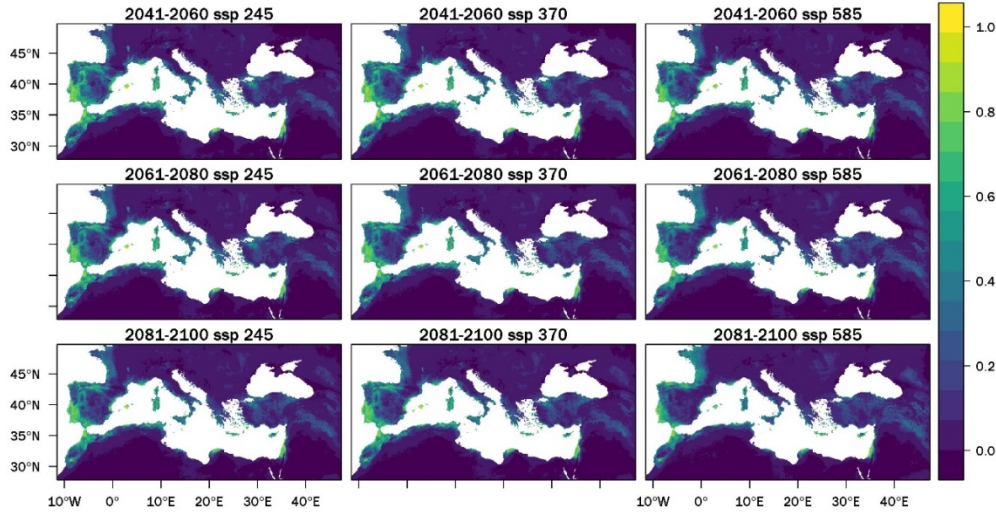
A. aestivus için seçilen en iyi model, istatistiksel anlamlılık ($AUC_{DIFF} = 0,007$, $SD = 0,006$), iyi performans (%10 $OR = 0,122$, $SD = 0,025$) ve düşük karmaşıklık ($AICc = 14264,11$) göstermektedir (Ek Tablo 1). Bu model, düzenleştirme parametresi 0,5 olan doğrusal, ikinci dereceden, menteşe, çarpım ve eşik özelliklerini içermekte ve test verisi için yüksek ortalama eğri altı alana sahiptir ($AUC_{TEST} = 0,921$, $SD = 0,007$; Ek Şekil 1). Modelin performans ölçütleri null modellerle karşılaştırılmış ve ampirik modelin, bir dizi null modelden anlamlı düzeyde farklı olduğu bulunmuştur ($AUC_{TRAIN-NUL} = 0,620$, $SD = 0,011$, Z -değeri = 30,887; $p < 0,01$; Ek Tablo 2).

Türün dağılımını etkileyen en önemli çevresel faktörün en ıslak ayın yağışı (bio13, %41,8) olduğu belirlenmiştir. Bu bulgu, *A. aestivus*'un kış-ilkbahar yağışlarına dayalı büyüme ve çiçeklenme dönemine güçlü bir şekilde bağlı olduğunu göstermektedir. İkinci önemli değişken, en soğuk ayın minimum sıcaklığı (bio6, %20,2) olup, bu da türün soğuk kışlara karşı duyarlılığını ve yayılışının kuzey ve yüksek rakımlarda sınırlanabileceğini işaret etmektedir. Yağışın mevsimselliği (bio15, %18,8) ve sıcaklık mevsimselliği (bio4, %13,6) ise türün Akdeniz iklimine özgü belirgin mevsimsel desenlere uyum sağladığını ortaya koymaktadır. Daha düşük katkılara sahip olan günlük sıcaklık farkı (bio2, %4,3) ve eğim (%1,2), türün geniş mikrohabitat toleransına sahip olduğunu, ancak iklimsel faktörlerin dağılımını belirlemede çok daha baskın olduğunu göstermektedir. Genel olarak, bulgular *A. aestivus*'un biyolojisiyle uyumlu biçimde, türün dağılımının esasen kış yağış rejimi ve düşük sıcaklıklara tolerans tarafından şekillendiğini ortaya koymaktadır. Modelleme sonuçları, türün günümüzdeki dağılımının literatürde bildirilen yayılışı ile büyük ölçüde uyumlu olduğunu ortaya koymuştur (Şekil 1). Yüksek habitat uygunluk değerleri özellikle İber Yarımadası, İtalya, Yunanistan ve Batı Anadolu'da yoğunlaşmaktadır. Bununla birlikte, model Kuzey Afrika kıyılarında da yüksek habitat uygunluğu göstermesine rağmen bu bölgelerden tür kaydı bulunmamaktadır. Bu durum, modelin aşırı tahmin eğiliminden, yeterli örnekleme yapılmamış olmasından veya toprak özellikleri ve biyocoğrafik engeller gibi ekolojik sınırlamalardan kaynaklanıyor olabilir.

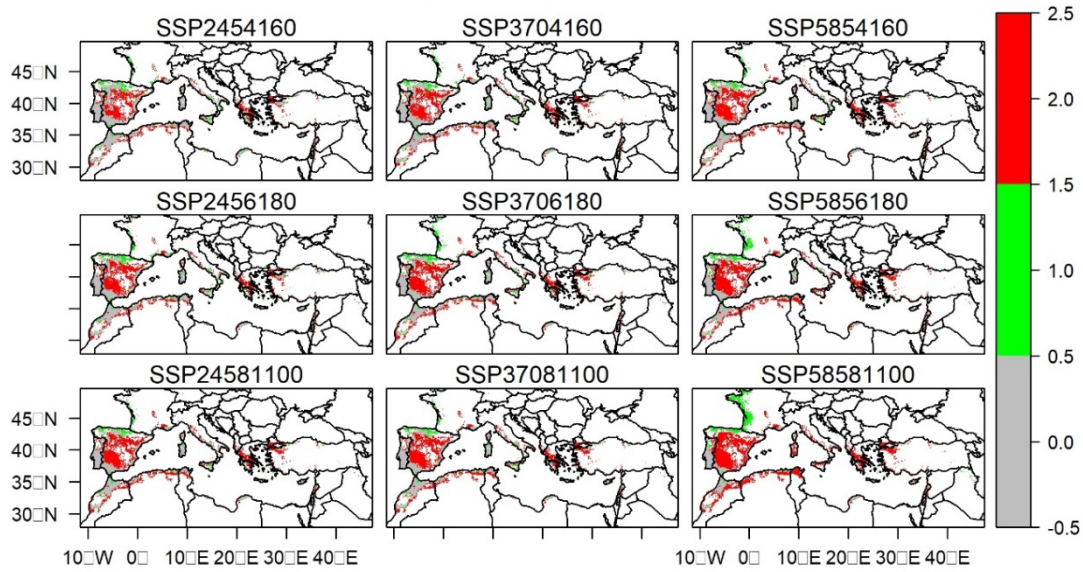


Şekil 1. Mevcut iklim koşullarına göre yaz çiriş otunun (*Asphodelus aestivus* Brot.) öngörülen habitat uygunluğunun mekânsal dağılımı (kırmızı nokta varlık verisini temsil etmektedir).

Gelecek iklim senaryolarına göre (SSP245, SSP370, SSP585), *A. aestivus*'un habitat uygunluğunda dikkate değer değişimler öngörülmektedir (Şekil 2). Orta vadede (2041–2060) tür için yüksek uygunluk alanlarının hâlâ İber Yarımadası, İtalya, Yunanistan ve Batı Anadolu'da yoğunlaştığı görülmektedir. Ancak senaryolar ilerledikçe (2061–2080 ve 2081–2100) özellikle SSP370 ve SSP585 senaryolarında bu alanlarda daralmalar ortaya çıkmaktadır. Projeksiyonlar, türün yüksek risk altındaki bölgelerinin başta Batı Anadolu, Yunanistan ve Güney İspanya olduğunu göstermektedir. Buna karşın Kuzey Afrika'nın batı kıyılarında ve kısmen Orta Akdeniz'de sınırlı habitat kazanımları tahmin edilmektedir. Genel olarak, düşük emisyon senaryosunda (SSP245) habitat kaybının daha sınırlı, yüksek emisyon senaryosunda (SSP585) ise çok daha belirgin olduğu görülmektedir. Gelecek iklim senaryolarına göre *A. aestivus*'un küresel ölçekte habitat uygunluğunda belirgin azalmalar öngörülmektedir (Şekil 3). Tüm SSP senaryolarında özellikle Batı Akdeniz'de (İber Yarımadası ve Güney Fransa) geniş çaplı habitat kayıpları öne çıkmaktadır. Doğu Akdeniz'de, özellikle Batı Anadolu ve Yunanistan'da da kayıplar gözlenmektedir. Buna karşın sınırlı da olsa Kuzey Afrika kıyıları ve kısmen Orta Akdeniz adalarında habitat kazanımları tahmin edilmektedir. Ancak bu kazanımların coğrafi olarak dar ve parçalı olduğu, dolayısıyla türün toplam dağılım alanında önemli bir artış yaratmayacağı anlaşılmaktadır. Genel olarak, düşük emisyon senaryosunda (SSP245) habitat kaybı daha sınırlıyken, orta (SSP370) ve özellikle yüksek emisyon senaryolarında (SSP585) habitat kayıpları çok daha belirgin hale gelmektedir. Bu durum, türün küresel ölçekte gelecekte iklim değişikliğine oldukça duyarlı olduğunu göstermektedir.



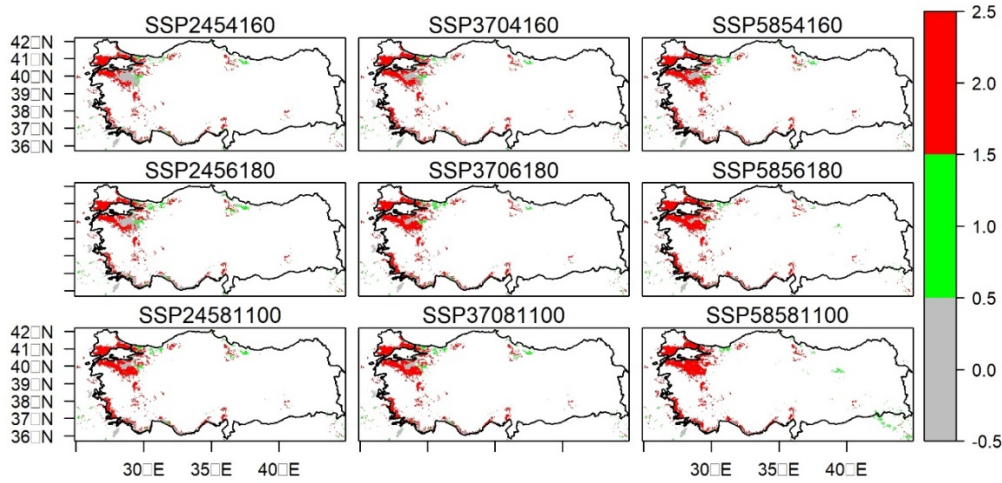
Şekil 2. Gelecek iklim senaryolarına göre yaz çiriş otunun (*Asphodelus aestivus* Brot.) genel yayılış alanı boyunca ortalama tahmin edilen iklimsel habitat uygunluğu. Projeksiyonlar üç dönem (2041–2060, 2061–2080 ve 2081–2100) ve üç paylaşılan sosyoekonomik yol (SSP) için gösterilmiştir: iyimser (SSP245), orta yol (SSP370) ve en kötü durum (SSP585). Görülme olasılığı 0'dan (koyu mavi, en düşük olasılık) 1'e (sarı, en yüksek olasılık) kadar değişmektedir.



Şekil 3. Gelecek iklim senaryolarına göre (SSP245, SSP370, SSP585), üç dönem (2021–2040, 2041–2060, 2081–2100) için yaz çiriş otunun (*Asphodelus aestivus* Brot.) genel yayılış alanındaki tahmin edilen habitat uygunluğu değişimleri. Değerler, mevcut iklim koşullarına kıyasla habitat değişimini göstermektedir: kırmızı alanlar habitat kaybını, yeşil alanlar habitat kazanımını, gri alanlar ise uygunlukta anlamlı bir değişim olmadığını ifade etmektedir.

Türkiye özelinde değerlendirildiğinde, *A. aestivus* için gelecek iklim senaryolarında geniş çaplı habitat kayıplarını ortaya koymaktadır. Tüm SSP senaryolarında özellikle Batı Anadolu kıyıları ve Ege Bölgesi habitat kayıplarının en yoğun olduğu alanlardır (Şekil 4). Karadeniz kıyısında da sınırlı düzeyde kayıplar tahmin edilmektedir. Buna karşılık, sınırlı da olsa Doğu Karadeniz'in yüksek rakımları ve kuzeydoğu bölgelerinde habitat kazanımları öngörülmektedir. Ancak bu kazanımlar parçalı ve dar alanlarla sınırlı olup, toplam dağılımda meydana gelen kayıpları telafi edecek düzeyde değildir. Genel olarak, düşük emisyon senaryosuna göre (SSP245) Türkiye'de habitat kayıpları daha sınırlıyken, orta (SSP370) ve

özellikle yüksek emisyon senaryosuna göre (SSP585) kayıplar belirgin şekilde artmaktadır. Bu durum, türün Türkiye’deki dağılımının da gelecekte iklim değişikliğine duyarlı olacağını göstermektedir.



Şekil 4. Türkiye’de, gelecek iklim senaryolarına (SSP245, SSP370, SSP585) göre üç dönem (2021–2040, 2041–2060, 2081–2100) için yaz çiriş otunun (*Asphodelus aestivus* Brot.) öngörülen habitat uygunluğu değişimleri.

Günümüzde türün potansiyel uygun alanı yaklaşık 114,45 milyon ha iken, 2041–2060 döneminde bu alan SSP245 senaryosunda %26,8, SSP370 senaryosunda %32,7 ve SSP585 senaryosunda ise %36,4 oranında azalmaktadır (Tablo 1). Uzun vadede (2081–2100) ise kayıp oranları artarak SSP245 senaryosunda %39,0, SSP370 senaryosunda %39,0 ve SSP585 senaryosunda %49,2’ye ulaşmaktadır. Türkiye özelinde günümüzde 8,32 milyon ha olan uygun alan, 2041–2060 döneminde SSP245 senaryosunda %50,8, SSP370 senaryosunda %61,4 ve SSP585 senaryosunda %63,5 azalmaktadır. 2081–2100 döneminde ise kayıp oranları %65,3–77,2 arasında değişmektedir. Bu bulgular, *A. aestivus*’un hem küresel ölçekte hem de Türkiye’de iklim değişikliğine oldukça duyarlı olduğunu, yüksek emisyon senaryolarında gelecekte türün habitat uygunluğunda dramatik azalmalar yaşanacağını ortaya koymaktadır. Bununla birlikte, model tahminleri yalnızca iklimsel değişkenlere dayanmaktadır. Ancak, *A. aestivus*’un gelecekteki dağılımı; habitat bozulması, arazi kullanımındaki değişiklikler ve yangın rejimleri gibi diğer faktörlerden de önemli ölçüde etkilenebilir. Türün yangın sonrası hızlı rejenerasyon kapasitesi, bozulmuş alanlarda baskın hale gelmesine imkân tanıyabilir. Ayrıca yoğun tarım, kentleşme ve otlatma baskısı, mevcut uygun habitatların daralmasını hızlandırabilir. Dolayısıyla, iklim değişikliğinin yanı sıra habitat kaybı ve değişen yangın dinamikleri, türün gelecekteki dağılım desenlerini şekillendiren önemli unsurlar olacaktır.

Tablo 1. Gelecek iklim senaryolarına (SSP245, SSP370, SSP585) göre üç dönem (2021–2040, 2041–2060, 2081–2100) için çiriş otunun (*Asphodelus aestivus* Brot.) genel yayılış alanı ve Türkiye için öngörülen habitat uygunluğu değişimleri.

Projeksiyon	Tüm dağılıs alanı		Türkiye	
	Potansiyel alan (ha)	Değişim oranı (%)	Potansiyel alan (ha)	Değişim oranı (%)
Günümüz	114450950		8322650	
2041–2060 ssp	83822050	-26.76159525	4095750	-50.7879101
2041–2060 ssp	77023750	-32.70151973	3214250	-61.3794885



2041–2060 ssp	72820500	-36.37405369	3033650	-63.54947042
2061–2080 ssp	76974300	-32.74472602	4136600	-50.29708086
2061–2080 ssp	72631300	-36.53936468	2592900	-68.84525962
2061–2080 ssp	66194200	-42.16369545	2014550	-75.79436838
2081–2100 ssp	69868550	-38.95328086	2887450	-65.30612245
2081–2100 ssp	69868550	-38.95328086	2887450	-65.30612245
2081–2100 ssp	58114500	-49.22322619	1894150	-77.24102299

Azalan yağış ve uzayan kuraklıkların öngörüldüğü iklim senaryolarıyla birlikte, vejetasyon verimliliği giderek daha fazla zarar görmekte ve bu da ekosistem işlevi üzerinde ölçülebilir bir etkiye yol açmaktadır (Gouveia vd., 2017; Xu vd., 2019). Yüksek sıcaklıklar ve su stresinin birleşik etkileri, mevcut ve gelecekteki iklim değişimlerinin, daha kserofitik (kurakçıl) ve kurağa dayanıklı bitki türlerini avantajlı hale getireceğini, daha hassas türlerin yerini alabileceğini ve meraları daha az çeşitli ve dirençli ekosistemlere dönüştürebileceğini düşündürmektedir (Rigge vd., 2021). **Bu dönüşüm, Türkiye’deki meralar için de büyük bir tehdittir. İklim projeksiyonları, Akdeniz ve İç Anadolu bölgelerindeki meraların, verimlilik ve kalite açısından ciddi bir düşüş riski altında olduğunu göstermektedir** (Hatipoğlu vd., 2019).

Akdeniz ekosistemlerinin değişim/dönüşümünde yangının önemini göz önünde bulundurmak gereklidir. Bu çalışmada, iklimsel değişkenler kullanılmış ve yangın faktörü göz ardı edilmiştir. Ancak literatürde, çoğu zaman iklim etkisiyle oluşan yangınların bölgedeki vejetasyon yapısı ve kompozisyonu üzerinde önemli sonuçları olduğu görülmektedir (Parissi vd., 2023; Stavi, 2019). Yangınlar, floranın, iklim değişikliği de dâhil olmak üzere gelecekteki bozulmalara karşı direncini artırabilecek adaptasyonlar geliştirmesine yol açar. Yangın, hem vejetasyon dinamiklerini etkilemeye devam eder hem de uzun vadeli ekolojik süreçleri etkiler. Bu durum, yangın sonrası çalışmalarda gözlemlenen ve yerel türlerin yangın olaylarından sonra nasıl yeniden oluştuğunu gösteren çalışmalarla kanıtlanmıştır (Maher vd., 2025). Türkiye’de Akdeniz kuşağında çıkan yangınların, mera alanlarını doğrudan tahrip ederek yangın sonrası istilacı türlerin yayılımına neden olmuştur (Erkovan vd., 2016). Dolayısıyla, iklim değişikliğinin etkilerini anlamaya yönelik modellerde yangın faktörünün ihmal edilmesi, Akdeniz ekosistemlerinin gelecekteki dinamiklerini eksik yansıtırma riskini taşımaktadır. Bu nedenle, gelecekte yapılacak araştırmalarda yangın-iklim etkileşiminin birlikte ele alınması, Akdeniz bölgesindeki mera ve orman ekosistemlerinin sürdürülebilir yönetimi bakımından önemli olacaktır.

SONUÇ

Bu çalışmada, Akdeniz Havzası’nda yayılış gösteren ve istilacı karakteriyle mera ekosistemleri için önemli bir tehdit oluşturan yaz çiriş otunun (*Asphodelus aestivus* Brot.), günümüz ve gelecek iklim koşullarındaki habitat uygunluğunu modellemiştir. MaxEnt algoritması kullanılarak yürütülen modelleme çalışmasında, türün dağılımını belirleyen temel çevresel faktörler ortaya konmuş ve iklim değişikliğinin bu tür üzerindeki potansiyel etkileri niceliksel olarak tahmin edilmiştir. Elde edilen bulgular, türün dağılımını en fazla sınırlayan faktörün en yağışlı ayın yağış miktarı (bio13, %41,8) olduğunu göstermiştir. Bu durum, *A. aestivus*’un büyüme ve çiçeklenme döneminin kış-ilkbahar yağışlarına bağlı olduğunu ve su stresine karşı hassasiyetini ortaya koymaktadır. Bunu, en soğuk ayın minimum sıcaklığı (bio6, %20,2) ve yağış ile sıcaklığın mevsimselliği (bio15 ve bio4) takip etmektedir. Modelin yüksek doğruluk değeri ($AUC_{TEST} = 0,921$), tahminlerin güvenilir olduğunu desteklemektedir.



Gelecek projeksiyonları, türün küresel ölçekteki habitat uygunluğunda önemli kayıplar olacağını işaret etmektedir. Özellikle yüksek emisyon senaryosuna (SSP585) göre, 2081–2100 döneminde uygun habitat alanlarının yaklaşık %49,2 oranında azalması beklenmektedir. Türkiye özelinde ise bu kayıp oranının %77'lere kadar çıkabileceği öngörülmüştür. Batı Anadolu, Ege Bölgesi, Yunanistan ve Güney İspanya, habitat kayıplarının en şiddetli yaşanacağı bölgeler olarak öne çıkarken, Kuzey Afrika kıyıları ve yüksek rakımlı alanlarda sınırlı kazanımların olabileceği tahmin edilmiştir. Ancak, bu kazanımların mevcut kayıpları telafi etmekten uzak, parçalı ve coğrafi olarak sınırlı kalacağı değerlendirilmektedir. Bu sonuçlar, iklim değişikliğinin mera ekosistemleri üzerindeki dolaylı ancak güçlü bir tehdit oluşturabileceğini ortaya koymaktadır. İstilacı bir tür olan *A. aestivus*'un bile iklim değişikliğinden ciddi şekilde olumsuz etkilenecek olması, daha hassas ve değerli mera türlerinin karşı karşıya olduğu riskin boyutlarını daha da endişe verici hale getirmektedir. Azalan ot verimi, bozulan tür kompozisyonu ve hayvancılık açısından taşıma kapasitesindeki düşüş, bölge ekonomisi ve gıda güvenliği için önemli sonuçlar doğurabilir.

Çalışmanın en önemli kısıtı, projeksiyonların yalnızca çevresel değişkenlere dayanmasıdır. Oysa arazi kullanım değişikliği, yangın dinamikleri, otlatma baskısı ve toprak özellikleri gibi faktörler de türün gerçek dağılımını ve geleceğini etkileyecektir. Özellikle yangın sonrası hızlı yenilenme kapasitesi, türün bozulmuş alanlarda geçici de olsa avantaj sağlayabileceğini göstermektedir. Sonuç olarak, bu çalışma, etkin mera yönetimi ve iklim değişikliğine uyum stratejileri geliştirilmesi için kritik bir bilimsel altlık sağlamaktadır. Özellikle habitat kaybının yoğun olarak öngörüldüğü Batı Anadolu gibi bölgelerde, tohum bankası yönetimi, erken uyarı sistemleri iklime uyumlu yem üretim stratejileri ve kontrollü otlatma planlaması gibi adaptasyon çalışmalarının acilen hayata geçirilmesi gerekmektedir. Ayrıca, iklim değişikliği ve istilacı/yayılmacı tür dinamiklerinin daha bütüncül bir şekilde anlaşılabilmesi için gelecek çalışmalarda yangın rejimi ve arazi kullanım/örtüsü değişimi de modellere entegre edilmelidir. Bu bulgular, sadece bir bitki türünün geleceğini değil, Akdeniz mera ekosistemlerinin iklim değişikliği karşısındaki kırılganlığını ve sürdürülebilir yönetiminin aciliyetini vurgulamaktadır

..



Ek Tablo 1. **MaxEnt model adaylarının performans değerlendirme sonuçları.** MaxEnt model adaylarının performans değerlendirme sonuçları. (fc: Feature combinations (özellik kombinasyonları); rm: Regularization multiplier (düzenleştirme katsayısı); tune.args: Model ayar parametreleri; auc.train: AUC training (eğitim verisi için AUC); cbi.train: Continuous Boyce Index training (eğitim verisi için CBI); auc.diff.avg: Ortalama AUC farkı (eğitim-test); auc.diff.sd: AUC farkının standart sapması; auc.val.avg: Validation AUC average (doğrulama verisi için ortalama AUC); auc.val.sd: Validation AUC standard deviation (doğrulama AUC standart sapması); cbi.val.avg: Validation CBI average (doğrulama için ortalama CBI); cbi.val.sd: Validation CBI standard deviation (doğrulama CBI standart sapması); or.10p.avg: 10th percentile training omission rate average (%10 eşik hata oranı ortalaması); or.10p.sd: 10th percentile omission rate standard deviation (%10 hata oranı sapması); or.mtp.avg: Minimum training presence omission rate average (minimum varlık eşğinde hata oranı ortalaması); or.mtp.sd: Minimum training presence omission rate standard deviation (minimum varlık eşğinde hata oranı sapması); AICc: Akaike Information Criterion corrected (küçük örneklem için düzeltilmiş AIC); delta.AICc: AICc farkı (en iyi modele göre); w.AIC: AICc weight (AIC ağırlığı); ncoef: Modeldeki katsayı sayısı).

fc	r	m	tune.args	auc.tr ain	cbi.t rain	auc.di ff.avg	auc.d iff.sd	auc.v al.avg	auc.v al.sd	cbi.v al.av g	cbi.v al.sd	or.10 p.avg	or.10 p.sd	or.mt p.avg	or.mt p.sd	AICc	delta. AICc	w.AIC	nc oe f
1	L	5	0																
			fc.L_rm.	0.841	0.97	0.015	0.009	0.840	0.017	0.902	0.060	0.098	0.031	0.001	0.005	15672.	1408.		
			0.5	2609	2	1624	7079	444	0192	3	4061	0903	5155	5873	0195	41605	3006	1.41E-306	6
2	LQ	5	0																
			fc.LQ_rm	0.901	0.98	0.009	0.007	0.899	0.011	0.861	0.059	0.107	0.038	0.003	0.010	14992.	728.7		
			.0.5	3543	1	5313	271	2995	0793	8	4938	5893	6894	1746	039	82716	1168	5.25E-159	12
3	H	5	0																
			fc.H_rm.	0.936	0.99	0.005	0.004	0.932	0.005	0.887	0.109	0.106	0.012	0.001	0.005	14499.	235.0		
			0.5	6258	4	6668	2876	954	5729	6	0751	002	9472	5873	0195	15488	394	8.31E-52	46
4	H	5	0																
			fc.LQH_r	0.936	0.99	0.005	0.004	0.932	0.005	0.891	0.107	0.104	0.013	0.001	0.005	14503.	239.1		
			m.0.5	4473	4	6796	3088	9231	5987	5	172	4147	2213	5873	0195	25436	3888	1.07E-52	47



		0																
	LQ	.	fc.LQHP	0.948	0.98	0.005	0.004	0.944	0.005	0.945	0.020	0.115	0.026	0.001	0.005	14268.	4.557	
5	HP	5	_rm.0.5	3737	8	406	9825	7133	8717	1	4692	501	9855	5873	0195	6734	9253	0.092880316 48
	LQ	0																
	HP	.	fc.LQHP		0.99											14264.		
6	T	5	T_rm.0.5	0.952	8	0.007	0.006	0.946	0.007	0.946	0.021	0.122	0.025	0.002	0.005	115	0.000	0.907 73
			fc.L_rm.	0.841	0.97	0.015	0.009	0.840	0.017	0.902	0.055	0.101	0.030	0.001	0.005	15671.	1407.	
7	L	1	1	0514	3	1327	8211	2791	0595	3	9505	2401	0036	5873	0195	7023	5868	2.01E-306 5
			fc.LQ_rm	0.900	0.98	0.008	0.005	0.898	0.009	0.880	0.045	0.106	0.034	0.003	0.010	15018.	754.5	
8	LQ	1	.1	4873	1	4942	9961	7422	5197	5	2947	0268	3134	1746	039	62954	1406	1.31E-164 12
			fc.H_rm.	0.934	0.99	0.005	0.004	0.931	0.005	0.867	0.127	0.110	0.014	0.001	0.005	14535.	271.8	
9	H	1	1	3676	2	0744	7138	1442	5505	5	3318	7391	7505	5873	0195	97996	6448	8.38E-60 39
			fc.LQH_r	0.934	0.99	0.005	0.004	0.931	0.005	0.857	0.142	0.107	0.014	0.001	0.005	14532.	268.7	
10	LQ	1	m.1	2872	2	1041	6739	0605	5297	5	6965	5893	5205	5873	0195	83535	1987	4.04E-59 38
			fc.LQHP	0.945	0.99	0.005	0.005	0.942	0.006	0.940	0.039	0.110	0.029	0.001	0.005	14318.	54.27	
11	HP	1	_rm.1	3807	4	1119	2387	9209	2208	2	6283	7391	7654	5873	0195	38578	0303	1.49E-12 34
	LQ																	
	HP	.	fc.LQHP	0.947	0.99	0.006	0.006	0.943	0.007	0.929	0.031	0.110	0.031	0.001	0.005	14315.	51.12	
2	T	1	T_rm.1	321	6	1676	3751	3285	0095	8	1619	6399	9812	5873	0195	23728	1801	7.19E-12 50
			fc.L_rm.	0.840	0.97	0.015	0.009	0.840	0.017	0.900	0.050	0.101	0.030	0.001	0.005	15672.	1408.	
13	L	5	1.5	8995	4	1435	8959	1454	1141	6	9012	2401	0036	5873	0195	95853	8431	1.07E-306 5



1		1																	
1	.	fc.LQ_rm	0.899	0.97	0.007	0.005	0.898	0.008	0.882	0.049	0.104	0.036	0.003	0.010	15035.	771.8			
4	LQ	5	.1.5	7633	9	7832	479	362	7592	7	8399	4395	009	1746	039	95293	3745	2.27E-168	10
1		1																	
1	.	fc.H_rm.	0.932	0.99	0.004	0.004	0.929	0.005	0.836	0.139	0.109	0.015	0.001	0.005	14556.	292.6			
5	H	5	1.5	4285	1	6036	7656	1112	1149	3	2297	1518	539	5873	0195	80466	8918	2.52E-64	29
1		1																	
1	LQ	.	fc.LQH_r	0.932	0.99	0.004	0.004	0.929	0.005	0.856	0.122	0.105	0.014	0.001	0.005	14558.	294.4		
6	H	5	m.1.5	4628	1	6822	7204	1111	1684	9	2761	9772	7119	5873	0195	51713	0165	1.07E-64	30
1		1																	
1	LQ	.	fc.LQHP	0.943	0.99	0.005	0.005	0.941	0.006	0.925	0.048	0.106	0.036	0.001	0.005	14353.	89.14		
7	HP	5	_rm.1.5	9741	9	0784	2776	183	1523	6	4107	002	5577	5873	0195	25797	249	3.99E-20	27
1		1																	
1	LQ	.	fc.LQHP	0.945	0.99	0.006	0.005	0.941	0.006	0.927	0.038	0.115	0.036	0.001	0.005	14348.	84.61		
8	HP	5	T_rm.1.5	4935	1	115	9404	9252	8782	1	7627	377	8056	5873	0195	73045	4968	3.83E-19	38
1		1																	
1	L	2	2	7112	3	1868	9441	9726	1777	4	3525	2401	0036	5873	0195	50437	3889	4.96E-307	5
1		1																	
2		2	2	8695	0.97	4508	4587	6181	5109	6	7361	6141	7285	1746	039	80492	8944	1.11E-172	10
1		1																	
2		2	2	5549	1	5448	2417	4568	7833	6	1033	5893	852	5873	0195	41069	9521	7.02E-75	29
1		1																	
2	LQ	.	fc.LQH_r	0.929	0.98	0.004	0.004	0.926	0.004	0.828	0.167	0.106	0.024	0.003	0.010	14605.	341.4		
2	H	2	m.2	5321	3	6164	1092	293	7116	2	4407	002	8102	1746	039	53369	1821	6.60E-75	29



2	LQ	fc.LQHP	0.941	0.99	0.005	0.005	0.938	0.006		0.052	0.107	0.032	0.001	0.005	14407.	143.8		
3	HP	2 _rm.2	6693	6	0732	2698	6496	14	0.913	3535	5645	3048	5873	0195	94923	3375	5.30E-32	25
	LQ																	
2	HP	fc.LQHP	0.943	0.98	0.006	0.005	0.940	0.006	0.918	0.043	0.110	0.032	0.001	0.005	14386.	122.3		
4	T	2 T_rm.2	8508	6	0063	94	099	794	9	2755	6895	2238	5873	0195	48994	7446	2.42E-27	32
		2																
2	.	fc.L_rm.	0.840	0.97	0.015	0.010	0.839	0.017		0.049	0.101	0.034	0.001	0.005	15676.	1412.		
5	L	5 2.5	5169	3	2554	0049	7939	2663	0.898	5311	2897	494	5873	0195	1516	0361	2.18E-307	5
		2																
2	.	fc.LQ_rm	0.897	0.96	0.007	0.005	0.896	0.008		0.055	0.104	0.034	0.003	0.010	15077.	813.7		
6	LQ	5 .2.5	7051	5	4673	2648	5187	4701	0.896	5078	3899	2327	1746	039	83749	2201	1.82E-177	10
		2																
2	.	fc.H_rm.	0.926	0.98	0.004	0.004	0.924	0.004	0.841	0.132	0.110	0.028	0.003	0.010	14628.	364.2		
7	H	5 2.5	9035	8	2286	0499	2907	7721	5	7539	7887	0992	1746	039	39408	786	7.17E-80	22
		2																
2	LQ	.	fc.LQH_r	0.926	0.98	0.004	0.003	0.923	0.004		0.138	0.110	0.030	0.003	0.010	14633.	369.5	
8	H	5 m.2.5	5945	7	418	8026	7685	6356	0.836	0403	7639	8321	1746	039	6213	0582	5.25E-81	24
		2																
2	LQ	.	fc.LQHP	0.938	0.99	0.004	0.005	0.935	0.005	0.896	0.058	0.109	0.034	0.003	0.010	14473.	209.7	
9	HP	5 _rm.2.5	591	4	8623	2256	8842	8873	4	7957	127	4424	1746	039	90739	9191	2.52E-46	27
		2																
	LQ	2																
3	HP	.	fc.LQHP	0.941	0.97	0.006	0.005	0.938	0.006	0.892	0.048	0.115	0.034	0.001	0.005	14440.	175.9	
0	T	5 T_rm.2.5	7625	9	0155	7884	1096	7892	4	3832	4514	0238	5873	0195	09358	781	5.55E-39	32



3		fc.L_rm.	0.840	0.97	0.015	0.010	0.839	0.017	0.893	0.053	0.098	0.034	0.001	0.005	15677.	1413.		
1	L	3 3	3207	3	2882	0753	5425	3394	8	2328	1151	9475	5873	0195	9594	8439	8.82E-308	5
3		fc.LQ_rm	0.896	0.96	0.007	0.005	0.895	0.008		0.058	0.104	0.030	0.001	0.005	15098.	834.5		
2	LQ	3 .3	4282	7	653	2255	3877	6602	0.897	1913	3899	7883	5873	0195	62803	1255	5.57E-182	9
3		fc.H_rm.	0.925	0.99	0.004	0.003	0.922	0.004	0.855	0.115	0.106	0.028	0.003	0.010	14653.	389.8		
3	H	3 3	1867	1	3562	7944	8569	8629	4	6097	0268	0883	1746	039	98458	691	1.99E-85	22
3	LQ	fc.LQH_r	0.925	0.99	0.004	0.003	0.922	0.004	0.871	0.110	0.106	0.027	0.003	0.010	14650.	385.8		
4	H	3 m.3	0934	2	3944	4499	7334	6489	9	9208	0268	0091	1746	039	00149	8602	1.46E-84	21
3	LQ	fc.LQHP	0.936	0.99	0.004	0.005	0.933	0.005	0.906	0.049	0.107	0.033	0.003	0.010	14511.	247.4		
5	HP	3 _rm.3	2551	1	7468	0285	6477	8059	5	3452	5149	7588	1746	039	55995	4447	1.68E-54	24
	LQ																	
3	HP	fc.LQHP	0.939	0.97	0.005	0.005	0.936	0.006	0.882	0.045	0.117	0.029	0.001	0.005	14489.	225.2		
6	T	3 T_rm.3	5467	6	7769	5806	0398	7783	5	9789	0139	6814	5873	0195	32162	0614	1.13E-49	32
		3																
3		. fc.L_rm.	0.840	0.96	0.015	0.010	0.839	0.017	0.894	0.052	0.096	0.036	0.001	0.005	15679.	1415.		
7	L	5 3.5	0835	7	335	1292	3076	4132	3	1878	5278	2307	5873	0195	89906	7836	3.34E-308	5
		3																
3		. fc.LQ_rm	0.895	0.96	0.007	0.005	0.894	0.008	0.901	0.037	0.104	0.030	0.003	0.006	15120.	856.2		
8	LQ	5 .3.5	2967	8	7709	338	3476	9258	7	1066	3899	7883	1746	6927	35097	3549	1.07E-186	9
		3																
3		. fc.H_rm.	0.924	0.99	0.004	0.003	0.922	0.004	0.836	0.145	0.104	0.029	0.003	0.010	14664.	400.3		
9	H	5 3.5	7707	1	4706	6293	4371	9186	1	6689	4643	2574	1746	039	48333	6785	1.04E-87	20



4	LQ	3	fc.LQH_r	0.924	0.99	0.004	0.003	0.922	0.004	0.884	0.104	0.104	0.035	0.003	0.010	14657.	393.6		
0	H	5	m.3.5	4445	5	426	2786	0201	679	7	865	4643	326	1746	039	71788	024	3.08E-86	18
4	LQ	3	fc.LQHP	0.933	0.99	0.004	0.004	0.931	0.005	0.903	0.063	0.107	0.035	0.003	0.010	14549.	284.9		
1	HP	5	_rm.3.5	9467	3	6692	9962	4439	7983	6	1492	5645	6027	1746	039	11014	9466	1.18E-62	23
4	HP	3	fc.LQHP	0.937	0.98	0.005	0.005	0.933	0.006	0.881	0.056	0.107	0.033	0.001	0.005	14528.	263.9		
2	T	5	T_rm.3.5	0747	1	7397	6367	3557	8508	7	1151	5149	7073	5873	0195	078	6252	4.35E-58	29
4	L	4	fc.L_rm.	0.839	0.96	0.015	0.010	0.839	0.017		0.055	0.094	0.037	0.001	0.005	15681.	1417.		
3	L	4		8329	6	3587	2197	0514	4884	0.891	8072	9405	3951	5873	0195	95887	8434	0.00E+00	5
4	LQ	4	fc.LQ_rm	0.893	0.97	0.008	0.005	0.892	0.009	0.902	0.043	0.102	0.029	0.001	0.005	15143.	879.1		
4	LQ	4	.4	9241	2	0116	4763	9831	2435	8	5885	8274	9549	5873	0195	29621	8073	1.11E-191	9
4	H	4	fc.H_rm.	0.924	0.99	0.004	0.003	0.922	0.005	0.825	0.144	0.099	0.030	0.003	0.010	14675.	411.6		
5	H	4		4038	3	6085	5675	0516	0047	3	1535	7024	9262	1746	039	72805	1258	3.78E-90	19
4	LQ	4	fc.LQH_r	0.923	0.99	0.004	0.003	0.921	0.004	0.890	0.093	0.102	0.033	0.003	0.010	14677.	413.5		
6	H	4	m.4	613	5	5543	2664	3688	8441	8	4913	877	7297	1746	039	66758	521	1.43E-90	20
4	LQ	4	fc.LQHP	0.931	0.99	0.004	0.004	0.929	0.005	0.895	0.087	0.106	0.035	0.003	0.010	14585.	321.4		
7	HP	4	_rm.4	6919	2	7267	9142	3396	8567	4	4861	002	8564	1746	039	59136	7588	1.41E-70	23
4	HP	3	fc.LQHP	0.933	0.98	0.005	0.005	0.930	0.006	0.896	0.061	0.112	0.038	0.001	0.005	14570.	306.5		
8	T	4	T_rm.4	8521	7	6782	6984	2251	9132	6	283	2768	0794	5873	0195	71121	9573	2.41E-67	27



4		4	.	fc.L_rm.	0.839	0.96	0.015	0.010	0.838	0.017	0.889	0.057	0.094	0.035	0.001	0.005	15686.	1422.		
9	L	5	4.5		5169	7	3947	3145	7384	5728	3	525	9405	0774	5873	0195	18464	0692	0.00E+00	6
5		4	.	fc.LQ_rm	0.892	0.96	0.008	0.005	0.891	0.009	0.905	0.036	0.102	0.029	0.001	0.005	15167.	903.1		
0	LQ	5	.4.5		2922	9	303	5185	4623	5613	4	3874	8274	9549	5873	0195	23914	2366	7.03E-197	9
5		4	.	fc.H_rm.	0.923	0.99	0.004	0.003	0.921	0.005		0.156	0.104	0.032	0.003	0.010	14694.	430.7		
1	H	5	4.5		9464	5	7356	5825	6287	1827	0.813	365	4395	752	1746	039	81913	0365	2.70E-94	21
5		4	.	fc.LQH_r	0.922		0.004	0.003	0.920	0.005	0.880	0.098	0.099	0.031	0.003	0.010	14689.	425.6		
2	LQ	5	m.4.5		9769	0.99	7264	2787	7504	0768	9	9326	7024	8185	1746	039	74237	2689	3.42E-93	19
5		4	.	fc.LQHP	0.929	0.99	0.004	0.004	0.927	0.005	0.880	0.095	0.106	0.036	0.003	0.010	14615.	351.3		
3	LQ	5	_rm.4.5		4563	3	8288	7735	3044	9415	7	345	002	6288	1746	039	4515	3602	4.63E-77	21
5		4	.	fc.LQHP	0.930	0.98	0.005	0.005	0.927	0.006	0.891	0.062	0.118	0.042	0.001	0.005	14609.	345.8		
4	LQ	5	T_rm.4.5		6381	3	7789	4536	5812	7133	5	9978	626	8569	5873	0195	94658	311	7.27E-76	25
5		4	.	fc.L_rm.	0.839	0.96	0.015	0.010	0.838	0.017	0.886	0.059	0.096	0.032	0.001	0.005	15688.	1424.	4.476512434	
5	L	5	5		1816	4	4113	3899	3774	6285	7	4681	5278	9955	5873	0195	52559	4101	79997e-310	6
5		4	.	fc.LQ_rm	0.890	0.96	0.008	0.005	0.889	0.009	0.898	0.024	0.101	0.031	0.001	0.005	15192.	928.3		
6	LQ	5	.5		457	1	6471	619	7443	9353	2	3484	2649	7409	5873	0195	48735	7187	2.31E-202	9
5		4	.	fc.H_rm.	0.923	0.98	0.004	0.003	0.921	0.005		0.164	0.104	0.034	0.003	0.010	14706.	442.3		
7	H	5	5		3532	8	8662	6284	1141	3259	0.798	9343	4147	288	1746	039	51528	9981	7.79E-97	19



5	LQ	fc.LQH_r	0.922	0.98	0.004	0.003	0.920	0.005	0.885	0.103	0.101	0.033	0.003	0.010	14702.	438.1		
8	H	5 m.5	3233	7	8521	3478	11	3007	4	7028	2897	6726	1746	039	24942	3394	6.58E-96	18
5	LQ	fc.LQHP	0.926	0.98	0.005	0.004	0.925	0.006	0.863	0.118	0.107	0.038	0.003	0.010	14650.	386.1		
9	HP	5 _rm.5	9728	8	0489	6467	2565	1751	2	0365	6141	0065	1746	039	24769	3221	1.29E-84	21
6	LQ	fc.LQHP	0.928		0.005	0.005	0.925	0.006	0.878	0.077	0.112	0.036	0.001	0.005	14639.	375.2		
0	T	5 T_rm.5	1937	0.98	9407	0928	5436	7278	1	3828	3264	1167	5873	0195	33656	2109	3.02E-82	23
6	.	5 fc.L_rm.	0.838	0.96	0.015	0.010	0.838	0.017	0.885	0.063	0.098	0.032	0.001	0.005	15690.	1426.	1.300272807	
1	L	5 5.5	809	3	4221	4995	0078	6995	2	3242	1151	4555	5873	0195	99813	8826	90201e-310	6
6	.	5 fc.LQ_rm	0.888	0.95	0.009	0.005	0.887	0.010	0.896	0.026	0.102	0.032	0.001	0.005	15218.	954.5		
2	LQ	5 .5.5	4601	9	0232	7597	7622	3419	4	8046	877	6775	5873	0195	68035	6487	4.75E-208	9
6	.	5 fc.H_rm.	0.922	0.98	0.005	0.003	0.920	0.005	0.774	0.180	0.104	0.031	0.003	0.010	14719.	455.0		
3	H	5 5.5	8593	3	0021	6807	6082	4221	3	7079	4147	7443	1746	039	20256	8708	1.37E-99	18
6	LQ	5 fc.LQH_r	0.921	0.98	0.005	0.003	0.919	0.005	0.887	0.098	0.099	0.031	0.003	0.010	14712.	447.9		
4	H	5 m.5.5	6017	4	0175	4102	5018	5423	6	884	7024	8185	1746	039	02051	0503	4.97E-98	16
6	LQ	5 fc.LQHP	0.924	0.98	0.005	0.004	0.923	0.006	0.862	0.120	0.104	0.037	0.003	0.010	14678.	414.1		
5	HP	5 _rm.5.5	5489	7	31	5207	1704	4575	8	2292	4395	5317	1746	039	30789	9241	1.04E-90	19



6	LQ	5																	
6	HP	.	fc.LQHP	0.925	0.98	0.006	0.004	0.923	0.006	0.861	0.105	0.109	0.038	0.001	0.005	14666.	402.7		
6	T	5	T_rm.5.5	7343	1	0929	7552	4205	7678	4	7441	2014	4971	5873	0195	90472	8924	3.11E-88	21
6			fc.L_rm.	0.838	0.96	0.015	0.010	0.837	0.017	0.879	0.066	0.096	0.036	0.001	0.005	15693.	1429.	3.546376452	
7	L	6	6	446	2	4373	6081	6726	7696	6	3998	5278	9953	5873	0195	59659	4811	34295e-311	6
6			fc.LQ_rm	0.886	0.95	0.009	0.005	0.885	0.010	0.896	0.027	0.101	0.028	0.001	0.005	15245.	981.7		
8	LQ	6	.6	3381	8	3524	9156	6628	7256	2	6478	2897	0003	5873	0195	85718	417	5.96E-214	9
6			fc.H_rm.	0.922	0.97	0.005	0.003	0.920	0.005	0.766	0.202	0.102	0.033	0.003	0.010	14731.	467.7		
9	H	6	6	3301	5	1126	8141	0448	6244	3	4132	8522	5171	1746	039	8677	5222	2.44E-102	17
7	LQ		fc.LQH_r	0.920	0.98	0.005	0.003	0.918	0.005	0.884	0.109	0.104	0.038	0.003	0.010	14724.	460.6		
0	H	6	m.6	9579	1	2179	4364	7582	7833	2	8067	4147	1525	1746	039	74854	3306	8.56E-101	16
7	LQ		fc.LQHP	0.922	0.98	0.005	0.004	0.921	0.006	0.862	0.113	0.102	0.036	0.003	0.010	14696.	432.0		
1	HP	6	_rm.6	8114	9	5244	5237	2054	6514	9	8044	877	9006	1746	039	13482	1934	1.40E-94	15
7	LQ																		
2	HP		fc.LQHP	0.923	0.98	0.006	0.004	0.921	0.006	0.868	0.085	0.109	0.038	0.001	0.005	14691.	427.6		
2	T	6	T_rm.6	5535	6	2384	458	6143	8527	7	2422	2014	4971	5873	0195	78852	7304	1.23E-93	19
6																			
7			fc.L_rm.	0.838		0.015	0.010	0.837	0.017	0.878	0.068	0.098	0.035	0.001	0.005	15696.	1432.	9.345697096	
3	L	5	6.5	0661	0.96	4529	7173	2901	8423	2	5919	1151	7396	5873	0195	26378	1483	79056e-312	6
6																			
7			fc.LQ_rm	0.884	0.95	0.009	0.006	0.883	0.011	0.894	0.033	0.102	0.028	0.001	0.005	15273.	1009.		
4	LQ	5	.6.5	0429	4	7272	1633	4037	1896	8	5453	8522	0618	5873	0195	83148	716	5.02E-220	9



7		6																		
5	H	5	6.5	fc.H_rm.	0.921	0.005	0.003	0.919	0.005	0.738	0.209	0.104	0.034	0.003	0.010	14745.	481.4			
					8811	0.97	2183	8479	4189	7252	6	4274	4395	318	1746	039	56363	4815	2.59E-105	17
7	LQ	6																		
6	H	5	m.6.5	fc.LQH_r	0.920	0.97	0.005	0.003	0.918	0.006	0.889	0.092	0.102	0.038	0.003	0.010	14733.	469.4		
					2796	7	458	384	1618	002	3	8536	8274	1732	1746	039	53981	2434	1.06E-102	14
7	LQ	6																		
7	HP	5	_rm.6.5	fc.LQHP	0.922	0.99	0.005	0.004	0.920	0.006	0.858	0.129	0.101	0.036	0.003	0.010	14712.	448.7		
					0366	1	7314	5341	0608	6858	1	2813	3145	8786	1746	039	84269	2721	3.29E-98	16
7	LQ	6																		
8	T	5	T_rm.6.5	fc.LQHP	0.922	0.98	0.006	0.004	0.920	0.006	0.866	0.085	0.106	0.036	0.001	0.005	14699.	435.3		
					8617	7	357	3196	7177	9566	2	3031	0268	6794	5873	0195	44319	2771	2.68E-95	16
7	L	7	7	fc.L_rm.	0.837	0.95	0.015	0.010	0.836	0.017	0.875	0.066	0.098	0.038	0.001	0.005	15699.	1434.	2.250818498	
9					6288	9	4884	8778	8786	9604	5	229	1151	0169	5873	0195	11103	9955	0347e-312	6
8	LQ	7	.7	fc.LQ_rm	0.881	0.95	0.010	0.006	0.880	0.011	0.893	0.036	0.099	0.027	0.001	0.005	15303.	1038.		
0					5405	3	1363	4068	9949	6713	7	0526	6776	8207	5873	0195	02674	9113	2.30E-226	9
8	H	7	7	fc.H_rm.	0.921	0.005	0.003	0.918	0.005	0.721	0.212	0.102	0.038	0.003	0.010	14760.	496.4			
1					318	0.97	3578	8913	7978	8454	3	2431	8274	7879	1746	039	53093	1545	1.45E-108	17
8	LQ	7	m.7	fc.LQH_r	0.919	0.97	0.005	0.003	0.917	0.006	0.877	0.104	0.101	0.039	0.003	0.010	14742.	478.4		
2	H				8668	4	6997	4377	7174	2397	6	6955	2649	5901	1746	039	58998	745	1.14E-104	13
8	LQ	7	_rm.7	fc.LQHP	0.921	0.99	0.005	0.004	0.919	0.006	0.866	0.113	0.101	0.037	0.003	0.010	14723.	459.5		
3	HP				2364	1	8516	6385	3682	8362	8	5026	2897	5311	1746	039	68326	6778	1.46E-100	14



8	LQ																		
4	HP	7	fc.LQHP	0.922	0.006	0.004	0.920	0.006	0.872	0.082	0.106	0.033	0.001	0.005	14708.	444.8			
4	T	7	T_rm.7	3948	0.99	3756	3199	2302	9754	3	5941	0268	4876	5873	0195	99033	7485	2.26E-97	15
8		7																	
5	L	5	fc.L_rm.	0.837	0.95	0.015	0.010	0.836	0.018	0.872	0.070	0.094	0.037	0.001	0.005	15702.	1437.	5.094364156	
5		5	7.5	1717	4	5016	9832	46	0281	9	0404	9405	3951	5873	0195	08252	967	48223e-313	6
8		7																	
6	LQ	5	fc.LQ_rm	0.878	0.94	0.010	0.006	0.878	0.012		0.040	0.101	0.025	0.001	0.005	15333.	1069.		
6		5	.7.5	8334	7	4901	6914	3185	1369	0.892	694	1905	6835	5873	0195	14666	0312	6.61E-233	9
8		7																	
7	H	5	fc.H_rm.	0.920	0.97	0.005	0.003	0.918	0.005	0.705	0.199	0.102	0.038	0.003	0.010	14776.	512.1		
7		5	7.5	5501	4	4813	9271	031	9931	9	6294	8274	7879	1746	039	29607	8059	5.48E-112	17
8		7																	
8	LQ	5	fc.LQH_r	0.919	0.96	0.005	0.003	0.917	0.006	0.876	0.107	0.101	0.039	0.003	0.010	14754.	490.8		
8	H	5	m.7.5	3198	8	8964	5462	2456	4509	4	59	2649	5901	1746	039	94913	3365	2.37E-107	13
8		7																	
9	LQ	5	fc.LQHP	0.920	0.99	0.005	0.004	0.918	0.006	0.868	0.119	0.102	0.038	0.003	0.010	14733.	469.4		
9	HP	5	_rm.7.5	6161	3	8586	7765	645	975	1	8726	8522	9272	1746	039	57217	5669	1.04E-102	13
9		7																	
9	LQ	5	fc.LQHP	0.922	0.98	0.006	0.004	0.919	0.007	0.882	0.077	0.107	0.034	0.001	0.005	14719.	455.5		
0	HP	5	T_rm.7.5	0016	9	3928	3735	752	0785	1	5033	6141	1255	5873	0195	64146	2598	1.10E-99	15
9		8																	
1	L	8	fc.L_rm.	0.836	0.95	0.015	0.011	0.836	0.018	0.873	0.067	0.099	0.034	0.001	0.005	15705.	1441.	1.084333388	
1		8		7478	2	5226	1142	0542	1132	1	8486	7024	3567	5873	0195	17685	0614	20973e-313	6



9		fc.LQ_rm	0.876	0.94	0.010	0.006	0.875	0.012		0.039	0.102	0.025	0.001	0.005	15359.	1095.		
2	LQ	8 .8	1581	6	8835	9545	6924	6613	0.888	9583	7778	7651	5873	0195	83041	7149	1.06E-238	8
9		fc.H_rm.	0.919	0.97	0.005	0.004	0.917	0.006	0.686	0.221	0.107	0.037	0.003	0.010	14792.	528.2		
3	H	8 8	6456	2	5704	1005	0496	0501	3	8744	5893	7755	1746	039	37179	5631	1.77E-115	17
9	LQ	fc.LQH_r	0.918	0.96	0.006	0.003	0.916	0.006	0.878	0.105	0.101	0.038	0.003	0.010	14763.	499.4		
4	H	8 m.8	8926	6	0636	6308	7644	6421	4	0632	2649	1497	1746	039	57135	5587	3.18E-109	12
9	LQ	fc.LQHP	0.920	0.99	0.005	0.004	0.918	0.007	0.868	0.120	0.104	0.042	0.003	0.010	14747.	483.6		
5	HP	8 _rm.8	0502	4	9552	8662	0758	1598	5	1178	4395	351	1746	039	73982	2434	8.71E-106	14
	LQ																	
9	HP	fc.LQHP	0.921	0.99	0.006	0.004	0.919	0.007	0.893	0.062	0.106	0.037	0.001	0.005	14728.	464.5		
6	T	8 T_rm.8	5225	3	4078	4445	2657	1757	9	3332	0268	4348	5873	0195	67811	6263	1.20E-101	14
		8																
9		. fc.L_rm.	0.836	0.94	0.015	0.011	0.835	0.018	0.870	0.071	0.098	0.034	0.001	0.005	15708.	1444.	2.171752985	
7	L	5 8.5	3122	9	5373	2355	5989	1892	6	7963	1151	9475	5873	0195	39289	2774	53913e-314	6
		8																
9		. fc.LQ_rm	0.873	0.94	0.011	0.007	0.873	0.013	0.886	0.043	0.101	0.019	0.001	0.005	15383.	1119.		
8	LQ	5 .8.5	8706	3	2194	1756	326	1322	6	0199	2153	7198	5873	0195	95183	8363	6.14E-244	8
		8																
9		. fc.H_rm.	0.918	0.97	0.005	0.004	0.916	0.006	0.688	0.227	0.104	0.035	0.003	0.010	14803.	539.0		
9	H	5 8.5	5745	4	6987	3471	2231	3537	1	2509	4395	1243	1746	039	17771	6224	7.98E-118	15
		8																
1		8																
0	LQ	. fc.LQH_r	0.918	0.96	0.006	0.003	0.916	0.006	0.873	0.096	0.102	0.036	0.003	0.010	14774.	510.3		
0	H	5 m.8.5	4799	8	1613	7225	2968	7877	5	2627	8522	7064	1746	039	51212	9664	1.34E-111	12



1	8																		
0	LQ	.	fc.LQHP	0.919	0.99	0.006	0.004	0.917	0.007	0.867	0.119	0.102	0.041	0.003	0.010	14758.	493.9		
1	HP	5	_rm.8.5	4462	2	0658	9389	5039	3128	9	1203	8522	7047	1746	039	06782	5234	4.98E-108	13
1	LQ	8																	
0	HP	.	fc.LQHP	0.921	0.99	0.006	0.004	0.918	0.007		0.070	0.102	0.039	0.001	0.005	14739.	475.1		
2	T	5	T_rm.8.5	0044	3	4663	3927	8012	2244	0.898	4746	8522	0163	5873	0195	24138	259	6.10E-104	14
1																			
0			fc.L_rm.	0.835	0.95	0.015	0.011	0.835	0.018	0.868	0.073	0.099	0.035	0.001	0.005	15711.	1447.	4.096303674	
3	L	9	9	8348	1	567	3788	1264	2875	1	2825	7024	9495	5873	0195	72896	6135	74794e-315	6
1																			
0			fc.LQ_rm	0.871	0.94	0.011	0.007	0.870	0.013	0.887	0.039	0.101	0.023	0.001	0.005	15408.	1144.		
4	LQ	9	.9	4063	4	6139	4495	9667	6238	6	7358	2401	718	5873	0195	54375	4283	2.81E-249	8
1																			
0			fc.H_rm.	0.917	0.96	0.005	0.004	0.915	0.006	0.693	0.205	0.106	0.036	0.003	0.010	14814.	550.1		
5	H	9	9	719	5	7597	2979	5937	5906	3	762	0268	5846	1746	039	28569	7021	3.09E-120	13
1																			
0	LQ		fc.LQH_r	0.917	0.97	0.006	0.003	0.915	0.006	0.870	0.094	0.102	0.036	0.003	0.010	14786.	522.2		
6	H	9	m.9	9748	1	2777	7722	8637	9577	1	5592	8522	7064	1746	039	36473	4925	3.57E-114	12
1																			
0	LQ		fc.LQHP	0.918	0.98	0.006	0.004	0.916	0.007		0.106	0.102	0.042	0.003	0.010	14770.	506.1		
7	HP	9	_rm.9	9426	6	1811	9804	9228	4742	0.873	0409	8522	3707	1746	039	27252	5704	1.11E-110	13
1	LQ																		
0	HP		fc.LQHP	0.920	0.99	0.006	0.004	0.918	0.007	0.909	0.067	0.104	0.040	0.001	0.005	14748.	484.0		
8	T	9	T_rm.9	5693	5	5373	4015	3445	3389	4	6399	4395	4053	5873	0195	21178	963	6.88E-106	13



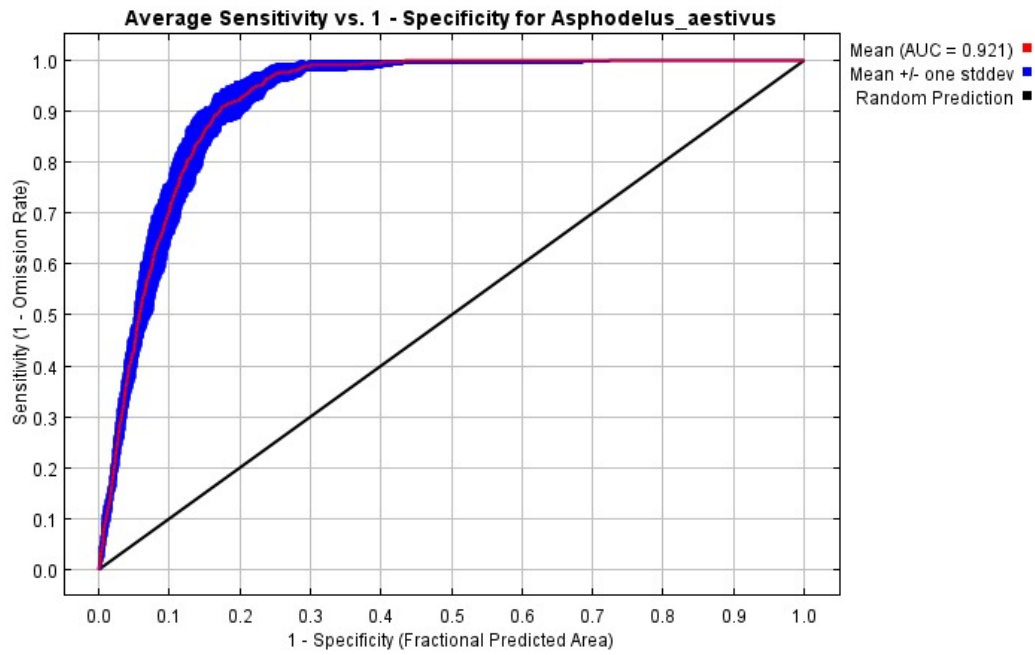
1	9																		
0	.	fc.L_rm.	0.835	0.95	0.015	0.011	0.834	0.018		0.070	0.099	0.035	0.001	0.005	15715.	1451.	7.276213757		
9	L	5 9.5	3563	2	5859	5232	6387	3812	0.869	5171	7024	9495	5873	0195	18507	0696	18551e-316	6	
1	9																		
1	.	fc.LQ_rm	0.868	0.94	0.012	0.007	0.868	0.014	0.884	0.038	0.102	0.023	0.001	0.005	15433.	1169.			
0	LQ	5 .9.5	8025	4	0271	7399	3957	147	9	4778	8026	6844	5873	0195	74043	625	9.48E-255	8	
1	9																		
1	.	fc.H_rm.	0.917	0.96	0.005	0.004	0.915	0.006	0.694	0.200	0.104	0.036	0.003	0.010	14827.	563.2			
1	H	5 9.5	0579	5	8676	2493	1608	7293	9	8518	4395	6837	1746	039	40512	8964	4.37E-123	13	
1	9																		
1	.	fc.LQH_r	0.917	0.97	0.006	0.003	0.915	0.007	0.865	0.101	0.099	0.037	0.001	0.005	14796.	532.5			
2	H	5 m.9.5	5479	3	3748	8286	4422	1205	6	8672	6776	281	5873	0195	68623	7075	2.05E-116	12	
1	9																		
1	.	fc.LQHP	0.918		0.006	0.005	0.916	0.007	0.868	0.108	0.106	0.039	0.003	0.010	14782.	518.4			
3	HP	5 _rm.9.5	3911	0.98	3389	0037	4216	6228	7	8047	0268	5271	1746	039	57643	6095	2.37E-113	13	
1	9																		
1	.	fc.LQHP	0.920	0.99	0.006	0.004	0.917	0.007	0.910	0.062	0.104	0.040	0.001	0.005	14758.	494.4			
4	T	5 T_rm.9.5	122	5	5876	4584	8999	4308	7	4323	4395	4053	5873	0195	5728	5732	3.87E-108	13	
1	9																		
1	.	fc.L_rm.	0.834		0.015	0.011	0.834	0.018	0.869	0.071	0.104	0.036	0.001	0.005	15718.	1454.	1.216334581		
5	L	0 10	8777	0.95	6086	6637	153	4837	1	9636	4395	009	5873	0195	76261	6471	1482e-316	6	
1	9																		
1	.	fc.LQ_rm	0.866	0.94	0.012	0.008	0.865	0.014	0.883	0.039	0.098	0.032	0.001	0.005	15459.	1195.			
6	LQ	0 .10	0514	6	4045	0411	7508	6183	3	6738	0407	1287	5873	0195	26818	1527	2.71E-260	8	



1																			
1		1	fc.H_rm.	0.916	0.96	0.005	0.004	0.914	0.006	0.702	0.185	0.102	0.038	0.001	0.005	14836.	571.9		
7	H	0	10	8157	4	7901	3302	7214	6895	9	4445	877	9324	5873	0195	10079	8532	5.66E-125	11
1																			
1	LQ	1	fc.LQH_r	0.917	0.97	0.006	0.003	0.915	0.007	0.860	0.100	0.101	0.038	0.001	0.005	14808.	544.0		
8	H	0	m.10	0212	5	5116	8821	0222	2616	6	9502	2649	1497	5873	0195	15998	445	6.61E-119	12
1																			
1	LQ	1	fc.LQHP	0.917	0.97	0.006	0.005	0.915	0.007	0.860	0.112	0.106	0.039	0.003	0.010	14793.	529.0		
9	HP	0	_rm.10	8006	4	4156	0058	9147	7348	3	1686	0268	5271	1746	039	15032	3485	1.20E-115	12
1	LQ																		
2	HP	1	fc.LQHP	0.919	0.99	0.006	0.004	0.917	0.007	0.917	0.049	0.102	0.039	0.001	0.005	14769.	505.0		
0	T	0	T_rm.10	5801	4	5715	5709	5017	4902	6	4665	8522	0163	5873	0195	1425	2702	1.96E-110	13



Ek Şekil 1. ROC (Receiver Operating Characteristic) eğrisi.



Ek Tablo 2. Model istatistik sonuçları (statistic: Kullanılan test istatistikleri; auc.train: Eğitim verisi için AUC; cbi.train: Eğitim verisi için Continuous Boyce Index; auc.val: Doğrulama verisi için AUC; auc.diff: AUC farkı; cbi.val: Doğrulama verisi için Continuous Boyce Index; or.mtp: Minimum varlık eşliğinde hata oranı; or.10p: %10 eşliğinde hata oranı).

	statistic	auc.train	cbi.train	auc.val	auc.diff	cbi.val	or.mtp	or.10p
1	emp.mean	0,951853	0,998	0,945648	0,007228	0,9455	0,001587	0,121751
2	emp.sd	NA	NA	0,006539	0,006471	0,021433	0,005019	0,025403
3	null.mean	0,620042	0,97452	0,698442	0,089921	0,586235	0,008577	0,08419
4	null.sd	0,010743	0,0274	0,010738	0,009536	0,097052	0,008078	0,013943
5	zscore	30,88705	0,856947	23,02209	-8,67168	3,701776	-0,86528	2,693959
6	pvalue	8,91E-210	0,195737	1,40E-117	2,13E-18	0,000107	0,193444	0,99647



KAYNAKLAR

- Aiello-Lammens, M. E., Boria, R. A., Radosavljevic, A., Vilela, B., & Anderson, R. P. (2015). spThin: An R package for spatial thinning of species occurrence records for use in ecological niche models. *Ecography*, 38(5), 541-545. <https://doi.org/10.1111/ecog.01132>
- Amatulli, G., Domisch, S., Tuanmu, M.-N., Parmentier, B., Ranipeta, A., Malczyk, J., & Jetz, W. (2018). A suite of global, cross-scale topographic variables for environmental and biodiversity modeling. *Scientific data*, 5(1), 1-15.
- Ar, B., Tuttu, G., Gülçin, D., Özcan, A. U., Kara, E., Sürmen, M., Çiçek, K., & Velázquez, J. (2022). Response of an Invasive Plant Species (*Cynanchum acutum* L.) to Changing Climate Conditions and Its Impact on Agricultural Landscapes. *Land*, 11(9), Article 9. <https://doi.org/10.3390/land11091438>
- Azzopardi, B., Balzan, M. V., Cherif, S., Doblas-Miranda, E., dos Santos, M., Dobrinski, P., Falder, M., Hassoun, A. E. R., Giupponi, C., & Koubi, V. V. (2020). *Climate and environmental change in the Mediterranean basin—Current situation and risks for the future. First Mediterranean assessment report.*
- Bohl, C. L., Kass, J. M., & Anderson, R. P. (2019). A new null model approach to quantify performance and significance for ecological niche models of species distributions. *Journal of Biogeography*, 46(6), 1101-1111.
- Boone, R. B., Conant, R. T., Sircely, J., Thornton, P. K., & Herrero, M. (2018). Climate change impacts on selected global rangeland ecosystem services. *Global Change Biology*, 24(3), 1382-1393. <https://doi.org/10.1111/gcb.13995>
- Burnham, K. P., & Anderson, D. R. (2004). Multimodel inference: Understanding AIC and BIC in model selection. *Sociological methods & research*, 33(2), 261-304.
- Campbell, L. P., Luther, C., Moo-Llanes, D., Ramsey, J. M., Danis-Lozano, R., & Peterson, A. T. (2015). Climate change influences on global distributions of dengue and chikungunya virus vectors. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 370(1665), 20140135. <https://doi.org/10.1098/rstb.2014.0135>
- Clements, D. R., & Ditommaso, A. (2011). Climate change and weed adaptation: Can evolution of invasive plants lead to greater range expansion than forecasted? *Weed Research*, 51(3), 227-240. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3180.2011.00850.x>
- Cramer, W., Guiot, J., Fader, M., Garrabou, J., Gattuso, J.-P., Iglesias, A., Lange, M. A., Lionello, P., Llasat, M. C., Paz, S., Peñuelas, J., Snoussi, M., Toreti, A., Tsimplis, M. N., & Xoplaki, E. (2018). Climate change and interconnected risks to sustainable development in the Mediterranean. *Nature Climate Change*, 8(11), 972-980. <https://doi.org/10.1038/s41558-018-0299-2>
- Cramer, W., Guiot, J., Marini, K., Azzopardi, B., Balzan, M. V., Cherif, S., Doblas-Miranda, E., Santos, M. J. P. L. D., Dobrinski, P., Fader, M., Hassoun, A. E. R., Giupponi, C., Koubi, V., Lange, M., Lionello, P., Llasat, M. C., Moncada, S., Mrabet, R., Paz, S., ... Xoplaki, E. (2020). *MedECC 2020: Climate and Environmental Change in the Mediterranean - Summary for Policymakers.* <https://policycommons.net/artifacts/15714680/medecc-2020-summary-for-policymakers/16605539/>



- DiTomaso, J. M. (2000). Invasive weeds in rangelands: Species, impacts, and management. *Weed Science*, 48(2), 255-265. [https://doi.org/10.1614/0043-1745\(2000\)048\[0255:IWIRSI\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1614/0043-1745(2000)048[0255:IWIRSI]2.0.CO;2)
- Dormann, C. F., Elith, J., Bacher, S., Buchmann, C., Carl, G., Carré, G., Marquéz, J. R. G., Gruber, B., Lafourcade, B., Leitão, P. J., Münkemüller, T., McClean, C., Osborne, P. E., Reineking, B., Schröder, B., Skidmore, A. K., Zurell, D., & Lautenbach, S. (2013). Collinearity: A review of methods to deal with it and a simulation study evaluating their performance. *Ecography*, 36(1), 27-46. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0587.2012.07348.x>
- EEA. (2020, Ekim 19). *State of nature in the EU. Results from reporting under the nature directives 2013-2018*. <https://www.eea.europa.eu/en/analysis/publications/state-of-nature-in-the-eu-2020>
- Elith, J., Kearney, M., & Phillips, S. (2010). The art of modelling range-shifting species. *Methods in Ecology and Evolution*, 1(4), 330-342. <https://doi.org/10.1111/j.2041-210X.2010.00036.x>
- Elith, J., & Leathwick, J. R. (2009). Species Distribution Models: Ecological Explanation and Prediction Across Space and Time. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 40(Volume 40, 2009), 677-697. <https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.110308.120159>
- Elith, J., Phillips, S. J., Hastie, T., Dudík, M., Chee, Y. E., & Yates, C. J. (2011). A statistical explanation of MaxEnt for ecologists. *Diversity and Distributions*, 17(1), 43-57. <https://doi.org/10.1111/j.1472-4642.2010.00725.x>
- Erkovan, Ş., KOÇ, A., GÜLLAP, M., ERKOVAN, H., & BİLEN, S. (2016). The effect of fire on the vegetation and soil properties of ungrazed shortgrasssteppe rangeland of the Eastern Anatolia region of Turkey. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 40(2), 290-299. <https://doi.org/10.3906/tar-1508-121>
- Escobar, L. E., Lira-Noriega, A., Medina-Vogel, G., & Peterson, A. T. (2014). Potential for spread of the white-nose fungus (*Pseudogymnoascus destructans*) in the Americas: Use of Maxent and NicheA to assure strict model transference. *Geospatial health*, 9(1), 221-229.
- Fick, S. E., & Hijmans, R. J. (2017). WorldClim 2: New 1-km spatial resolution climate surfaces for global land areas. *International journal of climatology*, 37(12), 4302-4315.
- Field, C. B., & Barros, V. R. (2014). *Climate Change 2014 – Impacts, Adaptation and Vulnerability: Regional Aspects*. Cambridge University Press.
- Fielding, A. H., & Bell, J. F. (1997). A review of methods for the assessment of prediction errors in conservation presence/absence models. *Environmental conservation*, 24(1), 38-49.
- Fischer, J., & Lindenmayer, D. B. (2007). Landscape modification and habitat fragmentation: A synthesis. *Global Ecology and Biogeography*, 16(3), 265-280. <https://doi.org/10.1111/j.1466-8238.2007.00287.x>
- GBIF. (2025). *GBIF—the Global Biodiversity Information Facility*. GBIF.org (29 July 2025) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.uyt3qs> [Dataset].
- Giorgi, F., & Lionello, P. (2008). Climate change projections for the Mediterranean region. *Global and Planetary Change*, 63(2), 90-104. <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2007.09.005>
- Gouveia, C. M., Trigo, R. M., Beguería, S., & Vicente-Serrano, S. M. (2017). Drought impacts on vegetation activity in the Mediterranean region: An assessment using remote sensing data



and multi-scale drought indicators. *Global and Planetary Change*, 151, 15-27. <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2016.06.011>

Guisan, A., Thuiller, W., & Zimmermann, N. E. (2017). *Habitat suitability and distribution models: With applications in R*. Cambridge University Press. <https://books.google.com/books?hl=tr&lr=&id=rYswDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR12&dq=Habitat+Suitability+and+Distribution+Models:+With+Applications+in+R&ots=IUjMpAb3vX&sig=tcGgYh6HBUXskdMMSHYZAvaQKoQ>

Hanley, J. A., & McNeil, B. J. (1982). The meaning and use of the area under a receiver operating characteristic (ROC) curve. *Radiology*, 143(1), 29-36.

Hatipoğlu, R., Avcı, M., & Çınar, S. (2019). İklim Değişikliğinin Çayır-Meralar Üzerindeki Etkileri. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, 7(12), 2282-2290. <https://doi.org/10.24925/turjaf.v7i12.2282-2290.3049>

Havstad, K. M., Peters, D. P. C., Skaggs, R., Brown, J., Bestelmeyer, B., Fredrickson, E., Herrick, J., & Wright, J. (2007). Ecological services to and from rangelands of the United States. *Ecological Economics*, 64(2), 261-268. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2007.08.005>

Heikkinen, R. K., Luoto, M., Araújo, M. B., Virkkala, R., Thuiller, W., & Sykes, M. T. (2006). Methods and uncertainties in bioclimatic envelope modelling under climate change. *Progress in Physical Geography: Earth and Environment*, 30(6), 751-777. <https://doi.org/10.1177/0309133306071957>

Hijmans, R. J., Bivand, R., Forner, K., Ooms, J., Pebesma, E., & Sumner, M. D. (2022). Package ‘terra’. *Maintainer: Vienna, Austria*, 384. <https://cran.ms.unimelb.edu.au/web/packages/terra/terra.pdf>

Hijmans, R. J., Van Etten, J., Cheng, J., Mattiuzzi, M., Sumner, M., Greenberg, J. A., Lamigueiro, O. P., Bevan, A., Racine, E. B., & Shortridge, A. (2015). Package ‘raster’. *R package*, 734, 473.

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*. Geneva, Switzerland.

Kass, J. M., Muscarella, R., Galante, P. J., Bohl, C. L., Pinilla-Buitrago, G. E., Boria, R. A., Soley-Guardia, M., & Anderson, R. P. (2021). ENMeval 2.0: Redesigned for customizable and reproducible modeling of species' niches and distributions. *Methods in Ecology and Evolution*, 12(9), 1602-1608.

Lamigueiro, O. P., & Hijmans, R. (2021). rasterVis: Visualization methods for Raster Data. Available from: [oscarperpinan. github. io/rasterVis](https://github.com/oscarperpinan/rasterVis).

Lionello, P., & Scarascia, L. (2018). The relation between climate change in the Mediterranean region and global warming. *Regional Environmental Change*, 18(5), 1481-1493. <https://doi.org/10.1007/s10113-018-1290-1>

Liu, C., Berry, P. M., Dawson, T. P., & Pearson, R. G. (2005). Selecting thresholds of occurrence in the prediction of species distributions. *Ecography*, 28(3), 385-393.

Ma, B., Karimi, M. S., Mohammed, K. S., Shahzadi, I., & Dai, J. (2024). Nexus between climate change, agricultural output, fertilizer use, agriculture soil emissions: Novel implications in the context of environmental management. *Journal of Cleaner Production*, 450, 141801. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.141801>



- Maher, A. T., Prendeville, H. R., Halofsky, J. E., Rowland, M. M., Davies, K. W., & Boyd, C. S. (2025). Climate Change Vulnerabilities and Adaptation Strategies for Land Managers on Northwest US Rangelands. *Rangeland Ecology & Management*, 98, 399-413. <https://doi.org/10.1016/j.rama.2024.04.012>
- Masson-Delmotte, V. P., Zhai, P., Pirani, S. L., Connors, C., Péan, S., Berger, N., Caud, Y., Chen, L., Goldfarb, M. I., & Scheel Monteiro, P. M. (2021). *IPCC, 2021: Summary for policymakers. in: Climate change 2021: The physical science basis. contribution of working group i to the sixth assessment report of the intergovernmental panel on climate change*. <http://researchspace.csir.co.za/dspace/handle/10204/12710>
- Merow, C., Smith, M. J., & Silander Jr, J. A. (2013). A practical guide to MaxEnt for modeling species' distributions: What it does, and why inputs and settings matter. *Ecography*, 36(10), 1058-1069.
- Muscarella, R., Galante, P. J., Soley-Guardia, M., Boria, R. A., Kass, J. M., Uriarte, M., & Anderson, R. P. (2014). ENM eval: An R package for conducting spatially independent evaluations and estimating optimal model complexity for Maxent ecological niche models. *Methods in ecology and evolution*, 5(11), 1198-1205.
- Naimi, B. (2015). USDM: Uncertainty analysis for species distribution models. R package version 1.1–15. *R Documentation*.
- Pantis, J. D., Sgardelis, S. P., & Stamou, G. P. (1994). *Asphodelus aestivus*, an example of synchronization with the climate periodicity. *International Journal of Biometeorology*, 38(1), 28-32. <https://doi.org/10.1007/BF01241801>
- Parissi, Z. M., Kyriazopoulos, A. P., Drakopoulou, T. A., Korakis, G., & Abraham, E. M. (2023). Wildfire Effects on Rangeland Health in Three Thermo-Mediterranean Vegetation Types in a Small Islet of Eastern Aegean Sea. *Land*, 12(7), 1413. <https://doi.org/10.3390/land12071413>
- Peñuelas, J., Filella, I., Zhang, X., Llorens, L., Ogaya, R., Lloret, F., Comas, P., Estiarte, M., & Terradas, J. (2004). Complex spatiotemporal phenological shifts as a response to rainfall changes. *New Phytologist*, 161(3), 837-846. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2004.01003.x>
- Peterson, A. T. (2003). Predicting the Geography of Species' Invasions via Ecological Niche Modeling. *The Quarterly Review of Biology*, 78(4), 419-433. <https://doi.org/10.1086/378926>
- Peterson, A. T., Soberón, J., Pearson, R. G., Anderson, R. P., Martínez-Meyer, E., Nakamura, M. A., & Araújo, M. (2011). *MB (2011) Ecological niches and geographic distributions*. Princeton University Press.
- Phillips, S. J., Anderson, R. P., Dudík, M., Schapire, R. E., & Blair, M. E. (2017). Opening the black box: An open-source release of Maxent. *Ecography*, 40(7), 887-893.
- Phillips, S. J., Anderson, R. P., & Schapire, R. E. (2006). Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological modelling*, 190(3-4), 231-259.
- Phillips, S. J., & Dudík, M. (2008). Modeling of species distributions with Maxent: New extensions and a comprehensive evaluation. *Ecography*, 31(2), 161-175. <https://doi.org/10.1111/j.0906-7590.2008.5203.x>
- Phillips, S. J., Dudík, M., & Schapire, R. E. (2004). A maximum entropy approach to species distribution modeling. *Proceedings of the twenty-first international conference on Machine learning*, 83. <https://doi.org/10.1145/1015330.1015412>



- Poncet, N., Tramblay, Y., Lucas-Picher, P., Thirel, G., & Caillaud, C. (2025). Projections of extreme rainfall and floods in Mediterranean basins from an ensemble of convection-permitting models. *Climatic Change*, 178(8), 141. <https://doi.org/10.1007/s10584-025-03983-8>
- Raes, N., & ter Steege, H. (2007). A null-model for significance testing of presence-only species distribution models. *Ecography*, 30(5), 727-736.
- Rhizopoulou, S., Pantis, J. D., Triantafylli, E., & Vokou, D. (1997). Ecophysiological adaptations of *Asphodelus aestivus* to Mediterranean climate periodicity: Water relations and energetic status. *Ecography*, 20(6), 626-633. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0587.1997.tb00431.x>
- Rigge, M., Shi, H., & Postma, K. (2021). Projected change in rangeland fractional component cover across the sagebrush biome under climate change through 2085. *Ecosphere*, 12(6), e03538. <https://doi.org/10.1002/ecs2.3538>
- Samocha, Y., Shklar, G., Korol, L., & Sternberga, M. (2009). From mesic to arid environments: Morphological and genetic divergence in *Asphodelus aestivus* Brot. populations. *Israel Journal of Plant Sciences*, 57(1-2), 91-102. <https://doi.org/10.1560/IJPS.57.1-2.91>
- Sanderson, B. M., Knutti, R., & Caldwell, P. (2015). A representative democracy to reduce interdependency in a multimodel ensemble. *Journal of Climate*, 28(13), 5171-5194.
- Shabani, F., Ahmadi, M., Kumar, L., Solhjoui-fard, S., Shafapour Tehrani, M., Shabani, F., Kalantar, B., & Esmaeili, A. (2020). Invasive weed species' threats to global biodiversity: Future scenarios of changes in the number of invasive species in a changing climate. *Ecological Indicators*, 116, 106436. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106436>
- Sillero, N., Arenas-Castro, S., Enriquez-Urzelai, U., Vale, C. G., Sousa-Guedes, D., Martínez-Freiría, F., Real, R., & Barbosa, A. M. (2021). Want to model a species niche? A step-by-step guideline on correlative ecological niche modelling. *Ecological Modelling*, 456, 109671.
- Soberón, J., & Peterson, A. T. (2005). *Interpretation of Models of Fundamental Ecological Niches and Species' Distributional Areas*. <https://doi.org/10.17161/bi.v2i0.4>
- Stavi, I. (2019). Wildfires in Grasslands and Shrublands: A Review of Impacts on Vegetation, Soil, Hydrology, and Geomorphology. *Water*, 11(5), 1042. <https://doi.org/10.3390/w11051042>
- Sürmen, M., & Kara, E. (2022). Effects of Suppression Applications on Summer Asphodel (*Asphodelus aestivus* Brot.) Density, Botanical Composition, Forage Yield And Quality of Aegean Rangelands. *Turkish Journal of Field Crops*, 27(1), 61-70. <https://doi.org/10.17557/tjfc.1051111>
- Tiawoun, M. A. P., Malan, P. W., Moshobane, M. C., Ramarumo, L. J., Comole, A. A., & Naidoo, K. K. (2024). Ecological Traits and Socio-Economic Impacts of the Alien Invader Weed *Parthenium hysterophorus* L. in South Africa's Rangeland Ecosystems: A Review. *Diversity*, 16(4), 205. <https://doi.org/10.3390/d16040205>
- TÜBİVES. (2025). *Türkiye Bitkileri Veri Servisi. Asphodelus aestivus Brot. Distribution of The Taxon over Turkey*. [Dataset].
- Verma, K. K., Song, X.-P., Kumari, A., Jagadesh, M., Singh, S. K., Bhatt, R., Singh, M., Seth, C. S., & Li, Y.-R. (2025). Climate change adaptation: Challenges for agricultural sustainability. *Plant, Cell & Environment*, 48(4), 2522-2533. <https://doi.org/10.1111/pce.15078>
- Waheed, M., Arshad, F., Majeed, M., Haq, S. M., Aziz, R., Bussmann, R. W., Ali, K., Subhan, F., Jones, D. A., & Zaitouny, A. (2025). Potential distribution of a noxious weed (*Solanum*



viarum Du-nal), current status, and future invasion risk based on MaxEnt modeling. *Geology, Ecology, and Landscapes*, 9(1), 183-198. <https://doi.org/10.1080/24749508.2023.2179752>

Warren, D. L., & Seifert, S. N. (2011). Ecological niche modeling in Maxent: The importance of model complexity and the performance of model selection criteria. *Ecological applications*, 21(2), 335-342.

West, A. M., Kumar, S., Brown, C. S., Stohlgren, T. J., & Bromberg, J. (2016). Field validation of an invasive species Maxent model. *Ecological Informatics*, 36, 126-134. <https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2016.11.001>

Xu, C., McDowell, N. G., Fisher, R. A., Wei, L., Sevanto, S., Christoffersen, B. O., Weng, E., & Middleton, R. S. (2019). Increasing impacts of extreme droughts on vegetation productivity under climate change. *Nature Climate Change*, 9(12), 948-953. <https://doi.org/10.1038/s41558-019-0630-6>



MERALARDA ÜRETİM ODAKLI YÖNETİMDEN EKOSİSTEM TEMELLİ SÜRDÜRÜLEBİLİRLİĞE: ADAPTASYON VE RİSK AZALTIMI İÇİN İKLİM-ZEKA YAKLAŞIMLARI

Zekiye ŞENGÜL ABEDİ¹

¹Dr. Öğr. Üyesi, Siirt Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Ekonomisi Bölümü, Siirt, Türkiye

¹ORCID: 0000-0002-2496-2867

¹zekiye.sengul@siirt.edu.tr

ÖZET

Mera ekosistemleri, yem üretimi başta olmak üzere karbon tutumu, su regülasyonu ve biyoçeşitlilik gibi yüksek ekonomik değere sahip ekosistem hizmetleri sunmaktadır. Ancak üretim odaklı yönetim anlayışı, kısa vadeli çıktı artışını önceleyerek aşırı otlatma, habitat bozulması ve iklim şoklarına karşı kırılganlığı artırmaktadır. Bu durum, iklim değişikliğinin giderek belirginleştiği koşullarda, üretim ile ekolojik sürdürülebilirliğin birlikte gözetildiği "iklim-zeka" yaklaşımlarına dayalı bütüncül politika tasarımlarını zorunlu kılmaktadır. Bu çalışma, bu teorik çerçeveyi ampirik bir zemine oturtarak, Türkiye’de mera ekosistemlerinde iklim kaynaklı bozulma ile hayvancılık sektörü üzerindeki ekonomik baskının kesişim noktalarını tespit ederek, risk azaltımı için “iklim-zeka” temelli mekânsal bir önceliklendirme sunmayı amaçlamaktadır. Bu amaçla, Türkiye’nin 81 ilini kapsayan 2010–2024 dönemi için ekolojik risk, MODIS uydularından elde edilen Δ NDVI verisiyle; ekonomik kırılganlık ise reel yem fiyatları ve sabit Büyükbaş Hayvan Birimi (BBHB) sepetinden oluşturulan özgün bir Yem Baskı Endeksi (YBE) ile ölçülmüştür. Bulgular, mera sağlığı ile ekonomik baskı arasındaki ilişkinin doğrusal olmadığını, aksine bölgesel arketiplere ve yönetim rejimlerine duyarlı olduğunu ortaya koymaktadır. Türkiye genelinde mera sağlığında istatistiksel olarak anlamlı bir azalma ($\tau = -0.39$, $p < 0.05$) saptanırken, YBE’de belirgin bir ulusal trend gözlenmemiştir. Ancak 2016 sonrası dönemde iki değişken arasındaki kenetlenmenin güçlendiği ve "kritik öncelikli" (yüksek YBE + yüksek bozulma) illerin özellikle Karadeniz kıyı bandı ve kuzey Marmara’da yoğunlaştığı tespit edilmiştir. Bölgesel analizler, Karadeniz Bölgesi’nin yüksek bitki örtüsü yoğunluğuna rağmen, göreceli bozulma ve yapısal yem açığı nedeniyle şoklara karşı yüksek bir ekonomik hassasiyet sergilediğini göstermektedir. Sonuç olarak çalışma, Türkiye bağlamında mera yönetimi için tek tip mekanizmalar yerine, mekânsal olarak hedeflenmiş ve adaptif müdahalelerin gerekliliğini ortaya koymaktadır. Politika önerileri; Karadeniz gibi kronik risk bölgelerinde mera ıslahı ve rotasyonel otlatma gibi yapısal çözümlere, dönemsel şoklara maruz kalan konjonktürel risk bölgelerinde kuraklık sigortası ve sulama verimliliğine, düşük riskli illerde ise başarılı adaptasyon stratejilerinin transferine öncelik verilmesi yönünde yoğunlaşmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Mera yönetimi, iklim-zeka yaklaşımları, kırılganlık analizi, sosyo-ekolojik sistemler, uzaktan algılama



FROM PRODUCTION-ORIENTED MANAGEMENT TO ECOSYSTEM-BASED SUSTAINABILITY IN RANGELANDS: CLIMATE-SMART APPROACHES FOR ADAPTATION AND RISK REDUCTION

ABSTRACT

Rangeland ecosystems provide high-value ecosystem services, including fodder production, carbon sequestration, water regulation, and biodiversity. However, a production-oriented management paradigm, which prioritizes short-term output maximization, increases vulnerability to overgrazing, habitat degradation, and climate shocks. Under the increasingly evident conditions of climate change, this necessitates the design of holistic policies based on "climate-smart" approaches where production and ecological sustainability are jointly considered. By empirically grounding this theoretical framework, this study aims to identify the intersection points of climate-induced degradation in rangeland ecosystems and economic pressure on the livestock sector in Türkiye, thereby providing a "climate-smart" based spatial prioritization for risk reduction. To this end, ecological risk for the 2010–2024 period across all 81 provinces of Türkiye was measured using Δ NDVI data derived from MODIS satellites, while economic vulnerability was measured using a novel Fodder Pressure Index (FPI), constructed from real fodder prices and a fixed Livestock Unit (LSU) basket. The findings reveal that the relationship between rangeland health and economic pressure is not linear, but rather sensitive to regional archetypes and management regimes. While a statistically significant decrease in national rangeland health was detected ($\tau = -0.39$, $p < 0.05$), no significant national trend was observed for the FPI. However, the coupling between the two variables strengthened in the post-2016 period, and "critically prioritized" provinces (high FPI + high degradation) were found to be concentrated along the Black Sea coastal belt and in northern Marmara. Regional analyses show that despite its high vegetation density, the Black Sea Region exhibits high economic sensitivity to shocks due to relative degradation and a structural fodder deficit. Consequently, this study demonstrates the necessity of spatially targeted and adaptive interventions for rangeland management in the Turkish context, rather than uniform mechanisms. Policy recommendations focus on prioritizing structural solutions such as rangeland rehabilitation and rotational grazing in chronic risk regions like the Black Sea; promoting drought insurance and irrigation efficiency in conjunctural risk regions exposed to periodic shocks; and facilitating the transfer of successful adaptation strategies in low-risk provinces.

Keywords: Rangeland management, Climate-smart approaches, vulnerability analysis, socio-ecological systems, remote sensing.



GİRİŞ

Çayır ve mera ekosistemleri, dünya yüzeyinin büyük bir bölümünü kaplayarak hem gıda üretimi hem de karbon tutulumu, su düzenleme, toprak koruma ve biyoçeşitlilik gibi piyasa dışı ekosistem hizmetleriyle insanlığın doğal sermayesinin temel bir parçasını oluşturmaktadır (Boone et al., 2018). Küresel ölçekte, iklim değişikliği bu sistemlerin sürdürülebilirliğini ciddi biçimde tehdit etmektedir; 2050'ye kadar ortalama ot veriminde azalma ve yıllık değişkenlikte artış öngörülmekte, bu da özellikle Afrika, Avustralya ve Orta Asya gibi bölgelerde hayvancılık ve geçim kaynaklarını riske atmaktadır (Godde et al., 2020). Ayrıca, mera ekosistemlerinin sağladığı ekosistem hizmetlerinin ekonomik değeri ve sürdürülebilir yönetimi, iklim değişikliği ve aşırı kullanım baskıları altında daha da karmaşık hale gelmektedir (Scheiter et al., 2019; Reed et al., 2015). Son yıllarda, "wilder rangelands" ve ekosistem temelli yönetim yaklaşımları, iklim değişikliğine uyum, biyolojik çeşitliliğin korunması ve topluluk refahının artırılması için öne çıkmaktadır (Simba et al., 2024). Ancak, mevcut araştırmalar, mera sistemlerinde iklim değişikliğine adaptasyon, risk yönetimi ve ekosistem hizmetlerinin bütüncül yönetimi konusunda hâlâ önemli bilgi boşlukları olduğunu göstermektedir; özellikle biyokütle dalgalanmalarının, yem kalitesi ve hayvansal üretim üzerindeki etkileri, sosyo-ekonomik sonuçları ve topluluk temelli yönetim modellerinin etkinliği yeterince anlaşılmamıştır (Godde et al., 2020; Reed et al., 2015).

Türkiye bağlamında, ülke arazi varlığının yaklaşık %18,7'sini oluşturan 14,6 milyon hektarlık mera alanı, ulusal hayvan varlığının kaba yem gereksiniminin önemli bir kısmını karşılamakta olup, kuru ot verimi bölgelere göre 450–1.000 kg/ha aralığında değişmektedir (Tarım ve Orman Şurası, 2019; T. C. Tarım ve Orman Bakanlığı, 2025). Ayrıca meralar; su rejiminin dengelenmesi ve doğal filtrasyon, toprak erozyonunun azaltılması ve karbon depolama gibi düzenleyici; tozlaşma ve habitat sürekliliğinin desteklenmesi gibi destekleyici; rekreasyonel ve kültürel değerler gibi kültürel ekosistem hizmetleri aracılığıyla kırsal refahı güçlendirmektedir. Ancak bu denklemin diğer yüzünde, meralara bağımlı olan hayvancılık faaliyetlerinin kendisinin de bir çevresel baskı unsuru olduğu gerçeği yer almaktadır. Nitekim Yıldırım (2024) tarafından yapılan bir çalışma, Türkiye'nin önemli manda yetiştiriciliği merkezlerinden Samsun'da üretilen 1 kg manda sütünün karbon ayak izinin 3,95 kg/CO₂eq olduğunu ortaya koyarak, bu üretim sistemlerinin içsel çevresel etkilerini nicel olarak ortaya koymaktadır. İçsel ayak izinin ötesinde, sistemin maruz kaldığı bölgesel iklim rejimi de belirleyici bir baskı düzlemi oluşturmaktadır. Akdeniz havzasının iklim değişikliğine "sıcak nokta" duyarlılığı, kuraklıkların sıklık ve şiddetindeki artış, sıcak hava dalgaları, yangın rejimi ve hidro iklimsel stres gibi risklerin, mera hayvancılık sistemlerinin ekonomik ve ekolojik sürdürülebilirliğini aynı anda zorladığı çok boyutlu bir baskı alanı yaratmaktadır (Bednar-Friedl et al., 2022). Bu çerçevede, üretim miktarını maksimize etmeye odaklanan klasik otlatma ve ıslah anlayışından; ekosistem temelli sürdürülebilirlik yaklaşımına geçiş, yalnızca çevresel bir zorunluluk değil, toplam fayda maksimizasyonu açısından da "çoklu çıktıları" (ürün, refah ve ekosistem hizmetleri) birlikte optimize etmeye yönelik yeni bir etkililik tanımıdır (Simba et al., 2024). IPCC ve güncel literatür, Akdeniz'de kuraklık ve ısı stresi risklerinin yükseldiğini; özellikle güney ve doğu Akdeniz ülkelerinde uyum kapasitesinin ve geçim kaynaklarının kırılganlığının daha yüksek olduğunu ortaya koymaktadır. Bu bulguların mera sistemleri açısından anlamı; yem verimi dalgalanmaları, yem kalitesi bozulmaları ve hayvansal üretimde verim gelir oynaklığının artmasıdır (Bednar-Friedl et al., 2022).

Tarım ekonomisi literatürü, iklim riskleri altında üretim kararlarının bilgi kısıtları ve piyasa başarısızlıkları nedeniyle toplumsal açıdan arzu edilen düzeyde uyum yatırımı üretmediğini; bu nedenle teşvik tasarımı, risk transferi ve doğal sermaye muhasebesi gibi politika araçlarının eşgüdümlü kullanımını önermektedir (Reed et al., 2015; Dougill et al., 2012). FAO'nun "İklim



Akıllı Tarım” (CSA) çerçevesi üç eşzamanlı hedefi vurgulamaktadır: üretkenlik/gelir artışı, uyum/direnç ve mümkünse emisyon azaltımı (FAO, 2013). Ancak mera bağlamında bu hedeflerin eşzamanlı başarımı; otlatma rejimleri, ot verimi kalitesi, su rejimi, toprak sağlığı ve kolektif yönetim dinamikleri arasındaki karmaşık geri beslemeler nedeniyle “tasarım duyarlı”dır. Bu nedenle, mera yönetiminde veri ve bilgi hizmetlerini (iklim hizmetleri), kurumsal düzenlemeleri (ortak otlakların yönetimi), finansal araçları (sigorta, vb.) ve doğal sermaye hesaplarını birlikte düşünen “iklim zeka” yaklaşımı gerekmektedir (FAO, 2013; UNEP, 2024).

Türkiye’de, 4342 sayılı Mera Kanunu ve Mera Yönetmeliği, çayır-mera varlıklarının tespit-tahdit-tahsis süreçlerini, amenajman/otlatma planlarını ve aşırı otlatmanın önlenmesine yönelik esasları belirleyen net bir kurumsal çerçeve sunmaktadır. Ulusal politika düzeyinde İklim Değişikliğine Uyum Stratejisi ve Eylem Planı (2024–2030) ile Tarımsal Kuraklıkla Mücadele Stratejisi ve Eylem Planı (2023–2027), kırılganlık değerlendirmelerini veri temelli izleme-erken uyarı sistemleri ve ekosistem temelli çözümlerle bütünleştirmeyi hedeflemektedir. Bu düzenleyici-stratejik çerçeve, üretim odaklı yaklaşımdan ekosistem temelli sürdürülebilirliğe geçişi yöneten politika altyapısını oluşturmaktadır. Risk transferi boyutunda ise, TARSİM portföyü bitkisel ürün, seracılık, büyükbaş-küçükbaş hayat, su ürünleri, arıcılık gibi branşlarda kapsam sunmakta; Köy Bazlı Kuraklık Verim Sigortası (KVS) ile özellikle tahıllarda kuraklığa bağlı verim kaybını köy ortalaması üzerinden tazmin etmekte ve primlerin %70’ine kadar devlet desteği sağlamaktadır. Bununla birlikte, mera ekosistemlerine özgü yem kıtlığı/mera biyokütlesi kaybı riskini doğrudan ve parametreye dayalı biçimde hedefleyen bir ürün, yayımlanan branş/genel şart listelerinde henüz yer almamaktadır. Bu politika/kurumsal arka plan, çalışmanın ülke bağlamına özgü katkısını belirginleştirmektedir (Resmi Gazete, 1998a, 1998b; ÇŞİDB, 2024; T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, 2023; TARSİM, 2025).

Bu çalışma, belirtilen bu boşlukları doldurmak üzere, ekolojik risklerin sosyo-ekonomik sonuçlarıyla bütünleştirildiği özgün bir "iklim-zeka" çerçevesi sunmaktadır. Mevcut literatürden farklı olarak bu araştırma, yalnızca mera sağlığındaki bozulma ile piyasa dinamikleri arasındaki korelasyonu ortaya koymakla yetinmemektedir. Bunun yerine, uzaktan algılama tabanlı ekosistem sağlığı göstergeleri ile iklim şoklarının hayvancılık sektörü üzerindeki ekonomik baskısını ölçen özgün bir endeksi bir araya getirmektedir. Bu iki boyutun sentezlendiği mekânsal bir risk ve önceliklendirme matrisi geliştirilerek, mera bozulması ve ekonomik kırılganlığın en yoğun kesiştiği "kritik öncelikli" iller tespit edilmektedir. Böylece çalışma, teorik tartışmaların ötesine geçerek politika yapıcılara adaptasyon stratejileri ve risk azaltım kaynaklarının tahsisi için doğrudan uygulanabilir, kanıta dayalı bir karar destek aracı sunmaktadır. Çalışmanın temel amacı, Türkiye’de iklim değişikliğine bağlı mera bozulması ile yem piyasalarında oluşan ekonomik baskının kesiştiği en kırılgan illeri tespit etmek ve mekânsal olarak önceliklendirmektir. Bu sayede, iklim adaptasyonu ve tarımsal risk yönetimi politikaları için veri temelli ve hedefe yönelik bir karar destek aracı sunulmaktadır.

Bu bağlamda çalışmada araştırma soruları ve hipotezleri aşağıda verilmiştir:

S1: Türkiye’de mera ekosistemlerindeki bozulma ile hayvancılık sektörü üzerindeki ekonomik baskı arasında bir ilişki var mıdır?

S2: Mera bozulması ve ekonomik baskının kesiştiği en kırılgan iller hangileridir ve bu durum mevcut tarımsal risk yönetimi politikaları açısından ne anlama gelmektedir?

H1: Mera ekosistemindeki bozulma, hayvancılık sektörü üzerindeki reel ekonomik baskıyı istatistiksel olarak anlamlı ve ölçülebilir bir şekilde artırmaktadır.



H2: Analizle ortaya konan "kritik öncelikli" iller, Türkiye'nin belirli coğrafi bölgelerinde yoğunlaşma eğilimi göstermektedir.

KAVRAMSAL ÇERÇEVE

Bu çalışma, mera sistemlerinin karşı karşıya olduğu çok boyutlu baskıları anlamak amacıyla geliştirilen ve Sosyo-Ekolojik Sistemler (SES) (Socio-Ecological Systems) teorisinin temel prensiplerinden beslenen bütünlük bir analitik çerçeve sunmaktadır. Bu yaklaşım, insan ve doğa sistemlerinin birbirinden ayıramaz, dinamik ve karmaşık bir bütün oluşturduğunu savunan öncü çalışmalara dayanmaktadır (Berkes and Folke, 1998; Ostrom, 2009). Bu bağlamda çerçeve, ekolojik risk ve ekonomik kırılganlık olmak üzere iki temel bileşeni, aralarındaki nedensellik ilişkisini aydınlatacak şekilde bütünlükten özgün bir yaklaşım sunmaktadır.

İklim-Zeka Yaklaşımının Temel Bileşenleri: Ekolojik Risk ve Ekonomik Kırılganlık

Çerçevenin ilk bileşeni olan ekolojik risk, mera ekosisteminin biyofiziksel sağlığını, verimliliğini ve iklim şoklarına karşı direncini ifade etmektedir. Buradaki "direnc" kavramı, Holling'in (1973) tanımladığı, sistemin şokları absorbe etme ve temel yapısını koruyarak varlığını sürdürme kapasitesi olan ekolojik direnç (ecological resilience) ile yakından ilişkilidir. Üretim odaklı geleneksel yönetim anlayışının aksine, bu yaklaşım merayı yalnızca bir yem üretim alanı olarak değil, aynı zamanda su döngüsü, toprak sağlığı ve biyoçeşitlilik gibi kritik hizmetler sunan dinamik bir doğal sermaye olarak ele almaktadır. Bu bakış açısı, Costanza et al. (1997) öncü çalışmalarıyla ve Milenyum Ekosistem Değerlendirmesi (Millennium Ecosystem Assessment, 2005) ile bilimsel literatürde sağlam bir temele oturan ekosistem hizmetleri yaklaşımıyla doğrudan örtüşmektedir. Bu soyut kavramı nicel ve ölçülebilir bir boyuta taşımak amacıyla, ekosistemin iklimsel streslere (özellikle kuraklığa) verdiği tepkiyi temsil etmek üzere uydu tabanlı Uzaktan Algılama Temelli Bozulma Göstergesi (Δ NDVI) kullanılmaktadır. NDVI'nin (Normalleştirilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi) bitki örtüsü sağlığı ve birincil üretkenliğin güçlü bir göstergesi olduğu Tucker (1979) tarafından ortaya konulmuş ve kuraklık gibi iklimsel streslerin izlenmesinde yaygın olarak kullanılan bir araç haline gelmiştir (Wessels et al., 2007). Dolayısıyla bu gösterge, ham uydu verisini işleyerek ekosistem sağlığı hakkında "akıllı" bir bilgiye dönüştürmekte ve sürdürülebilirliğin nerede tehdit altında olduğunu belirlemek için temel bir katman sağlamaktadır.

İkinci bileşen olan ekonomik kırılganlık ise, ekolojik risklerin hayvancılık sektörü üzerindeki sosyo-ekonomik yansımalarını ve çiftçilerin bu şoklara karşı ne denli hassas olduğunu tanımlamaktadır. Bu tanım, IPCC'nin (Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli) uluslararası kabul görmüş kırılganlık çerçevesiyle uyumludur; bu çerçeve kırılganlığı maruz kalma (exposure), hassasiyet (sensitivity) ve uyum kapasitesi (adaptive capacity) olarak üç boyutta ele almaktadır (IPCC, 2014). Mera verimliliğindeki bir düşüş, yalnızca ekolojik bir sorun olmakla kalmaz, aynı zamanda yem piyasalarında bir talep şoku yaratarak çiftçilerin üretim maliyetlerini ve dolayısıyla geçim kaynaklarını doğrudan etkiler (Chambers and Conway, 1992).

Bu etkinin genel enflasyonist baskılardan arındırılarak saf bir şekilde ölçülebilmesi, iklim-zeka yaklaşımları için kritik bir gerekliliktir. Bu nedenle, bu çalışmada sektörün bu hassasiyetini ölçmek üzere, enflasyondan arındırılmış reel fiyatlara ve temel yıl hayvan varlığına dayanan özgün bir Yem Baskı Endeksi (YBE) geliştirilmiştir. Bu endeks, mera ekosistemindeki bozulmanın çiftçinin cüzdanına ne kadar ve ne hızda yansıdığını gösteren somut bir ekonomik risk göstergesi olarak hizmet etmekte ve adaptasyon ile risk azaltım politikalarının hangi ekonomik baskıyı hedeflemesi gerektiğini net bir şekilde ortaya koymaktadır.



Ekolojik Riskten Ekonomik Kırılmalığa: Nedensellik Zinciri

Bu çalışmada geliştirilen kavramsal çerçevenin özgünlüğü, tanımlanan iki temel bileşeni (ekolojik risk ve ekonomik kırılmalılık) bağımsız olgular olarak değil, aralarındaki dinamik ilişkiyi bir nedensellik zinciri temelinde açıklamasıdır. Bu zincir, iklim kaynaklı bir şokun mera ekosistemindeki etkilerinin, nihai olarak hayvancılık sektörünün ekonomik yapısına nasıl yansıdığını ortaya koymaktadır. Geliştirilen bu bütünleşik bakış açısı, politika müdahalelerinin yalnızca gözlemlenen ekonomik sonuçlara değil, bu sonuçları tetikleyen ekolojik süreçlere odaklanmasını sağlayarak "iklim-zeka" yaklaşımının temelini oluşturmaktadır.

Bu nedensellik zinciri, şu mantıksal akış üzerine kurulmuştur:

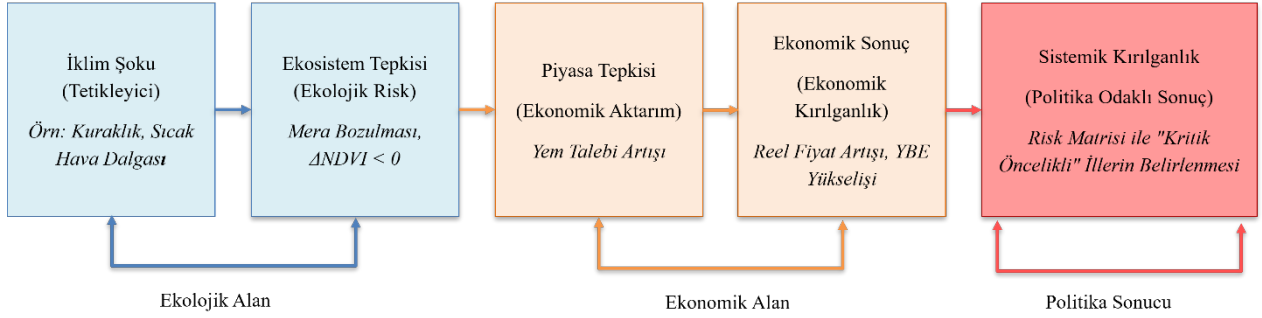
1. Başlangıç Şoku (Tetikleyici): Zincir, kuraklık, mevsim normallerinin üzerindeki sıcaklıklar veya düzensiz yağış rejimi gibi bir iklim şoku ile başlamaktadır. Akdeniz havzasında sıklığı ve şiddeti arttığı güncel IPCC (Bednar-Friedl et al., 2022) raporlarıyla da ortaya konulan bu olaylar, mera ekosistemleri üzerindeki birincil stres faktörüdür.

2. Ekosistem Tepkisi (Ekolojik Risk): İklim şokları, mera bitki örtüsünün fizyolojisini ve büyüme dinamiklerini doğrudan etkileyerek bir ekosistem tepkisine yol açmaktadır. Bu tepki, biyokütle üretiminde azalma ve yem kalitesinde düşüş olarak kendini göstermektedir. Çalışmada bu aşama, negatif $\Delta NDVI$ değerleri ile nicel olarak ölçülmekte ve ekolojik riskin gerçekleştiği anı temsil etmektedir. Bu durum, ekolojik dengenin bozulduğu ve sistemin ekolojik bir eşiği (ecological threshold) aşma riskiyle karşı karşıya kaldığı, dolayısıyla etkilerin ekonomik sisteme aktarılmaya başladığı bir kritik noktadır (Scheffer et al., 2001).

3. Piyasa Tepkisi (Ekonomik Aktarım Mekanizması): Meradan elde edilen kaba yem miktarının azalması, hayvan besleme açığını kapatmak için piyasadan temin edilen yem kaynaklarına (kuru ot, kesif yem vb.) olan talebi kademeli ancak belirgin bir şekilde artırmaktadır. Bu davranış, iklim risklerine karşı geliştirilen çiftçi uyum stratejileri literatüründe rasyonel bir tepki olarak belgelenmiştir (Adger, 2006; Seo and Mendelsohn, 2008; Thornton and Herrero, 2014). Bu piyasa tepkisinin hızı, çiftçilerin mevcut stokları veya bilgi akışının niteliği gibi faktörlerden etkilenmekle birlikte, bu süreç ekolojik riskin ekonomik alana aktarıldığı temel mekanizmayı oluşturmaktadır. Zaman içinde biriken bu talep artışı, temel arz-talep kanunları gereği yem fiyatları üzerinde yukarı yönlü bir baskı yaratmaktadır.

4. Ekonomik Sonuç (Ekonomik Kırılmalılık): Fiyatlardaki artış, doğrudan çiftçinin maliyetlerine yansyarak bir ekonomik sonuca dönüşmektedir. Çalışmada bu nihai etki, YBE ile ölçülmektedir. YBE'deki bir artış, iklim şokunun mera ekosistemi üzerinden ne kadar şiddetli bir ekonomik baskıya dönüştüğünü, yani sektörün ekonomik kırılmalılığını ortaya koymaktadır. Bu aşama, adaptasyon ve risk azaltım politikalarının en acil müdahale etmesi gereken alanı temsil etmektedir.

Bu zincir, bir bütün olarak, mera ekosistemlerindeki sağlığın sadece bir çevre sorunu olmadığını, aynı zamanda kırsal ekonomi ve gıda güvenliği için temel bir makroekonomik istikrar unsuru olduğunu göstermektedir. Geliştirilen bu bütünleşik çerçeve (Şekil 1'de şematik olarak gösterilmiştir), bu karmaşık ilişki ağını analiz etmek ve en kırılmalı noktaları tespit ederek politika müdahalelerini tasarlamak için bir yol haritası sunmaktadır.



Şekil 1. Çalışmanın kavramsal çerçevesi

MATERYAL VE METOD

Bu çalışmada, Türkiye'nin 81 ilini kapsayan 2010–2024 dönemi için üç temel veri seti kullanılmıştır. İlk olarak, mera ekosistemlerindeki biyofiziksel değişimleri ölçmek amacıyla MODIS (MOD13Q1) uydu görüntülerinden türetilen $\Delta NDVI$ kullanılmıştır. MODIS platformu, yüksek zamansal çözünürlüğü (16 günlük kompozitler), orta mekânsal çözünürlüğü ve yerleşik kalite kontrol mekanizmaları sayesinde bölgesel ölçekli bitki örtüsü dinamiklerini izlemede yaygın olarak kabul gören bir veri kaynağıdır (Huete et al., 2002). $\Delta NDVI$, bitki örtüsünün zamansal ve mekânsal değişimlerini ortaya koyarak mera ekosistemlerinin ekolojik durumunun nicel olarak izlenmesine imkân tanımaktadır.

İkinci olarak, ekonomik kırılganlığın belirlenmesi amacıyla Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) tarafından yayımlanan il düzeyindeki yıllık yem fiyatları ve hayvan varlığı verileri kullanılmıştır. Yem fiyatlarının hesaplanmasında veri kısıtları nedeniyle yalnızca yonca ve korunga fiyatları (Kuruot) dikkate alınmış, fiyat serilerinin reel hale getirilmesi için ise Tarım Ürünleri Üretici Fiyat Endeksi (Tarım-ÜFE) kullanılmıştır. Rize ve Kilis illerine ait yem fiyat serileri TÜİK veri tabanında bulunmadığından, bu eksikliklerin giderilmesi amacıyla coğrafi bölge medyanı ile atama (imputation) yöntemi kullanılmıştır. Bu yaklaşım, eksik verilerin ele alınmasında kullanılan sağlam (robust) bir yöntemdir (Little and Rubin, 2019). Bölgesel medyan değerinin tercih edilmesinin temel gerekçesi, ilgili illerin piyasa dinamiklerinin benzer agro-ekolojik ve sosyo-ekonomik koşulları paylaşan komşu illerle yüksek oranda uyum göstermesi varsayımdır. Ortalama yerine medyanın seçilmesi ise, veri setindeki olası uç değerlerin etkisini minimize ederek daha güvenilir ve istatistiksel olarak dengeli bir temsil sağlamaktadır. Böylelikle, eksik gözlemler veri bütünlüğünü bozmayacak şekilde tamamlanmış ve iller arası karşılaştırılabilirlik korunmuştur. Üçüncü olarak, farklı hayvan türlerinin yem tüketim kapasitelerini standart bir birimde toplamak amacıyla, il düzeyindeki sığır, koyun, keçi ve manda sayıları Büyükbaş Hayvan Birimi (BBHB) standardına dönüştürülmüştür (Çetin, 2012; Saner vd., 2022). Bunlara ek olarak, konuya ilişkin ulusal ve uluslararası literatürde yayımlanmış akademik makaleler, lisansüstü tezler ve teknik raporlar da araştırmanın materyalini tamamlayıcı kaynaklar olarak değerlendirilmiştir.

Ekolojik Risk Göstergesinin Türetilmesi: Türkiye'de 2010–2024 döneminde mera durumundaki değişimi uzaktan algılama temelli bir yöntemle nicel olarak değerlendirmiştir (Ünal ve Aydoğdu, 2012). Ulusal çalışma alanı FAO–GAUL 2015 idari sınırlarıyla tanımlanmış, il düzeyi (Düzen-1) raporlama birimi olarak kullanılmıştır. Analizin yalnızca mera ekosistemlerine odaklanmasını sağlamak ve diğer arazi örtüsü tiplerinden (orman, tarım alanı vb.) kaynaklanabilecek sinyal kirliliğini önlemek amacıyla, 2010 tarihli MODIS MCD12Q1 arazi örtüsü verisinden çalılık, çayır/mera ve savan sınıfları seçilerek bir başlangıç maskesi oluşturulmuştur. Bitki örtüsü dinamikleri, 500 m çözünürlükte 16 günlük NDVI bileşikler



sağlayan MODIS MOD13Q1 ürünüyle izlenmiş; her yıl için büyüme mevsimine (yılın 90–300. günleri) düşen gözlemler seçilmiş ve kalite kontrol katmanı kullanılarak düşük nitelikli pikseller elenmiştir. Yıllık koşullar mevsimsel ortanca bileşiklerle temsil edilmiş; 2010 temel yıl olarak alınmış ve bozulma göstergesi $\Delta NDVI_t = NDVI_t - NDVI_{2010}$ biçiminde tanımlanmıştır ($\Delta NDVI_t < 0$: bozulma; $\Delta NDVI_t > 0$: iyileşme). İl ölçeğinde zonal istatistikler yoluyla ortalama NDVI ve $\Delta NDVI$ türetilmiş; bulgular, mera koşullarının mekânsal dağılımını gösteren raster haritalar ile sunulmuştur.

YBE Hesaplanması: İklim şoklarının hayvancılık sektörü üzerindeki saf ekonomik baskısını ölçmek amacıyla, ilk olarak nominal yem fiyatları, yıllık ortalama Tarım-ÜFE kullanılarak 2010 temel yılına göre reelleştirilmiştir. Ardından, temel yıl miktar sepetini sabit tutan Laspeyres Fiyat Endeksi formülasyonu ile her bir i ili ve t yılı için YBE aşağıdaki formülle hesaplanmıştır (Mazmanoğlu, 2012):

$$YBE = \frac{F_{i,t} \cdot BBHB_{i,2010}}{F_{i,2010} \cdot BBHB_{i,2010}} \times 100$$

Burada $F_{i,t}$: i ilinde, t yılındaki reel ortalama yem fiyatını, $F_{i,2010}$: i ilinde, temel yıldaki (2010) reel ortalama yem fiyatını, $BBHB_{i,2010}$: i ilinde, temel yıldaki (2010) Büyükbaş Hayvan Birimi sayısını temsil etmektedir.

Ekolojik-Ekonomik İlişkinin Test Edilmesi: YBE ve $\Delta NDVI$ değişkenleri arasındaki ilişkinin yönü ve gücü, verinin doğrusal bir ilişki göstermeme veya aykırı değerler içermeye potansiyeline karşı dayanıklı olan parametrik olmayan Spearman sıra korelasyonu (ρ) ile ölçülmüştür. Bu test, sosyo-ekolojik sistemlerdeki ilişkilerin her zaman doğrusal olmaması beklentisiyle, Pearson korelasyonuna göre daha uygun bir alternatiftir (Siegel and Castellan, 1988). n gözlem sayısını, d_i ise her bir ($YBE_i, \Delta NDVI_i$) gözlem çiftinin sıraları arasındaki farkı göstermek üzere, Spearman korelasyon katsayısı aşağıdaki formülle hesaplanmıştır:

$$\rho = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^n d_i^2}{n(n^2 - 1)}$$

Bu ilişkinin görselleştirildiği saçılım diyagramları üzerinde, aykırı değerlerden etkilenmeyen robust bir eğilim çizgisi elde etmek amacıyla Theil–Sen eğim kestiricisi (β) kullanılmıştır (Gutiérrez-Hernández and García, 2024). Bu yöntemde, veri setindeki tüm (x_i, y_i) ve (x_j, y_j) nokta çiftleri arasındaki eğimler hesaplandıktan sonra, bu eğimlerin medyanı alınarak genel eğilim belirlenmektedir:

$$\beta = \text{median} \left(\frac{y_j - y_i}{x_j - x_i} \right)$$

Burada y, YBE serisini; x ise $\Delta NDVI$ serisini temsil etmektedir.

Kırılgenliklerin Tespiti ve Önceliklendirme: Her bir t yılı için, i illerinin ekolojik ve ekonomik risk düzeyleri iki boyutlu bir risk matrisi üzerinde aşağıdaki kurallara göre sınıflandırılmıştır:

1. Ekonomik Kırılgenlik Sınıflaması: Her bir ilin (i) belirli bir yıldaki (t) $YBE_{i,t}$ ait olduğu baskı grubunu belirlemek amacıyla, tüm zaman periyodunu (2010-2024) içeren veri havuzunun genel dağılımından elde edilen sabit persentil (yüzdelik dilim) eşikleri kullanılmıştır. Bu doğrultuda, tüm veri setinin 33. (P_{33}) ve 66. (P_{66}) persentil değerleri hesaplanarak üç baskı kategorisi için sabit sınırlar oluşturulmuştur:

- Düşük Baskı: $YBE_{i,t} \leq P_{33}$ (YBE)
- Orta Baskı: P_{33} (YBE) < $YBE_{i,t} \leq P_{66}$ (YBE)



- Yüksek Baskı: $YBE_{i,t} > P_{66} (YBE)$

2. Ekolojik Risk Sınıflaması: İllerin 2010 yılına göreli NDVI değişimi ($\Delta NDVI_{i,t}$) değerleri, tüm il-yıl gözlemlerinin oluşturduğu veri havuzunun dağılımına göre üç eşit parçaya (tertile) ayrılarak göreceli bir ekolojik performans skalası oluşturulmuştur. Veri setinin 33. ($P_{33}(\Delta NDVI)$) ve 66. ($P_{66}(\Delta NDVI)$) persentil değerleri eşik olarak kullanılmıştır:

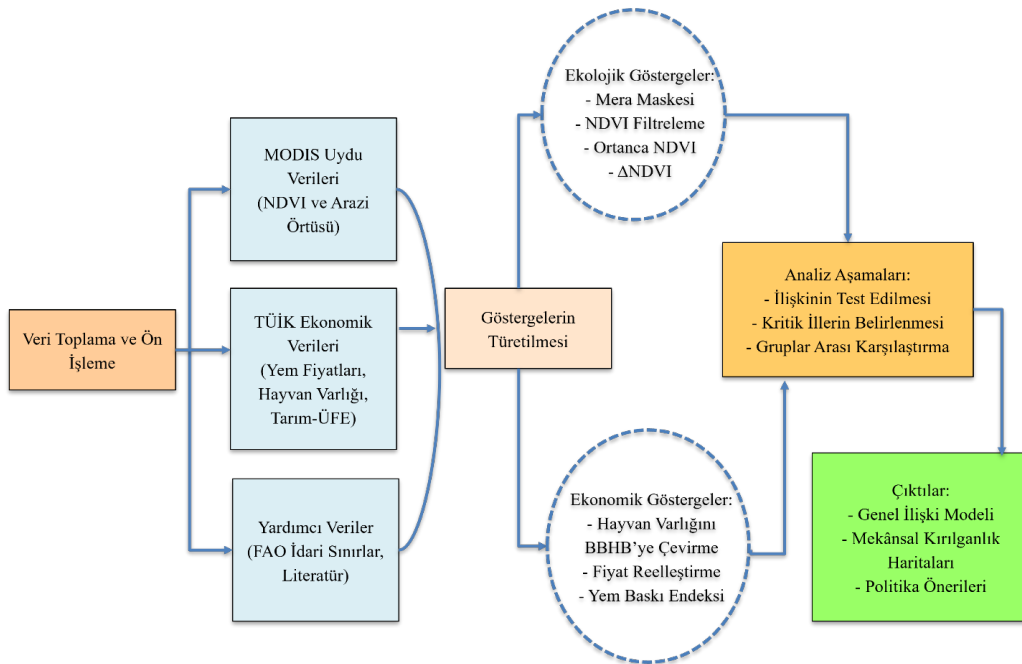
- Bozulma: $\Delta NDVI_{i,t} \leq P_{33}(\Delta NDVI)$ (En düşük üçte birlik dilim)
- Nötr: $P_{33}(\Delta NDVI) < \Delta NDVI_{i,t} \leq P_{66}(\Delta NDVI)$ (Orta üçte birlik dilim)
- İyileşme: $\Delta NDVI_{i,t} > P_{66}(\Delta NDVI)$ (En yüksek üçte birlik dilim)

3. Kritik Öncelik Tanımı: Bir i ilinin, bir t yılında "Kritik Öncelikli" olarak tanımlanması için, hem ekonomik kırılganlığının en yüksek kategoride hem de ekolojik riskinin en belirgin olduğu kategoride yer alması gerekmektedir. Bu durum, matematiksel şekilde aşağıdaki koşulun sağlanmasıyla tanımlanmıştır:

$$\text{Kritik Öncelik} \Leftrightarrow (YBE_{i,t} > P_{66}(YBE)) \wedge (\Delta NDVI_{i,t} \leq P_{33}(\Delta NDVI))$$

Bu bütüncül sınıflandırma, aynı anda hem yüksek ekonomik baskı altında olan hem de en ciddi ekolojik bozulmayı yaşayan coğrafi alanların mekânsal ve zamansal olarak tespit edilerek politika müdahaleleri için önceliklendirilmesine olanak tanımaktadır.

Gruplar Arası Karşılaştırma Analizi: Risk matrisinde oluşturulan YBE gruplarının ("Düşük", "Orta", "Yüksek") ekolojik risk açısından birbirinden anlamlı bir şekilde ayrışıp ayrışmadığını test etmek amacıyla, bu üç grup arasında $\Delta NDVI$ değerleri açısından bir karşılaştırma yapılmıştır. Bu karşılaştırma öncesinde Shapiro-Wilk normallik testi uygulanmış ve $\Delta NDVI$ verisinin normal dağılım göstermediği tespit edilmiştir ($p < 0.05$). Bu nedenle, normallik varsayımını gerektirmeyen parametrik olmayan Kruskal-Wallis H Testi tercih edilmiştir. Testin anlamlı çıkması durumunda, hangi grupların birbirinden istatistiksel olarak farklı olduğunu belirlemek için Dunn's post-hoc testi uygulanmıştır (Siegel and Castellan, 1988) Bu analiz, özellikle "Yüksek Baskı" grubunun, istatistiksel olarak daha yoğun mera bozulmasıyla ilişkili olup olmadığını ortaya koymayı hedeflemektedir (Şekil 2).

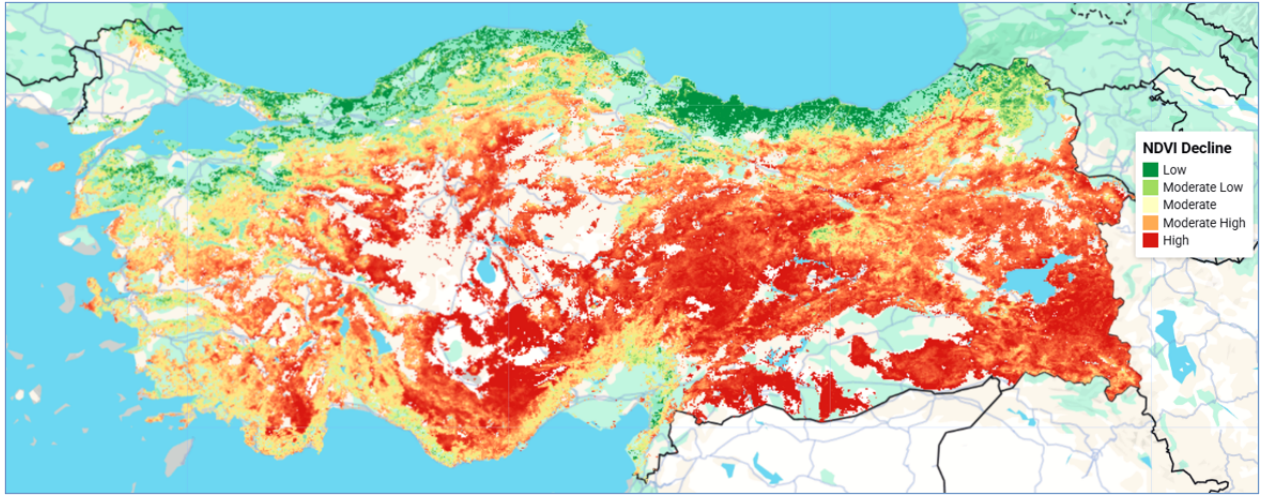


Şekil 2. Çalışmanın metodolojisi

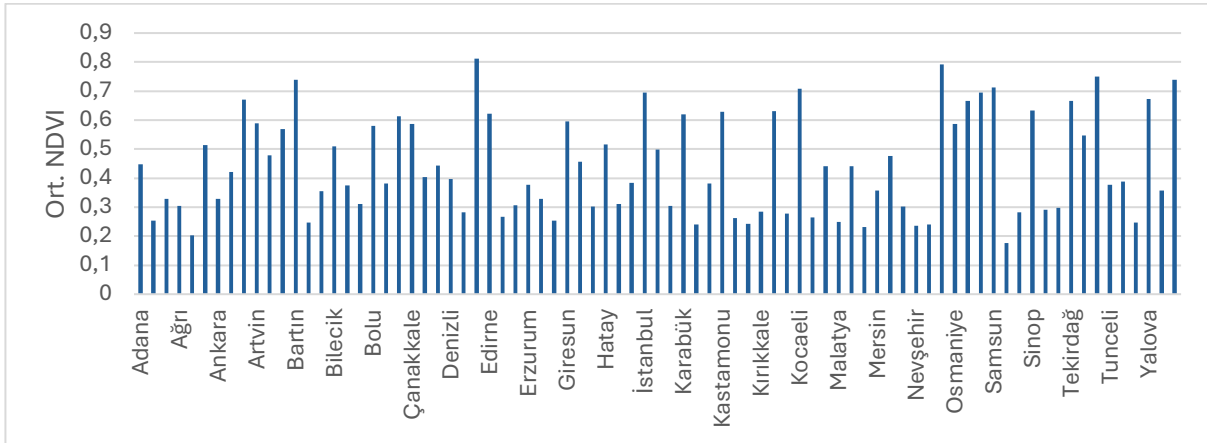


BULGULAR VE TARTIŞMA

Şekil 3 ve Şekil 4 birlikte değerlendirildiğinde, Türkiye meralarının 2010 yılı referans dönemindeki ortalama NDVI değerleri hem mekânsal hem de il düzeyinde belirgin farklılıklar göstermektedir. Şekil 3'teki mekânsal dağılım, özellikle Karadeniz Bölgesi'nin kuzey kuşağında yüksek NDVI değerleriyle yoğun bir yeşil örtüye işaret ederken, İç Anadolu, Güneydoğu Anadolu ve Doğu Anadolu'nun bazı kesimlerinde orta ve düşük NDVI değerleriyle sınırlı vejetasyon yoğunluğu dikkat çekmektedir. Şekil 4'te ise il bazında ortalama NDVI değerleri bu tabloyu doğrulamaktadır: Ordu, Trabzon, Bartın gibi iller 0.7'ye yaklaşan yüksek ortalamalarla öne çıkarken; Mardin, Nevşehir, Karaman gibi illerinde değerler 0.2–0.3 aralığında kalarak daha zayıf vejetatif performansa işaret etmektedir. Bu bulgular, Türkiye meralarının temel yılda dahi ekolojik üretkenlik açısından homojen olmadığını, coğrafi ve iklimsel faktörlerin belirleyici bir mekânsal ayrışma yarattığını göstermektedir.



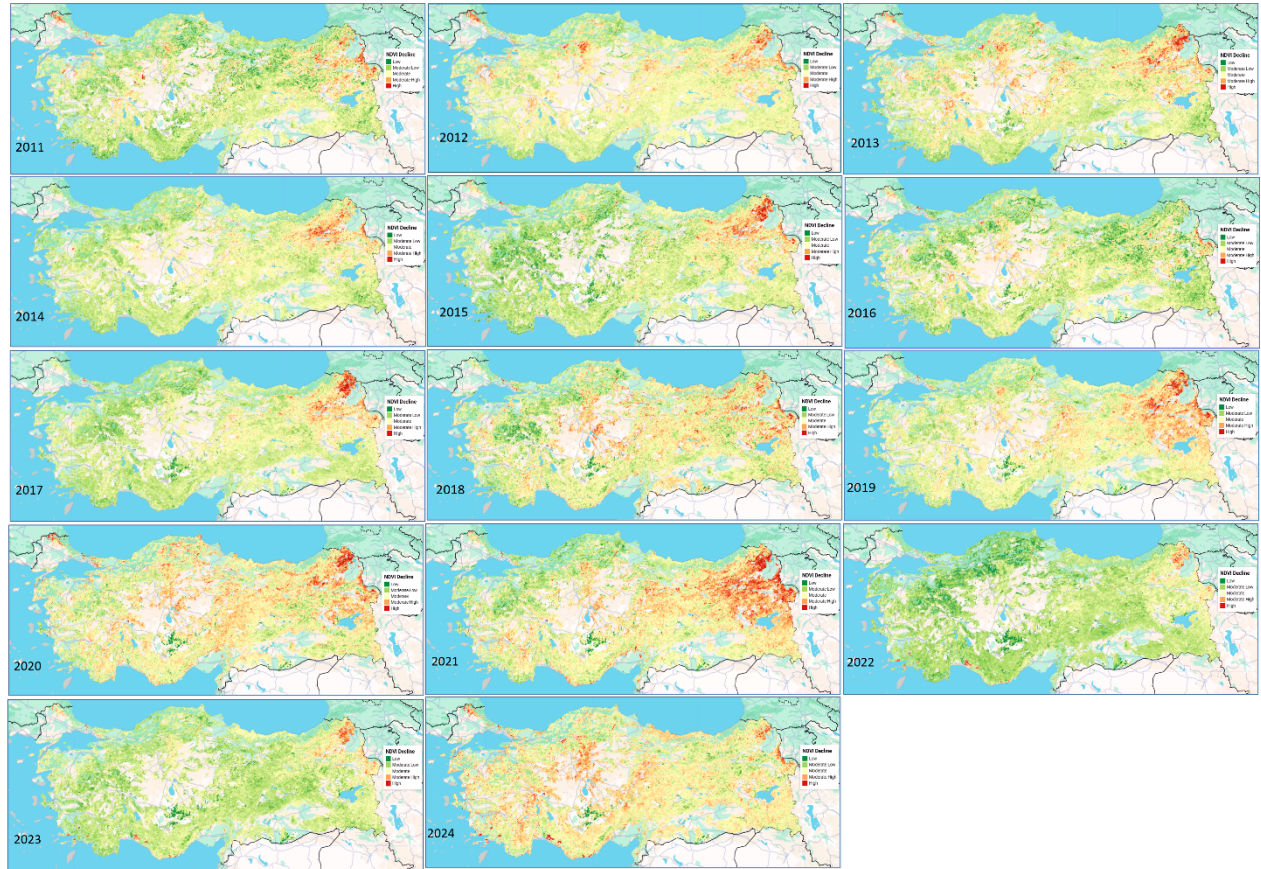
Şekil 3. Türkiye meralarının 2010 yılı referans dönemi ortalama NDVI değerlerinin coğrafi dağılımı



Şekil 4. Türkiye illerinin 2010 yılına ait ortalama NDVI değerleri

Şekil 5'te sunulan Δ NDVI haritaları (2010 temel yıl) incelendiğinde 2011, 2014, 2016 ve 2022 yıllarında ülke genelinde yeşil tonların hâkim olması görece olumlu ekolojik koşullara işaret ederken, özellikle 2013, 2017–2019 ve 2020–2021 yıllarında Doğu ve Güneydoğu Anadolu başta olmak üzere geniş alanlarda kırmızı ve turuncu tonların artışı, bitki örtüsünde belirgin zayıflamayı ortaya koymaktadır. Bu bulgu, kuraklık, sıcak hava dalgaları ve otlatma baskısı gibi stres faktörlerinin ekosistem sağlığı üzerinde yıllar arasında farklı yoğunlukta etkili

olduğunu; dolayısıyla ekolojik tabanın sürekliliğinin, iklimsel değişkenlik ve bölgesel baskılara karşı kırılgan olduğunu göstermektedir.

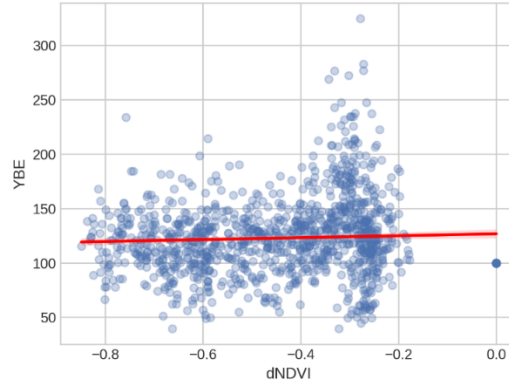


Şekil 5. ΔNDVI haritaları (2010 temel yıl)

Çizelge 1 ve Şekil 6, 2010–2024 periyodunda Türkiye genelinde YBE ve ΔNDVI arasında istatistiksel olarak anlamlı ($p=0.0402$), ancak pratik olarak çok zayıf pozitif bir ilişki olduğunu göstermektedir (Spearman $\rho = 0.024$). Bu bulgunun kırılganlığı, %95 güven aralığının ($-0.032 - 0.080$) sıfır değerini içermesiyle de desteklenmektedir; bu durum, ilişkinin yönünün belirsiz ve istatistiksel gürültü sınırında olduğuna işaret etmektedir. Theil–Sen regresyonu ile elde edilen 2.92'lik pozitif eğim (β) katsayısı da bu durumu teyit ederek, ekolojik iyileşmenin görüldüğü yerlerde ekonomik baskının da bir miktar daha yüksek olma eğiliminde olduğunu göstermektedir. Bu sonuçların bütüncül yorumu, Türkiye genelinde "ekonomik büyüme ekolojiiyi mutlaka tahrip eder" şeklinde güçlü ve tek yönlü bir zıtlığın bulunmadığı, aksine ilişkinin oldukça karmaşık, zayıf ve muhtemelen teknolojik verimlilik artışı gibi altta yatan başka faktörlerden etkilendiği yönündedir. Bu zayıf genel tablo, asıl önemli dinamiklerin ulusal ortalamalarda değil, bölgesel ve zamansal farklılıklarda saklı olduğunu göstermektedir.

Çizelge 1. Genel korelasyon analizi (2010–2024)

Spearman ρ	p-değeri	95% GA (Alt–Üst)	Theil–Sen β
0.024	0.0402	$-0.032 - 0.080$	2.92



Şekil 6. Genel ilişki ve Theil–Sen eğilimi

Yıllara göre yapılan analiz, YBE ve Δ NDVI arasındaki ilişkinin statik olmadığını, zaman içinde önemli bir yapısal dönüşüm geçirdiğini ortaya koymaktadır (Çizelge 2). 2011–2015 periyodunda, iki değişken arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki gözlenmemiştir (tüm p-değerleri > 0.05); bu durum, ekonomik ve ekolojik dinamiklerin bu dönemde birbirinden büyük ölçüde bağımsız hareket ettiğini düşündürmektedir. Ancak, 2016 yılından itibaren bu yapının değiştiği ve özellikle 2017, 2019, 2022 ve 2024 yıllarında istatistiksel olarak anlamlı, zayıf-orta düzeyde pozitif bir korelasyonun ($\rho \approx 0.24\text{--}0.32$) ortaya çıktığı görülmektedir. Bu dönüşüm, Theil–Sen eğim katsayılarında (β) daha da çarpıcı bir şekilde kendini göstermektedir; ilk yıllarda sıfıra yakın olan eğim, son yıllarda dramatik bir şekilde artarak 2024'te 57.64'e ulaşmıştır. Bu durum, son yıllarda, küçük bir ekolojik iyileşmenin dahi ancak çok daha yüksek ekonomik baskı seviyeleriyle birlikte gözlemlendiğini, yani ekolojik kazanımların "ilişkili ekonomik maliyetinin" arttığını ima etmektedir. Özetle, Çizelge 2'deki zayıf genel bulgu, aslında birbirinden farklı iki dönemin ortalaması olup, 2016 sonrası belirginleşen yeni bir ekolojik-ekonomik "kenetlenme" (coupling) rejimini maskeleymektedir.

Çizelge 2. Yıllara göre korelasyon trendleri

Yıl	Spearman ρ	p-değeri	Theil–Sen β
2010	—	—	
2011	0.065	0.562	6.135
2012	0.165	0.142	31.002
2013	-0.001	0.990	-2.588
2014	-0.005	0.962	1.584
2015	0.014	0.901	1.302
2016	0.185	0.097	20.332
2017	0.315	0.004	32.361
2018	0.165	0.142	17.965
2019	0.286	0.010	30.271



2020	0.185	0.099	30.980
2021	0.123	0.275	25.262
2022	0.236	0.034	52.917
2023	0.172	0.125	26.459
2024	0.318	0.004	57.640

İl düzeyinde gerçekleştirilen analizler, YBE ve Δ NDVI arasındaki ilişkinin mekânsal olarak belirgin bir heterojenlik sergilediğini göstermektedir (Çizelge 3). İncelenen illerin çoğunda iki değişken arasında istatistiksel olarak anlamlı bir korelasyon saptanmazken, bazı illerde istatistiksel olarak anlamlı ve zıt yönlü ilişki yapıları tespit edilmiştir. Örneğin, Edirne ilinde YBE ve Δ NDVI arasında anlamlı ve negatif bir korelasyon ($\rho = -0.627$, $p = 0.012$) gözlenmiştir; bu durum, bölgedeki yoğun tarım ve hayvancılık faaliyetlerinin vejetasyon üzerinde baskı oluşturduğu hipotezini desteklemektedir. Buna karşın, Çankırı ilinde anlamlı ve pozitif bir korelasyon ($\rho = 0.597$, $p = 0.019$) bulunmaktadır. Bu bulgu, YBE'deki artışın, marjinal tarım arazilerinin terk edilerek doğal vejetasyonun restorasyonuna bırakıldığı yapısal bir arazi kullanım değişikliği ile eş zamanlı olarak gerçekleştiği şeklinde yorumlanabilir. Mann-Kendall testi sonuçları ise illerin YBE trendlerinde de farklılaşma olduğunu ortaya koymuştur. İncelenen periyotta Muğla'da YBE anlamlı bir artış trendi sergilerken, aralarında İzmir, Yalova ve Şırnak'ın da bulunduğu birçok ilde anlamlı bir azalma trendi mevcuttur. Muğla'daki bu artışın, bölgedeki turizm ve nüfus artışına bağlı ekonomik dinamiklerden kaynaklanması muhtemeldir. Orman yangınları gibi büyük ölçekli ekolojik şoklar ise, bu kronik ekonomik baskı üzerine etkileyerek ilin kırılma eğilimini artıran ek bir faktör olarak değerlendirilebilmektedir.

Çizelge 3. İl düzeyinde korelasyon ve trend analizi

İl	Spearman ρ	p-değeri	Theil-Sen β	Trend (MK)	p (MK)	Tau (MK)	Eğim (MK)
Adana	0.161	0.566	53.506	azalan	0.006	-0.543	-3.125
Amasya	0.254	0.361	190.939	trend yok	0.060	-0.371	-1.314
Antalya	-0.063	0.825	-30.156	trend yok	0.092	0.333	1.408
Ardahan	0.288	0.298	60.323	azalan	0.048	-0.390	-2.581
Artvin	0.072	0.800	5.154	trend yok	0.060	-0.371	-4.677
Ağrı	0.231	0.408	482.556	trend yok	0.075	0.352	5.481
Balıkesir	-0.166	0.554	-30.129	trend yok	0.075	-0.352	-1.979
Denizli	-0.118	0.676	-59.759	trend yok	0.060	0.371	2.577
Diyarbakır	0.276	0.320	47.093	azalan	0.001	-0.638	-2.549
Edirne	-0.627	0.012	-199.309	azalan	0.013	-0.486	-2.267



Giresun	0.435	0.105	552.679	azalan	0.048	-0.390	-3.647
Gümüşhane	0.486	0.066	729.253	trend yok	0.767	-0.067	-0.561
Kütahya	-0.504	0.055	-223.829	trend yok	0.373	0.181	1.892
Kırklareli	-0.164	0.558	-16.419	azalan	0.029	-0.429	-3.076
Kırşehir	0.377	0.166	125.657	azalan	0.006	-0.543	-1.158
Muğla	-0.311	0.259	-68.758	artan	0.029	0.429	1.602
Samsun	-0.057	0.839	-23.748	trend yok	0.092	-0.333	-2.817
Tunceli	0.344	0.209	229.987	azalan	0.013	-0.486	-3.252
Uşak	0.326	0.236	292.243	azalan	0.029	-0.429	-2.115
Yalova	0.243	0.383	21.616	azalan	0.002	-0.600	-2.134
Yozgat	0.011	0.970	36.318	trend yok	0.060	0.371	2.730
Çankırı	0.597	0.019	499.025	trend yok	0.235	-0.238	-1.997
Çorum	0.408	0.132	1193.904	trend yok	0.060	-0.371	-4.746
İzmir	0.316	0.251	31.323	azalan	0.006	-0.543	-1.557
Şırnak	0.266	0.337	577.192	azalan	0.010	-0.505	-5.303

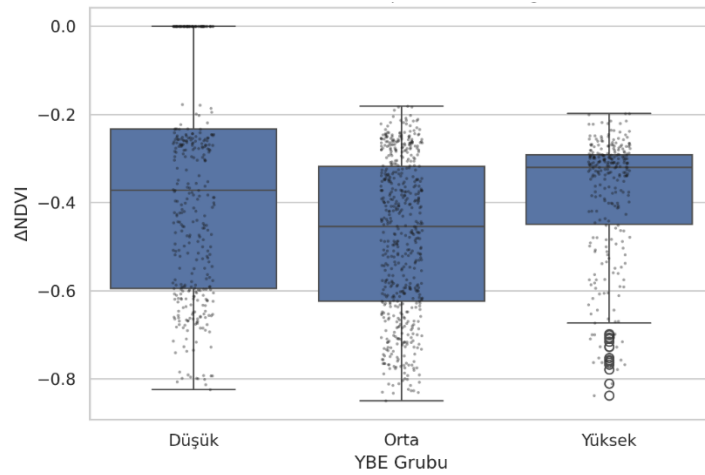
• *P değerine göre seçilmiş iller*

Çizelge 4'te YBE düzeylerine göre iller sınıflandırılmış ve bu grupların Δ NDVI bakımından farklılaşıp farklılaşmadığı incelenmiştir. Şekil 7'de görüldüğü üzere, YBE grupları arasında Δ NDVI açısından belirgin farklılıklar bulunmaktadır. Bu görsel bulgu, Tablo 4 ve 5'te sunulan Kruskal-Wallis ve Dunn post-hoc test sonuçlarıyla istatistiksel olarak da doğrulanmıştır (Kruskal-Wallis $H = 19.67$, $p < 0.001$). Bununla birlikte, hesaplanan etki büyüklüğü ($\epsilon^2=0.015$) bu farkın pratik öneminin 'küçük' olduğunu belirtmektedir. Post-hoc analizleri, gruplar arasında doğrusal olmayan (non-linear) bir ilişki yapısını ortaya koymaktadır: istatistiksel olarak anlamlı farklar, bitişik kategoriler olan 'Düşük' ile 'Orta' (Dunn $p<0.001$) ve 'Orta' ile 'Yüksek' (Dunn $p=0.002$) grupları arasında tespit edilmiştir. Dikkate değer bir bulgu olarak, ekstrem gruplar olan 'Düşük' ve 'Yüksek' YBE kategorileri arasında Δ NDVI açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptanmamıştır (Dunn $p=0.387$). Bu bulgu, iki grup arasındaki farkın ihmal edilebilir düzeyde olduğunu gösteren Cliff's Delta etki büyüklüğü ($\Delta=0.048$) ile de desteklenmektedir. Bu sonuçlar, artan ekonomik baskının ekolojik durumda monotonik bir kötüleşmeye yol açtığı yönündeki basit bir hipotezi desteklememekte; bunun yerine, ekolojik değişimdeki en kritik farklılaşmaların, sistemin orta düzeyde baskı seviyelerinden geçtiği aşamalarda meydana geldiğini ortaya koymaktadır.



Çizelge 4. İller itibariyle YBE grupları

YBE Grup	İller
Düşük	Adana, Adıyaman, Amasya, Ardahan, Artvin, Balıkesir, Bartın, Batman, Bayburt, Bilecik, Bingöl, Bitlis, Bolu, Bursa, Diyarbakır, Düzce, Edirne, Elazığ, Erzurum, Gaziantep, Giresun, Gümüşhane, Karabük, Kars, Kilis, Kocaeli, Kırklareli, Kırıkkale, Kırşehir, Mardin, Ordu, Rize, Sakarya, Samsun, Sinop, Sivas, Tekirdağ, Trabzon, Tunceli, Uşak, Yalova, Zonguldak, Çanakkale, Çankırı, Çorum, İstanbul, İzmir, Şanlıurfa, Şırnak
Orta	Afyonkarahisar, Aydın, Erzincan, Eskişehir, Hakkari, Hatay, Iğdır, Karaman, Kastamonu, Kayseri, Kütahya, Malatya, Manisa, Mersin, Muğla, Muş, Nevşehir, Tokat
Yüksek	Aksaray, Ankara, Antalya, Ağrı, Burdur, Denizli, Isparta, Kahramanmaraş, Niğde, Osmaniye, Siirt, Van, Yozgat, Konya



Şekil 7. ΔNDVI'nin YBE gruplarına göre dağılımı

Çizelge 5. Grup karşılaştırması

Grup	Kruskal–Wallis H	p-değeri	ϵ^2 (Etki Büyüklüğü)
Düşük–Orta–Yüksek	19.67	0.00	0.015

Çizelge 6. Post-hoc test sonuçları

Karşılaştırma	Dunn p-değeri	Cliff'in Δ
Düşük ile Orta	0.00	—
Orta ile Yüksek	0.002	—
Düşük ile Yüksek	0.387	0.048



Ulusal düzeyde yapılan Mann-Kendall trend analizi, 2010–2024 periyodu boyunca ekonomik ve ekolojik göstergeler arasında ayrıışan bir dinamik ortaya koymaktadır (Çizelge 7). Ülke ortalaması YBE zaman serisinde istatistiksel olarak anlamlı bir monotonik trend saptanmamıştır ($p=0.373$). Bu bulgu, il düzeyindeki farklılaşmalara rağmen, ulusal ölçekte hayvancılık kaynaklı ekonomik baskının genel yapısının, belirgin bir artış veya azalış eğilimi göstermeden, görece olarak stabil kaldığına işaret etmektedir. Buna karşın, ulusal ortalama $\Delta NDVI$ serisi, istatistiksel olarak anlamlı bir azalma eğilimi sergilemektedir ($p=0.048$). Negatif yönlü Kendall's Tau ($\tau = -0.390$) ve Sen eğim ($\beta = -0.0014$) katsayıları, 2010 yılı referans alındığında, ülke genelindeki vejetasyon sağlığında yavaş fakat istikrarlı bir bozulma olduğunu göstermektedir. Bu iki bulgu bir arada değerlendirildiğinde, ulusal ölçekteki tablonun artan bir ekonomik baskıdan ziyade, mevcut stabil baskı seviyeleri altında devam eden, kronik bir ekolojik degradasyon olduğu anlaşılmaktadır.

Çizelge 7. Ulusal trend analizi (Mann–Kendall)

Değişken	Trend	p-değeri	Tau	Sen Eğimi
YBE	Trend yok	0.373	–0.181	–0.839
$\Delta NDVI$	Azalan	0.048	–0.390	–0.0014

Ekonomik baskı ve ekolojik değişim gruplarının kesişimini gösteren risk matrisi, iki değişken arasında doğrusal olmayan (non-linear) karmaşık bir ilişki olduğunu ortaya koymaktadır (Çizelge 8). Beklentilerle uyumlu olarak, "Düşük" YBE tertilindeki il-yıl gözlemlerinin en sık rastlanan ekolojik sonucu "İyileşme"dir ($N=167$). Ekolojik bozulma riski, ekonomik baskının "Orta" seviyesinde en yüksek frekansa ulaşmakta ($N=151$), bu da ilgili kategoriye kritik bir geçiş zonu olarak tanımlanmaktadır. Monotonik bir bozulma hipotezinin aksine, "Yüksek" YBE grubunda en sık gözlemlenen ekolojik sonuç "Bozulma" ($N=109$) değil, "Nötr" ($N=169$) ve "İyileşme" ($N=135$) durumlarıdır. Bu bulgu, yüksek ekonomik baskı seviyelerinde, degradasyonu yavaşlatan veya telafi eden başka mekanizmaların (örneğin teknolojik verimlilik, arazi kullanımında yoğunlaşma sonucu diğer alanların serbest kalması vb.) devrede olabileceğini göstermektedir. "Kritik Öncelik" olarak tanımlanan "Yüksek Baskı" ve "Bozulma" kesişimi, mutlak sayıda önemli bir vaka ($N=109$) barındırmakla birlikte, yüksek baskı grubunun en olası sonucu değildir. Bu durum, önceki grup karşılaştırma testlerinde (Çizelge 5 ve 6) saptanan ve "Düşük" ile "Yüksek" baskı grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığını gösteren bulguyu desteklemektedir.

Çizelge 8. Risk matrisi

Grup	Bozulma (Degradasyon)	Nötr (Durağan)	İyileşme
Düşük	146	88	167
Orta	151	147	103
Yüksek	109	169	135

"Kritik Öncelikli" olarak tanımlanan illerin analizi, riskin mekânsal ve zamansal dağılımının uniform olmadığını göstermektedir (Çizelge 9). Zamansal olarak, kritik il sayısı 2013-2014 döneminde belirgin bir artış göstererek tepe noktasına ulaşmış, 2017'de ise önemli ölçüde azalmıştır. Bu durum, ilgili periyotta geniş bir coğrafyayı etkileyen sistemik faktörlerin varlığına işaret etmektedir. Mekânsal olarak, kritik illerin Marmara ve Karadeniz Bölgeleri'nde



istatistiksel olarak anlamlı bir yoğunlaşma sergilediği tespit edilmiştir. Bu coğrafi kümelenme, bu bölgelere özgü sosyo-ekonomik ve çevresel koşulların, incelenen kırılma türü için elverişli bir zemin oluşturduğunu düşündürmektedir. İllerin listede kalma sıklığı incelendiğinde ise, Tokat gibi sıkça listede yer alan illerin kronik (süregelen) risk faktörlerine maruz kaldığı, diğer illerin ise daha çok yaygın stres dönemlerinde ortaya çıkan epizodik (dönemsel) bir kırılma gösterdiği anlaşılmaktadır.

Çizelge 9. Kritik iller (Negatif trend ve politika önceliği)

Yıl	İller
2011	Hatay, Osmaniye
2012	Artvin, Bartın, Bursa, Giresun, Kocaeli, Sakarya, Samsun, Tekirdağ, Tokat, Trabzon, Zonguldak
2013	Artvin, Balıkesir, Bartın, Bursa, Düzce, Edirne, Giresun, Hatay, Karabük, Kastamonu, Kocaeli, Kırklareli, Ordu, Osmaniye, Rize, Sakarya, Samsun, Sinop, Tekirdağ, Tokat, Trabzon, Zonguldak, Çanakkale, İstanbul
2014	Artvin, Balıkesir, Bartın, Bilecik, Bursa, Düzce, Edirne, Karabük, Kastamonu, Kırklareli, Rize, Sakarya, Samsun, Sinop, Tekirdağ, Tokat, Trabzon, Zonguldak, Çanakkale, İstanbul
2015	Balıkesir, Düzce, Karabük, Sakarya, Tokat, Trabzon, Zonguldak, İstanbul
2016	Tekirdağ, Tokat, Çanakkale
2017	Tokat
2018	Artvin, Bursa, Tekirdağ, Tokat, Trabzon, Zonguldak, Çanakkale, İstanbul
2019	Artvin, Bursa, Hatay, Muğla, Tokat, Trabzon, Zonguldak
2020	Artvin, Bursa, Düzce, Hatay, Kastamonu, Osmaniye, Sakarya, Tokat, Trabzon, Zonguldak
2021	Bartın, Bursa, Düzce, Kastamonu, Osmaniye, Rize, Sakarya, Tokat, Trabzon, Zonguldak
2022	Kastamonu, Osmaniye
2023	Aydın, Kastamonu
2024	Osmaniye

Kümülatif risk skorlarının matrisi, illeri risk profillerinin zaman içindeki seyrine göre birkaç ana grupta sınıflandırma imkanı sunmaktadır (Şekil 8). Birinci grup, özellikle Karadeniz Bölgesi'nde yer alan ve incelenen periyodun büyük bölümünde kronik olarak yüksek risk skorları sergileyen illerdir (örn. Trabzon, Rize, Bartın); bu durum, bu bölgelerde yapısal ve sürekli bir kırılma olduğuna işaret etmektedir. İkinci grup, İç Anadolu'daki bazı iller (örn. Konya, Afyonkarahisar) gibi 2010'ların ortasında geçici bir risk artışı yaşayıp sonra daha stabil



bir duruma dönen, konjonktürel şoklara duyarlı illerden oluşmaktadır. Üçüncü grup, Güneydoğu Anadolu illeri (örn. Şanlıurfa, Mardin) gibi periyodun genelinde istikrarlı bir şekilde düşük risk profili sergileyen illerdir; bu durum, bölgedeki arazi kullanım dinamiklerinin veya büyük ölçekli sulama projelerinin etkilerinin bir sonucu olabilir. Geriye kalan illerin çoğunluğu ise, yıllar içinde hem pozitif hem de negatif skorlar olarak daha dalgalı bir seyir izleyen dördüncü grubu oluşturmaktadır, bu da bu illerdeki ekolojik-ekonomik dengenin daha hassas olduğunu göstermektedir.

Tartışma

Bu çalışmanın bulguları, Türkiye meralarındaki mevcut yönetim rejimlerinin, üretim odaklı hedefler ile ekosistem temelli sürdürülebilirlik arasındaki temel gerilimi yansıtan, mekânsal olarak farklılaşmış ve zamansal olarak dinamik sonuçlar ürettiğini ortaya koymaktadır. Ulusal ölçekte ekonomik baskı ve ekolojik değişim arasında net ve güçlü bir ilişkinin olmaması, tek bir ulusal modelin geçerli olmadığını, aksine her biri farklı bir adaptasyon veya kırılganlık yörüngesini temsil eden bölgesel arketiplerin varlığını göstermektedir. Bu bulgu, Ostrom'un (2007) karmaşık sosyo-ekolojik sistemler için evrensel reçetelerin başarısız olacağına dair temel argümanını doğrulamaktadır. Benzer biçimde, Doğu Anadolu yarı kurak meralarında kullanım oranlarını belirleyen faktörler üzerine yapılan çalışmalar da, mera yönetiminin bölgesel koşullara göre şekillendiğini göstermektedir (Kara, 2020). Çalışma, bu heterojenliğin altını çizerek, "iklim-zeka" yaklaşımların neden yere özgü ve bağlama duyarlı stratejiler gerektirdiğini savunan geniş adaptasyon literatürüyle de paralellik göstermektedir (Adger et al., 2005; Smit & Wandel, 2006). Diğer taraftan bu heterojenliğin yalnızca coğrafi farklılıklardan değil, aynı zamanda yönetim biçimlerinden de kaynaklandığı açıktır. Örneğin, Zonguldak meralarında yapılan bir çalışma, sadece sığırların otlatıldığı (tek-türlü) meraların durum sınıfının 'zayıf' olduğunu, buna karşın sığır, koyun ve keçinin bir arada otlatıldığı (çok-türlü) karma sistemlerin ise 'orta' durumda olduğunu ve yabancı ot kontrolünde daha başarılı olduğunu göstermiştir (Uzun and Ocak, 2019). Bu durum, mera sağlığının sadece otlatma baskısının miktarına değil, aynı zamanda otlatan hayvan türlerinin çeşitliliğine de ne kadar duyarlı olduğunu ortaya koymaktadır.

Ulusal Δ NDVI gözlemlenen istikrarlı düşüş trendi, ekonomik baskı artmasa bile mevcut üretim odaklı sistemin, iklim değişikliğinin şiddetlendirdiği stres faktörleri altında ekolojik tabanı aşındırdığını göstermektedir. Nitekim, bu genel eğilimi bölgesel çalışmalar da teyit etmektedir; örneğin Palandöken Dağları meralarında yirmi yıllık bir süredeki değişimi inceleyen bir araştırma, mera sağlığı ve kondisyonunda belirgin bir bozulma olduğunu ortaya koymuştur (Koç et al., 2021). Bu durum, Walker and Salt'ın (2006) "yavaş değişkenler" olarak tanımladığı ekolojik sağlığın, ani şoklar olmasa bile zamanla nasıl erozyona uğrayabileceğinin ve sistemin genel direncini nasıl zayıflatabileceğinin somut bir örneğidir. Mevcut sistemin iklimsel değişkenliğe karşı adaptif kapasitesinin düşük olması, ekosistem sağlığını geri plana atan bir yapıda olduğunun güçlü bir kanıtıdır.

Edirne gibi "klasik zıtlık" örneği sergileyen iller, Rockström et al. (2009)'un "*gezegenin sınırları*" çerçevesinde vurguladığı üzere, bölgesel ölçekte ekolojik eşiklerin aşılaraq "güvensiz faaliyet alanlarına" geçişin somut örneklerini ortaya koymaktadır. Bu bağlamda, üretimdeki artışın doğrudan ekolojik degradasyonla sonuçlanması, sistemin iklim-zeka ilkelerinden biri olan dirençlilik (resilience) kapasitesini geliştirme hedefinde yetersiz kaldığını açıkça göstermektedir.

Buna karşın, mekânsal analizlerde elde edilen ve başlangıçtaki beklentilerle çelişen bulgular, potansiyel uyum stratejilerine ilişkin dikkate değer bilgiler sunmaktadır. Örneğin, Çankırı gibi illerde gözlemlenen pozitif korelasyon, basit bir "paradoks" olarak değerlendirilmekten ziyade,



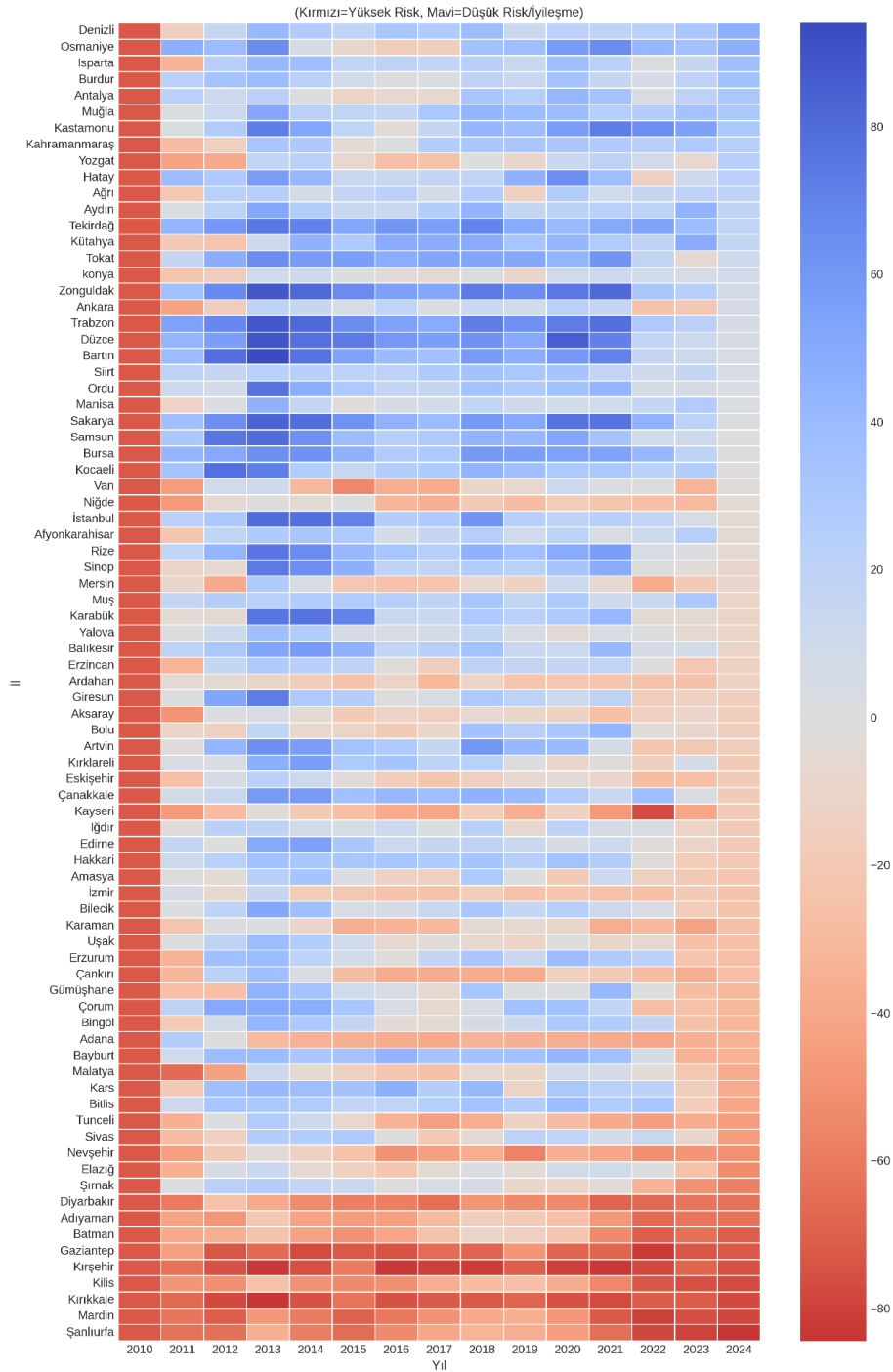
arazi sistemleri bilimi literatüründe iyi tanımlanmış bir sürecin yansımaları olabilir. Bu süreç, büyük olasılıkla marjinal tarım arazilerinin terk edilmesi ve kırsaldan kente yönelik göçün yol açtığı azalan otlatma baskısıyla tetiklenen “pasif ekolojik restorasyon” ya da “yeniden yabanlaşma” (rewilding) olgusunu ifade etmektedir (Navarro and Pereira, 2012). Bununla birlikte, yerel saha çalışmaları farklı bir tabloyu da ortaya koymaktadır. Çankırı köy meralarında yapılan değerlendirmelerde, mera durumunun bazı alanlarda “iyi” sınıfta olmasına karşın, mera sağlığının genel olarak “sağlıksız” bulunması, yoğun ve kontrolsüz otlatmanın istenen türleri azalttığını ve istilacı türleri artırdığını göstermektedir (Ünal et al., 2011).

Güneydoğu Anadolu’daki düşük risk profili, Devlet Su İşleri’nin (DSİ) öncülüğünde yürütülen büyük ölçekli sulama projelerinin bir “tasarlanmış adaptasyon” örneği olarak vejetasyon örtüsünü, dolayısıyla üretkenlik temelini güçlendirdiğini göstermektedir. Bu tür “sert” mühendislik çözümleri, iklim-zeka tarımının üç temel hedefinden biri olan üretkenliği artırmada kısa vadede etkili olmakla birlikte, adaptasyon literatüründe söz konusu yaklaşımların uzun vadeli ekolojik ve toplumsal sürdürülebilirliği (örneğin, su kaynakları üzerindeki baskı, biyoçeşitlilik kayıpları) konusunda önemli tartışmalar gündeme gelmektedir (Eriksen et al., 2015). Muğla’da gözlemlenen artan YBE eğilimi ve kronik kırılganlık, adaptasyon literatüründe “maladaptasyon” olarak tanımlanan ve uzun vadede kırılganlığı derinleştiren eylemler döngüsüne işaret etmektedir (Barnett and O’Neill, 2010). Turizm gibi sektörlerin yarattığı dolaylı arazi kullanım baskılarının, iklimle ilişkili şoklar (örneğin, orman yangınları) ile birleşerek oluşturduğu bu “uyumsuzluk” döngüsü, politika müdahalelerinin yalnızca tek bir sektöre odaklanmak yerine, farklı sektörler arasındaki karmaşık etkileşimleri ve geri besleme mekanizmalarını dikkate alan bütüncül bir risk yönetimi yaklaşımını gerektirdiğini ortaya koymaktadır.

Analizin en dikkat çekici bulgularından biri, Türkiye’nin en yüksek bitki örtüsü yoğunluğuna sahip olan Karadeniz bölgesinin, mekânsal risk haritalamasında “kritik öncelikli” olarak öne çıkmasıdır. İlk bakışta çelişkili görünen bu sonuç, çalışmanın temelini oluşturan iki boyutlu kırılganlık çerçevesinin açıklayıcı gücünü ortaya koymaktadır. Bu durum, bir sistemin mutlak durumundan ziyade, değişim dinamiklerinin ve yapısal hassasiyetlerinin anlaşılmasının önemini vurgulamaktadır. Öncelikle, çalışmada kullanılan $\Delta NDVI$, bir bölgenin mutlak vejetasyon yoğunluğunu değil, 2010 yılı referans periyoduna göre göreceli değişimini ölçmektedir. Dolayısıyla, yüksek bir başlangıç NDVI değerine sahip olan Karadeniz gibi bir ekosistem, kendi tarihsel normlarına kıyasla bir bozulma (degradasyon) sürecine girdiğinde, model tarafından negatif bir sinyal üretmektedir. Bu, görünürde “yeşil” olan bir sistemin, aslında ekolojik sağlık ve verimlilik açısından bir gerileme içinde olabileceği anlamına gelmektedir. Bu yaklaşım, kırılganlığı statik bir durum olarak değil, dinamik bir süreç olarak ele almaktadır. İkinci ve daha kritik olan unsur, modelin riski yalnızca ekolojik bozulma ile tanımlamamasıdır. Riskin diğer boyutu, bu ekolojik şoklara karşı sistemin ne denli hassas olduğunu ölçen ekonomik kırılganlıktır. Karadeniz Bölgesi, Türkiye genelinde çayır-mera alanları açısından önemli bir paya sahiptir. Bölge, 1.52 milyon hektar ile ülke çayır-mera alanlarının %10.38’i barındırmaktadır (Özkan vd., 2025). Ortalama olarak dekardan 100 kg kuru ot verimi alınabileceği varsayılırsa, bölgeden yıllık 1.52 milyon ton kuru ot elde edilmektedir (Çağan ve Yüksel, 2016). Bu miktar, bölgedeki hayvan popülasyonunun ihtiyacının oldukça altındadır. Bölgede 2024 yılı kaba yem / kuru ot durumu incelendiğinde 1370586 ton kaba yem, 5714052 ton ise kuru ot açığı bulunmaktadır. Bu durum, yem ithalatına ve bölge dışından yem teminine olan bağımlılığı artırmakta, lojistik maliyetleri yükseltmekte ve yem fiyatlarında dalgalanmalara neden olmaktadır. Bu çerçevede, çalışma kapsamında hesaplanan YBE üzerinde yapısal bir baskı oluşmaktadır. Nitekim bölgede 2011–2024 dönemi YBE ortalaması (2010=100) 121.87’ye yükselmiştir. Bu artış, Karadeniz’in kendi içinde yem maliyet baskısının referans yılına göre %22 arttığını göstermektedir. Bu bulgu, politika



müdahalelerinin yalnızca ekolojik olarak en kurak görünen alanlara değil, aynı zamanda ekolojik şokların ekonomik sonuçlarının en şiddetli olacağı, yüksek hassasiyete sahip bölgelere odaklanması gerektiğini ortaya koymaktadır.



Şekil 8. İller itibariyle risk sınıflandırması

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışma, Türkiye meralarında üretim odaklı yönetim ile ekosistem temelli sürdürülebilirlik arasındaki ilişkiyi, "iklim-zeka" yaklaşımları çerçevesinde mekânsal ve zamansal olarak analiz etmiştir. Araştırma, bu ilişkinin ülke genelinde homojen ve doğrusal bir zıtlık göstermediğini, aksine her biri farklı politika müdahaleleri gerektiren, kronik kırılganlık, konjonktürel risk ve



adaptif sinerji gibi belirgin bölgesel arketipler sergileyen karmaşık bir yapıya sahip olduğunu kantitatif olarak ortaya koymuştur. Çalışmanın temel katkısı, reaktif ve tek tip ulusal politikalar yerine, bu kanıta dayalı arketiplere göre tasarlanmış, proaktif, yere özgü ve iklim-zeka prensiplerine uygun bölgesel müdahale stratejilerinin geliştirilmesi için ampirik bir zemin sunmasıdır.

Elde edilen bulgular, Türkiye'nin mera yönetimi ve kırsal kalkınma politikalarında, standart ve merkeziyetçi yaklaşımlardan uzaklaşarak, kanıta dayalı, dinamik ve mekânsal olarak farklılaştırılmış bir paradigmaya geçiş yapılmasının zorunluluğunu ortaya koymaktadır. Bu doğrultuda aşağıdaki politika ve araştırma önerileri geliştirilmiştir:

1. Mekânsal Olarak Hedeflenmiş Politikaların Geliştirilmesi: Analizin ortaya koyduğu en net sonuç, riskin ve adaptasyon kapasitesinin coğrafi olarak farklılaşmasıdır. Bu nedenle politika müdahaleleri, illerin ve bölgelerin özgün risk profillerine göre tasarlanmalıdır:

○ Kronik Risk Bölgeleri (örn. Karadeniz): Bu bölgelerde sorunun yapısal olduğu anlaşıldığından, entegre kırsal kalkınma planları çerçevesinde uzun vadeli çözümlere odaklanılmalıdır. Tarım ve Orman Bakanlığı'nca yürütülen mera ıslah projeleri, rotasyonel otlatma gibi sürdürülebilir arazi yönetimi pratikleri ve ekonomik çeşitlendirme stratejileri önceliklendirilmelidir.

○ Konjonktürel Risk Bölgeleri (örn. İç Anadolu): Kuraklık gibi dönemsel şoklara karşı hassas olan bu bölgelerde, iklimsel dirençliliği (resilience) artıracak teknolojilere ve mekanizmalara yatırım yapılmalıdır. DSİ öncülüğündeki modern ve verimli sulama altyapısının yaygınlaştırılması, kuraklığa dayanıklı yem bitkilerinin teşviki ve risk sigortası mekanizmaları bu kapsamda değerlendirilmelidir.

○ Düşük Risk ve Pozitif Ayrışma Bölgeleri (örn. Güneydoğu Anadolu, Çankırı): Bu iller, başarılı adaptasyon mekanizmalarını anlamak için birer "doğal laboratuvar" olarak görülmelidir. Bu bölgelerdeki başarının altında yatan (büyük ölçekli sulama, arazi kullanımındaki yapısal değişimler vb.) faktörlerin detaylı vaka analizleri ile incelenmesi ve buradan elde edilecek "iyi uygulama örneklerinin" diğer bölgelere ölçeklenebilirliği araştırılmalıdır.

2. Doğrusal Olmayan Dinamiklere Dayalı Nüanslı Müdahaleler: Analiz, "Yüksek Baskı" grubundaki illerin beklenenden daha iyi bir ekolojik profil sergileyebildiğini ve ekolojik bozulmanın "Orta Baskı" grubunda zirve yaptığını göstermiştir. Bu durum, politika müdahalelerinin en etkin olabileceği noktanın, illerin "Yüksek Baskı" kategorisine geçişini önlemeye yönelik önleyici stratejiler olduğunu düşündürmektedir. Ayrıca, "Yüksek Baskı" grubunda gözlemlenen tamponlama mekanizmalarının (teknolojik verimlilik, etkin kaynak yönetimi vb.) anlaşılması, ekonomik kalkınma ile ekolojik sürdürülebilirlik arasındaki negatif bağı zayıflatabilecek potansiyel politika dersleri sunabilir.

3. Adaptif Yönetim ve Sürekli İzleme: Ekolojik-ekonomik ilişkinin 2016 sonrası dönemde yapısal bir değişim göstermesi ve belirli yıllarda (örn. 2013-2014) krizlerin zirve yapması, statik planlamaların yetersiz kalacağını göstermektedir. Bu nedenle, ulusal ve bölgesel düzeyde, bu çalışmada kullanılan göstergeleri sürekli takip eden erken uyarı sistemleri kurulmalı ve politika setleri bu değişen dinamiklere göre düzenli olarak güncellenen adaptif bir yönetim anlayışı benimsenmelidir.

Çalışmanın Kısıtları ve Gelecek Araştırma Yönelimleri

Bu çalışmanın bulguları yorumlanırken bazı kısıtlılıklar göz önünde bulundurulmalıdır. İlk olarak, YBE ve Δ NDVI, karmaşık sosyal-ekonomik ve ekolojik süreçleri temsil eden vekil (proxy) göstergelerdir; YBE, hayvancılığın tüm ekonomik boyutlarını kapsamazken, Δ NDVI



ise biyoçeşitlilik, toprak sağlığı veya su kalitesi gibi ekosistem sağlığının diğer kritik bileşenlerini ölçmemektedir. İkinci olarak, bu analiz korelasyonel bir yapıdadır ve tespit edilen istatistiksel ilişkilerin altında yatan nedensel mekanizmaları kesin olarak ortaya koymamaktadır. Üçüncü olarak, analiz il düzeyinde yapılmıştır ve bu ölçek, önemli il-içi heterojenlikleri maskeleyebilmektedir. Bu kısıtlılıklar, gelecek araştırmalar için önemli yönelimler sunmaktadır: (1) Bulguların, belirlenen arketip illerde yürütülecek nitel saha çalışmaları ve vaka analizleri ile derinleştirilerek nedensel mekanizmaların ortaya konması; (2) Analizlerin, toprak nemi, biyoçeşitlilik indeksleri ve hane halkı anketleri gibi daha çeşitli veri setleriyle zenginleştirilmesi; ve (3) Modelin, havza veya ilçe gibi daha hassas mekânsal ölçeklerde tekrarlanarak yerel dinamiklerin daha iyi anlaşılması, bu alandaki bilgi birikimine önemli katkılar sunacaktır.



KAYNAKLAR

- Adger, W. N. (2006). Vulnerability. *Global Environmental Change*, 16(3), 268–281.
- Adger, W. N., Arnell, N. W., & Tompkins, E. L. (2005). Successful adaptation to climate change across scales. *Global Environmental Change*, 15(2), 77-86.
- Barnett, J., & O'Neill, S. (2010). Maladaptation. *Global Environmental Change*, 20(2), 211-213.
- Bednar-Friedl, B., R. Biesbroek, D.N. Schmidt, P. Alexander, K.Y. Børsheim, J. Carnicer, E. Georgopoulou, M. Haasnoot, G. Le Cozannet, P. Lionello, O. Lipka, C. Möllmann, V. Muccione, T. Mustonen, D. Piepenburg, and L. Whitmarsh, 2022: Europe. In: *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, M. Tignor, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem, B. Rama (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, pp. 1817–1927, doi:10.1017/9781009325844.015.
- Berkes, F., & Folke, C. (Eds.). (1998). *Linking social and ecological systems: Management practices and social mechanisms for building resilience*. Cambridge University Press.
- Boone, R. B., Conant, R. T., Sircely, J., Thornton, P. K., & Herrero, M. (2018). Climate change impacts on selected global rangeland ecosystem services. *Global change biology*, 24(3), 1382-1393.
- Chambers, R., & Conway, G. R. (1992). *Sustainable rural livelihoods: Practical concepts for the 21st century*. Institute of Development Studies (IDS) Discussion Paper 296.
- Costanza, R., d'Arge, R., De Groot, R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., ... & Van Den Belt, M. (1997). The value of the world's ecosystem services and natural capital. *nature*, 387(6630), 253-260.
- Çaçan, E., & Yüksel, A. (2016). Çayır ve meraların bölgesel kalkınma üzerindeki etkisi, ÜNİDAP Uluslararası Bölgesel Kalkınma Konferans, Muş, 521-531
- Çetin, İ. (2012). Amasya ilinde kuru soğan yetiştiren tarım işletmelerinin risk analizi ve optimum işletme organizasyonlarının riskli koşullarda belirlenmesi üzerine bir araştırma (Doktora tezi). Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Ekonomisi Anabilim Dalı, Tokat.
- ÇŞİDB. (2024). İklim Değişikliğine Uyum Stratejisi ve Eylem Planı (2024–2030), https://iklim.gov.tr/db/turkce/icerikler/files/%C4%B0klim%20De%C4%9Fi%C5%9Fikli%C4%9Fine%20Uyum%20Stratejisi%20ve%20Eylem%20Plan_%202024-2030.pdf, Erişim tarihi: 03 Ağustos 2025.
- Dougill, A. J., Stringer, L. C., Leventon, J., Riddell, M., Rueff, H., Spracklen, D. V., & Butt, E. (2012). Lessons from community-based payment for ecosystem service schemes: from forests to rangelands. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 367(1606), 3178-3190.
- Eriksen, S., Nightingale, A., & Eakin, H. (2015). Reframing adaptation: The political nature of climate change adaptation. *Global Environmental Change*, 35, 523-533.
- FAO. (2013). *Climate-Smart Agriculture Sourcebook*. Rome: FAO, <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/b21f2087-f398-4718-8461-b92afc82e617/content>, Erişim tarihi: 03 Ağustos 2025



- Godde, C. M., Boone, R. B., Ash, A. J., Waha, K., Sloat, L. L., Thornton, P. K., & Herrero, M. (2020). Global rangeland production systems and livelihoods at threat under climate change and variability. *Environmental Research Letters*, 15(4), 044021.
- Gutiérrez-Hernández, O., & García, L. V. (2024). Robust trend analysis in environmental remote sensing: A case study of Cork Oak forest decline. *Remote Sensing*, 16(20), 3886. <https://doi.org/10.3390/rs16203886>
- Holling, C. S. (1973). In W. R. Burnside, S. Pulver, K. J. Fiorella, M. L. Avolio, & S. M. Alexander (Eds.), *Foundations of socio-environmental research: Legacy readings with commentaries* (pp. 460–482). Cambridge University Press.
- Huete, A., Didan, K., Miura, T., Rodriguez, E. P., Gao, X., & Ferreira, L. G. (2002). Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation indices. *Remote Sensing of Environment*, 83(1-2), 195-213.
- 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* [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland.
- Kara, A. (2020). Determination of the factors affecting utilization rate of Eastern Anatolian semiarid public rangelands in Turkey. *International Journal of Agriculture Environment and Food Sciences*, 4(1), 119-129.
- Koç, A., Gökkuş, A., Güllap, M. K., Erkovan, H. İ., & Sürmen, M. (2021). Changes in rangeland condition and health of Palandoken mountain rangelands over two decades. *Turkish Journal of Range and Forage Science*, 2(2), 37-43.
- Little, R. J. A., & Rubin, D. B. (2019). *Statistical analysis with missing data* (3rd ed.). John Wiley & Sons.
- Mazmanoğlu, A. (2012). İktisat ve işletmede istatistiksel anlamda indekxin önemi ve hesaplama teknikleri üzerine bir açıklama. *Anadolu Bil Meslek Yüksekokulu Dergisi*, (26), 3-22.
- Millennium Ecosystem Assessment. (2005). *Ecosystems and human well-being: Synthesis*. Island Press. Washington, DC.
- Navarro, L. M., & Pereira, H. M. (2012). Rewilding abandoned landscapes in Europe. *Ecosystems*, 15(6), 900-912.
- Ostrom, E. (2007). A diagnostic approach for going beyond panaceas. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104(39), 15181-15187.
- Ostrom, E. (2009). A general framework for analyzing sustainability of social-ecological systems. *Science*, 325(5939), 419-422.
- Özkan, U., Yılmaz, D. İ., Tenikecier, H. S., & Ateş, E. Türkiye’de kaba yem ve kuru ot durumu: 2004-2024 dönem analizi. *Erciyes Tarım ve Hayvan Bilimleri Dergisi*, 8(1), 93-107.
- Reed, M. S., Stringer, L. C., Dougill, A. J., Perkins, J. S., Atlhopheng, J. R., Mulale, K., & Favretto, N. (2015). Reorienting land degradation towards sustainable land management: Linking sustainable livelihoods with ecosystem services in rangeland systems. *Journal of environmental management*, 151, 472-485.
- Resmi Gazete. (1998a). 4342 Sayılı Mera Kanunu, <https://www.resmigazete.gov.tr/arsiv/23272.pdf>, Erişim tarihi: 03 Ağustos 2025



- Resmi Gazete. (1998b). Mera Yönetmenliği, <https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuat?MevzuatNo=5057&MevzuatTur=7&MevzuatTertip=5>, Erişim tarihi: 03 Ağustos 2025
- Rockström, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, Å., Chapin, F. S., Lambin, E. F., ... & Foley, J. A. (2009). A safe operating space for humanity. *Nature*, 461(7263), 472-475.
- Saner, G., Engindeniz, S., Adanacioğlu, H., Güler, D., & Şengül, Z. (2022). Manda yetiştiriciliğinin ekonomik yönü üzerine bir analiz: Balıkesir ili örneği. *Journal of Animal Production*, 63(1), 35-46.
- Scheffer, M., Carpenter, S., Foley, J. A., Folke, C., & Walker, B. (2001). Catastrophic shifts in ecosystems. *Nature*, 413(6856), 591-596.
- Scheiter, S., Schulte, J., Pfeiffer, M., Martens, C., Erasmus, B. F., & Twine, W. C. (2019). How does climate change influence the economic value of ecosystem services in savanna rangelands?. *Ecological Economics*, 157, 342-356.
- Seo, S. N., & Mendelsohn, R. (2008). Animal husbandry in Africa: Climate change impacts and adaptations. *African Journal of Agricultural and Resource Economics*, 2(1), 65-82.
- Siegel, S., & Castellan, N. J. (1988). *Nonparametric statistics for the behavioral sciences* (2nd ed.). McGraw-Hill.
- Simba, L. D., Te Beest, M., Hawkins, H. J., Larson, K. W., Palmer, A. R., Sandström, C., ... & Cromsigt, J. P. (2024). Wilder rangelands as a natural climate opportunity: Linking climate action to biodiversity conservation and social transformation. *Ambio*, 53(5), 678-696.
- Smit, B., & Wandel, J. (2006). Adaptation, adaptive capacity and vulnerability. *Global Environmental Change*, 16(3), 282-292.
- T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı. (2023). Türkiye Tarımsal Kuraklıkla Mücadele Stratejisi ve Eylem Planı (2023-2027), <https://www.tarimorman.gov.tr/TRGM/Belgeler/0TARIMSAL%20%C3%87EVRE%20VE%20DO%20C4%9EAL%20KAYNAKLARI%20KORUMA%20DA%20C4%B0RE%20BA%20C5%9EKANLI%20C4%9EI/Yay%20C4%B1nlar%20C4%B1m%20C4%B1z/Tar%20C4%B1msal%20Kurakl%20C4%B1kla%20Mu%20CC%88cadele.pdf>, Erişim tarihi: 03 Ağustos 2025.
- T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı. (2025). Çayır Mera ve Yem Bitkileri, <https://www.tarimorman.gov.tr/Konular/Bitkisel-Uretim/Cayir-Mera-ve-Yem-Bitkileri>, Erişim tarihi: 06 Ağustos 2025.
- Tarım ve Orman Şurası. (2019). Mera Yönetimi Grubu Çalışma Belgesi, https://cdniys.tarimorman.gov.tr/api/File/GetFile/330/Sayfa/1416/1778/DosyaGaleri/9._mera_yonetimi.pdf, Erişim tarihi: 06 Ağustos 2025.
- TARSİM. (2025). Sigortalar, <https://www.tarsim.gov.tr/>, Erişim tarihi: 03 Ağustos 2025.
- Thornton, P. K., & Herrero, M. (2014). Climate change adaptation in mixed crop-livestock systems in developing countries. *Global Food Security*, 3(2), 99-107
- Tucker, C. J. (1979). Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. *Remote sensing of Environment*, 8(2), 127-150.
- UNEP. (2024). GEF Project Implementation Report, GEF Coordination Office CO, https://open.unep.org/docs/gef/PIR/5203_PIR_UNEP_2024_EbA_II.pdf, Erişim tarihi: 03 Ağustos 2025



- Uzun, F., & Ocak, N. (2019). Some vegetation characteristics of rangelands subjected to different grazing pressures with single-or multi-species of animals for a long time (A case of Zonguldak province, Turkey). *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 34(3), 360-370.
- Ünal, E., & Aydoğdu, M. (2012). Çankırı meralarında biyokütle ve vejetasyon indeks ilişkisi. *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*, 5(2), 118-121.
- Ünal, S., Karabudak, E., Öcal, M. B., & Koç, A. (2011). Interpretations of vegetation changes of some villages rangelands in Çankiri Province of Turkey. *Turkish Journal of Field Crops*, 16(1), 39-47.
- Walker, B., & Salt, D. (2006). *Resilience thinking: Sustaining ecosystems and people in a changing world*. Island Press.
- Wessels, K. J., Prince, S. D., Malherbe, J., Small, J., Frost, P. E., & VanZyl, D. (2007). Can MODIS data be used to identify degradation hotspots in the Sahel? A case study in the Gourma, Mali. *Journal of Arid Environments*, 68(4), 553–571.
- Yıldırım, Ç. (2024). Samsun ilinde manda sütü üretiminin ekonomik ve çevresel açıdan değerlendirilmesi. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 11(1), 168-179.



TÜRKİYE'DE MERA YÖNETİMİNDE KARŞILAŞILAN SORUNLARIN KURUMSAL YANSIMALARI

Prof. Dr. Tayfun ÇAY,

Konya Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Harita Mühendisliği
Bölümü, Konya, Türkiye

tçay@ktun.edu.tr

Öğr. Gör. Ömer ACAR

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Göksun Meslek Yüksekokulu, Mimarlık ve Şehir
Planlama Bölümü, Kahramanmaraş, Türkiye

oacar@ksu.edu.tr

ÖZET

Türkiye’de kırsal alanların sosyo-ekonomik yapısının sürdürülebilirliği büyük ölçüde meraların korunmasına ve etkin kullanılmasına bağlıdır. Tarım ve hayvancılığın temel girdilerinden biri olan mera alanları hem kırsal kalkınmanın devamlılığı hem de doğal ekosistemlerin korunması açısından önem arz etmektedir. Fakat mera alanları; hızlı nüfus artışı, amaç dışı kullanımlar, işgaller, otlatma baskısı ve yetersiz mera ıslah uygulamaları gibi birçok nedene bağlı olarak risk altında bulunmaktadır. Bu kapsamda, mera alanlarının korunması ve ıslahına yönelik olarak mera şube müdürlüklerinde görev yapan teknik personelin görüş ve deneyimlerinin tespit edilmesi önemlidir. Böylece sorunlar doğru şekilde ortaya konulabilir ve çözüm önerileri geliştirilebilir.

Bu çalışma kapsamında, Türkiye’de mera şube müdürlüklerinde görev yapan teknik personellerin mera yönetimine dair görüşlerini ortaya koymak amacıyla görüş formu hazırlanmıştır. Çalışmada kullanılan görüş formunda, 6’sı “Evet/Hayır”, 16’sı 5’li Likert ölçeğinde ve 1’i açık uçlu olmak üzere toplam 23 sorudan oluşmaktadır. Anket, katılımcıların mesleki deneyimlerini, eğitim düzeylerini ve görev yaptıkları coğrafi bölgeyi de kapsayacak şekilde tasarlanmıştır.

Elde edilen veriler mera yönetiminde çok boyutlu bir yaklaşımın gerekliliği ortaya çıkmaktadır. Kurum çalışanlarının değerlendirmeleri, öncelikli olarak eğitim ve kapasite artırıcı faaliyetlerin yaygınlaştırılması gerektiğini, genç mühendislerin sahada daha etkin istihdam edilmesi gerektiğini ve mevcut mevzuatın güncellenerek daha işlevsel hale getirilmesi gerektiğini göstermektedir. Ayrıca, çiftçi-kurum iş birliğinin artırılması, yerli tohum üretiminin desteklenmesi ve denetim mekanizmalarının güçlendirilmesi öneriler arasında öne çıkmaktadır.

Sonuç olarak, bu çalışma Türkiye’nin farklı bölgelerinden elde edilen anket verileriyle, mera alanlarının korunması ve ıslahı konusunda kurum çalışanlarının deneyimlerini bütüncül bir şekilde ortaya koymaktadır. Çalışma, yalnızca mevcut sorunların tespitiyle sınırlı kalmamakta, aynı zamanda sürdürülebilir mera yönetimi için uygulanabilir politika ve uygulama önerileri sunmaktadır. Mera alanlarının coğrafi bilgi sistemleri tabanlı envanterlerinin oluşturulması, arazi kullanım değişimlerinin düzenli olarak izlenmesi ve bilimsel veriye dayalı yönetim modellerinin geliştirilmesi gerektiği düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Mera yönetimi, Islah Çalışmaları, Mera Kanunu, Sürdürülebilirlik.



INSTITUTIONAL REFLECTIONS OF PROBLEMS ENCOUNTERED IN RANGELAND MANAGEMENT IN TÜRKİYE

ABSTRACT

The sustainability of the socio-economic structure of rural areas in Turkey depends mainly on the protection and effective use of pastures. Pastures, a fundamental input for agriculture and livestock farming, are crucial for the continuity of rural development and the preservation of natural ecosystems. However, pastures are at risk due to numerous factors, including rapid population growth, misuse, encroachment, grazing pressure, and inadequate pasture improvement practices. In this context, it is important to gather the opinions and experiences of technical personnel working in pasture departments regarding the protection and improvement of pastures. This allows for accurate identification of problems and the development of solutions.

As part of this study, an opinion form was prepared to reveal the opinions of technical personnel working in pasture departments in Turkey regarding pasture management. The opinion form used in the study consists of 23 questions: 6 "Yes/No" questions, 16 on a 5-point Likert scale, and one open-ended question. The survey was designed to include participants' professional experience, education level, and the geographic region where they work.

The data obtained highlights the need for a multidimensional approach to pasture management. Evaluations from institution staff indicate that training and capacity-building activities should be expanded as priorities, young engineers should be employed more effectively in the field, and existing legislation should be updated and made more functional. Furthermore, the prominent recommendations are increasing farmer-institution collaboration, supporting domestic seed production, and strengthening inspection mechanisms.

In conclusion, this study, using survey data obtained from different regions of Turkey, provides a holistic overview of the experiences of institution staff in the protection and rehabilitation of pastures. The study is not limited to identifying existing problems but also offers practical policy and practice recommendations for sustainable pasture management. It is believed that creating inventories of pasture areas based on geographic information systems, regularly monitoring land use changes, and developing management models based on scientific data are necessary.

Keywords: Pasture management, Rehabilitation Studies, Pasture Law, Sustainability.



GİRİŞ

Arazi kaynaklarının uyumlu ve verimli kullanımı, dengeli ve sürdürülebilir kalkınmanın temelini oluşturmaktadır (Ayhan vd., 2024; Karakayacı, 2010; Strekalovskaya vd., 2021). Hızla artan nüfus ve sanayileşme, kaynakların sürdürülebilir kullanılmasında baskı oluşturmaktadır (Topçu, 2017). Oluşan bu baskılar verimli toprakların bozulmasına ve alansal kayıplara neden olmakta (Çullu, 2012), kişi başına düşen üretim alanı azalmakta (Karadavut ve Palta, 2004), gıda talebi artmaktadır (Gürer, 2021). Küresel gıda talebindeki artışa paralel olarak arazi, su ve enerji kaynakları üzerindeki rekabet artmaktadır. Bu durum, tarımsal üretim sistemlerinin çevresel ve sosyal açıdan daha sürdürülebilir bir temel esas alınarak verimliliğinin artırılmasını zorunlu kılmaktadır (McCarthy vd., 2016).

Tarım, iklim değişikliğinden önemli ölçüde etkilenmektedir. Atmosfere sera gazı salınımı iklim değişikliğine neden olan önemli faktörlerden biridir. Bu nedenle, tarımın oluşturduğu karbon ayak izini azaltmak, iklim değişikliğini azaltmanın anahtarıdır (Wróbel vd., 2023). Özellikle meralar, büyük miktarda karbon depolamaları nedeniyle iklim değişikliğinde kritik bir rol oynar (Chan vd., 2010; De Figueiredo vd., 2017; Hazar Kalonya, 2022; Türker vd., 2022; Wróbel vd., 2023).

Hayvancılıkla uğraşan işletmeler için hayvan yemlerinin en az maliyetli kaynağı mera alanlarıdır (Bıçakçı ve Açıkbaş, 2018; Nigus, 2017). Mera alanları hayvanların yem ihtiyacının karşılanması (Havstad vd., 2007; Morais, 2018) dışında tozlaşma, karbon depolanması, erozyon kontrolü gibi ekosisteme faydalar sağlar (Knaus, 2016; Tälle vd., 2016). Biyoçeşitliliği koruyarak hem bitki hem de hayvan türlerine ev sahipliği yapar (Knaus, 2016; Rook ve Tallowi, 2003; Shi vd., 2014; Tälle vd., 2016). Toprak ve su muhafazasında (Çomaklı vd., 2012), gen kaynaklarının korunmasında (Acar vd., 2023), rüzgar ve su erozyonu ile oluşacak toprak kaybının önlenmesinde (Acar vd., 2024) ve havzalarda su depolama aracı olarak görülen mera alanları doğal denge unsuru olarak belirtilmektedir (Altın vd., 2011).

Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) 2003 yılına ait arazi kullanım verilerine göre toplam kara yüzeyi 13 milyar hektar olan yeryüzünün 4847 milyon hektarı tarım arazilerini, 3350 milyon hektarı kalıcı çayır ve mera arazilerini, 169 milyon hektarı ise geçici çayır ve mera arazilerini oluşturmaktadır (FAO, 2003). 2023 yılına ait yayınlanan rapora göre 4799 milyon hektarı tarım arazilerini, 3230 milyon hektarı kalıcı çayır ve mera arazilerini, 138 milyon hektarı ise geçici çayır ve mera arazilerini oluşturmaktadır (FAO, 2025). 20 yıllık bir zaman diliminde tarım arazileri 47 milyon hektar, kalıcı çayır ve mera arazileri 120 milyon hektar, geçici çayır ve mera arazileri ise 31 milyon hektar azalmıştır.

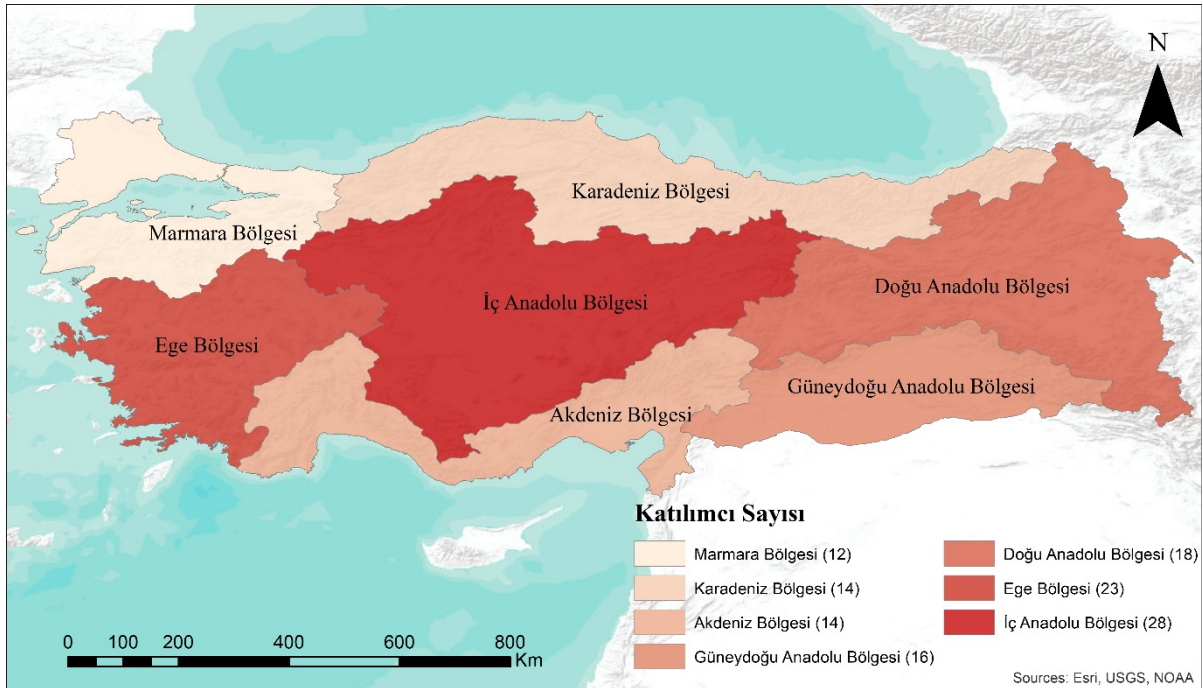
Toplam yüzölçümü 78 milyon hektar olan Türkiye’de (BÜGEM, 2024) 2003 yılında 41 milyon hektar olan tarım arazisi (FAO, 2003) 2023 yılında 2 milyon hektar azalarak 39 milyon hektar olduğu belirtilmiştir (FAO, 2005). Bitkisel Üretim Genel Müdürlüğü (BÜGEM) kayıtlarına göre çayır ve mera arazileri ise 2001 yılında yapılan tarım sayımına göre 14,62 milyon hektar, 2024 yılında yayınlanan rapora göre 13,27 milyon hektar olduğu belirtilmiştir (BÜGEM, 2024). 2001 ve 2024 yıllarında yayınlanan verilere göre ülkemizdeki mera arazilerinin 1,35 milyon hektar azaldığı görülmektedir.

Dünya kara alanının %25’ini kaplayan ve biyolojik zenginlik kaynağı olarak atfedilen mera arazilerindeki kaybın önlenmesi ve ekosisteme kazandırılması büyük önem arz etmektedir (Demirbağ vd., 2025). Gerekli önemlerin alınabilmesi için öncelikle mera alanlarındaki sorunların tespit edilmesi gerekmektedir. Bu çalışmada mera alanlarındaki sorunları tespit etmek amacıyla mera şube müdürlüklerinde görev yapan teknik personelin deneyim ve tecrübelerinden istifade edilerek görüşleri alınmıştır.



MATERYAL METOT

Mera alanlarındaki sorunların tespit edilmesine yönelik hazırlanan görüş formu Tarım ve Orman İl Müdürlükleri bünyesinde bulunan Çayır, Mera ve Yem Bitkileri Şube Müdürlüğü'nde harita ve ziraat mühendisi olarak görev yapan teknik personele çevrim içi olarak uygulanmıştır. Katılım gönüllülük esasına dayalı olarak Türkiye genelinde uygulanmıştır. 33 şehirden 15 harita mühendisi ve 110 ziraat mühendisi olmak üzere toplam 125 katılımcı ile tamamlanmıştır. Katılım sayısı dikkate alındığında katılımcıların dağılımı coğrafi bölgelere göre gruplandırma yapılarak değerlendirilmiştir. Marmara Bölgesi 12 kişi, Karadeniz ve Akdeniz Bölgesi 14 kişi, Güneydoğu Anadolu Bölgesi 16 kişi, Doğu Anadolu Bölgesi 18 kişi, Ege Bölgesi 23 kişi, İç Anadolu Bölgesi 28 kişi olarak sınıflandırma yapılmıştır (Şekil 1).



Şekil 1. Katılımcıların bölgesel dağılımı

Katılımcılara görev yeri, meslek grubu, mesleki tecrübesi ve öğrenim durumu olmak üzere yöneltilen demografik soruların yanı sıra 6 adet ikili soru (Evet / Hayır), 16 adet ölçü tipi (Kesinlikle Katılmıyorum / Katılmıyorum / Kararsızım / Katılıyorum / Kesinlikle Katılıyorum) ve 1 adet açık uçlu soru olmak üzere toplamda 23 soru yöneltilmiştir. Katılımcıların cevapları betimsel istatistiklere göre frekans ve yüzde dağılımı olarak sunulmuştur.

BULGULAR TARTIŞMA

Katılımcıların Demografik Yapısı

Görüş bildiren katılımcılar mezuniyet alanlarına göre gruplandırıldığında 15 harita mühendisi ve 110 ziraat mühendisi olarak bölgesel düzeyde sınıflandırılmıştır. Öğrenim durumlarına göre 94 lisans, 27 yüksek lisans ve 4 doktora mezunu yer almaktadır. Katılımcıların mezuniyet alanlarına ve öğrenim durumlarına göre bölgesel dağılımları Tablo 1'de verilmiştir.

**Tablo 1.** Katılımcıların mezuniyet ve öğrenim durumlarına göre dağılımı

	Mezuniyet alanınız		Öğrenim Durumu		
	Harita Mühendisliği	Ziraat Mühendisliği	Lisans	Yüksek Lisans	Doktora
Akdeniz Bölgesi	0	14	10	4	0
Doğu Anadolu Bölgesi	0	18	8	9	1
Ege Bölgesi	5	18	19	3	1
Güneydoğu Anadolu Bölgesi	1	15	13	3	0
İç Anadolu Bölgesi	6	21	24	3	0
Karadeniz Bölgesi	1	13	8	4	2
Marmara Bölgesi	2	11	12	1	0
Toplam	15	110	94	27	4

Katılımcıların mesleki tecrübelerine göre bölgesel dağılımda en fazla 11-15 yıl tecrübesi olan İç Anadolu bölgesinde yer almaktadır. Ülke genelinde 42 katılımcının tecrübesi 21 yıl ve üzeri aralığında birinci sırada yer almaktadır (Tablo 2).

Tablo 2. Katılımcıların mesleki tecrübelerine göre dağılımı

	1-5 yıl	6-10 yıl	11-15 yıl	16-20 yıl	21 yıl ve üzeri
Akdeniz Bölgesi	3	5	4	1	1
Doğu Anadolu Bölgesi	3	2	3	2	8
Ege Bölgesi	4	2	7	4	6
Güneydoğu Anadolu Bölgesi	4	5	3	1	3
İç Anadolu Bölgesi	1	2	10	5	9
Karadeniz Bölgesi	2	2	1	0	9
Marmara Bölgesi	1	0	4	2	6
Toplam	18	18	32	15	42

Katılımcıların mera alanlarında mesleki tecrübelerine göre bölgesel dağılımda en fazla 1-5 yıl tecrübesi olan İç Anadolu bölgesinde yer almaktadır. Tüm bölgeler dikkate alındığında 71 katılımcının tecrübesi 1-5 yıl aralığında birinci sırada yer almaktadır (Tablo 3).

**Tablo 3.** Katılımcıların mera alanındaki tecrübelerine göre dağılımı

	1-5 yıl	6-10 yıl	11-15 yıl	16-20 yıl	21 yıl ve üzeri
Akdeniz Bölgesi	14	0	0	0	0
Doğu Anadolu Bölgesi	8	3	3	3	1
Ege Bölgesi	9	8	3	2	1
Güneydoğu Anadolu Bölgesi	12	3	1	0	0
İç Anadolu Bölgesi	17	6	2	1	1
Karadeniz Bölgesi	7	2	0	3	2
Marmara Bölgesi	4	5	3	1	0
Toplam	71	27	12	10	5

Katılımcıların İkili Sorulara Göre Görüşleri

“Kurumunuzda mera ıslahı ilgili hizmet içi eğitim düzenlenmekte midir?” sorusuna her bölgede katılımcıların çoğunluğu “Evet” cevabı vermiştir. Genel olarak mera ıslahı ile ilgili hizmet içi eğitimlerin kurumlar tarafından düzenlendiği ve yaygın olarak uygulandığı söylenebilir. Eğitimlerin özellikle Akdeniz, Doğu Anadolu ve Karadeniz bölgelerinde daha yaygın olduğu, Ege ve İç Anadolu’da ise diğer bölgelere göre daha az yaygın olmakla birlikte yine de çoğunluğun eğitim aldığı görülmektedir. Güneydoğu Anadolu ve Marmara bölgelerinde ise eğitimlerin yaygınlığı nispeten daha az olmakla birlikte, yine de katılımcıların çoğunluğu eğitim aldıklarını belirtmiştir (Tablo 4).

Tablo 4. Hizmet içi eğitim düzenlenme durumu

	Evet	Hayır
Akdeniz Bölgesi	10	4
Doğu Anadolu Bölgesi	14	4
Ege Bölgesi	14	9
Güneydoğu Anadolu Bölgesi	9	7
İç Anadolu Bölgesi	17	10
Karadeniz Bölgesi	10	4
Marmara Bölgesi	7	6
Toplam	81	44

“Kurumunuzda mera ıslahı ile ilgili seminer düzenlenmekte midir?” sorusuna verilen yanıtlar incelendiğinde genel olarak, katılımcıların %52’si kurumlarında mera ıslahı ile ilgili seminer



düzenlendiğini belirtmiştir. Ancak bu oran, hizmet içi eğitimlerin düzenlenme oranından biraz daha düşüktür. Özellikle Akdeniz ve Güneydoğu Anadolu bölgelerinde seminerlerin düzenlenme oranı yüksekken, diğer bölgelerde daha düşüktür (Tablo 5). Bu veriler, mera ıslahı konusundaki seminerlerin düzenlenmesine yeterince önem verilmediğini göstermektedir.

Tablo 5. Seminer düzenlenme durumu

	Evet	Hayır
Akdeniz Bölgesi	10	4
Doğu Anadolu Bölgesi	9	9
Ege Bölgesi	11	12
Güneydoğu Anadolu Bölgesi	10	6
İç Anadolu Bölgesi	14	13
Karadeniz Bölgesi	6	8
Marmara Bölgesi	5	8
Toplam	65	60

“Mera ıslah çalışmaları ile ilgili yapılan seminer, kongre, sempozyum gibi toplantılara katılıyor musunuz?” sorusuna verilen yanıtlar incelendiğinde kurum çalışanları çoğunlukla seminer, kongre, sempozyum gibi toplantılara katılım sağladığını belirtmiştir. Akdeniz ve Marmara Bölgesi’nde görev yapan personellerin bu tür toplantılara daha çok katılım sağladığı görülmektedir (Tablo 6).

Tablo 6. Seminer/kongre/sempozyum gibi toplantılara katılım durumu

	Evet	Hayır
Akdeniz Bölgesi	11	3
Doğu Anadolu Bölgesi	13	5
Ege Bölgesi	14	9
Güneydoğu Anadolu Bölgesi	12	4
İç Anadolu Bölgesi	16	11
Karadeniz Bölgesi	9	5
Marmara Bölgesi	10	3
Toplam	85	40

“Mera Islahı ve Amenajmanı Projelerinde istihdam edilen genç ziraat mühendislerinin sayısı sizce yeterli mi?” sorusuna verilen yanıtlar incelendiğinde her bölgede büyük çoğunlukla genç



ziraat mühendisi sayısının yetersiz olduğunu belirtmiştir. İç Anadolu ve Marmara Bölgesi'nde personel ihtiyacının daha fazla olduğu görülmektedir (Tablo 7).

Tablo 7. Genç ziraat mühendis sayısının yeterlilik durumu

	Evet	Hayır
Akdeniz Bölgesi	4	10
Doğu Anadolu Bölgesi	5	13
Ege Bölgesi	9	14
Güneydoğu Anadolu Bölgesi	4	12
İç Anadolu Bölgesi	1	26
Karadeniz Bölgesi	4	10
Marmara Bölgesi	1	12
Toplam	28	97

“Mera Islahı Projelerinde ıslah yapılacak alanlarda, kullanılan yerli mera tohumu temini sizce yeterli mi?” sorusuna verilen yanıtlar incelendiğinde her bölgede büyük çoğunlukla yerli mera tohumu temininin yetersiz olduğunu belirtmiştir (Tablo 8).

Tablo 8. Yerli mera tohumu yeterlilik durumu

	Evet	Hayır
Akdeniz Bölgesi	1	13
Doğu Anadolu Bölgesi	5	13
Ege Bölgesi	6	17
Güneydoğu Anadolu Bölgesi	4	12
İç Anadolu Bölgesi	7	20
Karadeniz Bölgesi	1	13
Marmara Bölgesi	6	7
Toplam	30	95

“Mera alanlarının korunmasında sahada muhafaza için personel sizce yeterli mi?” sorusuna verilen yanıtlar incelendiğinde her bölgede büyük çoğunlukla muhafaza personel sayısının yetersiz olduğunu belirtmiştir (Tablo 9).

**Tablo 9.** Muhafaza personel sayısı yeterlilik durumu

	Evet	Hayır
Akdeniz Bölgesi	3	11
Doğu Anadolu Bölgesi	1	17
Ege Bölgesi	2	21
Güneydoğu Anadolu Bölgesi	4	12
İç Anadolu Bölgesi	4	23
Karadeniz Bölgesi	3	11
Marmara Bölgesi	1	12
Toplam	18	107

Katılımcıların Ölçü Tipi Sorulara Göre Görüşleri

“Eğer kurumda hizmet içi eğitim ya da seminer düzenlenirse, bunun mesleki gelişimi destekleme açısından faydalı olduğunu düşünürüm.” sorusuna verilen yanıtlar incelendiğinde genel olarak, hizmet içi eğitim ya da seminerlerin mesleki gelişimi destekleyeceği konusunda güçlü bir olumlu eğilim bulunmaktadır. Özellikle Akdeniz, Ege, Doğu Anadolu ve İç Anadolu bölgelerinde bu destek çok güçlüdür. Marmara bölgesinde ise diğer bölgelere kıyasla kararsızlık biraz daha fazladır, ancak yine de olumlu yanıtlar çoğunluktadır. Bu veriler, katılımcıların büyük çoğunluğunun hizmet içi eğitimlerin mesleki gelişimi destekleyeceğini düşündüğünü göstermektedir (Tablo 10).

Tablo 10. Hizmet içi eğitim ya da seminerlerin mesleki gelişime katkısı

	Kesinlikle Katılmıyorum	Katılmıyorum	Kararsızım	Katılıyorum	Kesinlikle Katılıyorum
Akdeniz	0	0	0	4	10
Doğu Anadolu	0	1	1	6	10
Ege	0	0	2	10	11
Güneydoğu Anadolu	0	0	2	5	9
İç Anadolu	1	1	1	12	12
Karadeniz	0	0	2	7	5
Marmara	1	0	3	6	3
Toplam	2	2	11	50	60



“Kurumunuzda mera ıslah projelerini hızlı ve sağlıklı şekilde tamamlanmasını sağlayacak yeterli personel bulunmaktadır.” sorusuna verilen yanıtlar incelendiğinde birçok bölgede personel yetersizliği algısının yaygın olduğunu göstermektedir. Akdeniz bölgesi personel sayısının yeterli olduğunu belirten bölge iken, İç Anadolu ve Güneydoğu Anadolu bölgelerinde personel sayısının yeterli olmadığını belirtenler ağırlıktadır. Marmara ve Ege bölgelerinde ise kararsızların sayısı dikkat çekicidir. Bu veriler, genel olarak personel sayısının yeterli olmadığını ortaya koymaktadır (Tablo 11).

Tablo 11. Kurumda çalışan personel sayısının yeterlilik durumu

	Kesinlikle Katılmıyorum	Katılmıyorum	Kararsızım	Katılıyorum	Kesinlikle Katılıyorum
Akdeniz	2	1	1	7	3
Doğu Anadolu	2	6	4	5	1
Ege	2	5	7	6	3
Güneydoğu Anadolu	3	6	3	3	1
İç Anadolu	7	9	4	5	2
Karadeniz	1	6	2	3	2
Marmara	2	3	6	1	1
Toplam	19	36	27	30	13

“Kurumumuzda mera ıslah projelerinde görev alan personellerin deneyimleri yeterlidir.” sorusuna verilen yanıtlar incelendiğinde birçok bölgede personel deneyiminin yeterli olduğunu göstermektedir. Doğu Anadolu ve Ege bölgeleri özellikle güçlü olumlu yanıtlar verirken, Akdeniz, İç Anadolu ve Karadeniz bölgelerinde de olumlu yanıtlar ağırlıktadır. Güneydoğu Anadolu ve Marmara bölgelerinde ise kararsızlık daha belirgin olup, bu bölgelerde personel deneyimi konusunda daha fazla belirsizlik olduğu görülmektedir (Tablo 12).

Tablo 12. Kurumda çalışan personellerin deneyim durumu

	Kesinlikle Katılmıyorum	Katılmıyorum	Kararsızım	Katılıyorum	Kesinlikle Katılıyorum
Akdeniz	2	2	5	4	1
Doğu Anadolu	1	1	0	14	2
Ege	1	3	4	12	3
Güneydoğu Anadolu	4	1	5	4	2
İç Anadolu	3	6	2	10	6
Karadeniz	1	3	1	8	1



Marmara	2	1	6	3	1
Toplam	14	17	23	55	16

“Üniversitede aldığınız eğitim mera ıslah çalışmalarında etkili olmuştur.” sorusuna verilen yanıtlar incelendiğinde birçok bölgede katılımcıların üniversitede aldıkları eğitimin mera ıslah çalışmalarında etkili olmadığını düşündüğünü göstermektedir. Tüm bölgelerde olumsuz yanıtlar baskındır, bu da üniversite eğitiminin bu alanda yeterli bulunmadığına dair genel bir memnuniyetsizlik olduğunu ortaya koymaktadır (Tablo 13).

Tablo 13. Çalışanların üniversitede aldıkları eğitimin etkili olma durumu

	Kesinlikle Katılmıyorum	Katılmıyorum	Kararsızım	Katılıyorum	Kesinlikle Katılıyorum
Akdeniz	4	2	4	4	0
Doğu Anadolu	3	7	5	2	1
Ege	8	4	5	5	1
Güneydoğu Anadolu	5	4	2	4	1
İç Anadolu	6	12	1	5	3
Karadeniz	2	7	2	3	0
Marmara	3	6	3	0	1
Toplam	31	42	22	23	7

“Mera ıslah çalışmaları ile ilgili güncel yöntemleri takip ediyorum.” sorusuna verilen yanıtlar incelendiğinde birçok bölgede katılımcıların mera ıslah çalışmaları ile ilgili güncel yöntemleri takip ettiğini göstermektedir. Tüm bölgelerde olumlu yanıtlar baskındır. Ancak, İç Anadolu ve Karadeniz bölgelerinde olumsuz yanıtların da dikkate değer olduğu, Marmara bölgesinde ise kararsız yanıtların önemli bir orana sahip olduğu görülmektedir. Bu veriler, genel olarak güncel yöntemlerin takip edildiğine dair olumlu bir eğilimin olduğunu ortaya koymaktadır (Tablo 14).

Tablo 14. Çalışanların güncel yöntemleri takip etme durumu

	Kesinlikle Katılmıyorum	Katılmıyorum	Kararsızım	Katılıyorum	Kesinlikle Katılıyorum
Akdeniz	1	0	1	7	5
Doğu Anadolu	0	3	3	11	1
Ege	0	5	6	9	3
Güneydoğu Anadolu	0	0	2	13	1
İç Anadolu	3	6	2	11	5



Karadeniz	1	4	1	7	1
Marmara	1	1	5	6	0
Toplam	6	19	20	64	16

“Mera alanları ile ilgili yürürlükte olan mevzuatın yeterli olduğunu düşünüyorum.” sorusuna verilen yanıtlar incelendiğinde birçok bölgede katılımcıların mera alanları ile ilgili yürürlükte olan mevzuatın yeterli olmadığını düşündüğünü göstermektedir. Özellikle Doğu Anadolu, İç Anadolu ve Karadeniz bölgelerinde olumsuz yanıtlar oldukça baskındır. Ege ve Güneydoğu Anadolu bölgelerinde ise görüşler daha dengelidir. Marmara ve Akdeniz bölgelerinde de olumsuz yanıtlar daha fazladır. Bu veriler, genel olarak mevzuatın yeterli olmadığını ortaya koymaktadır (Tablo 15).

Tablo 15. Mera mevzuatının yeterlilik durumu

	Kesinlikle Katılmıyorum	Katılmıyorum	Kararsızım	Katılıyorum	Kesinlikle Katılıyorum
Akdeniz	3	5	2	4	0
Doğu Anadolu	6	7	3	2	0
Ege	2	6	7	6	2
Güneydoğu Anadolu	4	4	2	4	2
İç Anadolu	9	8	3	5	2
Karadeniz	4	7	1	2	0
Marmara	4	3	2	4	0
Toplam	32	40	20	27	6

“4342 Sayılı Mera Kanununa hakim olduğumu düşünüyorum.” sorusuna verilen yanıtlar incelendiğinde birçok bölgede katılımcıların 4342 Sayılı Mera Kanunu'na hakim olduğunu düşündüğünü göstermektedir. Özellikle Ege, İç Anadolu ve Marmara bölgelerinde olumlu yanıtlar oldukça baskındır. Ancak, Güneydoğu Anadolu'da görüşler daha dengelidir. Genel olarak, kanuna hakimiyet konusunda olumlu bir eğilim olduğu söylenebilir (Tablo 16).

Tablo 16. Kurum çalışanlarının mera kanununa hakimiyet durumu

	Kesinlikle Katılmıyorum	Katılmıyorum	Kararsızım	Katılıyorum	Kesinlikle Katılıyorum
Akdeniz	1	2	1	8	2
Doğu Anadolu	1	4	1	10	2
Ege	0	0	5	9	9
Güneydoğu Anadolu	0	5	4	5	2



İç Anadolu	2	1	4	11	9
Karadeniz	0	4	1	8	1
Marmara	0	0	4	6	3
Toplam	4	16	20	57	28

“Mera kanununda yer alan tahsis amacı değişikliği ile ilgili kriterlerin azaltılması gerektiğini düşünüyorum.” sorusuna verilen yanıtlar incelendiğinde birçok bölgede katılımcıların mera kanununda yer alan tahsis amacı değişikliği ile ilgili kriterlerin azaltılması gerektiğini düşündüğünü göstermektedir. Özellikle Ege, İç Anadolu ve Marmara bölgelerinde olumlu yanıtlar oldukça baskındır. Ancak, Akdeniz ve Doğu Anadolu bölgelerinde görüşler daha dengelidir. Bu veriler, genel olarak kriterlerin azaltılmasına yönelik güçlü bir destek olduğunu ortaya koymaktadır (Tablo 17).

Tablo 17. Tahsis amacı değişikliği ile ilgili kriterlerin azaltılması durumu

	Kesinlikle Katılmıyorum	Katılmıyorum	Kararsızım	Katılıyorum	Kesinlikle Katılıyorum
Akdeniz	3	2	1	5	3
Doğu Anadolu	3	5	1	6	3
Ege	1	2	5	7	8
Güneydoğu Anadolu	2	1	5	5	3
İç Anadolu	2	0	4	7	14
Karadeniz	3	3	1	3	4
Marmara	0	1	3	6	3
Toplam	14	14	20	39	38

“Mera kanununda yer alan meraların sürdürülebilirliği ve korunması ile ilgili hükümlerin yeterli olduğunu düşünüyorum.” sorusuna verilen yanıtlar incelendiğinde birçok bölgede katılımcıların mera kanununda yer alan sürdürülebilirlik ve koruma hükümlerinin yeterli olmadığını düşündüğünü göstermektedir. Özellikle Doğu Anadolu, İç Anadolu, Karadeniz ve Akdeniz bölgelerinde olumsuz yanıtlar oldukça fazladır. Ege, Güneydoğu Anadolu ve Marmara bölgelerinde de olumsuz yanıtlar baskındır, ancak olumlu yanıtlar da mevcuttur. Bu veriler, genel olarak hükümlerin yeterli olmadığına dair yaygın bir düşünce olduğunu ortaya koymaktadır (Tablo 18).

Tablo 18. Meraların sürdürülebilirliği ve korunması ile ilgili hükümlerin yeterlilik durumu

	Kesinlikle Katılmıyorum	Katılmıyorum	Kararsızım	Katılıyorum	Kesinlikle Katılıyorum
Akdeniz	5	8	0	1	0



Doğu Anadolu	9	7	0	2	0
Ege	5	8	3	6	1
Güneydoğu Anadolu	3	5	3	4	1
İç Anadolu	12	8	2	4	1
Karadeniz	4	6	3	1	0
Marmara	3	3	3	4	0
Toplam	41	45	14	22	3

“Görev aldığım faaliyetlerde mera alanlarının amaç dışı kullanım (bina, tarımsal kullanım vb.) sonucu bozulmaya uğradığını gördüm/tespit ettim.” sorusuna verilen yanıtlar incelendiğinde katılımcıların büyük çoğunluğunun görev aldıkları faaliyetlerde mera alanlarının amaç dışı kullanımının bir sorun olduğunu belirttiğini göstermektedir (Tablo 19).

Tablo 19. Mera alanlarında amaç dışı kullanım sonucu bozulmaya uğraması durumu

	Kesinlikle Katılmıyorum	Katılmıyorum	Kararsızım	Katılıyorum	Kesinlikle Katılıyorum
Akdeniz	0	0	3	2	9
Doğu Anadolu	1	0	2	9	6
Ege	0	0	2	8	13
Güneydoğu Anadolu	0	1	2	9	4
İç Anadolu	1	0	1	8	17
Karadeniz	0	0	1	6	7
Marmara	0	0	2	8	3
Toplam	2	1	13	50	59

“Görev aldığım faaliyetlerde mera alanlarının yoğun otlatma sonucu bozulmaya uğradığını gördüm/tespit ettim.” sorusuna verilen yanıtlar incelendiğinde katılımcıların çoğunluğunun yoğun otlatmanın mera alanlarının bozulmasında önemli bir etken olduğunu belirttiğini göstermektedir (Tablo 20).

Tablo 20. Mera alanlarında yoğun otlatma sonucu bozulmaya uğraması durumu

	Kesinlikle Katılmıyorum	Katılmıyorum	Kararsızım	Katılıyorum	Kesinlikle Katılıyorum
Akdeniz	1	4	0	5	4
Doğu Anadolu	1	0	1	6	10



Ege	1	3	4	11	4
Güneydoğu Anadolu	0	2	4	7	3
İç Anadolu	1	3	2	8	13
Karadeniz	0	0	1	8	5
Marmara	1	4	5	1	2
Toplam	5	16	17	46	41

“Görev aldığım çalışmalarda meraların kapasitesini hesaplamaya dikkat ederim.” sorusuna verilen yanıtlar incelendiğinde katılımcıların meraların kapasitesini hesaplamaya dikkat ettiğini göstermektedir. İç Anadolu, Ege, Akdeniz ve Doğu Anadolu bölgelerinde bu farkındalık daha belirgindir (Tablo 21).

Tablo 21. Kurum çalışanlarının mera kapasitesini hesaplama durumu

	Kesinlikle Katılmıyorum	Katılmıyorum	Kararsızım	Katılıyorum	Kesinlikle Katılıyorum
Akdeniz	0	0	1	8	5
Doğu Anadolu	0	0	1	14	3
Ege	0	0	4	16	3
Güneydoğu Anadolu	1	0	3	10	2
İç Anadolu	0	0	5	13	9
Karadeniz	0	2	1	10	1
Marmara	0	1	2	6	4
Toplam	1	3	17	77	27

“Görev aldığım çalışmalarda meraların sağlık durumuna dikkat ederim.” sorusuna verilen yanıtlar incelendiğinde katılımcıların meraların sağlık durumuna dikkat etme konusunda farkındalık sahibi olduğunu göstermektedir (Tablo 22).

Tablo 22. Kurum çalışanlarının mera sağlığını dikkate alma durumu

	Kesinlikle Katılmıyorum	Katılmıyorum	Kararsızım	Katılıyorum	Kesinlikle Katılıyorum
Akdeniz	0	0	0	9	5
Doğu Anadolu	0	0	3	14	1
Ege	0	0	1	18	4
Güneydoğu Anadolu	0	1	3	10	2



İç Anadolu	0	1	2	16	8
Karadeniz	0	1	0	12	1
Marmara	0	1	2	6	4
Toplam	0	4	11	85	25

“Görev aldığım çalışmalarda çiftçileri mera alanları ile ilgili bilgilendirmeye çalışırım.” sorusuna verilen yanıtlar incelendiğinde katılımcıların çiftçileri mera alanları ile ilgili bilgilendirmeye çalıştığını göstermektedir (Tablo 23).

Tablo 23. Kurum çalışanlarının çiftçileri mera alanları ile ilgili bilgilendirme durumu

	Kesinlikle Katılmıyorum	Katılmıyorum	Kararsızım	Katılıyorum	Kesinlikle Katılıyorum
Akdeniz	0	0	0	7	7
Doğu Anadolu	0	1	0	13	4
Ege	0	1	1	17	4
Güneydoğu Anadolu	0	0	1	9	6
İç Anadolu	0	0	1	14	12
Karadeniz	0	0	0	9	5
Marmara	0	0	3	5	5
Toplam	0	2	6	74	43

“Görev aldığım ıslah çalışmalarına çiftçileri de dahil etmeye çalışırım.” sorusuna verilen yanıtlar incelendiğinde katılımcıların ıslah çalışmalarına çiftçileri de dahil etmeye çalıştıklarını göstermektedir. Özellikle Akdeniz ve Karadeniz bölgelerinde bu yönde bir çaba olduğu belirgin görünmektedir (Tablo 24).

Tablo 24. Kurum çalışanlarının ıslah çalışmalarında çiftçileri dahil etme durumu

	Kesinlikle Katılmıyorum	Katılmıyorum	Kararsızım	Katılıyorum	Kesinlikle Katılıyorum
Akdeniz	0	0	0	9	5
Doğu Anadolu	0	1	2	9	6
Ege	0	1	1	17	4
Güneydoğu Anadolu	0	0	2	7	7
İç Anadolu	1	1	3	9	13



Karadeniz	0	0	0	10	4
Marmara	1	0	1	6	5
Toplam	2	3	9	67	44

“Tarım ve Orman Bakanlığı bünyesinde Çayır Mera Yem Bitkileri Daire Başkanlığının ve il/ilçe teşkilat yapılanmasının revize edilmesi gerektiğini düşünüyorum.” sorusuna verilen yanıtlar incelendiğinde katılımcıların Tarım ve Orman Bakanlığı bünyesinde Çayır Mera Yem Bitkileri Daire Başkanlığının ve il/ilçe teşkilat yapılanmasının revize edilmesi gerektiğini düşündüğünü göstermektedir. Doğu Anadolu, İç Anadolu ve Karadeniz Bölgelerinde değişmesi gerektiği sonucu baskın olmasına rağmen diğer bölgelerde kararsız olanların sayısı dikkat çekmektedir (Tablo 25).

Tablo 25. Çayır, Mera, Yem Bitkileri Daire Başkanlığı teşkilat yapısının revize edilmesi durumu

	Kesinlikle Katılmıyorum	Katılmıyorum	Kararsızım	Katılıyorum	Kesinlikle Katılıyorum
Akdeniz	0	3	5	2	4
Doğu Anadolu	0	3	2	7	6
Ege	1	3	10	4	5
Güneydoğu Anadolu	0	2	6	5	3
İç Anadolu	1	4	5	6	11
Karadeniz	0	1	3	3	7
Marmara	0	0	7	2	4
Toplam	2	16	38	29	40

Katılımcıların Açık Uçlu Soruya Göre Görüşleri

“Bugüne kadar yapmış olduğunuz çalışmaları düşündüğünüzde sizce mera arazilerindeki sorunlar nelerdir?” sorusuna verilen yanıtlar mera arazilerinin korunması ve sürdürülebilir şekilde kullanılması açısından kritik öneme sahiptir. Öncelikli çözüm gerektiren sorunlar, en çok kişi tarafından belirtilen sorunlardır. Açık uçlu soru 105 katılımcı tarafından cevaplanmıştır. 35 katılımcı sadece bir sorun belirtmiş, 70 katılımcı birden fazla sorundan bahsederek görüşünü belirtmiştir. 105 katılımcının görüşleri belirlenerek gruplandırması yapılmıştır. Verilen cevaplar incelendiğinde katılımcıların %59’u mera işgali ve/veya mera alanlarında amaç dışı kullanımı en büyük sorun olarak görmektedir. Bunu takip eden sorunlar sırasıyla aşırı/yanlış otlatma, mera kanununun yetersiz kalması, caydırıcı cezaların olmaması ve tahsis amacı değişikliği kriterlerinin değiştirilmesi yönündedir (Tablo 26)

**Tablo 26.** Katılımcıların tecrübelerine göre mera arazilerindeki sorunlar

Tespit edilen sorun	Kişi Sayısı	%
Mera işgali/amaç dışı kullanım	62	59.05
Aşırı/yanlış otlatma	29	27.62
Mera kanunu yetersiz kalması	22	20.95
Caydırıcı cezaların olmaması	17	16.19
Tahsis amacı değişikliği	13	12.38
Meraların korunmaması	9	8.57
Çiftçi katılımı yetersiz	8	7.62
Mera muhafaza memuru gerekliliği	8	7.62
Mera ıslahında etkili yöntem eksikliği	7	6.67
Meraların parçalı/küçük olması	7	6.67
Mera alanlarının yetersiz olması	6	5.71
TAD talepleri	5	4.76
Bakanlık teşkilat yapılanması değiştirilmeli	4	3.81
Küçük mera parsellerinin satışı	4	3.81
Mera alanlarında sulama/ulaşım sorunu	4	3.81
Mera ıslahında kolaylık sağlanması	4	3.81
Meraların bilinçsiz kullanımı	4	3.81
Siyasi baskı	3	2.86
Tohum yetersizliği	3	2.86
Çiftçi bilgilendirmesi eksik	2	1.90
Geri dönüşüm projelerinin uygulanmaması	2	1.90
Mera ıslahı	2	1.90
Mera mülkiyeti hazineden alınmalı	2	1.90
Personel sayısının yetersiz olması	2	1.90
Yapmış olmak için mera ıslahı yapmak	2	1.90



Yaylaklarda yaşam şartlarının kötü olması	2	1.90
Ekipman eksikliği	1	0.95
Köy genişleme alanında meraların kullanılmaması	1	0.95
Mera mevzuatından önce yapılan işlemlerin mera mevzuatına göre tekrar değerlendirilmesi	1	0.95
Mera Yönetim Birliklerinin yetersiz olması	1	0.95
Meraların hakimiyetinin tek elde toplanması	1	0.95
Meraların toplulaştırma dışı bırakılması	1	0.95

Araştırmada elde edilen bulgular, Türkiye'nin farklı bölgelerinde görev yapan teknik personelin mera ıslahı, yönetimi ve mevzuatına ilişkin deneyim ve görüşlerini kapsamlı biçimde ortaya koymaktadır. Katılımcıların öğrenim düzeyine göre lisans mezunlarının ağırlıkta olduğunu göstermektedir. Ancak mera alanlarındaki tecrübeler değerlendirildiğinde, katılımcıların önemli bir bölümünün 1-5 yıl aralığında deneyime sahip olduğu görülmektedir. Bu durum, mesleki kıdemi yüksek olsa da mera özelinde saha deneyimine göre sınırlı kaldığını ortaya koymaktadır.

Hizmet içi eğitim ve seminer bulguları, kurumlarda mera ıslahına yönelik eğitim faaliyetlerinin genellikle uygulandığını, ancak seminer ve kongrelerin yeterince yaygın olmadığını göstermektedir. Katılımcıların büyük çoğunluğu bu tür faaliyetlerin mesleki gelişime katkı sağladığını belirtmiştir. Bu bulgu, eğitim faaliyetlerinin meslek içi bilgi güncellemede ve saha uygulamalarını güçlendirmede önemli bir araç olduğunu göstermektedir. Bununla birlikte, bölgesel farklılıklar, bazı bölgelerde bu eğitimlerin yeterince etkin yürütülmediğini işaret etmektedir.

Genç ziraat mühendislerinin istihdamında, yerli mera tohumu temininde ve mera muhafaza personeli sayısında ciddi yetersizlikler olduğunu ortaya koymaktadır. Bu durum, projelerin etkinliği ve sürdürülebilirliği açısından kritik bir sorun olarak öne çıkmaktadır. Ayrıca, personel sayısının yetersizliği ve mevcut personelin saha uygulamalarındaki deneyim farklılıkları, projelerin verimli şekilde yürütülmesinde zorluklara neden olmaktadır.

Üniversite eğitiminin yeterliliği konusunda katılımcıların büyük çoğunluğunun lisans düzeyinde aldıkları eğitimin mera ıslahı çalışmalarına doğrudan katkı sağlamadığını düşündüklerini göstermektedir. Bu sonuç, akademik müfredatın saha gereksinimlerini karşılamada eksiklikler barındırdığını ve teorik eğitim ile uygulamalı eğitimin arasındaki boşluğun kapatılması gerektiğini ortaya koymaktadır.

Mevzuat boyutunda, katılımcıların 4342 sayılı Mera Kanunu'na genel olarak hâkim oldukları, ancak kanunun özellikle meraların korunması ve sürdürülebilir yönetimiyle ilgili hükümlerini yetersiz buldukları belirlenmiştir. Ayrıca, tahsis amacı değişikliklerine ilişkin kriterlerin azaltılmasına yönelik güçlü bir eğilim olduğu görülmektedir. Bu durum, bir yandan mevzuatın pratikte sınırlayıcı olarak algılandığını, diğer yandan mevcut koruma hükümlerinin sahada yetersiz bulunduğunu ortaya koymaktadır.

Katılımcıların güncel yöntemleri takip etme, mera kapasitesi ve sağlık durumunu dikkate alma, çiftçileri bilgilendirme ve ıslah çalışmalarına dahil etme konusundaki olumlu eğilimleri, sahada farkındalık düzeyinin yüksek olduğunu göstermektedir. Ancak, açık uçlu yanıtlar, bu



farkındalığın yapısal ve idari sorunlarla desteklenmediği sürece yeterli olmayacağını ortaya koymuştur. En sık dile getirilen sorunlar mera işgali, amaç dışı kullanım ve aşırı otlatma olup, bunları mevzuat yetersizliği, caydırıcı cezaların olmayışı, çiftçi katılımı eksikliği ve muhafaza personeli ihtiyacı izlemektedir. Bu durum, literatürde sıkça vurgulanan, meraların korunmasında idari kapasite, yasal düzenlemeler ve yerel katılımın birlikte ele alınması gerekliliği ile örtüşmektedir.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Yapılan araştırma Türkiye’de mera alanlarının korunması ve ıslahına yönelik mevcut durumun güçlü ve zayıf yönlerini tespit etmeye çalışmıştır. Teknik personelin hizmet içi eğitimlerle mesleki gelişimine katkı sağlamakla birlikte, seminer ve kongrelerin yetersizliği dikkat çekmektedir. Üniversite eğitiminin saha ihtiyaçlarını karşılamada eksik kaldığı görülmektedir. Genç mühendis istihdamı, yerli mera tohumu temini ve muhafaza personeli sayısındaki yetersizlikler, projelerin başarısını sınırlayan unsurlar olduğu ifade edilmektedir. Katılımcılar 4342 sayılı Mera Kanunu’na hâkim olmakla birlikte, özellikle koruma ve sürdürülebilirlik hükümlerini yetersiz bulmaktadır. Tahsis amacı değişiklikleri konusundaki düzenlemelerin yeniden değerlendirilmesi gerektiği öne çıkmaktadır. Teknik personel, mera kapasitesi, sağlık durumu ve çiftçi bilgilendirmesi konularında farkındalık sahibidir. Ancak, açık uçlu bulgular, işgal, amaç dışı kullanım ve aşırı otlatmanın yaygın sorunlar olduğunu göstermektedir.

Mera alanlarının sürdürülebilirliği için;

Meslek içi eğitimlerin daha sistematik ve yaygın hale getirilmesi,

Üniversite müfredatının saha ihtiyaçlarıyla uyumlu hale getirilmesi,

Genç mühendis istihdamının artırılması ve muhafaza personelinin güçlendirilmesi,

Yerli mera tohumu üretim ve kullanımının desteklenmesi,

Mevzuatın uygulanabilirliğinin artırılması,

Mevzuat düzenlemeleri yapılarak caydırıcı cezaların yer alması ve uygulanması,

Çiftçi bilgilendirme çalışmalarının daha etkin bir şekilde yürütülmesi,

Çiftçilerin mera ıslah çalışmalarında etkin rol almaları,

Mera alanlarındaki işgal/amaç dışı kullanım tespiti için belirli aralıklarla uydu görüntüleri ya da hava fotoğrafı gibi günümüz teknolojileri aktif olarak kullanılması,

gerekmektedir. Bu bağlamda hem teknik kapasiteyi hem de kurumsal yapıyı güçlendiren bütüncül bir yaklaşımın Türkiye’de mera alanlarının korunması ve ıslahında kalıcı çözümler sağlayacağı düşünülmektedir.

ETİK BEYANI

Bu çalışma için etik kurul onayı Konya Teknik Üniversitesi Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Kurulu’ndan 10.10.2024 tarih ve 177814 sayılı kararla alınmıştır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Ömer Acar’ın Konya Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Harita Mühendisliği Anabilim Dalında devam eden doktora tezinden üretilmiştir.



KAYNAKÇA

- Acar, R., İnce, K., Uysal, M., Sarihan, B., Karakaya, A., & Yavuz, S. (2023). Model Mera Uygulama Projesi ve Sonuçları: Karaman/Ayrancı. *Ulusal Çevre Bilimleri Araştırma Dergisi*, 6(1), 20-31.
- Acar, R., Mücevher, O., Öztekin, M., Dursun, Ş., Akay, A., & Koyuncu, S. (2024). Effect of Domestic Sewage Sludge on the Botanical Composition of Eroded Pastures. *Journal of International Environmental Application and Science*, 19(2), 110-120.
- Altın M., Gökkuş A., & Koç A. (2011). Çayır ve Mera Yönetimi, 1. Cilt, Tarım ve Köyişleri Bakanlığı, Tarımsal Üretim ve Geliştirme Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Ayhan, H., Karakayacı, Z., & Yener, A. (2024). Sürdürülebilir Kırsal Arazi Yönetimi. *Akademik Et ve Süt Kurumu Dergisi* (7), 30-38.
- Bıçakçı, E., & Açıkbaş, S. (2018). Bitlis ilindeki kaba yem üretim potansiyelinin hayvan varlığına göre yeterliliğinin belirlenmesi. *Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 7(1), 180-185.
- BÜGEM, 2020. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Bitkisel Üretim Genel Müdürlüğü. <https://www.tarimorman.gov.tr/Konular> Bitkisel-Uretim/Cayir-Mera-ve-Yem-Bitkileri (Erişim Tarihi: 09/09/2025)
- Chan, K. Y., Oates, A., Li, G. D., Conyers, M. K., Prangnell, R. J., Poile, G., Liu, D.L., & Barchia, I. M. (2010). Soil carbon stocks under different pastures and pasture management in the higher rainfall areas of south-eastern Australia. *Soil Research*, 48(1), 7-15.
- Çomaklı, B., Öner, T., & Daşcı, M. (2012). Farklı Kullanım Geçmişine Sahip Mera Alanlarında Bitki Örtüsünün Değişimi. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 2(2), 75-82.
- Çullu, M. A. (2012). Toprak etüt haritalama ve toprak yönetimi gerekliliği. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*, 1(1), 23-25.
- De Figueiredo, E. B., Jayasundara, S., de Oliveira Bordonal, R., Berchielli, T. T., Reis, R. A., Wagner-Riddle, C., & La Scala Jr, N. (2017). Greenhouse gas balance and carbon footprint of beef cattle in three contrasting pasture-management systems in Brazil. *Journal of cleaner production*, 142, 420-431.
- Demirbağ, N. Ş., Parlak, A. Ö., Acar, R., & Kendir, H. (2025). Çayır Ve Meraların Durumu ve Sürdürülebilir Kullanımı. *Türkiye Ziraat Mühendisliği X. Teknik Kongresi*, 13-17 Ocak, Ankara.
- FAO. (2003) Land Use Statistics. <https://www.fao.org/faostat/en/#data/RL> (Erişim Tarihi: 09/09/2025)
- FAO. (2025). Land statistics 2001–2023 – Global, regional and country trends. *FAOSTAT Analytical Briefs*, No.107. Rome.
- Gürer, B. (2021). Türkiye’de Nüfusun Yeterli ve Dengeli Beslenmesi Açısından Hayvansal Gıda Arz ve Talebinin Değerlendirilmesi. *Gıda*, 46(6), 1450-1466. <https://doi.org/10.15237/gida.GD21083>
- Havstad, K. M., Peters, D. P., Skaggs, R., Brown, J., Bestelmeyer, B., Fredrickson, E., Herrick, J. & Wright, J. (2007). Ecological services to and from rangelands of the United States. *Ecological economics*, 64(2), 261-268.
- Hazar Kalonya, D. (2022). İklim Değişikliği Azaltım ve Uyum Süreçlerinde Mera Alanlarının Önemi. *Çevre Şehir ve İklim Dergisi*, 1(1), 128-157.



- Karadavut, U., & Palta, Ç. (2004). Kırsal çevre sorunları ve sürdürülebilir tarım (Derleme). Bitkisel araştırma Dergisi, 1 (s. 61-66).
- Karakayacı, Z. (2010). Tarım Arazilerinin Dışı Kullanımının Sürdürülebilir Kalkınma Açısından Değerlendirilmesi. Ziraat Mühendisliği (355), 48-53.
- Knaus, W. (2016). Perspectives on pasture versus indoor feeding of dairy cows. Journal of the Science of Food and Agriculture, 96(1), 9-17.
- McCarthy, B., Delaby, L., Pierce, K. M., McCarthy, J., Fleming, C., Brennan, A., & Horan, B. (2016). The multi-year cumulative effects of alternative stocking rate and grazing management practices on pasture productivity and utilization efficiency. Journal of Dairy Science, 99(5), 3784-3797.
- Morais, T. G., Teixeira, R. F., Rodrigues, N. R., & Domingos, T. (2018). Carbon footprint of milk from pasture-based dairy farms in Azores, Portugal. *Sustainability*, 10(10), 3658.
- Nigus, A. (2017). Pasture management and improvement strategies in Ethiopia. *Journal of Biology, Agriculture and Healthcare*, 7(1), 69-78.
- Rook, A. J., & Tallowin, J. R. (2003). Grazing and pasture management for biodiversity benefit. *Animal Research*, 52(2), 181-189.
- Shi, K., Imura, O., Morimoto, N., & Riordan, P. (2014). Effects of environmental and management factors on the structure of bird communities in the grasslands of northeastern Tochigi, central Japan. *Grassland Science*, 60(1), 45-54.
- Strekalovskaya, M. I., Tarasov, M. E., & Poiseev, I. I. (2021, March). Problems of Efficient Use of Natural Pastures. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (Vol. 666, No. 6, p. 062064). IOP Publishing.
- Tälle, M., Deák, B., Poschlod, P., Valkó, O., Westerberg, L., & Milberg, P. (2016). Grazing vs. mowing: A meta-analysis of biodiversity benefits for grassland management. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 222, 200-212.
- Topçu, P. (2017). Sürdürülebilir Kalkınma ve Arazi Yönetimi. Tarım ve Gıda Etiği Kongresi, 491-497. Ankara.
- Türker, M., Berk, A., & Öztürk, H. H., (2022). Tarım Ürünlerinin Karbon Ayak İzinin Azaltılması. 4th International Sustainable Development Congress (pp.1-13). Antalya, Turkey
- Wróbel, B., Zielewicz, W., & Staniak, M. (2023). Challenges of pasture feeding systems—opportunities and constraints. *Agriculture*, 13(5), 974.



PREDICTION OF FUNGAL RISK DUE TO LEAF WETNESS USING MACHINE LEARNING ALGORITHMS

¹*OLAYIWOLA, Joy Oluwabukola*

¹Federal Polytechnic Ilaro, Department of Computer Engineering, Ogun State, Nigeria

¹ORCID: ORCID: 0000-0001-6580-2432,

oluwabukola.olayiwola@federalpolyilaro.edu.ng

²*ALIU, Olaniyi Habib*

²Federal Polytechnic Ilaro, Department of Computer Engineering, Ogun State, Nigeria

²ORCID: ORCID: 0009-0000-4116-1159,

olaniyi.aliu@federalpolyilaro.edu.ng

ABSTRACT

Predicting fungal risk in crops by leaf wetness is a critical component of precision agriculture to enable timely intervention and reduce yield loss. This project leverages machine learning (ML) techniques to forecast and model the risks of fungal infection based on a high-dimensional labeled data leaf_wetness_fungal_risk_data comprising 1001 features across meteorological, physiological, and environmental variables. Four of the most commonly used classification algorithms—Random Forest (RF), Decision Tree (DT), Support Vector Machine (SVM), and Logistic Regression (LR)—were utilized and compared systematically. The performance of the models was evaluated on accuracy, precision, recall, F1-score, and computational complexity to evaluate their suitability for fungal risk estimation in different conditions. Early results indicate that ensemble-based models like RF provide superior predictive performance by sufficiently managing the high-dimensional input space as well as avoiding overfitting compared to single-tree models. SVM demonstrated competitive accuracy in identifying complex non-linear patterns, whereas LR and DT ensured interpretability advantages at the expense of deteriorated performance. The outcomes suggest the potential of ML-facilitated fungal risk predictive tools in guiding decision-making for crop protection strategies. This research adds to the advancement of intelligent farm systems, where data-driven information on a real-time basis can optimize fungicide usage, cut costs, and enable sustainable agriculture.

Keywords: Crop disease modeling, Fungal risk prediction, Leaf wetness duration, Machine learning algorithms, Precision agriculture.



1.0 INTRODUCTION

The fungal risk associated with the presence of wet leaves needs to be predicted by the proper estimation of the time span of leaves being wet (leaf wetness duration, LWD), as the germination of fungal pathogens usually requires both an adequate humidity and an appropriate temperature. Patel, Lee, and Peres (2022) designed an imaging system that is applied to strawberry crops; color images are used, and the convolutional neural network (CNN) is applied to identify wet and dry states on a reference surface. They then compared their findings with the manual observations at two field sites and found that the method was highly accurate, giving the method better time resolution in the estimation of LWD, which is important in disease risk models. To compare the predictions of Random Forest, Support Vector Regression, and Multilayer Perceptron, Alsafadi et al. (2024) suggested a multi-step machine learning method to predict daily LWD in southwestern Syria. The Random Forest model was found to predict validations with a high R^2 of about 0.77 with errors of about 1.8 hours per day, which are smaller than linear regression models. A comparison was done between machine learning models and empirical models in the context of wildland landscape (Detka et al., 2025). The researchers discovered that ML was more effective in expressing the variability in wetness patterns over weather stations, which enhances the estimation of LWD to manage diseases (Detka et al., 2025). Dhakar et al. (2025) constructed a simplified mechanistic leaf wetness estimation model, which is aimed at facilitating the risk rating of insect pests and diseases; their model is simplified but still useful at forecasting disease (Dhakar et al., 2025). The prediction of early disease in grapes was established based on the use of IoT sensors such as the wetness sensors on leaves and the other environmental variables and the ensemble classification algorithms. Their combination classifier gave very high accuracies (> 93%) on the prediction of fungal diseases, indicating that the wetness of the leaf is a significant predictor when used with other features (Gawande et al., 2024).

Koumans et al. (2024) researched THz time-domain spectroscopy with machine learning (decision trees, CNNs) to detect the patterns of free water droplets on leaves. They discovered that spectroscopic signals were capable of detecting small amounts of wetness and that generalization is enhanced by physical knowledge and ML. Thomidis et al. (2023) researched the influences of temperature and wetness period on pathogenic agents that are causing pre-harvest fruit rots in tomatoes and applied logistic regression models to explain the incidence of infection as dependent on wetness period and temperature. They give such thresholds (e.g., 24 hours of wetness to conidial germination) that may be used by ML models or risk models. Li et al. (2025) came up with a transformer-based multimodal fusion system to detect grape disease by using RGB images, hyperspectral data, and environmental sensor measurements; although the main goal was to detect the disease and not explicitly LWD estimation, their findings reveal that models that incorporate the use of leaf wetness sensor measurements with other environmental variables are much better than the ones that rely solely on vision when the humidity in the air and on the leaf surface are varied. Asadi and Tian (2021) constructed and tested a few ML models (Random Forest, Support Vector Machine, Neural Networks) based on reanalysis climate data (ERA5, MERRA2) and in-situ leaf wetness at various locations in Alabama and California. They conclude that RF performs well when it is appropriately tuned, particularly where the data is resolved with an hour or smaller time scale, and that the location and height of sensors have an impact since the microclimate around leaves is considerably different compared to the one in the ambient air.

Besides particular fungal risk/disease detection research, numerous investigations focus on the character of feature engineering in LWD forecasting. Such features as air temperature, relative humidity (which regularly exceeds 90% RH), dew point, wind speed, sun radiation, rainfall in



the recent past, nighttime or daytime, canopy type or reference surface orientation, and the previous wetness state are common. Patel et al. (2022) adopted time-of-day flags and illumination conditions of the images. The variables that Alsafadi et al. (2024) employed are a suite of 17 meteorological variables. Koumans et al. (2024) have focused on physical signal elements based on THz spectroscopy. Detka et al. (2025) demonstrated that pattern estimation was better with the addition of spatial coordinates, the elevation of the station, and vegetation cover.

Time and space Model validation is a popular theme. Asadi and Tian (2021) engaged in cross-validation over time and location. Alsafadi et al. utilized training and testing splits across years. Gawande et al. (2024) determined the large datasets (10,000 records) that were obtained with sensors across numerous growing periods. The thresholds of their logistic regression were verified in several seasons by Thomidis et al. (2023). Detka et al. (2025) compared the results of the ML models with empirical models using station data, as well as drone imagery. Dhakar et al. (2025) compared with field sensors. To implement them, real-time or near-real-time systems have to address the issue of missing data, sensor drift or failure, and sensor network maintenance cost. Spatial gaps are covered by the use of imaging methods (Patel et al., 2022), spectroscopy (Koumans et al., 2024), or remote sensing or drone fusion (Detka et al., 2025). Explainable machine learning is also a trend: to give feature importances or risk classes, such as the interaction of wetness period with temperature on particular pathogens. As an example, Thomidis et al. (2023) provide clear-cut logistic regression formulas of the risk of infection according to the hours of wetness and temperature.

Most of the studies are limited to certain crops or climates, e.g., strawberries, grapes, tomatoes, wildland vegetation, or a specific geographical area; to generalize to other settings, transfer learning or retraining is necessary. The granularity of time is important: aggregations of data by days tend to lose important detail required to watch developments early; finer granularity (hourly, 15, and below minutes) has a higher level of performance (Alsafadi et al., 2024). Even accurate measurements of wetness (calibration of sensor, reference surfaces, imaging, or spectroscopy) are very important: incorrect classification of wet vs dry is highly detrimental in terms of performance. Lastly, the combination of predicted LWD and pathogen biology (e.g., minimum wetness period to be infected, thermal thresholds) is underutilized, but such studies as Thomidis et al. (2023) and Gawande et al. (2024) implicitly or explicitly combine them.

2.0 Methodology

The authors used machine learning to forecast fungal danger based on the wetness of the leaf by modelling the connection between microclimate and the disease occurrence. Machine learning works well with accurate prediction since it is able to reflect complicated, nonlinear interactions among temperature, relative humidity, rainfall, wind speed, and duration of leaf wetness, which are usually challenging to characterize using conventional threshold models. The initial one was the data collection of in-field leaf wetness sensors, weather stations, and disease observation records of several years of cropping seasons. Quality was then ensured by carrying out data preprocessing. Time-series interpolation was used to correct the sensor readings that were missing or faulty. Continuous variables relative humidity, temperature, and rainfall were normalized in order to make a fair comparison between features. Nominal variables such as crop maturity and location were coded 1-2. Synthetic oversampling was used to deal with class imbalance between disease and no disease events.

The dataset was divided into training and testing parts (80 and 20 percent, respectively) after preprocessing, which allowed it without bias. Random Forest, XGBoost, and Support Vector Machines are some of the machine learning models that were trained to identify the degree of



fungal risk. Accuracy, F1-score, precision, recall, and ROC-AUC measures were used to measure model performance in order to get reliable predictions.

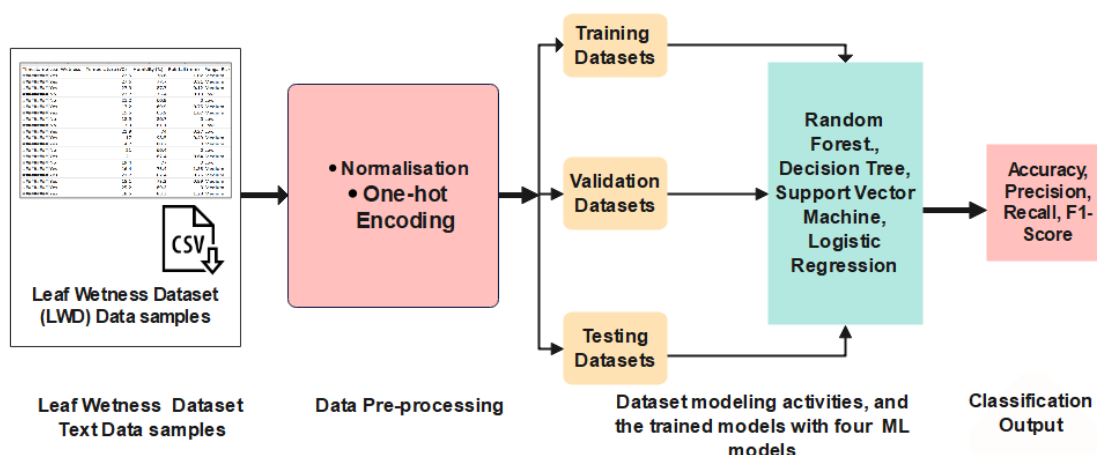


Figure 1: Block Diagram of the Study

2.1 Dataset Description

The data that will be used in this study is 1000 hours of hourly observations of an automated field monitoring system in the case of the 2025 cropping season. It consists of six characteristics, namely Timestamp, Leaf Wetness, Temperature (°C), Humidity (percentage), Rainfall (mm), and Fungal Risk. The leaf wetness variable is qualitative; that is, it can be "yes" or "no" depending on sensor identification of moisture present on leaf surfaces. Continuous features are temperature and humidity, which are important characteristics of microclimate that are essential in the growth of fungi. Millimeters of rainfall record measures of the precise events of precipitation that have a direct effect on the degree of wetness on the surface. Fungal risk is treated as a multi-class label with three categories: low, medium, and high, which is the expected risk of infection by fungi on the basis of the conditions recorded.

The quality of data used was checked prior to model development to correct missing values and other outliers like high or low temperature or humidity. Continuous variables were put under norms, and the categorical variables were coded numerically. Analysis of class distribution revealed that there were more cases of the type of data that was called moderate risk, and it was balanced with the help of resampling methods to enhance the work of the model. The dataset is very representative of the environmental conditions influencing the growth of fungi, and it can be used to train and test predictive models (Singh & Kumar, 2024).

2.2 Machine Learning Evaluation Models

The decision tree (DT), random forest (RF), support vector machine (SVM), and logistic regression (LR) were four supervised machine learning algorithms used to predict fungal threat. It was applied to the Decision Tree model as a simple baseline due to its capability to generate rules that are easily understandable by humans and also due to its capability to group inherent decision boundaries. An ensemble of several decision trees, called the Random Forest, was chosen to decrease overprediction and enhance stability in predictions by using the outcomes of many weak learners. Support Vector Machine was used to deal with non-linear relationships by projecting features in a larger dimensional space and locating an ideal separating hyperplane between the risk classes of fungi. Logistic regression was used as a benchmark of a linear model to compare the performance of more complicated algorithms.



To optimize the hyperparameters of five-fold cross-validation, grid search was used; that is, the maximum depth of DT and RF, the type of kernel and the regularization parameter of SVM, and the learning rate of LR. To evaluate the performance of the model, several different measures were used: accuracy to evaluate the general correctness, precision and recall to evaluate the predictions related to the classes, F1-score to evaluate the trade-offs between precision and recall, and ROC-AUC to evaluate the discriminating capacity of the model for different risk thresholds. These measures were used to achieve a strong and fair comparison of the predictive performance of all the models.

3.0 Results and Discussion

This research has also shown how machine learning algorithms can be effective in forecasting the risk of fungal attack given the environmental factors, including leaf wetness, temperature, humidity, and rainfall. In comparing the Decision Tree (DT), Random Forest (RF), Support Vector Machine (SVM), and Logistic Regression (LR), the research study proved to be significant in regard to the selection of models to use in solving the problem of predicting agricultural diseases. Random Forest and ensemble-based models were better at nonlinear interactions between features and overfitting, which makes them more effective in real-world decision support.

The decision tree was a productive baseline model due to its interpretability and capacity to show the factors in the environment that had the most significant impact on fungal development. Logistic regression was used to provide a simple but useful benchmark of model improvements, and the SVM helped to perform well in class separation, which means that it is applicable to the task of classifying biological risks.

Table 1: Performance Metrics of the Selected ML Models

	Model	Accuracy (%)	Precision (%)	Recall (%)	F1-Score (%)	ROC (%)
0	Random Forest	0.993333	0.993504	0.993333	0.993359	1.000000
1	Decision Tree	0.990000	0.990275	0.990000	0.990031	0.995302
2	SVM	0.950000	0.951622	0.950000	0.949359	0.994826
3	Logistic Regression	0.910000	0.909215	0.910000	0.906912	0.983705

The table above explained the performance of four machine learning models, such as Random Forest, Decision Tree, Support Vector Machine (SVM), and the Logistic Regression model, by major evaluation measures, including accuracy, precision, recall, F1-score, and ROC-AUC. Random Forest performed best in general, having an overall accuracy of 99.33%, a precision of 99.35%, and a recall of 99.33%, which illustrates that this algorithm is effective in classifying a risk event of fungal disease correctly and essentially with the least possible false positives and false negatives. It has an ideal ROC (1.00), indicating an excellent risk class discrimination.

Decision Tree was next in line with an accuracy of 99.00%, and it indicates that even a single-tree model could be effective, though it is a little more overfitted than its ensemble counterpart. SVM provides high accuracy of 95.00% and high ROC of 0.99, which proves that it can effectively separate classes, but when compared to tree-based methods, its recall was also lower.

Although the simplest, the logistic regression scored 91.00% and served as a good reference point of comparison. The reason it scored a lower F1-score (90.69%) is that it has some



challenges in capturing nonlinear relationships, which were better taken care of by tree-based models. On the whole, it was found that Random Forest became the most credible model in terms of fungus risk prediction due to its accuracy, interpretability, and high generalization.

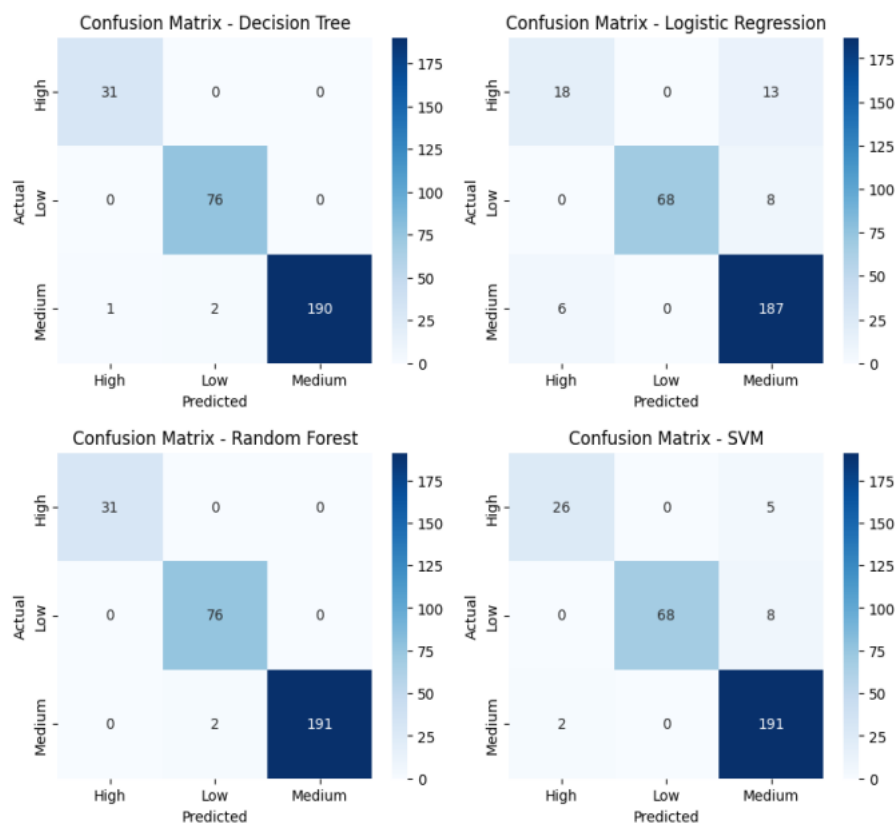


Figure 2: Confusion Matrix for the four ML models

Figure 2 above shows the confusion matrices of decision tree, logistic regression, random forest, and support vector machine (SVM) models. The actual and predicted fungal risk classes of High, Low, and Medium are compared in each of the matrices and demonstrate the effectiveness of each model in classifying the data. The decision tree model is also good in classification with accurate prediction on most of the instances per class, but there are some misclassifications in the medium category, where two samples in the low category are predicted to be in the medium category. The high-risk class showed significant misclassification of samples in the high-risk category, with the help of the logistic regression not having missed it by a large margin. It means that it is hard to make a distinction between high-risk and medium-risk events. Eight misclassifications are also observed in the low class in the model, which implies lower sensitivity to rare events.

Random Forest has performed the best, and its classification performance was approximately perfect in all classes. There were only two samples of medium risk that were incorrectly classified as low with low false negativity and perfect separation of classes. SVM had good results, though marginally inferior to that of Random Forest, and five high-risk samples were misclassified as medium, and eight low-risk samples were misclassified as medium. All in all, the confusion tables prove that Random Forest is the best predictive reliability model, then SVM, so they are the most appropriate to choose in fungal risk prediction.

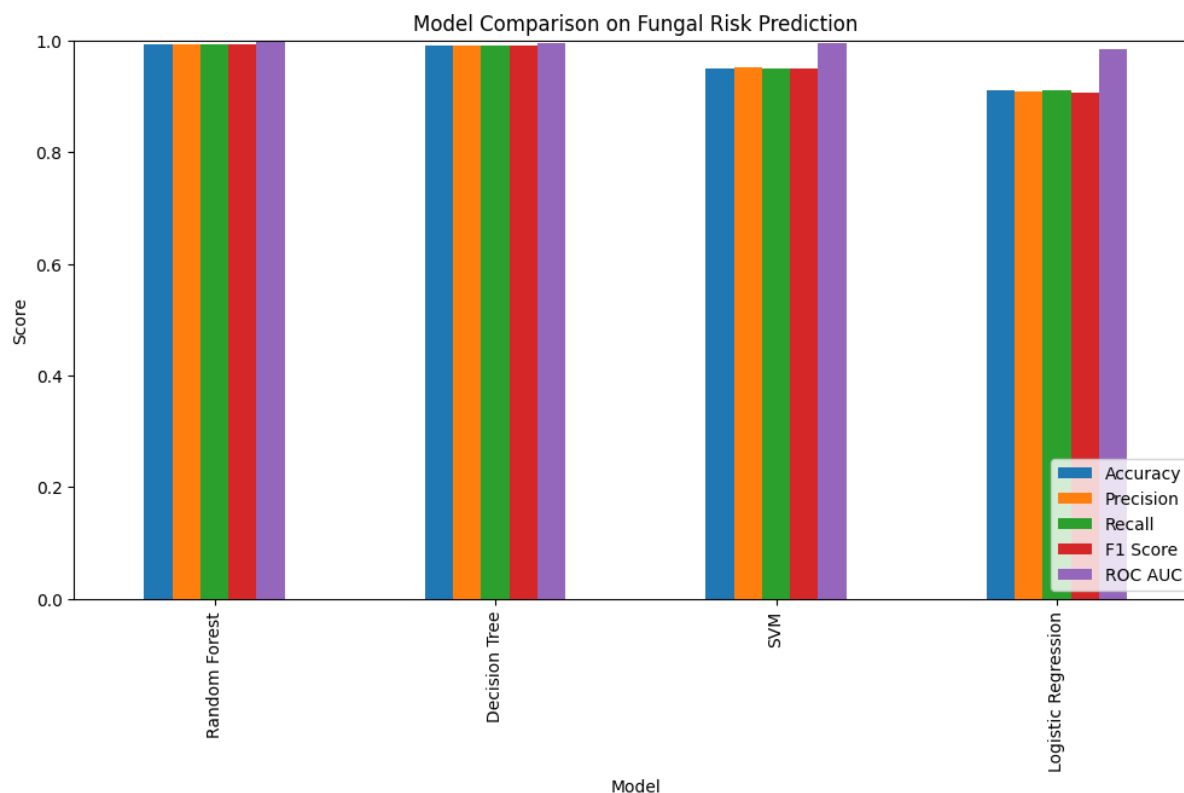


Figure 3: Overall Performance Comparison Chart of the 4 ML Models

Figure 3 above shows a bar chart of the results of the four machine learning models, including Random Forest, Decision Tree, Support Vector Machine (SVM), and Logistic Regression, on five main evaluation measures, such as accuracy, precision, recall, F1-score, and ROC-AUC. Random Forest demonstrates almost perfect results, and all five metrics are almost experiencing 1.0, which proves that this algorithm is able to predict fungal risk events with almost minimal misclassifications. This further supports its role as a dependable and strong model for this prediction task.

The result of the decision tree is also very high, with slightly less value as compared to the random forest but with high accuracy, precision, and recall. This illustrates that a single tree is efficient, but the ensemble technique of Random Forest does not have a large performance gain but has a small but substantial effect. SVM works fine with a score of near 0.95 in all measures, which means good separation between classes, but it has poorer performance in comparison to tree-based models, especially in the recall. The lowest performance is represented by the logistic regression, in which the accuracy, the precision, and the F1-score are provided more in the range of 0.91, which indicates the inability to capture nonlinear and complex patterns. In general, it is possible to note that ensemble learning has the best predictive power, and the random forest is better than all other models.

4.0 Conclusion

The aim of this research was to enhance fungal risk forecasts according to machine learning models applied to a set of extensive data on leaf wetness, temperature, humidity, and rainfall. To make sure that all the models were equally compared, data preprocessing involved imputation, normalization, and resampling. The four candidates included Random Forest, Decision Tree, Support Vector Machine (SVM), and logistic regression classifiers, which were assessed based on the measures of accuracy, precision, recall, F1-score, and ROC-AUC.



The results indicated that there were noticeable variations in performance. The accuracy of the logistic regression was 91.00%, the precision was 90.92%, and the recall was 91.00%, yet the F1-score (90.69%) and the ROC-AUC (98.37%) indicated that it was a little limited to represent intricate feature interactions. The decision tree did better with an accuracy of 99.00, a precision of 99.03, a recall of 99.00, and a ROC-AUC of 99.50, which suggested that it fit the data very well yet had a possible chance of overfitting. The accuracy of SVM was 95.00 percent, with a precision of 95.16 percent, a recall of 95.00 percent, and a high ROC-AUC of 99.48 percent, thus showing that the model is a strong one, although a bit lower than the ensemble methods. Random Forest performed the best with 99.33% accuracy, 99.35% precision, 99.33% recall, and a perfect ROC-AUC of 100%, which is significant to show that it is effective in nonlinear interactions as well as minimizing errors in prediction.

The findings demonstrate that the ensemble learning algorithms, such as Random Forest, are the most consistent at predicting fungal risks, which are better than the more basic models and give an almost perfect classification. The results of this paper reveal the possible power of machine learning, specifically tree-based ensembles, in proactive crop management, allowing early detection and treatment of diseases and enhancing agricultural decision-making.



REFERENCES

- Alsafadi, K., Alatrach, B., Sammen, S. S., & Cao, W. (2024). Prediction of daily leaf wetness duration using multi-step machine learning. *Computers and Electronics in Agriculture*, 224, 109131. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2024.109131>
- Asadi, P., & Tian, D. (2021). Estimating leaf wetness duration with machine learning and climate reanalysis data. *Agricultural and Forest Meteorology*, 304, 108457. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2021.108457>
- Detka, J. R., Jafari, M., Gomez, M., & Gilbert, G. S. (2025). Machine learning vs. empirical models: Estimating leaf wetness patterns in a wildland landscape for plant disease management. *Agricultural and Forest Meteorology*, 362, Article 110392. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2025.110392>
- Dhakar, R., et al. (2025). Simplified mechanistic leaf wetness estimation model (SMLW) to support risk assessment of insect pests and diseases. *Agricultural and Forest Meteorology*, 363, Article 103399. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2025.103399>
- Gawande, A., Sherekar, S., & Gawande, R. (2024). Early prediction of grape disease attack using a hybrid classifier in association with IoT sensors. *Heliyon*, 10(9), e38093. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e38093>
- Kim, H., Kim, M., Kim, Y., Kim, B., Lee, C., & No, J. (2024). Machine Learning Based Peach Leaf Temperature Prediction Model for Measuring Water Stress. *Water*, 16(21), 3157. <https://doi.org/10.3390/w16213157>
- Koumans, M., Meulendijks, H., Middeljans, H., Peeters, D., Douma, J. C., & van Mechelen, D. (2024). Physics-assisted machine learning for THz time-domain spectroscopy: sensing moisture on plant leaves. *Plant Methods*, 20, 102. <https://doi.org/10.1186/s13007-024-01023-5>
- Li, W., Zhou, B., Zhou, Y., Jiang, C., Ruan, M., Ke, T., Wang, H., & Lv, C. (2025). Grape Disease Detection Using Transformer-Based Integration of Vision and Environmental Sensing. *Agronomy*, 15(4), 831. <https://doi.org/10.3390/agronomy15040831>
- Patel, A. M., Lee, W. S., & Peres, N. A. (2022). Imaging and Deep Learning Based Approach to Leaf Wetness Detection in Strawberry. *Sensors*, 22(21), 8558. <https://doi.org/10.3390/s22218558>
- Singh, R., & Kumar, P. (2024). *Field-based microclimate dataset for fungal risk prediction in agricultural crops*. *Journal of Agricultural Data Science*, 6(2), 145–158. <https://doi.org/10.1016/j.jads.2024.02.004>
- Thomidis, T., Prodromou, I., Paresidou, M., & Damos, P. (2023). Effects of temperature and leaf wetness duration on pathogens causing preharvest fruit rots on tomato. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 22(3), 352-361. <https://doi.org/10.1007/s42161-023-01443-9>



GENDER-RESPONSIVE AGRICULTURAL POLICY FRAMEWORK FOR SUSTAINABLE AGRICULTURAL DEVELOPMENT IN NIGER STATE, NIGERIA: A PATHWAY

Professor SADIQ Mohammed Sanusi,

Professor of Food Policy, Livelihood & Sustainable Development,

Department of Agricultural Economics & Agribusiness,

Federal University Dutse, Jigawa State

dr.umargbalebo@gmail.com

0000-0003-4336-5723^{a*}

ABSTRACT

This policy paper outlines a strategic framework to institutionalize a Gender-Responsive Agricultural Policy (GRAP) in Niger State. Despite women constituting nearly half of the agricultural workforce in Nigeria, deep-seated gender disparities in land access, technology adoption, financing, and decision-making power hinder their full contribution to agricultural productivity. Addressing these inequalities is not merely a social justice concern-it is also critical to achieving sustainable agricultural development, food security, and inclusive economic growth.

Drawing upon recent studies and regional realities, this paper proposes institutional, financial, digital, and structural reforms to close gender gaps across the agriculture value chain. The proposed GRAP integrates local dynamics in Niger State and aligns with the National Gender Policy (2021), the African Union's Agenda 2063, and the UN Sustainable Development Goals (SDGs).

Keywords: Gender; Mainstreaming; Auditing; Sustainability; Food security



1.0 INTRODUCTION

1.1 Background and Context

Niger State, with its vast arable land (covering approximately 86,000 km²) and favorable ecological conditions, possesses immense agricultural potential. The state's agricultural sector employs over 70% of the population and contributes significantly to Nigeria's food basket (Niger State Agricultural Development Project, 2022). However, the sector's growth has been hampered by persistent gender inequalities that limit the productivity of women who form the majority of the agricultural workforce.

Current data reveals stark disparities:

- Women contribute approximately 60-80% of agricultural labor (FAO, 2021)
- Only 15% of women have secure land tenure (Niger State Bureau of Statistics, 2022)
- Female farmers have 30% less access to improved seeds and fertilizers (FMARD, 2022)
- Women receive less than 20% of available agricultural credit (CBN, 2023)
- Only 25% of women farmers have access to extension services (NAERLS, 2022)

These disparities not only limit agricultural productivity but also perpetuate cycles of poverty and food insecurity. Research shows that empowering women in agriculture could increase yields by 20-30% (FAO, 2021) and significantly improve household nutrition (World Bank, 2020).

1.2 Objectives of the Policy Paper

- Identify key gender-based barriers to agricultural development in Niger State.
- Propose a comprehensive, evidence-based framework to address gender disparities.
- Align state agricultural policies with Nigeria's international obligations on gender equality.
- Outline monitoring and accountability strategies for policy effectiveness.

1.3 Policy Rationale

The development of a Gender-Responsive Agricultural Policy Framework is justified by:

1. Economic Imperatives:

- Closing the gender gap could add \$2.5 trillion to global agricultural output (McKinsey, 2022)
- Women reinvest up to 90% of their income in family welfare (compared to 30-40% by men - World Bank, 2020)

2. Food Security Needs:

- Women-managed farms show 28% higher productivity when given equal resources (FAO, 2021)
- Households with women landowners have 10-15% better nutritional outcomes (UN Women, 2022)

3. Climate Change Adaptation:

- Women possess unique knowledge of indigenous crops and sustainable practices (UNDP, 2022)



- Gender-equitable adaptation programs are 35% more effective (IPCC, 2022)

4. **Legal and Policy Commitments:**

- Nigeria's obligations under SDG 5 and the Maputo Protocol
- NATIP (2022) provisions on women's inclusion
- Niger State's own development plans

2.0 Conceptual Framework: Gender-Responsive Agriculture

2.1 Defining Gender-Responsive Agriculture

Gender-responsive agriculture refers to policies, programs, and practices that:

- Recognize and address the distinct needs, constraints, and opportunities of women farmers
- Ensure equitable access to productive resources (land, inputs, credit, information)
- Promote women's participation in agricultural decision-making
- Value and reward women's agricultural labor equally
- Collect and utilize gender-disaggregated data for planning

2.2 Theoretical Foundations

The framework draws on three key theoretical approaches:

1. Feminist Political Ecology (Rocheleau et al., 2019):

- Examines how gender shapes resource access and environmental management
- Highlights women's unique knowledge systems in agriculture
- Addresses power dynamics in agricultural systems

2. Sustainable Livelihoods Approach (Scoones, 2020):

- Analyzes women's access to five capital assets:
 - Natural (land, water)
 - Financial (credit, income)
 - Human (skills, health)
 - Social (networks, groups)
 - Physical (tools, infrastructure)
 - Emphasizes transforming structures and processes
- ##### **3. Gender and Development (GAD) Framework:**
- Focuses on transforming gender relations
 - Addresses practical and strategic gender needs
 - Promotes women's empowerment beyond just participation

2.3 Framework Components

The Gender-Responsive Agricultural Policy Framework comprises five interlinked components:



1. **Resource Equity:** Ensuring equal access to land, inputs, and technology
2. **Economic Empowerment:** Enhancing access to markets, finance, and value chains
3. **Capacity Development:** Building skills, knowledge, and leadership capabilities
4. **Policy and Institutional Reform:** Creating enabling environments
5. **Knowledge and Innovation:** Promoting gender-responsive research and extension

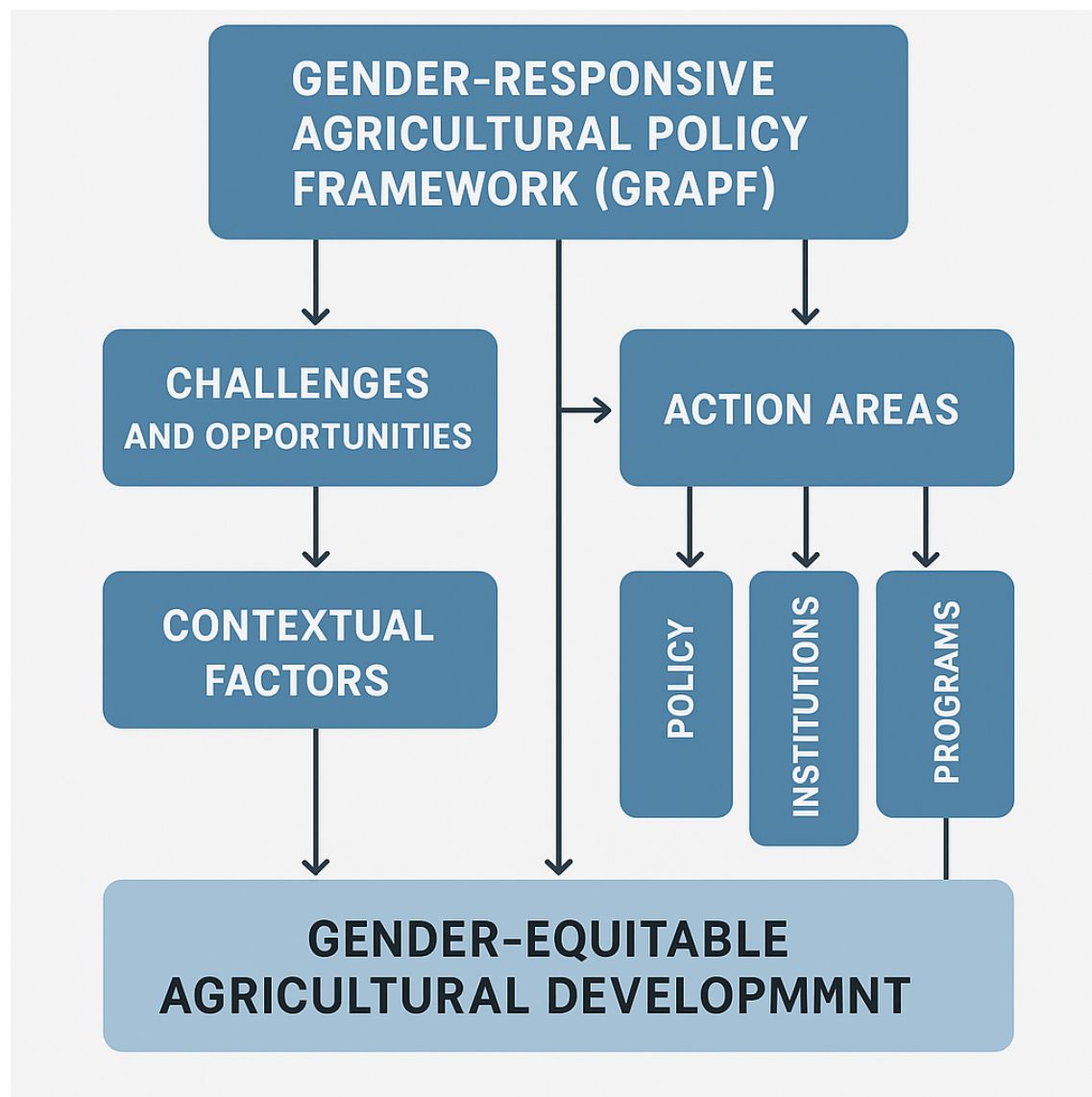


Figure 1: Conceptual framework

Source: Python software, 2025



Gender-Responsive Agricultural Policy Framework (GRAPF) Conceptual Framework

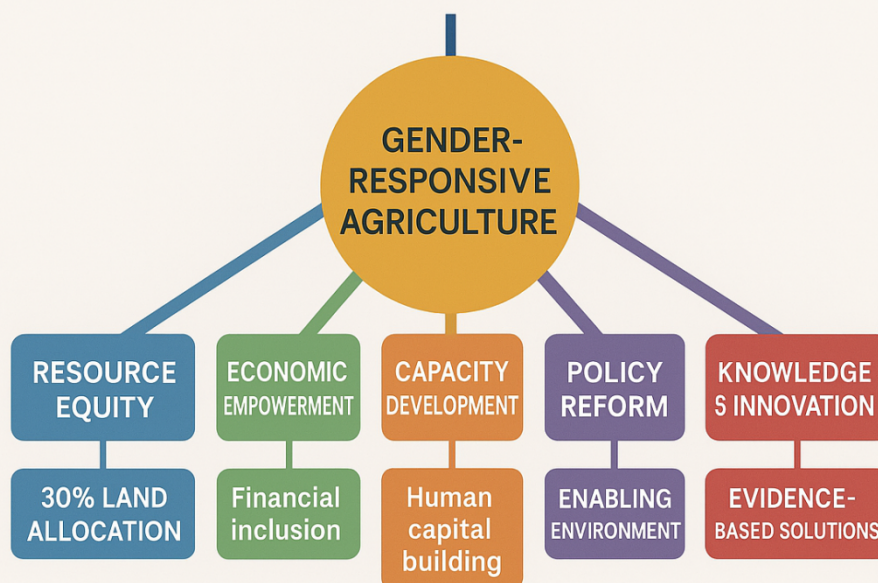


Figure 2: Conceptual framework

Source: Python software, 2025

3.0 Methodology

This policy paper was developed through:

- Comprehensive review of existing literature and policies
- Analysis of gender-disaggregated agricultural data
- Consultations with women farmers' groups across Niger State
- Stakeholder engagements with government agencies, NGOs, and development partners
- Benchmarking against successful models in other states and countries

4.0 Results and Discussion

4.1 Gender Disparities in Niger State's Agricultural Sector

4.1.1 Land Ownership and Access

- **Current Status:** Only **15% of women** in Niger State own agricultural land, compared to **52% of men** (Niger State Bureau of Statistics, 2022).
- **Barriers:**
 - **Cultural norms** favoring male inheritance.
 - **Weak enforcement** of existing land rights laws.
 - **Limited awareness** among women about their legal rights.



- **Impact:**

- Women farmers often work as tenants or laborers, reducing their income.
- Lack of collateral restricts access to credit.

4.1.2 Access to Finance and Inputs

- **Credit Access:** Women receive **<20% of agricultural loans** (CBN, 2023).
- **Input Access:** Female farmers have **30% less access** to improved seeds, fertilizers, and machinery (FMARD, 2022).
- **Challenges:**
 - High collateral requirements.
 - Gender bias in loan approval processes.
 - Limited financial literacy among rural women.

4.1.3 Agricultural Extension Services

- **Current Reach:** Only **25-30% of extension services** target women (NAERLS, 2022).
- **Gaps:**
 - Male-dominated extension systems.
 - Few female extension agents.
 - Training programs often scheduled at inconvenient times for women.

4.1.4 Decision-Making and Leadership

- **Representation:** Women hold **<10% of leadership roles** in farmers' cooperatives (IFAD, 2021).
- **Constraints:**
 - Sociocultural biases against women in leadership.
 - Lack of confidence and capacity-building opportunities.

4.2 Rationale for a Gender-Responsive Agricultural Policy

4.2.1 Economic Benefits

- **Increased Productivity:** Closing the gender gap could **boost yields by 20-30%** (FAO, 2021).
- **Poverty Reduction:** Women reinvest **up to 90% of income** in family welfare (World Bank, 2020).

4.2.2 Food Security & Nutrition

- **Improved Household Nutrition:** Women's control over resources leads to **better child nutrition** (UN Women, 2022).
- **Diversified Crops:** Women prioritize **nutrition-sensitive farming** (e.g., vegetables, legumes).

4.2.3 Climate Resilience

- **Sustainable Practices:** Women are custodians of **indigenous knowledge** on drought-resistant crops (UNDP, 2022).



- **Adaptation Strategies:** Female farmers adopt **climate-smart techniques** when given support.

4.3 Review of Existing Policies & Legal Frameworks

4.3.1 National Policies

Table 1: National policies

Policy	Relevance to Gender in Agriculture
National Gender Policy (2021)	Mandates 35% women's inclusion in agriculture programs.
NATIP (2022)	Promotes women's access to agri-tech and finance.
Agriculture Promotion Policy (APP)	Supports gender-sensitive extension services.

Source: Author's own synthesis, 2025

4.3.2 International Commitments

- **SDG 5 (Gender Equality):** Calls for women's empowerment in agriculture.
- **Maputo Protocol (2003):** Guarantees women's land and resource rights.

4.3.3 Niger State's Efforts

- **Niger State Women in Agriculture Initiative (2022):** Provides training and inputs.
- **Economic Empowerment Strategy (2021-2025):** Includes gender-sensitive agricultural programs.

4.4 Best Practices in Gender-Responsive Agriculture

4.4.1 Local Success Stories

- **Kebbi State's Women in Rice Farming Program (2023):** Increased women's rice yields by 40% through targeted inputs and training.
- **Ogun State's Land Reform:** Enhanced women's land ownership via **community advocacy**.
- **Edo State, Nigeria:** The Edo Women's Agribusiness Hub grew women-led enterprises by 250% between 2020–2023 (Akpan, 2024).

4.4.2 Global Models

- **Rwanda's Land Tenure Reform (2022):** 80% of women now own land due to legal reforms.
- **Kenya:** e-Voucher system improved women's access to inputs by 42% in just 2 years (FAO, 2022).
- **Bangladesh's Female Extension Workers:** Improved women's adoption of modern farming techniques.



4.5 Proposed Gender-Responsive Agricultural Policy Framework (GRAPF)

4.5.1 Policy Pillar

Pillar 1: Land Access & Ownership

- **Policy Action:** Allocate **30% of government farmland** to women.
- **Implementation:**
 - Strengthen land titling for women.
 - Community sensitization on women's land rights.

Pillar 2: Financial Inclusion

- **Policy Action:** Establish **Niger State Women Agri-Fund (NSWAF)** with ₦500 million seed capital.
- **Implementation:**
 - Partner with microfinance banks for low-interest loans.
 - Mobile banking for rural women.

Pillar 3: Gender-Sensitive Extension Services

- **Policy Action:** Train **1,000 female extension agents** by 2027.
- **Implementation:**
 - Mobile-based advisory services.
 - Women-focused training schedules.

Pillar 4: Leadership & Capacity Building

- **Policy Action:** **30% quota** for women in cooperative leadership.
- **Implementation:**
 - Leadership training for women farmers.
 - Mentorship programs.

Pillar 5: Institutional Strengthening

- **Policy Action:** Create **Niger State Gender in Agriculture Task Force (NSGATF)**.
- **Implementation:**
 - Annual gender audits.
 - Policy enforcement mechanisms.

Table 2: Policy pillar

Pillar	Policy Components
Land and Resource Rights	Joint land titling, legal aid for inheritance, land bank access for women
Access to Finance	Gender-specific credit schemes, interest subsidies, financial literacy programs



Extension and Training	Quotas for female extension officers, women-led farmer field schools
Digital Inclusion	ICT hubs, e-voucher systems, mobile agri-advisory in local dialects
Leadership & Governance	Gender quotas in cooperatives, mentorship for rural women leaders
Market Access & Value Chains	Women-only aggregation centers, market linkages, branding support

Source: Author's own synthesis, 2025

4.5.2 Legal and Institutional Alignment

- Integrate gender responsiveness into the **Niger State Agricultural Transformation Agenda**.
- Align with:
 - **National Gender Policy (2021)**
 - **Nigeria's Agricultural Promotion Policy (APP)**
 - **UN SDGs (Goal 2 & 5)**

4.6 Implementation Strategy

4.6.1 Policy Instruments

Table 3: Policy instruments

Instrument Type	Examples
Legal	Land law reform; Anti-discrimination clauses in extension acts
Fiscal	Gender-sensitive budgeting; Grants for women-led cooperatives
Administrative	Gender Focal Desks in MARDs; Gender scorecards in programs
Capacity Building	Gender training for agri-officials; curriculum reform

Source: Author's own synthesis, 2025

4.6.2 Stakeholder Engagement

- Collaborate with **traditional leaders** to influence land allocation norms.
- Engage **women farmer groups** and **CSOs** for policy design and rollout.
- Establish a **Niger State Gender and Agriculture Advisory Board**.



4.6.2 Implementation Strategy

Table 4: Implementation strategy

Phase	Activities	Timeline
Short-Term (1-2 yrs)	Policy drafting, pilot projects, awareness campaigns	2024-2026
Medium-Term (3-5 yrs)	Scale-up initiatives, legal reforms, NSWAF rollout	2026-2028
Long-Term (5+ yrs)	Full integration into state agricultural plans	2029 onwards

Source: Author's own synthesis, 2025

4.6.3 Monitoring & Evaluation Framework

Table 5: M & E framework

Indicator	Baseline (2023)	Target (2028)
Women owning land	15%	30%
Female loan beneficiaries	20%	50%
Women in leadership roles	10%	30%
Female access to agri-credit	17%	60%
Extension coverage for female farmers	15%	50%
Women in farmer cooperative leadership	9%	40%
Women-led agribusinesses registered annually	1,500	6,000

Source: Author's own synthesis, 2025

Tools:

- Annual **Gender in Agriculture Report**.
- Field surveys and focus group discussions.
- Gender Budget Tracking Tool (GBTT)
- Participatory Rural Appraisal (PRA)
- GIS-based land access audits



4.7 Risks and Mitigation Strategies

Table 6: Risks and mitigation strategies

Risk	Mitigation
Cultural resistance to women's land rights	Engage traditional institutions in sensitization campaigns
Weak institutional capacity	Gender training and reskilling of MARD officers
Budget reallocation risks	Enact budget protection legislation for gender allocations
Technological illiteracy	Grassroots ICT training for rural women

Source: Author's own synthesis, 2025

4.8 Financing Mechanisms

- Allocate at least 20% of Niger State agricultural budget to gender-inclusive programs.
- Access funding from:
 - Central Bank of Nigeria (CBN): Agric-Small and Medium Enterprises Investment Scheme (AGSMEIS)
 - International Funds: IFAD, FAO-GEF, UN Women
 - Private Sector: CSR from agri-firms like Olam, Flour Mills of Nigeria

5.0 Conclusion

A gender-responsive agricultural framework is not a luxury—it is a necessity. Without gender parity in access to land, finance, education, and decision-making, Niger State cannot unlock the full potential of its agricultural sector. The proposed policy pathway integrates global best practices, local realities, and a rights-based approach to build a truly inclusive and sustainable agricultural economy.

6.0 Recommendations & Policy Implications

Key Recommendations:

1. Enact a Niger State Gender-Responsive Agricultural Law with strong enforcement provisions (the GRAPF should have clear implementation guidelines).
2. Allocate 15% of Niger State's agricultural budget to gender programs.
3. Establish a State Gender and Agriculture Coordination Unit (GACU) under the Ministry of Agriculture.
4. Mainstream Gender Budgeting across all agriculture programs.
5. Strengthen partnerships with NGOs, UN agencies, and private sector.
6. Conduct gender impact assessments for all agricultural projects.
7. Create Inclusive Market Infrastructure and value chains for women farmers.
8. Invest in Gender-Smart Agricultural Technologies tailored for local use.



9. Set up Annual Gender and Agriculture Policy Summits to review progress.

Expected Outcomes:

- **25% increase in women's agricultural productivity.**
- **20% improvement in household food security.**
- **Stronger climate resilience among women farmers.**



REFERENCES

1. Adekola, P. O., Adereti, F. O., & Oluwatayo, I. B. (2021). *Gender disparities in land ownership and agricultural productivity in Nigeria: Implications for food security*. *Journal of Agricultural Extension*, 25(2), 45-58. <https://doi.org/10.4314/jae.v25i2.4>
2. African Union (AU)(2003). *Protocol to the African Charter on Human and Peoples' Rights on the Rights of Women in Africa (Maputo Protocol)*. <https://au.int/en/treaties/protocol-african-charter-human-and-peoples-rights-rights-women-africa>
3. Akpan, S., & Ibadode, B. (2022). *Gender Mainstreaming in Agricultural Extension in Edo State*. *Nigerian Journal of Rural Sociology*, 23(1), 15-30.
4. Central Bank of Nigeria (CBN) (2023). *Annual report on agricultural credit disbursement*. <https://www.cbn.gov.ng>
5. Federal Government of Nigeria (2021). *National Gender Policy (Revised Edition)*. Abuja: Federal Ministry of Women Affairs.
6. Federal Government of Nigeria. (2022). *National Agricultural Technology and Innovation Policy (NATIP)*. <https://fmard.gov.ng/natip>
7. Federal Ministry of Agriculture and Rural Development (FMARD). (2022). *National Gender Policy in Agriculture: Implementation Report*. <https://fmard.gov.ng>
8. Food and Agriculture Organization (FAO). (2021). *The Status of Women in Agrifood Systems*. <https://www.fao.org/3/cb7431en/cb7431en.pdf>
9. International Fund for Agricultural Development (IFAD) (2021). *Nigeria: Country Gender Assessment*. https://www.ifad.org/documents/38714170/40224860/Nigeria_CGA.pdf
10. Kebbi State Agricultural Development Project (2023). *Impact assessment of the Women in Rice Farming Program*. Birnin Kebbi: KSADP.
11. National Agricultural Extension and Research Liaison Services (NAERLS) (2022). *Gender Gaps in Agricultural Extension Services in Nigeria*. Zaria: NAERLS.
12. National Bureau of Statistics (NBS) (2023). *Niger State agricultural sector report*. <https://nigerianstat.gov.ng>
13. Niger State Bureau of Statistics (2022). *Gender-Disaggregated Data on Land Ownership and Agricultural Labor*. Minna: Niger State Government.
14. Niger State Government (2021). *Niger State economic empowerment strategy (2021-2025)*. <http://nigerstate.gov.ng>
15. Niger State Government. (2022). *Niger State Women in Agriculture Initiative (NSWAI): Progress Report*.
16. Ogun State Government (2023). *Gender-Responsive Land Reform: Case Study Report*. Abeokuta: Ministry of Agriculture.
17. Sustainable Development Solutions Network (SDSN) (2023). *Nigeria's Progress toward SDG 5 (Gender Equality)*. <https://www.sdgindex.org>
18. United Nations Development Programme (UNDP) (2022). *Gender, Climate Change, and Agriculture in Sub-Saharan Africa*. <https://www.undp.org/publications>
19. United Nations. (2015). *Sustainable Development Goals (SDGs): Goal 5 – Achieve gender equality*. <https://sdgs.un.org/goals/goal5>



20. **World Bank. (2020).** *Women's Economic Empowerment in Nigeria: Challenges And Opportunities.* <https://www.worldbank.org/en/country/nigeria>
21. **World Bank. (2022).** *Rwanda's Land Tenure Reform: Lessons for Gender Equity.* <https://www.worldbank.org/en/news/feature/2022/03/08/rwanda-land-tenure-reform>



AGRICULTURE: FOUNDATION, INNOVATIONS, AND FUTURE PROSPECTS

Madhumitha.S , Vijitha.V

Dr.K.Rajaganapathy, Faculty Of Pharmacy, Bharath Institute Of Higher Education And Research, Selaiyur, Chennai

Devikaladevikala25@gmail.com

INTRODUCTION

Agriculture forms the backbone of human civilization, providing food, raw materials, and employment for billions worldwide. Defined as the science and art of cultivating plants and livestock, agriculture's history spans millennia of innovation, adaptation, and transformation. It underpins global economies, sustains rural livelihoods, and shapes environmental landscapes. This article explores agriculture's broad scope—its historical roots, scientific foundations, technological advances, economic impacts, sustainability challenges, and future outlook.

Historical Perspective on Agriculture:

Agriculture, the practice of cultivating plants and domesticating animals for food, fiber, and other resources, represents one of humanity's most significant innovations. Its development laid the foundation for settled societies, population growth, and the rise of civilizations. The historical journey of agriculture spans over 12,000 years, evolving independently in multiple regions worldwide, adapting to diverse environments, and profoundly shaping human culture, economy, and technology.

Origins and Early Developments

Agriculture began around 11,500 to 12,000 years ago during the Neolithic era when humans shifted from nomadic hunting and gathering to settled farming communities. Early evidence indicates the domestication and cultivation of wild grains such as barley, wheat, peas, lentils, and oats primarily in the Fertile Crescent of the Middle East. This transition from foraging to farming was gradual, starting with the intentional planting of wild plants and the domestication of animals like goats and wild oxen.

Agriculture emerged independently in at least 11 different global centers. In East Asia, rice was domesticated more than 8,000 years ago in the Pearl River Valley of China, alongside soybeans and azuki beans. In Mesopotamia, sheep and cattle were among the earliest domesticated animals some 10,000 years ago, while in the Andes, potatoes and llamas were domesticated between 10,000 and 7,000 years ago. Each region developed distinct agricultural systems adapted to local environments, such as the irrigation-based farming in Egypt's Nile River Valley and the terraced farming in mountainous areas.

Ancient Civilizations and Agricultural Advances

With the rise of early civilizations, agriculture advanced in complexity and scale. Ancient China, for instance, developed sophisticated systems of land preparation, irrigation, and crop management from as early as the 5th century BC. Hydraulic technologies like the waterwheel-powered chain pump, iron ploughs, and granary systems enabled increased productivity. Important texts like the Qimin Yaoshu codified agricultural knowledge, influencing practices for centuries.



In the Indian subcontinent, agriculture dates back to at least 8,000 BCE. The Mughal Empire (16th to 19th centuries CE) saw considerable boosts in crop production due to agrarian reforms, improved irrigation, and crop diversification that included food and cash crops like wheat, rice, cotton, and indigo. Innovations in land management, such as standardized tax policies and irrigation projects under ruler Akbar the Great, enhanced agricultural productivity significantly.

Meanwhile, Egyptian farmers relied heavily on the predictable flooding of the Nile for fertile soil replenishment, giving rise to one of the world's earliest planned irrigation systems. The Mesopotamian civilization innovated with canal irrigation, ploughing techniques, and crop rotation to sustain their agricultural base .

Medieval Period Innovations

During the Middle Ages, European agriculture experienced improvements that laid the groundwork for expanded productivity. Monasteries became centers of agricultural knowledge, preserving and disseminating advances in farming and animal husbandry. The manorial system structured rural land management with serfs cultivating the lord's land under various obligations.

Iron smelting innovations led to stronger and more effective agricultural tools, and the heavy mouldboard plough, based on Chinese designs, allowed effective tilling of the heavier soils of Northern Europe. Crop rotations moved beyond the two-field system to a more productive three-field rotation incorporating legumes such as peas and beans which restored nitrogen to the soil. Watermills and windmills were used increasingly for grinding grain, cutting wood, and processing flax and wool.

The Arab world played a critical role in the exchange of crops, irrigation techniques, and agricultural knowledge across continents. They introduced summer irrigation to Europe and established plantation agriculture for sugarcane, using slave labor for intensive cultivation. These cross-cultural exchanges broadened agricultural diversity and efficiency .

The British Agricultural Revolution

Between the 17th and mid-19th centuries, Britain experienced an agricultural revolution that transformed farming into a more productive and mechanized industry. Enclosure laws consolidated small strips of land into larger, more efficient farms. The introduction of four-field crop rotation, popularized by Charles Townshend, allowed year-round livestock grazing and maintained soil fertility without leaving land fallow.

Selective breeding of livestock by breeders like Robert Bakewell produced animals with desirable traits, increasing yields of meat, wool, and milk. Inventions such as Jethro Tull's seed drill mechanized planting, improving seed distribution and depth precision. Other innovations included the threshing machine and improved ploughs, advancing farm machinery considerably.

Scientific study of fertilizers began at the Rothamsted Experimental Station, with John Bennet Lawes investigating the effects of inorganic and organic fertilizers on crop productivity. The importation and use of sodium nitrate and guano enhanced nutrient availability for crops. Steam engines powered threshing machines by the early 19th century, and the first petrol-driven tractor appeared by the late 19th century, heralding modern mechanized farming .

Impact on Society and the Environment

The historical development of agriculture enabled larger, settled populations and complex societies with surplus food, which supported non-farming specialists such as artisans, traders,



and rulers. Agricultural techniques and crop varieties spread widely through trade, conquest, and migration, linking continents and shaping global economies.

However, agriculture also brought challenges including deforestation, soil depletion, and increased vulnerability to climatic changes. Technological advancements often responded to these issues, improving sustainability through fertilization, crop rotation, and irrigation innovations.

Today's agricultural history is a record of continuous adaptation, technological progress, and cultural exchange that began with prehistoric humans domesticating plants and animals, evolving into the diverse global farming systems of the present

Branches and Disciplines in Agriculture:

Agriculture is an interdisciplinary science comprising:

Crop Science and Agronomy: Study and improvement of crop production under varying conditions.

Soil Science: Investigation of soil properties, fertility, health, and conservation.

Horticulture: Cultivation and management of fruits, vegetables, and ornamental plants.

Agricultural Engineering: Development and maintenance of farming machinery, irrigation systems, and post-harvest technologies.

Agricultural Economics: Analysis of farm management, market dynamics, policy, and rural development.

Animal Husbandry and Agroforestry: Complementary fields dealing with livestock management and sustainable land use.

Crop Production Systems:

Crop production encompasses selection, planting, managing, and harvesting of crops for food, feed, fiber, and fuel. Major crop categories include cereals (e.g., rice, wheat, maize), pulses, oilseeds, fruits, and vegetables. Effective production relies on:

Seed Selection and Genetics: Choosing high-yield, disease-resistant varieties.

Soil Preparation and Fertility: Tillage, organic amendments, and synthetic fertilizers to optimize nutrients.

Water Management: Efficient irrigation methods like drip and sprinkler systems.

Pest and Disease Control: Integrated pest management prioritizing biological and chemical controls.

Post-harvest Practices: Storage, processing, and value addition to reduce losses.

Genetic modification and molecular breeding have accelerated development of crops tolerant to drought, salinity, and pests, enhancing resilience.

Soil Health and Land Management

Soil, the lifeblood of agriculture, requires sustainable stewardship. Soil properties—texture, structure, organic matter—affect crop growth. Practices vital to maintaining soil health include:

1. Cover cropping and crop rotation to prevent nutrient depletion.
2. Conservation tillage minimizing erosion and enhancing carbon storage.
3. Soil testing guiding precise fertilizer application.



4. Managing salinity and acidity challenges.
5. Sustainable land management integrates ecological, economic, and social goals to prevent degradation, ensuring long-term productivity.

The Importance of Soil Health

Healthy soil is crucial for:

Sustaining plant and animal life: It acts as a foundation for crop, forest, and livestock production.

Water management: By providing good drainage, water retention, and infiltration, healthy soil mitigates erosion and minimizes water pollution.

Nutrient cycling: Healthy soils support microbial life and nutrient exchange, replenishing plant nutrients naturally.

Biodiversity: Soils are among the most biodiverse ecosystems, supporting bacteria, fungi, insects, and worms, all vital for ecosystem function.

Climate regulation: Soils can store significant carbon, helping sequester CO₂ and minimize greenhouse gases.

Food security: Healthy soils are directly linked to the productivity needed to feed a growing global population.

Land Management and Its Connection to Soil Health

Land management refers to the planned use and supervision of land resources, including soils, water, plants, and animals. Sustainable land management strategies aim to:

1. Protect soil and water resources.
2. Promote biodiversity conservation.
3. Restore or rehabilitate degraded resources.
4. Ensure land productivity for future generations.
5. Careful land management integrates local biophysical and socio-economic conditions and prevents practices that lead to soil and land degradation.

Threats to Soil Health:

Several practices and forces threaten soil health, including:

1. Intensive tillage, which disturbs soil structure and destroys organic matter.
2. Overgrazing and monoculture cropping, leading to decreased soil fertility and erosion.
3. Overuse of chemical fertilizers and pesticides, disrupting beneficial microbial life.
4. Deforestation and land conversion, which reduce organic input and soil cover.
5. Climate change and extreme weather, exacerbating soil erosion, salinization, and desertification.

Principles of Maintaining and Improving Soil Health

Key soil health practices include:



Reducing soil disturbance: Minimal-tillage and no-till systems protect soil structure and microbial habitats.

Crop rotation and diversity: Rotating crops and integrating legumes promote nutrient cycling and pest suppression.

Cover cropping: Growing cover crops during fallow periods adds organic matter and prevents erosion.

Organic amendments: Adding compost, manure, and plant residues increases organic content and fosters microbial life.

Integrated livestock: Grazing management can improve nutrient distribution and soil structure when well managed.

Precision nutrient management: Balanced fertilizer use and soil testing ensure that crops receive the right nutrients at the right time, minimizing losses and environmental impact.

Water management: Constructing terraces, using drip irrigation, and mulching optimizes water use and reduces runoff.

Enhancing Soil Resistance and Resilience

Soil resistance is the ability to withstand pressures like drought and flooding, while resilience is the capacity to recover after stress. Practices like mulching, agroforestry, and promoting organic matter help soils buffer against and recover from environmental extremes.

The Role of Farmers and Communities

Farmers play a key role in implementing regenerative practices that restore soil health. Community-based programs, knowledge sharing, and incentive policies are critical to scaling sustainable land management.

Conclusion

In summary, soil health and land management are essential for sustainable agricultural productivity, environmental health, and human well-being. Management practices that prioritize soil organic matter, biodiversity, reduced disturbance, and water conservation are integral to maintaining productive and resilient landscapes for generations.

Agricultural Technologies and Innovations:

Technological advances are revolutionizing agriculture:

Precision Agriculture: Uses GPS, drones, sensors, and AI for site-specific management, optimizing inputs and maximizing yield.

Automation: Tractors, harvesters, and robotic technologies increase labor efficiency.

Smart Irrigation: Digital monitoring conserves water by adapting supply to plant needs.

Biotechnology: CRISPR and transgenic techniques enable rapid development of superior crops.

Data Analytics: Big data and remote sensing inform decision-making and risk management.

Agricultural Economics and Policy:

Agriculture's economic dimension encompasses farm production efficiency, market accessibility, price volatility, and policy interventions. Governments regulate subsidies, tariffs, and research funding to stabilize food supply and support farmers. Agribusiness integrates



production with supply chains, processing, and retail. Rural development initiatives target infrastructure, education, and credit access to uplift farming communities.

Sustainable Agriculture and Environmental Challenges:

Modern agriculture faces urgent sustainability challenges. Intensive farming practices contribute to:

1. Soil erosion and nutrient loss.
2. Water scarcity and pollution from agrochemicals.
3. Greenhouse gas emissions contributing to climate change.
4. In response, sustainable agriculture frameworks emphasize:
5. Conservation agriculture and organic farming.
6. Agroecology promoting biodiversity and ecosystem services.
7. Integrated nutrient and pest management.
8. Climate-smart practices adapting to and mitigating climate impacts.

Core Practices of Sustainable Agriculture

At its heart, sustainable agriculture involves farming practices that are environmentally sound, economically viable, and socially responsible. Common sustainable agriculture techniques include:

Crop Rotation and Diversification: Rotating different crops on the same land breaks pest and disease cycles, improves soil health, and enhances nutrient availability. For example, planting nitrogen-fixing legumes after nutrient-intensive crops like corn replenishes soil fertility naturally.

Organic Farming: This method avoids synthetic pesticides and fertilizers, instead relying on natural inputs like compost and manure. It promotes soil biodiversity and ecological balance.

Conservation Tillage: Minimizing soil disturbance reduces erosion, conserves moisture, and maintains soil organic matter. No-till farming leaves previous crop residues intact, fostering natural decomposition and soil structure.

Agroforestry: Integrating trees and shrubs with crops or livestock enhances biodiversity, prevents soil erosion, and improves carbon sequestration. Trees provide shade, habitat, and can diversify farm income.

Cover Cropping: Growing plants during off-seasons protects the soil from erosion, suppresses weeds, and adds nutrients.

Biological Pest Control: Utilizing natural predators reduces reliance on chemical pesticides, protecting ecosystems.

Efficient Water Management: Employing drip irrigation, rainwater harvesting, and soil moisture monitoring conserves water and reduces runoff.

These methods work together to create resilient farming systems that protect soil, water, and biodiversity while maintaining productivity.

Environmental Challenges Addressed by Sustainable Agriculture

Sustainable agriculture is vital in addressing several critical environmental challenges:



Soil Degradation: Conventional agriculture often leads to topsoil loss through erosion, nutrient depletion, and compaction. Sustainable practices like crop rotation, cover cropping, and conservation tillage improve soil structure and fertility, preserving this essential resource.

Water Scarcity and Pollution: Agriculture consumes about 69% of freshwater globally, often inefficiently. Excessive use of irrigation and chemical inputs contaminates water bodies with runoff containing pesticides and fertilizers. Sustainable agriculture promotes efficient water use and reduces chemical reliance to protect water quality.

Loss of Biodiversity: Intensive monoculture farming reduces habitat heterogeneity, threatening species diversity crucial for ecosystem services like pollination and natural pest control. Agroforestry and diversified cropping maintain biodiversity on farmland.

Climate Change Impacts: Agriculture both contributes to and is vulnerable to climate change. Practices such as tillage, synthetic fertilizer use, and livestock methane emissions release greenhouse gases. Sustainable agriculture mitigates climate change via carbon sequestration in soils and biomass and adapts farming systems to changing weather patterns.

Land Conversion and Deforestation: Expanding agricultural land often causes deforestation, destroying habitats and releasing stored carbon. Sustainable intensification and land sparing approaches seek to increase yields on existing farmland, reducing pressure on natural ecosystems.

Chemical Pollution and Human Health: Synthetic pesticides and fertilizers can persist in the environment, impacting wildlife and human populations through water contamination and exposure.

Socioeconomic and Policy Challenges

Transitioning to sustainable agriculture involves overcoming financial, educational, and structural barriers. Sustainable practices may require new knowledge, initial investments, and longer-term benefits, which can be challenging for small-scale farmers. Market access for sustainably produced goods and supportive government policies are crucial for wider adoption.

In India, for example, sustainable agriculture is gaining momentum through government initiatives such as the National Mission for Sustainable Agriculture (NMSA) and Paramparagat Krishi Vikas Yojana (PKVY), promoting organic farming, agroforestry, and soil conservation. Globally, certification schemes like organic and Fair Trade help farmers access premium markets.

The Way Forward

Sustainable agriculture offers a pathway to feeding a growing population while conserving vital natural resources. It requires integrated approaches combining ecological farming techniques, technological advancements, and supportive policy frameworks. Climate-smart agriculture, regenerative farming, and precision agriculture technologies further enhance sustainability.

Consumers can also contribute by supporting sustainable food systems through informed choices and reducing food waste.

In conclusion, sustainable agriculture represents an essential shift from conventional farming with heavy environmental footprints to regenerative, environmentally conscious practices that ensure food security, ecosystem health, and the well-being of future generations. Addressing the complex environmental challenges within agriculture necessitates collaborative efforts among farmers, scientists, policymakers, and consumers worldwide. This holistic approach fosters a resilient agricultural system capable of sustaining life on Earth.



Contemporary Challenges in Agriculture:

The sector contends with:

1. Climate variability leading to unpredictable yields.
2. Emerging pests and diseases exacerbated by global trade and warming.
3. Land-use competition from urbanization and industry.
4. Socioeconomic disparities limiting smallholder farmers' productivity.
5. Food security concerns amid population growth and resource limits.

Future Trends and Prospects:

Looking ahead, agriculture will leverage digital technologies, advanced breeding, and sustainable models.

Trends include:

1. Expansion of urban and vertical farming to reduce land footprint.
2. Synthetic biology creating novel biofertilizers and pest control agents.
3. Systems approaches integrating crop, livestock, and ecosystem health.
4. Climate adaptation policies fostering resilience
5. Emphasis on reducing food waste and enhancing nutrition security.

Role of Women in Agriculture:

Women make up about 43 percent of the global agricultural labor force, with significant variation by region and activity. In many regions, women are primarily involved in activities like weeding, harvesting, and food processing, even though their contributions are often under-recognized and unpaid.

In India, women account for more than 75% of full-time agricultural labor and participate in all levels of the agricultural value chain, including crop production, livestock farming, post-harvest activities, and marketing. However, less than 14% of women own agricultural land, limiting their access to credit, technology, and decision-making power.

Women face challenges such as gender inequality in land ownership, limited access to credit and modern technology, heavy domestic burdens combined with farm work, market exclusions, and vulnerabilities to climate change effects.

Internationally, recognizing their importance, 2026 is declared the International Year of the Woman Farmer, highlighting the need to empower women farmers for food security and agricultural sustainability through targeted programs and policy support.

Role of Youth in Agriculture:

Youth involvement in agriculture is vital for innovation adoption, mechanization, and long-term sustainability of the sector.

Young farmers and entrepreneurs bring new technologies, digital tools, and innovative farming practices such as precision agriculture, agri-tech startups, and sustainable farming methods.

Governments and organizations worldwide are promoting youth engagement through skill development programs, access to credit, mentorship, and creating attractive opportunities in agriculture to curb rural unemployment and migration.



Together, women and youth contribute significantly to the productivity, innovation, and future sustainability of agriculture but require greater support in resources, education, technology, and policy inclusion to maximize their potential in this sector.

Conclusion:

Agriculture's evolution reflects humanity's ingenuity and challenges. Maintaining a vibrant, sustainable agriculture sector is essential for global food security, environmental stewardship, and rural prosperity. Ongoing research, innovation, and policy support are critical to meet the demands of a growing population while protecting natural resources for future generations.



Reference:

1. Lichtfouse, E. (Ed.). (2013). Sustainable Agriculture Reviews. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-94-007-5961-9>
2. Lichtfouse, E., Navarrete, M., Debaeke, P., Véronique, S., & Alberola, C. (Eds.). (2009). Sustainable Agriculture. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-90-481-2666-8>
3. Nandwani, D. (Ed.). (2016). Organic Farming for Sustainable Agriculture. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-26803-3>
4. Gupta, R. D., Gupta, S. K., & Mahajan, A. (2022). Towards a Sustainable System of Farming for Modern Agriculture. NIPA. <https://www.nipabooks.com/info/9789390175093>
5. Jayaraman, S., Dalal, R. C., Patra, A. K., & Chaudhari, S. K. (Eds.). (2021). Conservation Agriculture: A Sustainable Approach for Soil Health and Food Security.
6. Raveloaritiana, E., & Wanger, T. C. (2024). Decades matter: Agricultural diversification increases financial profitability, biodiversity, and ecosystem services over time. arXiv. <https://arxiv.org/abs/2403.05599>
7. Begho, T., Oladimeji, Y., & Musa, H. (2022). A systematic review of factors that influence farmers' adoption of sustainable crop farming practices. Journal of Sustainable Agriculture and Environment, 3(1), 1–20. <https://doi.org/10.1002/sae2.12016>
8. Wikipedia contributors. (2025, August 31). Sustainable agriculture. In Wikipedia. https://en.wikipedia.org/wiki/Sustainable_agriculture
9. Grigg, D. (1974). The agricultural systems of the world: An evolutionary approach. Geographical Journal, 140(1), 24–41. <https://doi.org/10.2307/1796376>



"HEALING BONDS: THE ROLE OF HUMAN–ANIMAL INTERACTIONS IN PROMOTING PSYCHOLOGICAL WELL-BEING"

Dr. Saloni Sharma

1 PhD holder, Dept. of Nutrition and Dietetics, Manav Rachna International Institute of Research Studies, (Deemed to be University), Faridabad, India

Email-saloni4udelhi@yahoo.com

Suhani Sharma

2 MSc. Clinical Research Student, Jamia Hamdard University (Deemed to be University), New Delhi, India

Email-suhanisharma012002@gmail.com

ABSTRACT

Human–animal interactions have long played a vital role in shaping emotional, social, and psychological well-being. Companion animals, particularly dogs and cats, provide unconditional emotional support, reduce stress, and foster a sense of security and belonging. Recent evidence highlights the therapeutic potential of animal-assisted interventions in alleviating symptoms of anxiety, depression, and post-traumatic stress disorder, while also enhancing empathy and social bonding. Pet ownership is further associated with improved quality of life through companionship, reduced loneliness, and increased physical activity. At the same time, ethical considerations and animal welfare remain central to ensuring mutually beneficial relationships. This abstract underscores the significance of human–animal relationships as a complementary approach to conventional mental health interventions, with implications for therapy, healthcare, and community well-being.

Keywords: Human–animal interaction, animal-assisted therapy, psychological well-being, mental health, companion animals, stress reduction, emotional support animals, empathy, quality of life.



INTRODUCTION

The relationship between humans and animals is one of the oldest and most profound bonds in history, stretching across cultures, civilizations, and evolutionary timelines. From the earliest stages of domestication, when animals were integral to hunting, farming, transport, and protection, this interspecies connection gradually evolved into one that also nurtured emotional and psychological needs. Dogs, cats, horses, cattle, and even smaller species like birds and rabbits have not only sustained human survival but also enriched daily life through companionship, loyalty, and affection. What began as a utilitarian association has, over time, revealed itself to be a source of emotional grounding and social cohesion.

In recent decades, the scientific community has turned its attention toward systematically understanding this bond, recognizing it as more than a cultural or sentimental phenomenon. Research across psychology, psychiatry, neuroscience, and social sciences has demonstrated that interaction with animals can exert measurable effects on mental health and well-being. Companion animals have been shown to reduce perceived loneliness, modulate stress responses, enhance mood regulation, and improve social functioning. These benefits are not restricted to informal companionship; they extend into structured interventions. The field of animal-assisted interventions (AAI)—including animal-assisted therapy, animal-assisted activities, and service animals—has gained prominence as a complementary approach in healthcare and community settings.

Evidence highlights the effectiveness of such interventions in alleviating symptoms of depression, anxiety disorders, and post-traumatic stress disorder (PTSD), while also aiding in the management of developmental conditions such as autism spectrum disorder (ASD). Physiological studies further support these findings, showing that interaction with animals can lower cortisol levels, stabilize blood pressure, and increase the release of oxytocin, thereby reinforcing feelings of trust, bonding, and safety. Beyond individual therapy, animals also act as social catalysts, facilitating interpersonal connections and reducing barriers to communication in group contexts.

However, the role of animals in enhancing psychological health is not without complexity. While the therapeutic advantages are evident, considerations of animal welfare, ethical practice, cultural attitudes, and safety remain central to any structured program. The growing interest in integrating human–animal interactions within clinical, educational, and community frameworks calls for a balanced understanding that weighs both benefits and responsibilities.

Against this backdrop, the present article explores the multifaceted role of human–animal interactions in promoting psychological health. It examines how emotional support, empathy development, therapeutic interventions, and social well-being are fostered through this ancient bond, while also addressing the ethical and practical dimensions that guide its responsible use in healthcare and community programs. By weaving together historical insights, biological mechanisms, and contemporary applications, this discussion aims to underscore the enduring and transformative impact of the human–animal connection on mental well-being.

Human–Animal Interactions and Emotional Well-being

Human–animal interactions (HAI) extend far beyond companionship, functioning as a cornerstone of emotional stability across diverse age groups and cultural contexts. Unlike most human relationships, the bond with animals is often perceived as non-judgmental, unconditional, and consistent, providing a unique form of emotional security. Companion animals offer affection, acceptance, and presence without the complexities of social expectations, making them a particularly powerful buffer against psychological distress. This



quality explains why pet ownership is repeatedly associated with improved mood, reduced loneliness, and enhanced life satisfaction in both clinical and non-clinical populations.

Stress Reduction

One of the most consistently documented effects of HAI is its role in moderating physiological stress responses. Physical interaction with animals—such as petting, grooming, or even maintaining eye contact with a dog—has been shown to activate the parasympathetic nervous system, resulting in lower heart rate, reduced blood pressure, and decreased cortisol secretion. Simultaneously, these interactions stimulate the release of oxytocin, a neuropeptide associated with trust, bonding, and relaxation. This dual mechanism not only provides immediate stress relief but also fosters long-term emotional resilience. Animal-assisted interventions in hospitals and therapy settings have repeatedly demonstrated reductions in pre-procedural anxiety, highlighting the profound calming potential of HAI.

Emotional Regulation

For individuals facing mental health challenges such as anxiety, depression, or mood disorders, animals serve as reliable sources of emotional regulation. The mere presence of a pet can act as a grounding stimulus, drawing attention away from intrusive thoughts and redirecting focus toward the present moment. This mindfulness effect helps individuals regulate emotions more effectively and cope with distressing experiences. Furthermore, animals provide opportunities for expressive communication—talking to a pet or seeking comfort from one can act as a safe outlet for emotions that may be difficult to share with others. This supportive interaction can complement therapeutic strategies, reinforcing coping mechanisms and fostering a sense of emotional balance.

Loneliness and Social Isolation

Loneliness is a growing public health concern, particularly among older adults, individuals living alone, or those experiencing social disconnection. In such contexts, companion animals mitigate isolation by providing daily social interaction and a sense of purpose. Caring for a pet establishes routine and responsibility, which instills structure and motivation, reducing the risk of depressive withdrawal. Beyond companionship, animals often serve as social facilitators, encouraging human-to-human interaction—for instance, walking a dog may spark conversations with neighbors, thereby expanding social networks and reducing feelings of alienation. This role is especially significant in the elderly population, where pets can act as protective factors against cognitive decline and emotional deterioration linked to chronic loneliness.

Active Role in Emotional Well-being

It is important to recognize that pets are not passive bystanders in their owners' lives but active participants in emotional well-being. Their behaviors—seeking closeness, responding to emotional cues, or offering tactile comfort—contribute to creating a bi-directional relationship where humans and animals influence each other's emotional states. For instance, studies suggest that dogs can sense human stress through subtle cues, responding with behaviors that provide comfort and reassurance. Similarly, therapeutic horses and rabbits are increasingly used in structured emotional support programs for children and individuals with special needs, demonstrating how diverse species can play unique roles in emotional care.

In sum, HAI offers a multi-layered framework for emotional well-being—one that encompasses physiological stress modulation, emotional regulation, and social connectedness. By bridging the gap between biological mechanisms and psychosocial needs, animals provide a holistic form of support that enhances psychological resilience and overall quality of life.



Therapeutic Applications of Animal-Assisted Interventions

Animal-assisted interventions (AAI) have evolved from informal practices of comfort and companionship into structured, evidence-informed strategies in healthcare and psychological therapy. Broadly, AAI encompasses animal-assisted therapy (AAT)—goal-directed interventions facilitated by trained professionals—and animal-assisted activities (AAA), which are less formal but still provide emotional enrichment. In both forms, animals function as “co-therapists,” offering a unique therapeutic presence that enhances engagement, compliance, and outcomes in diverse clinical populations.

1. Depression and Anxiety

Depression and anxiety are among the most common mental health disorders globally, often accompanied by feelings of hopelessness, social withdrawal, and heightened physiological arousal. Interactions with therapy animals can provide immediate and long-term benefits in several ways:

- **Physiological calming:** Contact with animals reduces hyperarousal by lowering cortisol levels and activating parasympathetic pathways.
- **Behavioral activation:** Activities such as walking, grooming, or playing with therapy animals encourage physical movement and structured daily routines, countering inactivity linked to depression.
- **Emotional upliftment:** The unconditional acceptance offered by animals fosters self-worth and counters negative cognitive patterns.
- **Therapy engagement:** Presence of therapy dogs or horses in clinical settings has been shown to increase patient motivation and participation, particularly among individuals resistant to traditional psychotherapy. Clinical trials have reported significant improvements in depressive symptoms among hospitalized patients and reductions in generalized anxiety levels following structured AAT sessions.

2. Post-Traumatic Stress Disorder (PTSD)

PTSD presents unique therapeutic challenges, often involving intrusive memories, hypervigilance, emotional numbing, and social withdrawal. Service animals—particularly dogs—have demonstrated significant benefits for trauma survivors and military veterans:

- **Interrupting flashbacks and nightmares:** Trained service dogs can sense physiological distress (e.g., changes in breathing, sweating) and provide grounding behaviors such as nudging, pawing, or lying across the patient to interrupt dissociation or panic.
- **Restoring safety:** Animals create a consistent, non-threatening presence that helps individuals re-establish feelings of security in environments that may otherwise trigger anxiety.
- **Reducing hyperarousal:** Daily interactions reduce startle responses and promote emotional regulation through routine care and companionship.
- **Social reintegration:** Veterans with service dogs often report increased confidence in public spaces, which counteracts the isolation commonly associated with PTSD. Although more randomized trials are needed, qualitative evidence strongly suggests that AAT and service animals can be transformative adjuncts to traditional trauma therapies.



3. Children with Autism Spectrum Disorder (ASD)

Children with ASD often face challenges with communication, social reciprocity, and sensory processing. Therapy animals—ranging from dogs and horses to smaller pets like rabbits—play a distinctive role in fostering developmental growth:

- **Facilitating communication:** Non-verbal children often initiate gestures, vocalizations, or eye contact when interacting with animals, which can generalize to human interactions.
- **Empathy and emotional understanding:** By interpreting an animal's behaviors and needs, children develop skills of perspective-taking and empathy that are otherwise difficult to teach.
- **Sensory regulation:** Grooming or petting animals provides calming tactile stimulation, which helps children regulate sensory overload and reduce anxiety-driven behaviors.
- **Social bridge:** Animals act as “social lubricants,” encouraging children to interact not only with the animal but also with therapists, peers, and caregivers present during sessions. Equine-assisted therapy (hippotherapy) is particularly well-documented, showing improvements in balance, attention, and emotional expression among children with ASD.

4. Elderly Care and Dementia

The elderly population, especially those in long-term care facilities, often experience loneliness, depression, and cognitive decline. AAI provides both psychosocial and cognitive benefits in this group:

- **Mood elevation:** Regular pet visits are associated with reduced depressive symptoms, improved affect, and higher quality of life scores.
- **Engagement and interaction:** Animals stimulate verbal and non-verbal communication, increasing residents' participation in social activities and reducing passivity.
- **Reduction of behavioral symptoms:** In dementia patients, therapy animals can decrease agitation, wandering, and repetitive behaviors by providing comfort and distraction.
- **Cognitive stimulation:** Remembering an animal's name, routines, or past experiences with pets can trigger memory recall and preserve cognitive function in individuals with mild-to-moderate dementia. Some studies even suggest that robotic pets can provide similar emotional benefits when live animals are not feasible due to health or safety concerns.

A Holistic Complement to Conventional Care

Collectively, these applications highlight that animals in therapeutic contexts are more than passive companions—they are active therapeutic agents. By combining biological stress modulation, emotional support, and enhanced social interaction, AAIs enrich traditional mental health care with a holistic dimension that addresses both mind and body. While not a substitute for established medical or psychological treatments, AAIs serve as valuable adjuncts that amplify the efficacy of conventional approaches, particularly in populations that are resistant, withdrawn, or underserved by mainstream therapies.

Social and Empathy-Enhancing Roles

While human–animal interactions are often examined through the lens of individual emotional benefits, their broader social value is equally significant. Animals act not only as companions



but also as social mediators and empathy-builders, shaping how humans interact with one another and how they develop social understanding from an early age.

1. Empathy Development in Children

Growing up with companion animals contributes profoundly to children's emotional and moral development.

- **Compassion and care:** Daily responsibilities such as feeding, grooming, and playing with pets foster a sense of responsibility, nurturing, and altruism. These experiences translate into increased empathy and concern for others.
- **Perspective-taking:** Children learn to interpret non-verbal cues from animals—such as body language, vocalizations, or behavior—strengthening their ability to recognize and respond to emotions in humans.
- **Emotional expression:** For children who struggle to articulate feelings, pets provide a safe, non-judgmental outlet, reinforcing healthy emotional communication.
- **Educational benefits:** Programs like “reading to dogs” in schools reduce performance anxiety and enhance literacy skills, as children feel more relaxed and confident reading aloud to non-critical listeners.

2. Enhancing Social Skills and Communication

Therapy animals are increasingly used in educational and therapeutic contexts to promote social functioning.

- **In classrooms:** Animal-assisted activities encourage group cooperation, reduce aggression, and enhance peer bonding. Children with social anxiety or speech difficulties are more likely to engage in verbal and non-verbal communication when animals are present.
- **Special needs support:** In children with autism spectrum disorder (ASD), animals serve as social “bridges,” prompting interactions not just with the animal but also with teachers, therapists, and peers.
- **Conflict resolution:** Structured AAI programs have been shown to decrease bullying tendencies and improve tolerance, patience, and teamwork among school-aged children.

3. Social Bridging in Adults

The social benefits of animals extend into adulthood, particularly in mitigating loneliness and building social networks.

- **Dog walking as social catalyst:** Individuals walking dogs are more likely to initiate conversations with neighbors and strangers, leading to expanded social circles and reduced urban isolation.
- **Community engagement:** Pet-related clubs, training groups, and adoption events provide platforms for social participation and belonging, fostering bonds across diverse demographic groups.
- **Support networks:** For adults facing emotional distress, community-based AAI programs often create peer support systems where participants connect over shared love for animals, building trust and solidarity.

4. Elderly and Social Integration

For older adults, particularly those in assisted-living or nursing home environments, animals help counteract the decline in social engagement.



- **Stimulating conversation:** Visits from therapy animals often encourage reminiscence, prompting individuals to share stories about past pets or life experiences.
- **Reducing stigma:** Elderly individuals with limited mobility or cognitive decline may face social exclusion; animals offer companionship without judgment and draw others into inclusive interactions.
- **Creating purpose:** Daily routines of caring for or interacting with pets instill structure, reinforcing social roles and self-esteem.

5. The Social Bridging Effect in Modern Society

In contemporary urban environments where isolation, digital dependency, and reduced neighborhood interaction are rising, animals play a crucial role in restoring community bonds. Pets act as “social lubricants,” facilitating conversations, building friendships, and fostering inclusivity across socioeconomic and cultural divides. The presence of animals in workplaces, campuses, or public spaces is increasingly recognized as a means of reducing stress, encouraging collaboration, and strengthening collective well-being.

In essence, animals do more than provide individual comfort—they shape social fabric by nurturing empathy, enhancing communication, and fostering community belonging. Their ability to connect people across generations and social contexts positions them as vital contributors not only to personal mental health but also to societal resilience and cohesion.

Physical Health and Lifestyle Benefits

Although the primary emphasis of human–animal interactions is often on mental health, the physical health benefits are deeply intertwined with psychological well-being, creating a holistic impact on overall quality of life.

1. Encouragement of Physical Activity Pet ownership, especially dogs, naturally integrates movement into daily routines. Walking, running, or playing fetch increases cardiovascular activity, improves muscle tone, and promotes flexibility. Research shows that dog owners are more likely to meet recommended physical activity guidelines, thereby reducing risks of obesity, hypertension, and metabolic disorders. Beyond exercise, these activities often take place outdoors, exposing individuals to fresh air, nature, and sunlight, which further enhance both physical vitality and mood.

2. Cardiovascular and Metabolic Health Multiple studies have demonstrated that regular interaction with animals is linked to lower blood pressure, reduced resting heart rate, and improved lipid profiles. The American Heart Association has acknowledged pet ownership, particularly dogs, as a factor associated with decreased risk of cardiovascular disease. The stress-buffering effect of pet companionship contributes to these physiological outcomes, since chronic stress is a well-established risk factor for heart disease and diabetes.

3. Routine, Structure, and Purpose Caring for a pet requires consistency in feeding, grooming, and exercise schedules. This routine fosters discipline, time management, and stability, particularly for individuals struggling with depression or executive dysfunction. The responsibility of pet care creates a sense of daily purpose, helping individuals maintain regular sleep–wake cycles and healthier eating habits, which collectively promote better physical and psychological functioning.

4. Immune Function and Allergy Resistance Exposure to pets, especially during childhood, has been linked to stronger immune system development and reduced risk of allergies and asthma. The “hygiene hypothesis” suggests that early interaction with pets introduces beneficial



microbes that enhance immune resilience. Even in adulthood, proximity to animals may positively influence immune response through stress reduction and increased physical activity.

5. Weight Management and Healthy Lifestyle Reinforcement Engaging with pets encourages active play and movement while discouraging sedentary behaviors. Dog owners, for instance, are less likely to spend prolonged periods sitting compared to non-owners. Additionally, social activities related to pets—such as group dog walks, agility training, or community pet events—promote a lifestyle centered on movement, recreation, and social engagement, reinforcing overall well-being.

6. Synergistic Effect of Physical and Mental Health The physical health benefits of pet ownership do not exist in isolation; they enhance mental health outcomes through biological and behavioral pathways. For example, improved cardiovascular fitness and endorphin release from exercise elevate mood and reduce anxiety. Similarly, maintaining daily pet-related routines mitigates symptoms of depression by fostering consistency and reducing inertia.

The physical health advantages of pet ownership—ranging from improved cardiovascular fitness and immune resilience to the development of structured routines—are inseparably linked to psychological well-being. By encouraging movement, reducing physiological markers of stress, and fostering a sense of daily purpose, pets not only strengthen the body but also stabilize the mind. This dual impact underscores the holistic nature of human–animal relationships, where physical vitality and emotional resilience reinforce one another, ultimately enhancing overall quality of life.

Ethical Considerations and Animal Welfare

As animal-assisted interventions (AAI) become increasingly integrated into therapeutic and healthcare practices, the welfare of the animals themselves must remain a central concern. While animals undeniably provide significant psychological and emotional benefits to humans, this interaction must be built on ethical principles that prioritize mutual respect and protection. Neglecting animal welfare risks turning a healing relationship into one of exploitation, which ultimately undermines the integrity of therapy.

1. Avoiding Exploitation and Stress Therapy animals are often exposed to emotionally intense environments, including hospitals, nursing homes, or trauma recovery centers. These situations can inadvertently place animals under stress if they are overworked, insufficiently trained, or exposed to inconsistent handling. Ethical frameworks demand strict monitoring of animals' working hours, behavior, and health to ensure that their involvement does not cause burnout or distress. Professional guidelines from organizations such as Pet Partners or IAHAIO emphasize that animals should always be voluntary participants, never forced into interaction.

2. Training and Professional Standards Animals used in therapeutic contexts must undergo rigorous training and certification to ensure safety, reliability, and positive welfare outcomes. This training not only minimizes risks for patients but also provides the animal with structured coping strategies. Ethical practice further involves continuous assessment of the animal's comfort level, ensuring that they have the autonomy to disengage when overwhelmed.

3. Mutual Benefit and Reciprocity A key ethical principle in human–animal interaction is reciprocity: the relationship must benefit both species. While humans gain emotional support, animals must receive affection, appropriate care, regular breaks, veterinary attention, and an enriched environment. This reciprocity ensures that therapy animals live fulfilling lives beyond their therapeutic duties, rather than being reduced to tools for human well-being.

4. Cultural and Individual Sensitivity Not all cultures perceive animals in the same light. In some societies, certain animals are revered, while in others they may be feared, considered



impure, or even avoided for religious or cultural reasons. Ethical implementation of AAI requires sensitivity to these differences, offering alternatives when necessary and respecting patient boundaries. For instance, therapy programs must recognize that while a dog may be comforting in one cultural context, it may be inappropriate in another.

5. Balancing Scientific Utility with Compassion There is growing interest in studying the therapeutic benefits of animals through controlled research. However, ethical concerns arise when research designs risk objectifying animals or subjecting them to unnatural conditions. A balance must be struck between advancing scientific understanding and maintaining compassion and dignity for the animals involved.

6. Long-Term Commitment Finally, ethical responsibility does not end with therapy sessions. Handlers, institutions, and caregivers must commit to the long-term health and retirement of therapy animals. As with human healthcare providers, animals too deserve rest and dignified care after years of service.

Ensuring ethical standards in animal-assisted interventions is not only about protecting animals but also about preserving the authenticity and effectiveness of the human–animal bond. When therapy animals are respected as sentient beings with needs and rights of their own, the relationship becomes truly healing—sustainable, enriching, and mutually beneficial.

Implications for Therapy, Healthcare, and Communities

The integration of human–animal interactions (HAI) into therapeutic, clinical, and social frameworks holds transformative potential for modern healthcare and community well-being. As scientific evidence continues to validate the psychological, physiological, and social benefits of animal-assisted interventions (AAI), the implications extend beyond individual therapy sessions to wider systems of care and policy-making.

1. Clinical Practice In mental health treatment, animals can function as complementary therapeutic agents alongside conventional modalities such as psychotherapy and pharmacological interventions. Psychologists, psychiatrists, and occupational therapists increasingly employ animal-assisted therapy (AAT) to address conditions like depression, anxiety, PTSD, and developmental disorders. For patients resistant to medication or traditional therapy, AAT offers a non-invasive, relationship-centered approach that fosters trust, emotional regulation, and compliance with treatment. Incorporating animals into clinical environments can also reduce patient anxiety in hospitals, making care delivery more compassionate and accessible.

2. Community Programs At the community level, animal-assisted activities (AAA) can foster social cohesion, resilience, and well-being across diverse populations. In schools, therapy animals encourage reading confidence, empathy, and reduced performance anxiety in children. In workplaces, animal-centered programs help mitigate stress and enhance morale, contributing to productivity and employee satisfaction. In eldercare, the presence of therapy animals in nursing homes or assisted living facilities combats loneliness, stimulates engagement, and reduces symptoms of dementia. By serving as social facilitators, animals bridge human connection gaps, counteracting isolation that is increasingly prevalent in urban societies.

3. Policy and Research The growing role of HAI demands structured policy frameworks to ensure quality, safety, and ethical standards. Governments and health organizations must support the establishment of certification protocols for therapy animals, handler training programs, and welfare guidelines that prevent exploitation. Research funding is equally essential to evaluate long-term outcomes, optimize intervention strategies, and expand the evidence base for AAI across different clinical populations. Policymakers must also recognize



cultural diversity, ensuring that programs are adaptable and respectful of varying attitudes toward animals.

4. Public Mental Health Advancement By bridging healthcare and community initiatives, HAI has the potential to become a public mental health strategy. Therapy animals, community-based pet programs, and animal-inclusive education initiatives can collectively enhance emotional resilience, reduce stigma around mental illness, and foster compassionate communities. When scaled effectively, these interventions can contribute to preventive healthcare models, reducing the burden on overstretched healthcare systems.

The implications of integrating human–animal interactions into therapy, healthcare, and communities are profound. With appropriate policies, ethical safeguards, and continued research, animals can move from being seen as companions to recognized allies in human health and societal well-being. This shift represents not just a therapeutic innovation but a holistic reimagining of healthcare that embraces the interconnectedness of humans, animals, and communities.

Conclusion

Human–animal interactions embody one of the most profound and enduring connections in human history, blending companionship, emotional nourishment, and therapeutic value into a bond that transcends cultural and temporal boundaries. Contemporary research has illuminated the many dimensions of this relationship, demonstrating that animals do far more than provide companionship—they actively shape human psychological, emotional, and even physiological well-being. By lowering stress, enhancing emotional regulation, fostering empathy, and serving as co-therapists in structured interventions, animals play an indispensable role in addressing the mental health challenges of modern life.

Beyond the individual level, the influence of human–animal bonds extends into communities, schools, workplaces, and healthcare institutions, creating ripple effects that strengthen social cohesion, reduce isolation, and promote collective resilience. Importantly, this integration also highlights the interconnectedness of physical and psychological health, as pet ownership and structured animal-assisted programs encourage healthy routines, physical activity, and a sense of daily purpose.

However, the expansion of animal-assisted interventions must be balanced with strong ethical commitments. Safeguarding animal welfare, avoiding exploitation, and ensuring mutual benefit are non-negotiable principles that preserve the integrity of these relationships. When humans approach these interactions with compassion, respect, and responsibility, the bond becomes truly reciprocal and sustainable.

Looking ahead, the future of human–animal interactions in healthcare and community programs is promising, but it requires continued research, policy support, and cross-disciplinary collaboration. By embedding animals into holistic models of care—while maintaining the highest standards of ethics—societies can harness this ancient bond to address contemporary mental health crises in innovative and compassionate ways. Ultimately, the partnership between humans and animals is not only therapeutic but transformative, offering a vision of well-being rooted in empathy, connection, and shared life.



References

1. American Veterinary Medical Association. (2021). *Human-animal bond*. AVMA. <https://www.avma.org/resources-tools/avma-policies/human-animal-bond>
2. Beetz, A., Uvnäs-Moberg, K., Julius, H., & Kotrschal, K. (2012). Psychosocial and psychophysiological effects of human–animal interactions: The possible role of oxytocin. *Frontiers in Psychology*, 3, 234. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2012.00234>
3. Brooks, H. L., Rushton, K., Lovell, K., Bee, P., Walker, L., Grant, L., & Rogers, A. (2018). The power of support from companion animals for people living with mental health problems: A systematic review and narrative synthesis of the evidence. *BMC Psychiatry*, 18, 31. <https://doi.org/10.1186/s12888-018-1613-2>
4. Cole, K. M., Gawlinski, A., Steers, N., & Kotlerman, J. (2007). Animal-assisted therapy in patients hospitalized with heart failure. *American Journal of Critical Care*, 16(6), 575–585.
5. Esposito, L., McCune, S., Griffin, J. A., & Maholmes, V. (2011). Directions in human–animal interaction research: Child development, health, and therapeutic interventions. *Child Development Perspectives*, 5(3), 205–211.
6. Fine, A. H. (2019). *Handbook on animal-assisted therapy: Foundations and guidelines for animal-assisted interventions* (5th ed.). Academic Press.
7. Friedmann, E., & Son, H. (2009). The human–companion animal bond: How humans benefit. *Veterinary Clinics: Small Animal Practice*, 39(2), 293–326.
8. Gee, N. R., Fine, A. H., & Schuck, S. (2015). Animals in educational settings: Research and practice. In A. H. Fine (Ed.), *Handbook on animal-assisted therapy* (4th ed., pp. 195–210). Academic Press.
9. Gee, N. R., Reed, T., Whiting, A., & Friedmann, E. (2019). Dogs supporting human health and well-being: A biopsychosocial approach. *Frontiers in Veterinary Science*, 6, 76.
10. Glenk, L. M. (2017). Current perspectives on therapy dog welfare in animal-assisted interventions. *Animals*, 7(2), 7.
11. Handlin, L., Hydbring-Sandberg, E., Nilsson, A., Ejdebäck, M., Jansson, A., & Uvnäs-Moberg, K. (2011). Short-term interaction between dogs and their owners: Effects on oxytocin, cortisol, insulin and heart rate. *Anthrozoös*, 24(3), 301–315.
12. Herzog, H. (2011). The impact of pets on human health and psychological well-being: Fact, fiction, or hypothesis? *Current Directions in Psychological Science*, 20(4), 236–239.
13. Kamioka, H., Okada, S., Tsutani, K., et al. (2014). Effectiveness of animal-assisted therapy: A systematic review of randomized controlled trials. *Complementary Therapies in Medicine*, 22(2), 371–390.
14. Kruger, K. A., & Serpell, J. A. (2010). Animal-assisted interventions in mental health: Definitions and theoretical foundations. In A. H. Fine (Ed.), *Handbook on animal-assisted therapy* (3rd ed., pp. 33–48). Academic Press.
15. Marcus, D. A. (2013). The science behind animal-assisted therapy. *Current Pain and Headache Reports*, 17(4), 322.
16. McConnell, A. R., Brown, C. M., Shoda, T. M., Stayton, L. E., & Martin, C. E. (2011). Friends with benefits: On the positive consequences of pet ownership. *Journal of Personality and Social Psychology*, 101(6), 1239–1252.



17. Mills, D. S., & Hall, S. S. (2014). Animal-assisted interventions: Making better use of the human–animal bond. *Veterinary Record*, 174(11), 269–273.
18. Muñoz Lasa, S., Ferriero, G., Brigatti, E., Valero, R., & Franchignoni, F. (2011). Animal-assisted interventions in internal and rehabilitation medicine: A review of the recent literature. *Panminerva Medica*, 53(2), 129–136.
19. Nagasawa, M., Mitsui, S., En, S., Ohtani, N., Ohta, M., Sakuma, Y., ... & Kikusui, T. (2015). Social evolution: Oxytocin-gaze positive loop and the coevolution of human–dog bonds. *Science*, 348(6232), 333–336.
20. Nimer, J., & Lundahl, B. (2007). Animal-assisted therapy: A meta-analysis. *Anthrozoös*, 20(3), 225–238.
21. O’Haire, M. E. (2013). Animal-assisted intervention for autism spectrum disorder: A systematic literature review. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 43(7), 1606–1622.
22. Odendaal, J. S. J., & Meintjes, R. A. (2003). Neurophysiological correlates of affiliative behaviour between humans and dogs. *Veterinary Journal*, 165(3), 296–301.
23. Purewal, R., Christley, R., Kordas, K., Joinson, C., Meints, K., Gee, N., & Westgarth, C. (2017). Companion animals and child/adolescent development: A systematic review of the evidence. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 14(3), 234.
24. Serpell, J. A. (1991). Beneficial effects of pet ownership on some aspects of human health and behavior. *Journal of the Royal Society of Medicine*, 84(12), 717–720.
25. Stern, C., Pearson, A., & Chalmers, K. (2013). Animal-assisted therapy for dementia: A systematic review. *Journal of Advanced Nursing*, 69(4), 867–882.
26. Walsh, F. (2009). Human–animal bonds II: The role of pets in family systems and family therapy. *Family Process*, 48(4), 481–499.
27. Wells, D. L. (2009). The effects of animals on human health and well-being. *Journal of Social Issues*, 65(3), 523–543.
28. Wood, L., Martin, K., Christian, H., et al. (2015). The pet factor—Companion animals as a conduit for getting to know people, friendship formation and social support. *PLOS ONE*, 10(4), e0122085.
29. World Health Organization. (2021). *Mental health and COVID-19: Early evidence of the pandemic’s impact*. WHO.
30. Zilcha-Mano, S., Mikulincer, M., & Shaver, P. R. (2011). An attachment perspective on human–pet relationships: Conceptualization and assessment of pet attachment orientations. *Journal of Research in Personality*, 45(4), 345–357.



THE USE OF DROUGHT-TOLERANT GRASS SPECIES IN URBAN LANDSCAPES AND THE CONCEPT OF XERISCAPING

Sıla KARADAĞLI,

Adnan Menderes Üniversitesi, Ziraat Fakültesi

karadaglisila4@gmail.com

Sümeyra DOĞAN,

Adnan Menderes Üniversitesi, Ziraat Fakültesi

sumeyra.dgn06@gmail.com

Prof. Dr. Zöhre POLAT

Adnan Menderes Üniversitesi, Ziraat Fakültesi

zohre.polat@adu.edu.tr

ABSTRACT

Today, rapid urbanization, industrialization, and other economic activities are greatly accelerating the unconscious use and consumption of natural resources. This process is directly and indirectly causing a climate crisis. This situation brings with it problems such as drought and water scarcity, which are most evident in cities.

When these issues are evaluated in terms of water management, the widespread use of grasses in urban landscapes has led to various debates on the impact of this practice on the efficient use and sustainability of water resources. In terms of reducing water consumption, selecting grass and other groundcover plant species with the lowest water requirements for use in urban landscapes, or researching and utilizing new and alternative drought-resistant species, has become an important area of research. In parallel with this, arid landscape designs are emerging as a new ecological, visual, and functional design approach in the discipline of landscape architecture.

As a result, the use of drought-resistant grass species and other groundcover plant species in urban landscapes plays a critical role not only in mitigating the effects of the climate crisis, but also in ensuring ecological and economic sustainability and the proper and efficient use of resources. This compilation study aims to present the benefits of researching drought-resistant grass species and increasing their use in landscape architecture in terms of water management.

Keywords: Drought-tolerant grass species; grass areas in urban landscapes; xeriscaping approach; sustainability



INTRODUCTION

Industrialization and urbanization, along with the pursuit of economic development, have led to the rapid and reckless depletion of natural resources over the past few centuries. Uncontrolled resource use and urbanization strategies implemented without considering ecological values are gradually reducing the proportion of open and green spaces in cities, which provide environmental, social, and economic benefits and contribute to quality living conditions (Ekren, 2021). Cities worldwide are facing diverse pressures in line with the need to adapt to regional and global factors such as climate change, population growth, and the deterioration of urban infrastructure (Rodrigues et al., 2025). Consequently, the effects of the climate crisis are becoming more pronounced in cities, and drought, one of these effects, has become one of the most devastating global environmental problems facing the world today (Özüpekçe, 2020).

When these emerging problems are considered in terms of water management, the widespread use of grass plants in urban landscape designs has sparked discussions about their impact on the efficient use and sustainability of water resources. The undeniable role of urban areas in providing livable environments and supporting resilient ecosystems becomes increasingly critical as urban populations grow. The impact of increasing urbanization and rapid construction activities on hydrological processes is reaching undeniable proportions (Khan et al., 2025).

Selecting species for use in urban landscapes to reduce water consumption and exploring new and alternative drought-resistant species have become important research topics. In this context, various conferences and forums on green development and ecotourism are being organized to raise global awareness of climate solutions. This has necessitated research, particularly in arid regions. As water demand increases due to population growth and the expansion of green spaces, wise water management for both landscape and agricultural irrigation is critical to mitigating the threat to limited water resources (Elkatoury & Alazba, 2024). In urban landscape designs where the likelihood of drought increases daily, the concept of arid landscape design, which aims to reduce water use and contribute to the water cycle and adopts planning and design principles for the efficient use of water in urban landscapes, has been brought to the forefront (Hassamancıoğlu et al., 2025). Accordingly, this compilation study will examine the arid landscape approach, which aims to use water efficiently in urban landscape designs, along with the use of drought-resistant turf species. The sustainability of these practices in urban ecosystems and strategies for efficient water use will be examined.

CONCEPTUAL FRAMEWORK

The Concept of Grass Area

Historically, lawns evolved from their origins as meadows in medieval Europe and have become globally adopted urban green surfaces, serving aesthetic, recreational, and cultural functions. These areas not only provide visual and social benefits but also contribute to important ecosystem services such as reducing the urban heat island effect, carbon sequestration, and social well-being (Ignatieva et al., 2025). However, this functionality of lawns has become controversial, particularly in arid climates where water resources are limited. In arid urban landscapes, excessive water consumption by lawns, the spread of invasive species, and prolonged droughts caused by climate change are among the primary threats to the sustainability of lawns. Even in temperate climates, increasing heat waves and summer droughts are causing the degradation of lawn surfaces and the weakening of ecosystem services. In this context, lawns have become a subject of scientific research since the 1970s in Europe, with the development of urban ecology, and the interactions of lawn flora, vegetation, and pollinators in both public and private spaces have been studied. Over the last two decades, increasing urbanization, land use change, and biodiversity loss have made it necessary to design and



manage lawns in more sustainable ways. Therefore, in Europe, creating lawns that conserve water, conserve resources, and support biodiversity is a priority in urban landscape management. This transformation highlights the need to reassess lawns not only aesthetically but also ecologically and climatically (Ignatieva et al., 2025).

Lawns are a fundamental element of both urban and rural landscapes. They are similar to natural biomes such as tropical savannas, temperate grasslands (steppes and pastures), and tundra. Lawns provide functional ecosystem services, in addition to providing aesthetic, recreational, social, economic, and health benefits. Aesthetically appealing grass surfaces are also crucial for sports and recreational activities. Studies in the literature indicate that grasses have a greater potential than many other vegetation types for reducing runoff, increasing infiltration, removing sediment and pollutants from water, preventing erosion, improving soil quality, and reducing fire risk (Monteiro, 2017). Furthermore, lawns also offer direct user benefits, such as adding aesthetic value to property, enhancing property value, and providing recreational space (Wang et al., 2010). However, due to their high ecological costs and intensive resource use, especially in regions with arid climates, there is increasing concern about the use of lawn areas among environmental scientists, urban planners and landscape designers (Ignatieva et al., 2025).

Urban parks with a predominance of grass areas can be found in many parts of the world (Ignatieva and Hedblom, 2018). This situation is attributed to conventional methods shaping sociological demands for ground cover (Ignatieva et al., 2020; F. Yang et al., 2019), widespread beliefs that irrigated grass areas provide social and aesthetic benefits in parks (Fam et al., 2008; Ignatieva et al., 2015; Sugiyama et al., 2008), and the adoption of grass plants as the most widely used ground cover species (Gildemeister, 2002). However, while grass areas offer many benefits in public spaces, they also require large amounts of cost and water resources for sustainability. The need for intensive irrigation to keep grass green year-round, especially during summer when rainfall is limited, poses a significant problem for cities in arid and semiarid climates (Mennen et al., 2017). In this context, solutions that mimic nature can offer alternatives for water conservation. For example, grass species that turn brown in summer and re-green in autumn are considered viable options in areas with limited irrigation, despite losing some of their functions (Wang et al., 2010). Therefore, to determine the most suitable species in terms of water management and sustainability, the drought-tolerant grass species and their characteristics highlighted in the literature are presented in the table below.

Type	Common Name	Advantages	Source
<i>Festuca arundinacea</i>	Long Leaf Grass	Moderately resistant to high temperatures and drought, suitable for intensive use areas	Beard & Green, 2021
<i>Festuca ovina</i>	Sheep Grass	Low water requirement, slow growth, low maintenance	Huang & Gao, 2022



<i>Festuca trachyphylla</i>	Hard Grass	Fairly drought tolerant, shade tolerant	Huang & Gao, 2022
<i>Lolium perenne</i>	Perennial Grass	Fast germination, aesthetic appearance, but high water requirement	Morris & Shearman, 2023
<i>Agrostis stolonifera</i>	Lying Grass	Suitable for heavy use and cool climates, but water dependent	Morris & Shearman, 2023
<i>Zoysia japonica</i>	Japanese Zoysia Grass	Drought-resistant, stays green in summer, low maintenance	Zhang et al., 2024
<i>Cynodon dactylon</i>	Bermuda Grass	Resistant to high temperatures and drought, ideal for sports fields	Beard & Green, 2021
<i>Poa pratensis</i>	Kentucky Bluegrass	Aesthetic appearance, good performance in cool climates, moderately drought tolerant	Morris & Shearman, 2023
<i>Buchloe dactyloides</i>	Buffalo Grass	Very low water requirement, suitable for natural looking areas	Zhang vd., 2024

Designing the landscape in accordance with the climate and region, selecting compatible plants, and establishing efficient irrigation systems provide a balance that suits both aesthetic needs and the resource availability of the region (Knopf, 2003).



Arid Landscape

The high levels of water consumption, especially in open spaces such as parks and gardens, have necessitated the development of new approaches that minimize water use in landscape planning processes (Çakar and Akat Saraçoğlu, 2024; İlhan et al., 2024a; İlhan et al., 2024b). In this regard, new landscaping concepts have emerged and been developed under the general heading of "Water-Efficient Landscaping" that differ from classical landscaping approaches such as "Water-Wise, Water-Smart," "Low-Water," and "Natural Landscaping." The arid landscape concept aims to design comprehensive landscape projects that are water and energy efficient, conserve natural resources, and minimize water consumption (Çorbacı et al., 2011; Baykan and Birişçi, 2013; Çetinkale Demirkan and Akat, 2017; Çöp and Akat, 2021; Çetinkale Demirkan and Akat, 2024; Akgedik et al., 2025). Although the arid landscape concept has gained importance in our country in recent years, it emerged in 1978 and has become a design approach based on seven basic principles by combining innovative, healthy gardening practices used for water conservation (Welsh et al., 2007). The first step in the planning and design phase, which is the first principle of arid landscape, is to clearly define the objectives in line with the needs. In line with the determined objectives, the physical and environmental problems of the existing area should be addressed first, the existing plant material should be determined, and a solar analysis should be conducted (Yalçınkaya, 2021). Plants play an effective role in providing climate control in their environment, in the reflection and absorption of sunlight, and in balancing soil temperature (Demirkan et al., 2025).

Xeriscape is a modern landscape design genre, offering practical solutions to modern regional crises such as water, energy, and global warming. It is known as the process of coordinating space to conserve water and reduce fertilizer, pesticide, and maintenance, while achieving the aesthetic, functional, and environmental goals required for the designed landscape. The xeriscape approach originated in Denver, Colorado, USA, in 1981. The primary motivation for this landscape concept was the region's severe drought, which had been ongoing since 1977, until a group of Denver water management workers created the xeriscape concept, which aimed to conserve water used in the landscape. The use of drought-tolerant, water-efficient plants began after the majority of users and garden designers were educated and made aware of the vital and sometimes scarce resource of water and the right of future generations to conserve it. Furthermore, there is a close connection between the concept of sustainability and the xeriscape. Both emphasize the necessity of conserving natural resources (water) and the right of future generations to access it. Therefore, arid landscaping is considered one of the tools designers use to achieve sustainability, and research has shown that designing a site using an arid landscaping method can reduce water use by 60%. The advantages of arid landscaping include: environmental advantages include water conservation, creating a suitable environment for wildlife and native plants, improving soil properties, and minimizing the use of chemicals such as fertilizers and pesticides. Economic advantages include savings in maintenance, energy costs, water consumption, and the labor and time required for maintenance. Aesthetic features: the use of diverse materials in landscape design enhances the design and enhances the visual quality of the city, while preserving its environmental identity by utilizing local plants and natural materials whenever possible.

Unlike traditional landscaping practices, arid landscaping is an approach based on the use of fewer plants, consistent with ecological landscape characteristics and compatible with natural vegetation (Çorbacı et al., 2017). Arid landscaping aims to design green spaces in harmony with nature in regions experiencing water scarcity (Çorbacı and Özyavuz, 2024). Arid landscaping not only conserves water but also aims to create an aesthetic and functional living space. By emphasizing people's responsibility to protect natural resources, it aims to increase awareness



of water conservation and leave a livable environment for future generations (Yazıcı and Eroğlu, 2025).

The arid-friendly landscaping strategy aims to prioritize natural and ecological factors, maximize the use of existing water resources while minimizing water consumption and maintaining a "conservation" balance in nature. This approach, which is more cost-effective to implement and manage, utilizes plant groups within a compositional unity, such as tree leaves and bark, sleepers, gravel, stones, rocks, cinders, and peat, to enhance water conservation (Kavuran, 2021).

Plant species used in arid-friendly landscaping are generally native, can grow with less water, and are drought-tolerant (Vasishth 2008). Plant species suitable for this xeric landscaping have been classified as trees and shrubs, shrub groups, ground covers, vines and climbers, and grass species (Ertop 2009; Pulatkan et al. 2010; Baykan and Birişçi 2013, Yazıcı et al. 2014; Akbulut et al. 2015; Bayramoğlu and Demirel 2015).

The use of plant species with low water requirements is a desirable practice in xeriscaping. Instead of species with high water requirements, alternative species that are aesthetically and functionally suitable for xeriscaping can be chosen. However, most species used in campus planting do not naturally occur in the region. However, the use of native plant species in xeriscaping is crucial for more efficient water use. Furthermore, native plant species require less fertilization and pesticide application than other exotic plants, are more resilient, and adapt to even the region's extreme climatic conditions, reducing maintenance and costs. Therefore, holistic planning decisions appropriate to the climate and topography of the region should be made in planting projects (Bayramoğlu, 2016).

While maximum benefit is obtained from existing water resources with the xeric landscape approach, minimizing water consumption makes an important contribution to ensuring the protection balance in the use of natural resources (Kavuran & Yılmaz, 2022).

CONCLUSION AND DISCUSSION

Various discussions have emerged regarding the impact of the widespread use of grass plants in urban landscapes on the efficient use and sustainability of water resources. To reduce water consumption, selecting grass and other ground cover species with the lowest water requirements for urban landscapes, or researching and using new and alternative drought-resistant species, has become an important research topic.

Although grass areas are an essential element of landscape design, they require more water than other plants, so large grass areas should not be included in designs. If a grass area is desired, species with lower water consumption requirements should be selected (Ünsal and Çelik, 2023). To conserve water, it is necessary to reduce the size of the grass area by incorporating drought-tolerant species and ground covers into the landscape design. Furthermore, considering the ease of watering, long, narrow, small, and fragmented grass areas should be avoided (Welsh et al., 2007).

In cities with limited water resources, park managers have begun to explore transitioning urban parks from the intensive use of grasses, which require high irrigation requirements, to alternative ground cover compositions that reduce or eliminate water input (Çetin et al., 2018; Sovocool et al., 2006; J. Yang and Wang, 2017). Alternative ground covers proposed in these cities often include native and drought-tolerant plant species or materials such as mulch. Mulch, an organic material composed of wood chips, shredded bark, or recycled wood products, is typically applied to park edges or around trees. Both native vegetation and mulch use contribute to water conservation through reduced irrigation requirements and evaporation rates (Brandes



et al., 2006; Wescoat Jr., 2013). Furthermore, grasses can turn brown during seasonal droughts or severe drought conditions when not irrigated (Pitman, 2010).

These alternative solutions to grass have been shown to reduce water use in parks by 20% to 100% (Vickers, 2001) and save 50% or more in park construction and annual maintenance costs (Çetin et al., 2018). However, the extent to which the public will value less water-intensive park designs, moving away from traditional irrigated grass-based designs, remains unclear.

If arid landscaping techniques are applied to all grass areas, it will be possible to save water by up to 80% on average, although this may vary from region to region (Çilek, 2023).

In order to make the most of this water saving potential, some policy and practice recommendations for the implementation of xeric landscaping techniques in lawn areas and the use of drought-tolerant grass species are listed below:

- In landscape areas, mulching should be chosen in accordance with the region's climate and natural structure to minimize soil evaporation.
- Water-efficient irrigation systems should be chosen, with irrigation occurring early in the morning or late in the evening.
- When surface irrigation is essential, irrigation should be carried out only at night.
- When designing a xeric landscape, instead of large, high-water-consuming lawns, perennial groundcovers and drought-resistant native plants should be chosen, adapted to the region's climate.
- Providing energy from renewable sources whenever possible.
- Integrating green infrastructure practices with the arid landscape approach
- Creating natural drainage channels during arid landscape design and reusing the water collected in these areas for irrigation after appropriate filtration
- Filtering surface runoff from rainfall and using rainwater effectively on-site
- Storing rainwater underground through rain gardens can be suggested.

Reducing the amount of water consumed through irrigation in urban landscapes relies on accurately determining the area's microclimatic conditions and the water needs of plants, and then developing an appropriate irrigation plan. Smart irrigation systems should be integrated into open green spaces to save time and labor costs, as well as water consumption (Kabataş & Büyükbayraktar, 2023). Therefore, the use of drought-tolerant grass species and alternative ground cover plants in urban landscapes is critical for both water conservation and increasing the sustainability of open spaces. The use of these species helps mitigate the effects of the climate crisis in urban areas while also contributing to the preservation of the aesthetic and functional quality of the landscape.



REFERENCES

- Bolund, P., & Hunhammar, S. (1999). Ecosystem services in urban areas. *Ecological Economics*, 29(2), 293–301. [https://doi.org/10.1016/S0921-8009\(99\)00013-0](https://doi.org/10.1016/S0921-8009(99)00013-0)
- Brandes, O. M., & Brooks, D. B. (2006). *The soft path for water: A new direction for water management in Canada*. The David Suzuki Foundation.
- Baykan, N.M. ve Birişçi, T. (2013, 6-9 Mayıs). Ege üniversitesi ziraat fakültesi bahçesi örneğinde sürdürülebilir peyzaj tasarımı yaklaşımıyla xeriscape (Bildiri sunumu). 5. Süs Bitkileri Kongresi, Yalova.
- Bayramoğlu E, Demirel Ö (2015) Xerophytic Landscape. In: Environment and Ecology at the Beginning of 21st Century, ST. Kliment Ohridski University Press, Sofia, pp180-190
- Bayramoğlu, E. (2016). Sürdürülebilir peyzaj düzenleme yaklaşımı: ktü kanuni kampüsü'nün xeriscape açısından değerlendirilmesi. *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 17(2), 119- 127. <https://doi.org/10.17474/acuofd.66592>
- Çorbacı, Ö.L., Özyavuz, M. ve Yazgan, M.E. (2011). Peyzaj mimarlığında suyun akıllı kullanımı: Xeriscape, *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*, 4(1), 25-31.
- Çorbacı, Ö. L., Yazgan, M. E., & Özyavuz, M. (2017). Kurakçıl Peyzaj (Xeriscape) ve Uygulamaları. *Karakayalar Matbaa*. Edirne.
- Çetinkale Demirkan G. ve Akat H. (2017). Kurak bölgelerde su etkin peyzaj düzenlemeleri yaklaşımıyla 'xeriscape'. (Bildiri sunumu). 3Rd ASM International congress of agriculture and environment., Antalya-Türkiye.
- Çetin, M., Yılmaz, S., & Kızılkaya, M. (2018). Su tasarrufu sağlayan alternatif park yer örtüsü kompozisyonlarının ekonomik değerlendirilmesi. *Peyzaj ve Süs Bitkileri Dergisi*, 8(2), 45–58.
- Çöp, S. ve Akat, H. (2021). Kurakçıl peyzaj çalışmalarında bitkisel uygulamalar: Muğla-sarıgerme halk plajı örneği. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 12(2), 263–277. <https://doi.org/10.29048/makufebd.934101>
- Çakar, H. ve Akat Saraçoğlu, Ö. (2024). Çatı bahçelerinde kurakçıl peyzaj yaklaşımının değerlendirilmesi.
- Çorbacı, Ö. L., & Özyavuz, M. (2024). Kentsel açık yeşil alanlarda kurakçıl peyzaj (xeriscape) çalışmaları, İnce, K. *Kentsel Yeşil Alanların Sürdürülebilir Yönetimi*, 109- 171
- Demirkan, G. Ç., Eren, İ. T., & Adem, R. (2025). Bir kurakçıl peyzaj tasarımı: Nefes Park örneği. *Kent: Uluslararası Kent ve Tasarım Dergisi*, 18(5), 3002–3027. <https://doi.org/10.35674/kent.1679234>
- Ekren, E. (2021). Planning sustainable cities: a green infrastructure-based approach. *Architectural Sciences and Sustainability*, (2), 1-28.
- Elkatoury, A., & Alazba, A. A. (2024). Irrigation Water Demand Management-Based Innovative Strategy: Model Application on the Green Riyadh Initiative, Saudi Arabia. *Water*, 16(24), 3559. <https://doi.org/10.3390/w16243559>
- Fam, D., Neuman, M., & Wineman, J. (2008). The role of lawn in the residential landscape. *Landscape and Urban Planning*, 86(2), 129–136. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2008.02.002>



Gildemeister, G. (2002). The role of lawns in urban landscapes: A historical perspective. *Landscape and Urban Planning*, 60(2), 75–85. [https://doi.org/10.1016/S0169-2046\(02\)00004-9](https://doi.org/10.1016/S0169-2046(02)00004-9)

Hassamancıoğlu, V. M., Yılmaz Vural, G., Çelik, A., & Erdoğan, S. (2025). Kentsel açık yeşil alanların kurakçıl peyzaj tasarımına uygunluğunun değerlendirilmesi: Tokat kenti örneği. *Research in Agricultural Sciences*, 56(1), 50–65. <https://doi.org/10.17097/agricultureatauni.1508760>

Knopf, J. (2003). All dried up: Be water-wise with drought-tolerant landscaping.(Ductape). *Journal of Property Management*, 68(4), 58-60.

Kavuran, D. (2021). Sürdürülebilir Planlama ve Tasarım Yaklaşımları Çerçevesinde Mevcut Kent Parklarının İyileştirilmesi: Mogan Parkı Örneği. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 302 s, Ankara.

Kavuran, D., & Yılmaz, R. (2022). Kurakçıl peyzaj çalışmalarında uygun bitki türü seçimi: Süleymanpaşa, Tekirdağ örneği. *Peyzaj*, 4(2), 69-91.

Kabataş, E., & Büyükbayraktar, N. (2023). Kırklareli Üniversitesi Kayalı Yerleşkesi 3. merkezi derslik ve yakın çevresi bitkilendirme tasarımının kurakçıl peyzaj yaklaşımına göre değerlendirmesi. *Kırklareli Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 1(2), 129-145.

Khan, M. O., D. Keesstra, S., Słowik-Opoka, E., Klamerus-Iwan, A., & Liaqat, W. (2025). Determining the Role of Urban Greenery in Soil Hydrology: A Bibliometric Analysis of Nature-Based Solutions in Urban Ecosystem. *Water*, 17(3), 322. <https://doi.org/10.3390/w17030322>

Özyavuz M. (Ed.), Peyzaj Mimarlığı Kitabı içinde (s. 20-41). Yaz Yayınları

Ljubojević, M., Greksa, A., Despotović, J., Rodić, V., Narandžić, T., & Šarac, V. (2025). Integrating nature-based solutions for drought resilience in urban and rural planning. In *Handbook of nature-based drought solutions* (pp. 253–278)

Mennen, J., Smith, A., & Johnson, B. (2017). Rethinking urban park irrigation under climate change. *Urban Climate*, 19, 1–15. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2017.01.001>

Monteiro, P. (2017). *Ecosystem services from turfgrass landscapes*. *Urban Forestry & Urban Greening*, 24, 123–130.

Ignatieva, M., & Hedblom, M. (2018). An alternative urban green carpet. *Science*, 362(6411), 148–149. <https://doi.org/10.1126/science.aau5282>

Ignatieva, M., Yang, F., Hedblom, M., & von der Lippe, M. (2020). Urban lawns: Cultural expectations and biodiversity challenges. *Urban Forestry & Urban Greening*, 46, 126478. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2019.126478>

Ignatieva, M., Hughes, M., Mofrad, F., & Cabanek, A. (2025). Challenging the Norm of Lawns in Public Urban Green Space: Insights from Expert Designers, Turf Growers and Managers. *Land*, 14(9), 1814. <https://doi.org/10.3390/land14091814>

İlhan, Ö., Akat, H. ve Akat Saraçoğlu, Ö. (2024a). Kurakçıl peyzaja dönüşüm projesi kapsamında

gerçekleştirilen bitkisel uygulamalar: Muğla-Ortaca ilçesi örneği. *International Journal of Social and Humanities Sciences Research*, 11(104), 570-582. <https://doi.org/10.5281/zenodo.10775371>



- İlhan, Ö., Akat, H. ve Akat Saraçoğlu, Ö. (2024b). Muğla ili Ortaca ilçesindeki kültür parkın kurakçıl peyzaj açısından irdelenmesi. *Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*
- Özüpekçe, S. (2020). Increased drought in Turkey and possible results: lack of water, scarcity and economic problems. *The Journal*
- Pulatkan M, Var M, Yalçınalp E (2010) Effects of mycorrhiza on the growth of Forsythia x intermedia Zab. plants under different climate and in various growing medium. *Scientific Research and Essays* 5(21):3261-3267.
- Pitman, A. (2010). The importance of irrigated urban green space: Health and environmental benefits. *Goyder Institute for Water Research Technical Report Series No. 14.2*.
- Rodrigues, C., Ferraz, A., Dias, G., Valin, I., Nogueira, J., Calheiros, C., & Maleki, M. (2025). Integrated urban water management. In *Handbook of nature-based drought solutions* (pp. 397–420).
- Sovocool, K. L., & Maloney, M. (2006). An in-depth investigation of xeriscape: As a water conservation measure. *Journal of Environmental Management*, 80(1), 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2005.08.003>
- Sugiyama, T., Leslie, E., Giles-Corti, B., & Owen, N. (2008). Associations of neighbourhood greenness with physical and mental health: Do walking, social coherence and local social interaction explain the relationships? *Journal of Epidemiology & Community Health*, 62(5), e9. <https://doi.org/10.1136/jech.2007.071397>
- Ünal Çilek, M. (2023) Su tasarruflu peyzaj tasarımı olarak “Kurakçıl Peyzaj”: Arizona Eyalet Üniversitesi Tempe Kampüsü. *Grid Mimarlık Tasarım ve Planlama Dergisi* 6(2), 672-698.
- Ünsal, T., & Çelik Çanga, A. (2023). Evaluation of Tokat City Park in terms of xeriscape design approaches. *Uluslararası Peyzaj Mimarlığı Araştırmaları Dergisi (Ijlar)* E-Issn: 2602-4322, 7(1), 54-74.
- Vickers, A. (2001). *Handbook of water use and conservation*. WaterPlow Press.
- Vasishth A (2008) A scale-hierarchic ecosystem approach to integrative ecological planning, *Progress in Planning* 70(3):99- 132
- Wang, Z., Li, Y., & Liu, X. (2010). *Grasslands as pioneer stages in ecological succession: Implications for ecosystem services*. *Ecological Engineering*, 36(5), 678–684. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2010.01.012>
- Welsh, D. F., Welch, W. C., & Duble, R. L. (2007). *Xeriscape. Landscape Water Conservation*. Texas FARMER Collection. Texas
- Wescoat Jr., J. L. (2013). The duties of water with respect to planting: Toward an ethics of irrigated landscapes. *Landscape Journal*, 32(1), 1–16.
- Yang, J., & Wang, Z. (2017). Integrated urban water management: Challenges and strategies. *Water Resources Management*, 31(13), 4235–4248. <https://doi.org/10.1007/s11269-017-1742-7>
- Yang, F., Ignatieva, M., Larsson, A., Xiu, N., Zhang, S., & Ni, N. (2019). Public perceptions and preferences regarding lawns and their alternatives in China: A case study of Xi'an. *Urban Forestry & Urban Greening*, 46, 126478. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2019.126478>



Yalçinkaya, N.M. (2021). Covid-19 küresel salgını sürecinde sağlık personellerini hedef alan iyileştirici bahçelerin önem ve önceliği. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 23(3), 733-741. <https://doi.org/10.24011/barofd.961187>

Yazıcı, İ., & Eroğlu, E. (2025). Kentsel yeşil alanlarda kurakçıl peyzaj ve doğal bitki kullanımı. *Düzce Üniversitesi Süs ve Tıbbi Bitkiler Botanik Bahçesi Dergisi*, 4(1), 1–13.



NEW SUPPORT MODEL IN PRODUCTION PLANNING AND FORAGE CROPS

Agri. Eng. Volkan GÜRCE

Ege University Graduate School of Natural and Applied Sciences Bornova, İzmir, Türkiye

ORCID:0009-0007-9814-4182

volkan.gurce@tarimorman.gov.tr

Prof. Dr. Gülcan DEMİROĞLU TOPÇU

Ege University Faculty of Agriculture, Department of Field Crops Bornova, İzmir, Türkiye

ORCID: 0000-0002-5978-4183

gulcan.demiroglu.topcu@ege.edu.tr

ABSTRACT

In 2025, the Ministry of Agriculture and Forestry adopted a new support model and production planning system based on sustainable production, with the balance of water supply and demand at its core. Within this system, forage crops have been classified as strategic products under the heading of crop production and given a significant position within the framework of a basin-based planning approach. Forage crops are among the most important input items of the livestock sector, accounting for 60–70% of total feed costs. Therefore, increasing domestic forage crop production both reduces dependence on imports and supports sustainability in livestock production. This study examines the incentives provided for forage crops within the 2025 support system. It aims to analyze the policies, their place in production planning, the increase in support amounts compared to previous periods, and their regional impacts. The assessment, based on literature review and policy documents, indicates that the scope of basic support for forage crops (diesel fuel, fertilizer, certified seeds, deficiency payments, etc.) has been expanded. Production planning aims to make crops suitable for water-limited regions more attractive through basin-based guidance, thereby meeting farmers' economic demands. However, structural factors such as farmers' preferences in forage crop production, the level of agricultural mechanization, climatic conditions, and marketing challenges are considered to potentially affect the success of these policies. In conclusion, the study demonstrates that support policies for forage crops should be addressed not only in terms of production increase but also in terms of quality, sustainability, and regional development in a holistic manner.

Keywords: forage crops, production planning, support policy



INTRODUCTION

The agricultural sector is confronted with global challenges such as population growth, climate change, and the scarcity of natural resources. Within this framework, the redesign of government support mechanisms has become crucial to ensure the sustainability of agricultural production. The link between forage crop production and livestock farming is particularly critical in terms of food security and environmental sustainability.

Rising population, changing climatic conditions, the progressive depletion of water resources, and declining agricultural productivity have necessitated the restructuring of food production systems. These developments have shifted agricultural policies toward approaches that emphasize both sustainability and planned production. Whereas traditional agricultural subsidies primarily aimed to reduce production costs, contemporary mechanisms such as “planned production support” have emerged as policy instruments designed to steer production and strengthen agricultural policy frameworks (OECD, 2020; Bulut & Bayraktar, 2023).

Empirical evidence from Türkiye indicates a positive relationship between forage crop production and livestock population, yet current support schemes remain insufficient to meet feed requirements (Küley Ağır, Ekinci & Çelik, 2025). This underscores the necessity for policy frameworks that extend beyond reducing production costs to include production guidance and sustainability objectives.

In Türkiye, as in many other countries, the livestock sector is heavily dependent on forage crop production. Forage crops play a pivotal role in meeting the roughage requirements of animal husbandry. Nevertheless, existing support policies have proven inadequate in stimulating forage crop production and, in some cases, have contributed to production disruptions. As emphasized by Yolcu and Tan (2008), forage cultivation in Türkiye constitutes a vital component of livestock feeding systems, and thus improvements in support and production schemes are urgently needed.

The new support models differentiate policies according to production technologies, water availability, and livestock density, thereby aiming to safeguard both the environmental and economic sustainability of production systems. From a sustainability perspective, it is critical that support policies not only provide incentives to producers but also incorporate environmental, economic, and social dimensions in a holistic manner (Ministry of Agriculture and Forestry, 2024).

Accordingly, the new support model has the potential to guide production by recognizing the interdependence between forage crops and livestock resources, thus accelerating the transition toward sustainable production systems. However, in addition to financial incentives, policy design must take into account environmental, economic, and social indicators.

This article therefore aims to provide a comprehensive assessment of the new support model, with a particular focus on the relationship between forage crop production and livestock population, the evaluation of support policies, and recommendations for achieving long-term sustainability.

In the new support model, production planning-based incentives are prioritized, and forage crops are considered within the framework of planned production. Subsidies are provided primarily for key inputs such as diesel fuel and fertilizers, while additional incentives are offered within the planning framework. In Türkiye, and specifically in İzmir, maize for silage, alfalfa, and meadow grass are the dominant forage crops in cultivated areas. The support provided for forage crops contributes not only to the expansion of cultivation areas but also to



meeting the roughage needs of livestock, thereby reducing the production costs of meat and milk.

Studies on forage crop production in Türkiye indicate that public incentives have a significant impact on increasing cultivated forage areas. Since the 2000s, government support has contributed to the expansion of forage crop cultivation; however, it remains insufficient to fully meet the nationwide demand for high-quality roughage. Furthermore, an analysis of Türkiye's roughage resources reveals that forage crops and pasture production alone are inadequate to satisfy total needs, and this deficit is largely compensated by cereal straw (Koç, Tan, & Erkövan, 2012).

When considering the implementation of national and regional agricultural policies at the grassroots level, farmers' socio-economic characteristics have been shown to influence their willingness to engage in forage crop production. Cevher et al. (2020), in a study involving 487 farmers from the Aegean Region using a stepwise regression analysis, found that variables such as farm size, number of livestock, and the availability of production materials positively affected the production of alfalfa, silage maize, and vetch as green forage crops.

Therefore, the new support model focuses not only on covering production costs but also on promoting crop diversification, water-saving irrigation techniques, and contract-based production models.

Production Planning and the İzmir Case: Forage Crop Production

Effective production planning is crucial to achieving sustainability and efficiency goals in agriculture. In this context, forage crop production is directly linked to livestock farming and plays a fundamental role in animal nutrition. İzmir province, located in the Aegean Region of Türkiye, holds a significant position in terms of forage crop production.

Forage Crop Production in İzmir

İzmir is one of the provinces in Türkiye with intensive forage crop production. However, studies indicate that forage crop production in İzmir is insufficient to meet the existing livestock demand. For instance, it has been reported that there is an estimated deficit of approximately 250,000 tons in forage crop production in İzmir province (Küley Ağır et al., 2025). This situation highlights the need to increase forage crop production and emphasizes the importance of effective production planning. Production planning aims to optimize resource use, reduce costs, and minimize environmental impacts.

Various methods are used to ensure effective planning in forage crop production, including linear programming, geographic information systems (GIS), and multi-criteria decision support systems. For example, a study using linear programming found that production planning in dairy farms effectively increased gross profits (Saner & Güler, 2021). Additionally, a study conducted in the Bornova district of İzmir investigated the effects of land use changes on the agricultural landscape and indicated that these changes represent important factors to be considered in production planning (Kurtşan & Nurlu, 2020).

Although İzmir province has significant potential for forage crop production, the current production volume is insufficient to satisfy the needs of the livestock sector. Therefore, effective production planning is essential to increase forage crop output. In production planning, it is important to consider environmental factors, economic indicators, and social dimensions. Furthermore, implementing educational programs for producers and aligning agricultural support policies with production planning can enhance the sustainability of forage crop production in İzmir.



The system was designed to balance supply and demand in agriculture, conserve water resources, and support sustainable production of strategic crops. This water-centered approach aims to promote sustainability in agricultural production while directing producers to grow the crops needed by the region and the country, using incentives provided by the new support model. Key elements of production planning include basin-based planning, support conditions, strategic crops, water-focused approaches, and multi-year planning. Additionally, with the district-level crop schedule, producers are informed which crops will receive support under the new production planning-based support model.

Tablo 1: Planned Basin Crop Pattern by Districts in İzmir

District	Planned Crops
Aliağa	Barley, Sunflower (Oilseed), Wheat, Corn (Grain), Cotton (Lint), Forage Crops
Balçova	Barley, Wheat, Forage Crops
Bayındır	Barley, Wheat, Sunflower (Oilseed), Cotton (Lint), Potatoes, Forage Crops
Bayraklı	Forage Crops
Bergama	Barley, Sunflower (Oilseed), Wheat, Corn (Grain), Cotton (Lint), Forage Crops
Beydağ	Barley, Wheat, Forage Crops
Bornova	Barley, Wheat, Forage Crops
Buca	Barley, Wheat, Corn (Grain), Forage Crops
Çeşme	Barley, Wheat, Forage Crops
Çiğli	Forage Crops
Dikili	Barley, Sunflower (Oilseed), Wheat, Corn (Grain), Cotton (Lint), Forage Crops
Foça	Barley, Wheat, Forage Crops
Gazimir	Wheat, Forage Crops
Güzelbahçe	Barley, Wheat, Forage Crops
Karabağlar	Forage Crops
Karaburun	Barley, Wheat, Forage Crops
Karşıyaka	Forage Crops



District	Planned Crops
Kemalpaşa	Barley, Wheat, Corn (Grain), Cotton (Lint), Forage Crops
Kınık	Barley, Sunflower (Oilseed), Wheat, Corn (Grain), Beans (Dry), Chickpeas, Cotton (Lint), Forage Crops
Kiraz	Barley, Wheat, Forage Crops
Konak	
Menderes	Barley, Wheat, Corn (Grain), Cotton (Lint), Forage Crops
Menemen	Barley, Sunflower (Oilseed), Cotton (Lint), Potatoes, Forage Crops
Narlıdere	Forage Crops
Ödemiş	Barley, Wheat, Corn (Grain), Cotton (Lint), Potatoes, Forage Crops
Seferihisar	Barley, Wheat, Forage Crops
Selçuk	Barley, Wheat, Forage Crops
Tire	Barley, Wheat, Corn (Grain), Cotton (Lint), Potatoes, Forage Crops
Torbali	Barley, Wheat, Corn (Grain), Cotton (Lint), Forage Crops
Urla	Barley, Wheat, Forage crops

As shown in Table 1, the crops to be supported in each district are indicated. Considering the importance of forage crops in production planning, only one of the 30 districts does not include forage crops within the scope of support. In the remaining 29 districts, forage crops are included among the supported crop groups.

Features of the New Support Model

The new crop production support model for the 2025–2027 period emphasizes production planning–based incentives, as implemented by the Ministry of Agriculture and Forestry. Previous support items have been streamlined to better align with farmers’ needs and are now organized into three main groups. Specifically, for crop production, the number of support items has been reduced from 21 to three. The crop groups eligible for support in plant production are defined as cereals, legumes, oilseeds, forage crops, and others.

Table 2: Comparison of Previous Item Counts and New Main Support Counts by Category



Category	Previous Item Count	New Main Support Count
Plant-based	21	3
Animal-based	22	7
Aquatic Products	15	2

In previous years, subsidies were provided in the form of diesel and fertilizer support. Under the new support model, basic support is set at 50% for diesel and 25% for fertilizer, while within the framework of planning-based support, these rates are applied at 100% for diesel and 50% for fertilizer.

1.1. Policies to Be Implemented for the First Time under the New Support Model

To ensure the sustainability of agricultural production and enhance the economic welfare of producers, Türkiye introduced a new support model in 2024, adopting a strategic, planning-based approach. This model prioritizes the determination of production patterns, efficient use of resources, and environmental sustainability.

One of the most notable innovations of the new model is the "Planned Production Support" scheme. This support is provided to farmers who produce crops designated by the Agricultural Production Planning Board in the specified basins. The level of support varies according to the category of the crops (Ministry of Agriculture and Forestry, 2025).

- First Category Crops: Safflower, lentils, maize kernels, chickpeas, potatoes, dry onions, and first-group forage crops (vetch, bitter vetch, field beans, fodder beet, fodder turnip, fodder peas, forage lupin, clover, Italian ryegrass, oats (green fodder), rye (green fodder), and triticale (green fodder))
- Second Category Crops: Barley, wheat, and second-group forage crops (alfalfa, sainfoin, artificial grassland, silage maize, silage soybean, sorghum grass, sudangrass, and sorghum–sudangrass hybrid)
- Third Category Crops: Oil sunflower, rapeseed (canola), dry beans, and soybean
- Fourth Category Crops: Cotton (lint)

The level of support is calculated based on coefficients assigned according to product categories. Specifically, the support coefficient is defined as 1.0 for first-category products, 1.3 for second-category products, 1.5 for third-category products, and 2.25 for fourth-category products.

Table 3: 2024 Current Support and 2025 New Support Model for Crop Production (€/ha)
(USDA FAS, 2025)

2024 current support	2025 new support model
----------------------	------------------------



Product Name	Diesel Supp (1)	Fertil Supp (2)	Seed Certifi Usage (3)	Solid Organic Fertilizer Usage (4)	Feed Crops (5)	Total (1+2+3+4+5)	Base Supp (6)	Crop Prod Area Restr Supp (7)	Seed Certifi Usage (3)	Solid Organic Fertil Usage (4)	Total (6+7+3+4+5)	Total (1+2+3+4+5)+(6+7+3+4+5)	(€/ha)
Wheat	123	62	65	40	0	290	317	317	342	122	807	1,149	1.149
Barley	123	62	65	40	0	290	317	317	342	122	807	1,149	1.149
Cotton	410	62	58	40	0	570	549	549	146	51	1,295	1,295	1.295
Sunflower	144	62	58	40	0	246	366	366	293	146	929	1,222	1.222
Soybean	205	62	58	40	0	265	366	366	146	51	929	929	929
Canola	144	62	58	40	0	304	366	366	146	51	883	883	883
Safflower	123	62	15	0	0	240	244	244	195	49	588	783	783
Chickpea	123	35	65	0	0	263	244	244	195	98	637	832	832
Lentil	123	35	78	0	0	236	246	246	195	51	637	637	637
Common Bean	123	62	78	0	0	263	336	336	146	51	805	805	805
Potato	103	35	260	40	0	438	244	244	182	51	721	1,320	1.320



Product Name	Diesel Support (1)	Fertilizer Support (2)	Seed Certification Usage (3)	Solid Organic Fertilizer Usage (4)	Feed Crops (5)	Total (1+2+3+4+5)	Basic Support (6)	Crop Production Area Restriction Support (7)	Seed Certification Usage (3)	Solid Organic Fertilizer Usage (4)	Total (6+7+3+4+5)	Total (1+2+3+4+5)+(6+7+3+4+5)	(€/ha)
Sugar Beet	103	35	0	40	0	178	244	244	146	51	539	539	539
Maize (Grain)	103	35	0	0	0	178	244	244	146	51	539	539	539
1st Group Fodder Maize	103	62	58	120	0	383	244	244	195	98	637	832	832
2nd Group Fodder Maize	103	62	78	40	0	463	317	317	146	51	832	832	832
Triticale	123	62	65	40	0	290	317	317	122	51	490	490	490
Oat	123	62	65	40	0	290	317	317	122	51	490	490	490
Rye	123	62	65	40	0	290	317	317	122	51	490	490	490
Other Crops	103	35	0	40	0	178	244	244					

In the revised support model, fuel and fertilizer subsidies are introduced with the objective of alleviating producers' input costs. Within the framework of planned production, farmers are fully compensated for fuel expenditures (100%) and partially for fertilizer expenditures (50%). Furthermore, in provinces officially designated as "milk basins" (Amasya, Bingöl, Bitlis, Çorum, Elazığ, Erzincan, Erzurum, Muş, Tokat, and Tunceli), forage crop producers are entitled to an additional planned production subsidy corresponding to 50% of the designated support coefficient.



To ensure the sustainable and efficient utilization of water resources in agriculture, supplementary “water constraint support” is allocated to farmers operating in water-stressed basins, i.e., regions identified as having critically insufficient levels of agricultural groundwater. This additional subsidy is calculated as 40% of the support coefficient corresponding to the relevant product category, and is provided in addition to the planned production subsidy.

The promotion of perennial forage crop production aims to expand the cultivated areas of these crops. Under the scheme, perennial forages such as alfalfa and artificial pasture–meadow mixtures are subsidized for a duration of four years, whereas other perennial forages such as sainfoin and clover are supported for a period of three years. Within the new model, subsidy payments are announced in three-year periods, thereby enabling producers to engage in long-term planning. This mechanism enhances predictability and security in agricultural activities, contributing to greater stability in farm management decisions. Moreover, the revised support framework integrates the farmer registration system to ensure that producers are formally recorded and can benefit effectively from the subsidies. These systems facilitate farmers’ applications for support and guarantee the accurate allocation and distribution of payments.

In 2024, the total support for Group 1 forage crops amounted to 383 TRY, consisting of diesel support at 103 TRY, fertilizer support at 62 TRY, certified seeds at 58 TRY, solid organic fertilizer usage at 40 TRY, and forage crop support at 120 TRY. Under the new support model in 2025, this amount can increase to as much as 832 TRY, indicating that the support provided to producers has increased by more than 100%. Similarly, for Group 2 forage crops, the total support of 463 TRY in 2024 was updated to 832 TRY in 2025 under the new support model.

CONCLUSION

In light of Türkiye’s expanding population, accelerating climate change, and the rapid depletion of water resources, the adoption of a planned approach to agricultural production has become imperative to ensure long-term sustainability. The new support model, implemented by the Ministry of Agriculture and Forestry in 2025, represents a strategic and comprehensive policy instrument designed to address these challenges. A defining feature of this model is its reorientation of subsidies: moving beyond mere cost-reduction mechanisms, they now function as policy levers that actively shape production patterns and guide resource allocation.

The classification of forage crops as strategic products constitutes a critical intervention for both meeting the roughage requirements of the livestock sector and mitigating reliance on imported feed. The case of İzmir exemplifies how regionally targeted subsidies, directed toward forage crops across nearly all districts, can reinforce the integration of crop production and livestock farming at the subnational level. Comparative analyses indicate that, relative to 2024, the more than 100% increase in support allocations under the 2025 model has the potential to incentivize producers to expand the cultivated area of key forage crops, including silage maize, alfalfa, and meadow grass, thereby strengthening regional feed self-sufficiency.

Nonetheless, the efficacy of such a policy cannot be measured solely by financial allocations. Structural factors—including farmers’ socio-economic profiles, levels of mechanization, deficiencies in marketing channels, and prevailing climatic conditions—exert a significant influence on policy outcomes. Consequently, the attainment of the model’s objectives necessitates the implementation of complementary measures, such as the dissemination of water-efficient irrigation techniques, diversification of forage crop species, promotion of contract-based production schemes, and the enhancement of farmer education programs.

In conclusion, the new support model should be conceptualized not merely as a mechanism to increase the quantity of forage crop production, but rather as a holistic policy framework that



simultaneously addresses quality, sustainability, and regional development dimensions. Such an integrated approach is essential for Türkiye to achieve long-term food security, ensuring the resilience and productivity of both agricultural and livestock systems.



REFERENCES

- Bulut, E., & Bayraktar, Y. (2023). Do agricultural supports affect production? A panel ARDL analysis of Turkey. *Journal of Agricultural Sciences*, 29(1), 249-261.
- FAO (2022). *The State of Food and Agriculture (2022)*. Rome: Food and Agriculture Organization.
- Hazar, D (2018). *Rural-ecological commons: Case of pastures in İzmir* (Doctoral dissertation, İzmir Institute of Technology). İzmir Institute of Technology Open Access Repository
- Keskinkılıç, K. (2022). Sustainability of Sheep Farming: A Case Study of İzmir Province. *Ege Journal of Agricultural Research* 59(3), 419-427.
- Koç, A., Tan, M., & Erkovan, H. I. (2012). Türkiye's roughage resources and forage crop farming. *Journal of the Faculty of Agriculture, Atatürk University*, 43(2), 155–164.
- Kurtşan, K., & Nurlu, E. (2020). Analysis of agricultural landscape changes: The case of Bornova district, İzmir. *Journal of the Faculty of Agriculture, Ege University, Special Issue*, 81–89.
- Küley Ağır, B., Ekinci, M. S., & Çelik, Ş. (2025). The relationship between forage crop production and livestock numbers in Türkiye: A factor analysis approach. *Journal of the Faculty of Agriculture, Adnan Menderes University*, 22(1), 137–144.
- Ministry of Agriculture and Forestry (2025). *Agricultural support model report*. Ankara: Ministry of Agriculture and Forestry.
- Temel, S., & Akbay Tohumcu, S. (2023). Forage Crops Cultivation. In G. Bengisu (Ed.), *Planning Topics in Agriculture* (pp. 21–36). IKSAD Publishing House. ISBN: 978-625-367-128-0.
- USDA FAS. (2025). *Turkey announces new crop production model* (Report TU2025-0012).
- Yolcu, H., & Tan, M. (2008). Forage crop production and support policies in Türkiye. *Journal of Agricultural Sciences Research*, 1(2), 1–7.



AGROFORESTRY AND ITS APPLICATIONS IN HORTICULTURE

Enes YILMAZ,

Directorate of Aydın Fig Research Institute, Aydın

ylmz.e24@gmail.com

0009-0006-9133-6192

Prof. Dr. Engin ERTAN,

Aydın Adnan Menderes University Faculty of Agriculture, Department of Horticulture, Aydın

eertan@adu.edu.tr

0000-0001-9573-1153

ABSTRACT

Agroforestry is a land use model that enables the sustainable management of woody perennial plants integrated with agricultural products and animal production on the same land unit. Agroforestry is a practice that supports rural development and promotes sustainable production by offering both ecological and economic benefits. In application areas, the selection of the right species, scientific planning, and the integration of local knowledge will ensure that these systems occupy an important place among future agricultural production models. Agroforestry practices in Turkey are generally based on traditional knowledge, but in recent years they have been applied more systematically, supported by scientific data. Prominent examples include poplar and corn in Düzce, roses and fruit trees in Isparta, and combinations of olives and other agricultural products in the Aegean region. Globally, notable applications include the integration of tea and forest trees in China and multi-purpose tree and agricultural product combinations in India. This study focuses on classifying agroforestry systems based on criteria such as their structural composition, temporal arrangement, functional objectives, and ecological suitability, specifically examining agrosilvopastoral (agriculture + trees), silvopastoral (trees + livestock), agrosilvopastoral (agriculture + trees + livestock), and aquasilvicultural (aquaculture + trees) systems. Furthermore, information has been compiled on the use of agroforestry in horticulture, evaluating the positive, negative, or neutral effects that species interactions in these systems can create, particularly the positive contributions to the ecosystem provided by species that fix nitrogen, thereby increasing soil fertility.

Keywords: Sustainability, Rural development, Agroforestry



TARIMSAL ORMANCILIK VE BAHÇE BİTKİLERİNDE UYGULAMALARI

ÖZET

Tarımsal ormancılık (agroforestry), odunsu çok yıllık bitkilerin tarımsal ürünler ve hayvansal üretimle entegre edilerek aynı arazi biriminde sürdürülebilir bir şekilde yönetilmesini sağlayan bir arazi kullanım modelidir. Tarımsal ormancılık hem ekolojik hem de ekonomik faydalar sunarak kırsal kalkınmayı destekleyen ve sürdürülebilir üretimi teşvik eden bir uygulama biçimidir. Uygulama alanlarında doğru tür seçimi, bilimsel planlama ve yerel bilgilerin bir araya getirilmesi, bu sistemlerin gelecekteki tarımsal üretim modelleri arasında önemli bir yer edinmesini sağlayacaktır. Türkiye'deki tarımsal ormancılık uygulamaları genellikle geleneksel bilgiye dayanmakla birlikte, son yıllarda bilimsel verilerle desteklenerek daha sistematik bir şekilde uygulanmaktadır. Düzce'de kavak ve mısır, Isparta'da gül ve meyve ağaçları, Ege bölgesinde ise zeytin ve diğer tarım ürünleri kombinasyonları öne çıkan örnekler arasındadır. Dünya genelinde, Çin'de çay ve orman ağaçları entegrasyonu, Hindistan'da ise çok amaçlı ağaç ve tarım ürünleri kombinasyonları dikkate değer uygulamalardır. Bu çalışmada, agroforestry sistemlerinin yapısal bileşimi, zamansal yerleşimi, işlevsel amaçları ve ekolojik uygunlukları gibi kriterlere göre sınıflandırılmasına odaklanarak, agrosilvikültürel (tarım + ağaç), silvopastoral (ağaç + hayvancılık), agrosilvopastoral (tarım + ağaç + hayvancılık) ve aquasilvikültürel (su ürünleri + ağaç) sistemler hakkında bilgi verilmiştir. Ayrıca, bu sistemlerdeki türler arası etkileşimlerin olumlu, olumsuz veya nötr etkiler yaratabileceği, özellikle azot fiksasyonu yapan türlerin toprak verimliliğini artırarak ekosistem üzerinde sağladığı olumlu katkılar değerlendirilerek, tarımsal ormancılığın bahçe bitkilerinde kullanımları hakkında bilgiler derlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Sürdürülebilirlik, Kırsal kalkınma, Tarımsal ormancılık



GİRİŞ

Tarımsal ormancılık (agroforestry), tarım, ormancılık ve hayvancılık faaliyetlerinin aynı arazi yönetim birimi içinde entegre edilmesiyle oluşturulan çok bileşenli arazi kullanım sistemlerini ifade etmektedir. Bu sistemlerde odunsu çok yıllık bitkiler, tarımsal ürünler ve/veya hayvansal üretim unsurları, belirli bir mekânsal düzenleme veya zamansal sıralama içinde bir araya getirilerek sürdürülebilir üretim amaçlanmaktadır (Nair, 1993; FAO, 2013). Agroforestry, yalnızca üretim verimliliğini artırmaya yönelik bir yöntem değil, aynı zamanda doğal kaynakların korunmasını ve kırsal kalkınmanın desteklenmesini hedefleyen bütüncül bir arazi yönetim stratejisi olarak değerlendirilmektedir.

Agroforestry sistemlerinin temelini oluşturan ekolojik, ekonomik ve sosyal bileşenler arasındaki etkileşimler, bu yaklaşımın dinamik ve çok yönlü doğasını ortaya koymaktadır (Lundgren ve Raintree, 1982). Ağaçlar ile tarım ve hayvancılık unsurlarının birlikte değerlendirilmesi sayesinde hem biyoçeşitlilik korunmakta hem de toprak, su ve hava gibi doğal kaynakların sürdürülebilir kullanımı sağlanmaktadır (Jose, 2009). Bu yönüyle agroforestry, yalnızca üretim süreçlerine değil, aynı zamanda ekosistem hizmetlerine de doğrudan katkı sunmaktadır (Leakey, 1996).

Tarımsal ormancılık, tarihsel olarak geleneksel tarım sistemlerinde farklı biçimlerde uygulanmış olmakla birlikte, bilimsel temellere dayalı olarak sistematik biçimde ele alınması 20. yüzyılın ikinci yarısına rastlamaktadır. “Agroforestry” kavramı ilk kez King (1968) tarafından ortaya atılmış ve bu sistem, çeşitli alt modeller altında sınıflandırılarak hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ülkelerde yaygınlık kazanmıştır (Nair, 1993).

Agroforestry uygulamaları, bölgesel çevresel koşullar, sosyo-ekonomik yapılar ve kültürel pratikler doğrultusunda farklılık gösterebilmektedir. Bu kapsamda, Türkiye’de ve dünya genelinde uygulanan tarımsal ormancılık sistemlerinin türleri, ilkeleri, çevresel katkıları ve sürdürülebilirlik bağlamında değerlendirilmesi, bu çalışmanın temel amacını oluşturmaktadır. Söz konusu sistemlerin kırsal kalkınmaya, doğal kaynakların yönetimine ve iklim değişikliği ile mücadelede sunduğu katkıların ortaya konulması, bu çalışmanın aynı zamanda uygulayıcılara ve politika yapıcılara yönelik yol gösterici bir nitelik taşımasını da hedeflemektedir.

Araştırma ve Bulgular

Tarımsal Ormancılık (Agroforestry)

Tarımsal ormancılık, odunsu çok yıllık bitkilerin; tarım ürünleri ve/veya hayvanlarla aynı arazi yönetim birimi içerisinde, belirli bir mekânsal düzenleme ya da zamansal sıralama içinde entegre edildiği arazi kullanım sistemlerini ifade eder. Bu sistemler, uygulama biçimleri ve teknolojileriyle birlikte ele alınarak sürdürülebilir arazi yönetiminin önemli bir bileşeni olarak değerlendirilir (Nair, 1993).

Nair (1993) ise agroforestry sistemlerinin aşağıdaki temel özellikleri taşıması gerektiğini ifade etmiştir:

En az iki veya daha fazla bitki ya da hayvan türünün bir arada bulunması ve bunlardan birinin odunsu çok yıllık bitki olması,

Sistemde yer alan bileşenler arasında ekolojik ve ekonomik etkileşimlerin bulunması,

Agroforestry sisteminin döngüsünün en az bir yıl sürmesi,

Bu kapsamda tarımsal ormancılık, yalnızca üretim odaklı bir yaklaşım olmanın ötesinde, dinamik ve ekolojik temelli bir doğal kaynak yönetimi sistemidir. Bu sistemlerde odunsu



bitkiler, toprak koruma, biyoçeşitlilik artırımı ve mikroklima düzenlemesi gibi birçok çevresel işlevi de yerine getirir (Young, 1989; Nair vd., 2008).

Tarımsal ormancılık uygulamaları, üretimi artırmak, çeşitlendirmek ve sürdürülebilir hale getirmek amacıyla tarımsal arazilerde ağaçların bilinçli olarak eklenmesini ya da mevcut olanların korunmasını içerir. Bu sayede sosyal, ekonomik ve çevresel faydalar eş zamanlı olarak elde edilebilir (FAO, 2013).

Tarımsal ormancılık sistemleri; bitki örtüsü yapısı, sistemdeki odunsu bitkilerin işlevi, yönetim girdilerinin düzeyi ve sistemin çevresel koşullara olan ekolojik uygunluğuna göre sınıflandırılabilir (Nair, 1993). Bununla birlikte, tarım arazisindeki ağaçların rolüne dayalı olarak geliştirilen ekolojik temelli sınıflandırma yaklaşımlarında, sistemden ziyade uygulamalar sınıflandırma birimi olarak da kullanılabilir (Nair vd., 2008).

Tarımsal ormancılık (agroforestry), günümüzde yaygın olarak kullanılan ancak temelleri çok daha eski dönemlere dayanan bir arazi kullanımı sistemidir. Literatürde sıklıkla “eski bir uygulamanın yeni adı” olarak tanımlanan agroforestry, aslında geleneksel tarım sistemlerinde uzun süredir var olan ancak bilimsel bağlamda sistematikleştirilen bir yaklaşımı ifade etmektedir. “Agroforestry” terimi, ilk kez King (1968) tarafından ortaya atılmış olup, *agrisilvikültür* ve *agrosilvikültür* gibi önceki kavramlardan türetilmiştir.

Agroforestry sistemleri, farklı bilim insanları tarafından çeşitli şekillerde tanımlanmıştır. Lundgren ve Raintree (1982), agroforestry’yi; odunsu çok yıllık bitkilerin (örneğin ağaçlar, çalılar, bambu vb.), tarım ürünleri ve/veya hayvancılık faaliyetleri ile aynı arazi yönetim birimi içerisinde, belirli bir mekânsal düzenleme veya zamansal sıralama içinde entegre edildiği sistemler olarak tanımlamıştır. Bu tanım, agroforestry’nin çok bileşenli ve çok işlevli yapısını yansıtmaktadır.

Agroforestry sistemleri, yalnızca üretim artışı sağlayan tarım teknikleri olarak değil, aynı zamanda sürdürülebilir doğal kaynak yönetiminin bir aracı olarak da değerlendirilmektedir. Leakey (1996), agroforestry’yi “ağaçların çiftlik ve mera alanlarına entegrasyonu yoluyla üretimi çeşitlendirip sürdüren, sosyal, ekonomik ve çevresel faydaların artırılmasını sağlayan dinamik, ekolojik temelli bir doğal kaynak yönetim sistemi” olarak tanımlamıştır.

Wyant (1996) ise agroforestry sistemlerinin başarılı olabilmesi için, uygulandığı çevrenin “ekosistem bütünlüğü” ile uyum içinde olması gerektiğini vurgulamaktadır. Bu kapsamda, sistemin doğal habitat yapısı, işlevleri ve tür bileşimiyle uyumlu çalışması, çevresel değişkenlik ve stres faktörleri karşısında sürdürülebilirliğini koruması önemlidir.

Agroforestry sistemleri, yalnızca ekolojik bileşenler arasında değil, aynı zamanda sosyo-ekonomik düzeylerde de entegrasyon sağlar. Khasa (2001), bu sistemleri; odunsu çok yıllık bitkilerin, tarımsal üretimde kullanılan diğer otsu ya da odunsu türlerle ve/veya hayvancılık sistemleriyle mekânsal ve/veya zamansal olarak entegre edildiği, arazi kullanıcılarının refahını artırmayı hedefleyen, dinamik doğal kaynak yönetim sistemleri olarak tanımlamıştır.

Agroforestry, bazı yönleriyle orman yönetimi ve tarla ormancılığı gibi benzer uygulamalarla karıştırılabilmektedir. Ancak bu sistem hem uygulama biçimi hem de hedeflediği sonuçlar açısından diğer arazi kullanım sistemlerinden belirgin şekilde ayrılmaktadır.

Orman yönetimi, orman ekosistemlerinin veya ağaçlık alanların sürdürülebilir şekilde korunmasını, biyolojik çeşitliliğin ve ekolojik işlevlerin devamlılığını sağlamayı amaçlayan bir uygulama alanıdır (Nair vd., 2008). Bu bağlamda orman yönetimi, çoğunlukla doğal orman alanlarında yürütülürken, agroforestry daha çok tarım alanlarında, odunsu çok yıllık bitkiler ile ürünler ve/veya hayvanlar arasında kurulan etkileşimli ilişkilere dayanır. Agroforestry sistemleri, bazı bitki türlerinin yüksek besin değeri, tıbbi özellikleri, ekonomik getirileri ve



ekolojik işlevleri dikkate alınarak, yerel halkın refahını artırmaya yönelik olarak kurgulanır (Leakey, 1996; Khasa, 2001).

Öte yandan tarla ormancılığı, agroforestry ile sıklıkla karıştırılan bir diğer sistemdir. Tarla ormancılığı, çoğunlukla çiftçilerin tarım arazilerine odunluk amaçlı ağaç dikmeleriyle tanımlanır. Ancak agroforestry, bu yaklaşımdan farklı olarak yalnızca ağaç dikimine odaklanmaz; odunsu çok yıllık bitkiler ile tarım ürünleri ve hayvansal üretim bileşenleri arasında ekolojik ve ekonomik etkileşimlerin sağlanmasına odaklanır (Nair, 1993; King, 1968). Bu yönüyle, üretim ve gelir kaynaklarını çeşitlendirerek sürdürülebilirliği artıran, dinamik bir arazi kullanımı sistemi olarak öne çıkar (Lundgren ve Raintree, 1982; Wyant, 1996).

Tarımsal Ormancılığın Temel İlkeleri

Tarımsal ormancılık, arazinin verimli ve sürdürülebilir kullanımını amaçlayan, entegre bir arazi yönetim sistemidir. Bu sistem; tarım, ormancılık ve hayvancılığı bir arada değerlendiren çok yönlü bir yaklaşımla hem ekolojik hem ekonomik hem de sosyal faydalar sunar. Tarımsal ormancılığın etkili ve sürdürülebilir bir şekilde uygulanabilmesi ise birtakım temel ilkelere bağlıdır.

Devamlılık ilkesi

Tarımsal ormancılık uygulamalarında öncelikli prensiplerden biri, ekosistem bütünlüğünü koruyarak faaliyetlerin uzun vadeli sürdürülebilirliğini sağlamaktır. FAO'ya (2015) göre, toprak ve doğal kaynakların tükenmemesi, yanlış müdahalelerin önlenmesi ve doğal sistemlerin gelecek kuşaklara aktarılabilmesi için devamlılık ilkesi merkeze alınmalıdır (FAO, 2015). Bu bağlamda, tarımsal ormancılıkta yapılan her müdahalenin üretim ile çevresel denge arasında uzun soluklu bir uyumu gözetmesi esastır (Nair, 1993).

Esneklik ve uyum ilkesi

Tarımsal ormancılık sistemleri, değişen çevresel ve sosyo-ekonomik koşullara uyum sağlayabilme yeteneğine sahiptir. Toprakların aynı anda veya zaman içinde farklı amaçlara hizmet edecek şekilde kullanımı mümkündür. Young (1997), bu sistemlerin biyokütle bileşenlerinin zamana yayılmış biçimde değiştirilebilmesini, tarımsal ormancılığı daha esnek ve dinamik bir yapıya kavuşturduğunu ifade etmektedir (Young, 1997).

Ekolojik düzenleyicilik ve koruyuculuk ilkesi

Tarımsal ormancılık, yalnızca üretimi değil, ekosistem sağlığını da destekleyen bir yapı sunar. Ağaçlar, çalılar, otsu bitkiler ve hayvanların bir arada bulunduğu sistemler, çevresel dengenin korunmasına yardımcı olur. Bu çeşitlilik, biyoçeşitliliği artırarak ekosistemi daha dirençli hâle getirir (Sanchez, 1995).

Ekonomik kalkınma ilkesi

Tarımsal ormancılık sistemleri, üretim desenini çeşitlendirerek çiftçilere daha fazla gelir fırsatı sunar. Özellikle kırsal alanlarda ekonomik kalkınmanın desteklenmesinde önemli bir rol oynar. Kang vd., (1990) göre, çoklu ürün elde etme imkânı, üreticilerin riskleri azaltmasına ve ekonomik güvenliğini artırmasına olanak tanır (Kang vd., 1990).

Katılımcılık ilkesi

Yerel halkın bilgi ve deneyimlerinin sürece dahil edilmesi, sistemin sürdürülebilirliğini artırır, başarılı bir tarımsal ormancılık uygulamasının, paydaşların aktif katılımıyla mümkün olduğunu belirtir. Sosyal, çevresel ve ekonomik koşullara uyulanabilir yapısı sayesinde tarımsal ormancılık, yerel dinamiklere duyarlı bir yönetim modeli sunar (Raintree, 1987).



Çok yönlü faydalanma ilkesi

Tarımsal ormancılık uygulamaları sayesinde aynı arazi parçasından odun, yem, gıda, ilaç, yakacak ve lif gibi birçok farklı ürün elde edilebilir. Bu çok yönlü yapı hem ekonomik hem ekolojik fayda sağlar, bu çeşitliliğin doğal kaynakların daha etkin kullanılmasını mümkün kıldığını vurgulamaktadır (Nair, 2011).

Bilimsellik ilkesi

Sistemin sağlıklı işlemesi ve sürdürülebilirliği için geleneksel bilgilerin yanı sıra bilimsel verilere dayalı planlamalar yapılmalıdır, tarımsal ormancılığın başarıya ulaşmasında, bilimsel temelli yaklaşımların büyük önem taşıdığını ifade eder. Sistematik araştırmalar, teknik bilgi ve sürekli izleme bu ilkenin temel bileşenleridir (Leakey, 1996).

Sürdürülebilirlik ilkesi

Tarımsal ormancılığın başarısı, yalnızca doğal kaynakların korunmasıyla değil, aynı zamanda sistemin ekonomik ve sosyal sürdürülebilirliğinin sağlanmasıyla mümkündür. Jose (2009), sürdürülebilirliğin üç ayağı olan çevresel, ekonomik ve sosyal boyutların her birinin bütüncül bir anlayışla ele alınması gerektiğini belirtir (Jose, 2009).

Tarımsal Ormancılık Alanındaki Sistemler ve Sınıflandırılması

Tarımsal ormancılık (agroforestry), toprak ve doğal kaynakların çok yönlü ve sürdürülebilir kullanımını sağlayan arazi yönetim sistemleri bütünüdür. Gıda güvenliği, doğal kaynakların korunması ve kırsal kalkınma gibi birçok alana katkı sunan bu sistemler, son yıllarda hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ülkelerde politika yapıcılar, bilim insanları ve uygulayıcılar tarafından artan ilgi görmektedir (FAO, 2015).

1977 yılında Nairobi'de düzenlenen Birleşmiş Milletler Çölleşme Konferansı, agroforestry uygulamalarının çölleşme, toprak erozyonu ve orman tahribatı gibi sorunların çözümünde oynayabileceği rolü açık biçimde ortaya koymuştur. Konferansta, tarımsal ormancılığın kırsal toplulukların gıda, yakacak, hayvan yemi ve gübre ihtiyacını çevreye zarar vermeden karşılayabileceği vurgulanmıştır. Aynı yıl kurulan Uluslararası Tarımsal Ormancılık Araştırma Merkezi (ICRAF), bu alandaki bilimsel çalışmaların sistemli bir biçimde yürütülmesine öncülük etmiştir (ICRAF, 2024).

ICRAF'ın çalışmaları sayesinde, tarımsal ormancılık sistemlerinin işlevsel yapıları, bileşenleri ve performans kriterleri daha detaylı şekilde tanımlanmış ve çeşitli bölgelere uygun modeller geliştirilmiştir. Ancak, 1980'li yıllarda yapılan uygulamalarda, çiftçilerin karar süreçlerine yeterince katılmaması nedeniyle birçok agroforestry projesi hedeflenen başarıya ulaşamamıştır (Nair, 1987).

Tarımsal ormancılık sistemlerinin sınıflandırılması, uygulamaların kapsamını ve işlevselliğini anlamak açısından büyük önem taşımaktadır. Nair (1993), bu sınıflandırmayı çeşitli kriterlere göre yapmıştır:

Yapısal Kompozisyon

Sistemde yer alan odunsu bitkiler (ağaç ve çalılar), otsu bitkiler (yem, tahıl, sebze vs.) ve hayvansal üretim birimlerinin arazi üzerindeki mekânsal düzenlenişidir (Nair, 1993; Young, 1997).

Zamansal Yerleşim

Tarım ve orman bileşenlerinin aynı anda mı yoksa ardışık zamanlarda mı kullanıldığını belirler (Nair, 1985).



Fonksiyonel İşlev

Odunsu bitkilerin sistemdeki rolü rüzgâr perdesi, erozyon kontrolü, gölgeleme veya toprak zenginleştirme gibi amaçlarla tanımlanır (Kang vd., 1990; Sanchez, 1995).

Yönetim Yoğunluğu ve Ölçek

Sistemlerin geçimlik ya da ticari amaçlı olması, girdi ve bilgi düzeyi gibi parametreleri içerir (Leakey, 1996). Endüstriyel agroforestry sistemleri ile küçük ölçekli çiftçi sistemleri arasında farklar olabilir.

Ekolojik Uygunluk

Farklı agroforestry sistemleri, iklimsel ve toprakla ilgili koşullara göre değişiklik gösterebilir (Nair, 2011).

Agrosilvikültürel sistemler (tarım + ağaçlar)

Agrosilvikültürel sistemler, tarımsal ormancılık sistemleri içerisinde en yaygın kullanılan model türlerinden biridir. Bu sistemler, ağaçların (odunsu bitkiler) ve tarımsal ürünlerin (tahıllar, baklagiller, sebzeler vb.) aynı arazide eş zamanlı veya ardışık zaman dilimlerinde yetiştirilmesini ifade eder (Nair, 1993).

Agrosilvikültürel sistemlerin temel amacı, üretim sistemlerinde hem verimlilik artışı sağlamak hem de doğal kaynakların korunmasına katkı sunmaktır (Jose, 2009).



Şekil 1.1. Agrosilvikültürel sistem (Miccolis vd., 2019).

Taungya Sistemi

Taungya, geleneksel ormancılık ile tarımsal üretimin birlikte yürütüldüğü en eski agrosilvikültürel uygulamalardan biridir. Genellikle, ormanlık alanlara ağaçlandırma yapılırken ilk birkaç yıl boyunca tarım yapılmasına izin verilir. Ağaçlar büyüdükçe tarım aşamalı olarak sonlandırılır (Nair, 1993).

Ağaç Sıra Arası Tarımı (Alley Cropping)

Bu sistemde, odunsu azot bağlayıcı ağaçlar (genellikle çalı formu türler) belirli aralıklarla sıralar halinde dikilir ve bu sıraların arasında tarımsal ürünler yetiştirilir. Ağaçlar budanarak tarım ürünlerine gölge düşmesi engellenir, budama artıkları ise yeşil gübre olarak kullanılır (Nair, 1993).



Şekil 1.2. Ağaç sıra arası tarım (Büyükşahin, 2010).

Rüzgar Perdesi ve Tarla Sınır Sistemleri

Bu sistemlerde, tarım arazilerinin kenarlarına dikilen ağaçlar hem sınır belirleyici işlev görür hem de tarımsal üretimi dış etkenlere karşı korur. Bu sistem, özellikle açık alanlarda rüzgâr erozyonunu azaltma ve su buharlaşmasını düşürme gibi faydalar sağlar (Göktürk ve Yılmaz, 2012).



Şekil 1.3. Rüzgar perdesi ve tarla sınır sistemleri (Büyükşahin, 2010).

Eğimli Arazilerde Kontur Hatlarına Dikim

Eğimli arazilerde, toprak erozyonunu azaltmak amacıyla ağaçlar kontur hatlarına paralel olarak dikilir. Ağaç sıralarının arasında ise tarımsal üretim yapılır. Bu sistem hem erozyon kontrolü hem de üretkenlik açısından önemlidir. Latin Amerika ve Asya'nın dağlık bölgelerinde uygulanmaktadır (Sanchez, 1995).



Ağaç Altı Tarımı (Understory Cropping)

Bu sistemde, genellikle gölgeyi tolere edebilen tarım ürünleri, meyve veya orman ağaçlarının altında yetiştirilir. Özellikle nemli ve yarı gölgeli ortamları seven bitkiler için uygundur. Kakaonun (*Theobroma cacao*) muz ve Hindistan cevizi altında yetiştirilmesi (Nair, 1993).



Şekil 1.4. Ağaç altı tarım (Miccolis vd., 2019).

Agrosilvikültürel sistemler, yalnızca üretim odaklı değil, aynı zamanda çevresel ve sosyal faydalar sağlayan sürdürülebilir arazi kullanım modelleridir. Özellikle tarım arazilerinin verimli kullanılması, kırsal ekonominin güçlendirilmesi ve iklim değişikliğine karşı dirençli sistemlerin kurulması açısından büyük potansiyele sahiptir. Sistemin başarısı; uygun tür seçimi, ekolojik uyumluluk, yerel bilgi ve katılımcı planlama yaklaşımlarına bağlıdır (Jose, 2009; Leakey, 1996).

Silvopastoral sistemler (ağaçlar + hayvanlar)

Silvopastoral sistemler, odunsu bitkiler ile otlatma ve hayvancılığın entegre edildiği sistemlerdir. Ağaçlar hayvanlara gölge ve yem sağlarken, otlaklar meracılık faaliyetlerine olanak tanır. *Calliandra calothyrsus* veya *Albizia lebbek* gibi yüksek proteinli ağaçlar ile büyükbaş hayvancılığın yapılması (Nair, 1993).



Şekil 1.5. Silvopastoral sistemler (Miccolis vd., 2019).



Agrosilvopastoral sistemler (tarım + ağaç + hayvancılık)

Bu sistemler, ağaçlar, tarımsal ürünler ve hayvancılığın bir arada yürütüldüğü en karmaşık agroforestry sistemidir. Bileşenlerin uyum içinde yerleştirilmesi gerekir. Meyve ağaçlarının altında sebze üretimi ve ağaç aralarında otlatılan küçükbaş hayvanlar (Nair, 2011).



Şekil 1.6. Agorsilvapastoral sistemler (Miccolis vd., 2019).

Aquasilvikültürel sistemler (su ürünleri + ağaçlar)

Aquasilvikültür, su ürünleri yetiştiriciliği (örneğin balıkçılık) ile ağaç dikiminin entegre edildiği sistemdir. Özellikle mangrov ormanları gibi kıyı ekosistemlerinde uygulanır. Endonezya’da mangrov ekosistemlerinde karides yetiştiriciliğiyle entegre edilen ormancılık sistemleri (FAO, 2015).

Tarımsal Ormancılık Sistemlerinde Ekolojik Etkileşimler Olumlu, Olumsuz ve Nötr İlişkiler

Bu sistemlerde farklı türlerin birlikte yetiştirilmesi hem üretim verimliliği hem de çevresel hizmetler açısından önemli avantajlar sağlamakla birlikte, türler arası etkileşimlerin iyi analiz edilmesini gerektirir. Türler arasında olumlu, olumsuz ve nötr etkileşimler meydana gelebilir. Bu etkileşimler, sistemin tasarımı ve yönetiminde temel belirleyicilerden biridir (Jose vd., 2000).

Olumlu etkileşimler

Agroforestry sistemlerinde meydana gelen olumlu etkileşimler, sistemin verimliliğini ve dayanıklılığını artırmakta, mikroklima iyileştirilmesi, toprak sağlığının korunması ve besin döngüsünün optimize edilmesi gibi ekosistem hizmetleri sunmaktadır.

Mikroklima düzenlemesi; ağaçlar çevredeki mikroklima düzenleyerek tarım bitkileri için daha uygun yetiştirme koşulları yaratır. Gölgeleme, toprak sıcaklığını düşürür ve buharlaşmayı azaltarak toprak nemini korur.

Kaynak tamamlayıcılığı; agroforestry sistemlerinin temel varsayımlarından biri, ağaçların tarım bitkilerinin erişemeyeceği su ve besin kaynaklarına ulaşabilmesidir (Cannell vd., 1996). Bu kaynak tamamlayıcılığı hem zamansal (örneğin farklı büyüme dönemleri) hem de mekânsal (örneğin kök derinliği farkı) olarak gerçekleşebilir. *Faidherbia albida*, ters fenolojisi nedeniyle tarım sezonunda yapraksız kalarak tarım bitkilerine daha fazla ışık sağlar (Ong ve Leakey, 1999).

Azot fiksasyonu ve organik madde katkısı; baklagil ağaçlar (*Gliricidia sepium*, *Sesbania grandiflora*) atmosfere bağlı azotu toprağa kazandırarak tarım ürünlerinin büyümesini destekler



(Kang vd., 1990). Budama sonrası yaprak ve dal kalıntıları malç görevi görerek toprağın organik madde içeriğini zenginleştirir (Duguma vd., 1988).

Hayvansal üretime katkı; bazı odunsu baklagil türleri (*Calliandra calothyrsus*) yem bitkisi olarak kullanıldığında, hayvanların besin alımı ve süt veriminde iyileşmeler gözlenmiştir (Camero vd., 2001).

Olumsuz etkileşimler

Agroforestry sistemlerinde bazı türler arası etkileşimler, üretim potansiyelini sınırlayıcı olumsuz etkilere neden olabilir. Bu etkiler genellikle rekabet, allelopati, zararlılar ve toksik bileşiklerin varlığıyla ilgilidir.

Rekabet (Su, Besin, Işık); ağaç ve tarım bitkilerinin kök sistemleri aynı toprak katmanlarını işgal ettiğinde, su ve besin için rekabet artar. Örneğin, *Leucaena leucocephala*'nın kökleri, yıllık bitkilerle aynı toprak derinliğini kullandığından, özellikle yarı kurak bölgelerde yoğun rekabete neden olmaktadır (Ong vd., 1996). Benzer şekilde, gölgeleme nedeniyle fotosentez hızı düşen bitkilerde büyüme geriliği görülmüştür (Verinumbe ve Okali, 1985).

Allelopatik etkiler; bazı ağaç türleri, çevrelerindeki bitkilerin büyümesini baskılayan kimyasal bileşikler salgılar. Bu durum, *Eucalyptus tereticornis*, *Gliricidia sepium*, *Grevillea robusta* gibi türlerde yaygındır (Nair, 1993).

Nötr etkileşimler

Nötr etkileşimler, bir türün kaynak kullanımının diğer türü anlamlı şekilde etkilemediği durumlardır. Bu tür etkileşimler, çoğunlukla mekânsal niş ayrımı sayesinde oluşur. Bu, rekabetin sınırlandığı ve kaynakların etkin şekilde paylaşıldığı bir denge oluşturur (Deans vd., 1995).

Nötr etkileşimler, özellikle türlerin kök sistemleri ve gelişim dönemleri birbirinden ayrıldığında görülür ve agroforestry sisteminin kararlılığını artırıcı rol oynar (Ong ve Leakey, 1999).

Agroforestry sistemlerinde türler arası etkileşimler, sistemin başarısını doğrudan etkileyen ekolojik faktörlerdir. Olumlu etkileşimler, üretkenlik ve sürdürülebilirliği artırırken, olumsuz etkileşimler ise sistemin potansiyelini sınırlayabilir. Nötr etkileşimler ise farklı bileşenlerin bir arada bulunmasını kolaylaştırır. Tür seçimi, sistem tasarımı ve uygun yönetim teknikleri ile bu etkileşimlerin yönü ve etkisi yönetilebilir. Özellikle yarı kurak ve tropik bölgelerde, yerel koşullara uygun tür kombinasyonlarının kullanılması, sistemin ekolojik dengesini ve ekonomik faydasını artıracaktır (Nair, 1993; Jose, 2009).

Tarımsal Ormancılıkta Toprak Verimliliği

Tarımsal ormancılık sistemleri, toprak verimliliğinin korunması ve artırılması açısından önemli bir potansiyele sahiptir. Bu sistemler, tarım ve orman bileşenlerinin birlikte yönetilmesiyle hem toprağın fiziksel yapısını iyileştirmekte hem de biyolojik çeşitliliği ve toprak mikroorganizmalarının faaliyetlerini desteklemektedir. Tarımsal ormancılık uygulamalarında toprak verimliliği; organik madde miktarı, besin maddeleri döngüsü, su tutma kapasitesi ve toprak erozyonunun kontrolü açısından ele alınmaktadır (Nair, 1993).

Agroforestry sistemlerinde, ağaçların yaprak dökümü ve budama kalıntıları toprağa sürekli organik madde katkısı sağlar. Bu organik maddeler, toprak mikroorganizmaları tarafından parçalanarak humus oluşumuna katkıda bulunur ve böylece toprağın su tutma kapasitesi ile besin maddesi çevrimi iyileşir (Jose, 2009). Toprak organik maddesinin artması, özellikle tropikal topraklarda mikrobiyal aktivitenin artmasına, azot mineralizasyonunun hızlanmasına ve bitki besin maddelerinin erişilebilirliğinin yükselmesine neden olur (Sánchez, 1999).



Baklagil türlerinin (örneğin *Leucaena leucocephala*, *Gliricidia sepium*) azot fiksasyonu, toprak azot dengesinin korunmasında kritik rol oynar. Bu türlerin köklerinde simbiyotik bakteriler, atmosferik azotu toprağa bağlayarak tarım bitkilerinin azot ihtiyacını destekler (Schroth ve Sinclair, 2003).

Tarımsal ormancılık, toprak yapısının korunması ve erozyonun önlenmesi açısından da önemli avantajlar sunar. Ağaç kökleri toprak parçalarını bağlayarak toprak erozyonunu azaltır ve suyun toprağa infiltre olmasını kolaylaştırır (Montagnini ve Nair, 2004). Ayrıca, ağaçların gölge etkisiyle toprak sıcaklığı düzenlenir, bu da mikroorganizma aktivitesini destekleyerek toprak sağlığını olumlu yönde etkiler (Jose ve Bardhan, 2012).

Toprak erozyonunun önlenmesi, özellikle eğimli arazilerde yapılan agroforestry uygulamalarında kritik önem taşımaktadır. Ağaçlı bant gibi yöntemler, rüzgar ve su erozyonunu minimize ederek toprak kaybını engeller (Garrity, 2004).

Agroforestry sistemlerinde toprak su tutma kapasitesi, ağaçların kök sistemlerinin derinliği ve yaprak dökümü ile artmaktadır. Ağaçlar, toprak üstü organik madde birikimi ile suyun buharlaşmasını azaltır ve kök sistemleri aracılığıyla toprağın daha derin katmanlarındaki su kaynaklarına erişir (Nair, 1993). Bu durum, özellikle kurak ve yarı kurak bölgelerde bitkilerin su stresini azaltmak açısından önemli bir avantajdır (Leakey, 2014).

Tarımsal ormancılık sistemleri, toprak verimliliğinin artırılması ve sürdürülebilir arazi yönetimi için etkili bir yaklaşımdır. Organik madde birikimi, azot fiksasyonu, toprak fiziksel yapısının iyileştirilmesi, erozyon kontrolü ve su tutma kapasitesinin artması, bu sistemlerin başlıca avantajlarıdır. Ancak, toprak verimliliği üzerindeki olumlu etkilerin tam olarak sağlanabilmesi için, sistem bileşenlerinin doğru seçimi, uygun yönetim teknikleri ve yerel ekolojik koşulların dikkate alınması gerekmektedir (Garrity, 2004; Jose, 2009).

Tarımsal Ormancılıkta Kullanılan Bitkiler

Tarımsal ormancılıkta kullanılan bitki türlerinin seçimi, sistemin başarı ve sürdürülebilirliği açısından kritik öneme sahiptir. Türlerin biyolojik ve ekolojik özellikleri; iklim, toprak, su ihtiyacı, büyüme hızı ve ekonomik değerleri göz önüne alınarak belirlenmelidir. Bu türlerin doğru seçimi ile toprak erozyonunun önlenmesi, biyolojik çeşitliliğin korunması, ekosistem hizmetlerinin artırılması ve ekonomik faydanın maksimize edilmesi mümkün olur (Young, 1997; Nair, 2011).



TÜRKÇE ADI	LATİNCE ADI
Adi Ceviz	Juglans regia L.
Adi Dişbudak	Fraxinus excelsior L.
Adi Fiğ	Vicia sativa L.
Adi Gazaboynuzu	Lotus corniculatus L.
Adi Karakavak	Populus nigra subsp. nigra L.
Adi Kızılağaç	Alnus glutinosa L.
Adi Oğulotu	Melissa officinalis L.
Adi Servi	Cupressus sempervirens L.
Adi Yonca	Medicago sativa L.
Ak Dut	Morus alba L.
Ak Kavak	Populus alba L.
Ak Söğüt	Salix alba L.
Ak Üçgül	Trifolium repens L.
Akçaağaçlar	Acer L.
Akdeniz Defnesi	Laurus nobilis L.
Anadolu Kestanesi	Castanea sativa Mill.
Anadolu Sığla Ağacı	Liquidambar orientalis Mill.
Amerika Gladiçyası	Gleditsia triacanthos L.
Asya Servi Kavağı	Populus usbekistanica Kom. Subsp. Usbekistanica cv.
Badem	Amygdalus communis L.
Beyaz Çiçekli Yalancı Akasya	Robinia pseudoacacia L.
Biberiye, Kuşdili	Rosmarinus officinalis L.
Bodur Kapari	Capparis ovata Desf.
Boyacı Sumağı	Cotinus coggyris scop.
Boylu Kapari	Capparis spinosa L.
Böğürtlenler	Rubus L. Subsp. Eubatus
Çayır Salkım Otu	Poa pratensis L.
Çayır Üçgülü	Trifolium pratense L.
Çiçekli Dişbudak	Fraxinus ornus L.
Demir Ağacı	Casuarina equisetifolia L.
Derici Sumağı	Rhus coriaria L.
Doğu Çınarı	Platanus orientalis L.
Doğu Kızılağacı	Alnus orientalis Dance.
Domuz Ayırığı	Dactylis glomerata L.

Şekil 1.7. Tarımsal ormancılıkta kullanılan bazı bitki türleri (Büyüksahin, 2010).



Fındık	Corylus
Fıstık Çamı	Pinus pinea L.
Frenk Üzümlü	Ribes L.
Gülibrişim	Albizzia
Gümüşi İhlamur	Tilia tomentosa Moench.
Hünnap	Ziziphus
İlgınlar	Tamarix L.
İğde	Elaeagnus angustifolia var. Orientalis L.
Keçi Söğüdü	Salix caprea L.
Keçiboynuzu, Harnup	Cerantia siliqua L.
Kekik	Thymus L.
Kıbrıs Akasyası	Acacia cyanophylla Lindl.
Kılçaksız Brom	Bromus inermis
Kırmızı Ahududu, Ağaç Çileği	Rubus ideaus L.
Kırmızı Sıtma Ağacı	Eucalyptus camaldulensis Dehn.
Kızılağaç	Alnus L.
Kızılçam	Pinus brutia Ten.
Kokar Ağaç, Cennet Ağacı	Ailanthus glandulosa Desf.
Korunga	Onobrychis sativa L.
Kuşburnu	Rosa canina L.
Lavanta, Gargan, Karabaş Otu	Lavandula L.
Mahlep, İdris Ağacı	Prunus mahaleb L.
Mercan Köşkü	Origanum L.
Meyan Kökü	Glycyrrhiza glabra L.
Okalıptüs	Eucalyptus L'Herit.
Palamut Meşesi	Quercus ithaburensis Dence. subsp. macrolepis (Kotschy) Hedge. Yalt.
Pavloniya, Kral Ağacı	Paulownia spp.
Sakız Ağacı	Pistacia lenticus L.
Salkım Söğüt	Salix babylonica L.
Sarı Çiçekli Yonca	Medicago falcata L.
Sepetçi Söğüdü	Salix viminalis L.
Toros Sediri	Cedrus libani A.Rich.
Yabani Mersin	Myrtus commuis L.
Yalancı Akasya	Robinia pseudoacacia
Yulaf	Avena sativa L.
Zeytin	Olea europaea L.

Şekil 1.8. Tarımsal ormancılıkta kullanılan bazı bitki türleri-2 (Büyüksahin, 2010).

Tarımsal Ormancılık Sistemlerinde Ürün Düzenlemeleri

Tarımsal ormancılık sistemlerinde ürün düzenlemeleri, seçilen ormancılık modeline, hedeflenen ürünlere ve arazinin fiziksel ve iklimsel koşullarına bağlı olarak çeşitlilik göstermektedir. Bu bağlamda, ürün düzenlemeleri; yetiştirilen bitki türleri, dikim şekli, dikim mesafeleri ve sistemdeki diğer agronomik uygulamalar temelinde şekillenmektedir. Ürün düzenlemeleri, tarımsal ormancılık sisteminin verimliliğini ve sürdürülebilirliğini artırmak için kritik bir unsurdur (Nair, 1993).

Yapılan saha çalışmaları ve uygulamalardan derlenen bazı yaygın ürün düzenlemeleri şu şekildedir (Schroth ve Sinclair, 2003; Jose, 2009):



Meyve ağaçları altına yonca ekimi

Lavanta şeritleri arasında farklı tarımsal ürünlerin yetiştirilmesi

Tarım arazisinin etrafında çeşitli ağaç türlerinin dikilmesi

Kavak sıraları arasında yem bitkileri ve sebze yetiştirilmesi

Paulownia (Kral ağacı) ile buğday tarımı entegrasyonu

Okaliptüs altında ananas yetiştirilmesi

Orman ağaçları altında tıbbi bitkilerin üretimi

Zeytin ve mandarin birlikte yetiştirilmesi

Zeytin ile seracılık faaliyetlerinin entegrasyonu

Demir ağacı sıraları arasında mısır tarımı

Şeftali ağaçları arasında mandarin yetiştirilmesi

Orman ağaçları altında yem bitkisi üretimi

Mera ve otlaklarda yaprak yemi sağlanabilecek ağaç türlerinin yetiştirilmesi

Tarla sınırlarının ağaçlandırılması

Bu örnekler, tarımsal ormancılıkta ürün düzenlemelerinin ne denli esnek ve çeşitli olabileceğini göstermektedir. Özellikle tür çeşitliliği ve dikim mesafeleri, sistemin hem verimlilik hem de ekolojik fonksiyonlar açısından optimize edilmesini sağlar.

Türkiye’de Tarımsal Ormancılık Uygulamaları

Türkiye, tarımsal ormancılıkla uzun süredir dolaylı olarak tanışık olan bir ülkedir. Ancak bu uygulamalar, genellikle geleneksel yöntemlerle, planlı bir sistem çerçevesinde değil; üreticilerin ihtiyaçlarına göre şekillenmiş, yerel bilgiye dayanan yöntemler olarak günümüze kadar ulaşmıştır. Modern anlamda, bilimsel temellere dayalı ve sürdürülebilir yaklaşımlarla yürütülen tarımsal ormancılık uygulamaları ise özellikle son 10–15 yıl içerisinde daha belirgin ve bilinçli bir şekilde uygulanmaya başlanmıştır.

Türkiye’de tarımsal ormancılık denilince ilk akla gelen örneklerden biri kavakçılıktır. Batı Karadeniz ve Marmara bölgelerinde yaygın olarak kurulan kavak plantasyonlarında, kavak ağaçlarının sıraları arasında mısır, fasulye, pancar gibi yıllık tarım ürünlerinin yetiştirildiği görülmektedir. Bu alanlarda arazi etkin bir şekilde değerlendirilirken, çiftçiye hem odun hem de tarımsal ürün geliri sağlanmaktadır. İzmit’te bulunan Kavak ve Hızlı Gelişen Ağaç Türleri Araştırma Enstitüsü’nün bu alandaki çalışmaları, kavakçılığın gelişimine önemli katkı sağlamıştır.

Kavak dışında kızılâğaç, zeytin, antepfıstığı ve çeşitli meyve ağaçları da tarımsal ormancılık sistemlerinde yer bulmaktadır. Türkiye’nin farklı iklim ve toprak özelliklerine sahip bölgelerinde, bu koşullara uygun türler seçilerek tarımsal ve ormancılık bileşenleri bir arada değerlendirilmekte, bu sayede verimlilik artırılmaktadır. Örneğin Ege ve Akdeniz bölgelerinde zeytin ve antepfıstığı ağaçları, tarla ürünleri ile aynı parselde yetiştirilerek çoklu üretim sağlanmaktadır.

Bazı bölgelerde, tarım ve orman entegrasyonunun ötesine geçilerek, hayvancılığı da içeren sistemler oluşturulmuştur. Özellikle bozuk meşe baltalıklarının yeniden düzenlenerek hem mera hem de orman olarak kullanılması yönünde araştırmalar yapılmıştır. Bu tür entegre



sistemler, kırsal kalkınmaya katkı sunarken, orman kaynaklarının da daha sürdürülebilir şekilde yönetilmesini sağlamaktadır.

Ayrıca Türkiye’de farklı bölgelerde ürün desenlerinin denemeleri yapılmakta, hangi ağaç ve tarım bitkisi kombinasyonlarının bölge şartlarına daha uygun olduğu araştırılarak çiftçilere öneriler sunulmaktadır. Bu uygulamalar, tarımsal ormancılığın sadece bir arazi kullanımı modeli değil, aynı zamanda bir kalkınma aracı olarak değerlendirildiğini göstermektedir.

Sonuç olarak, Türkiye’de tarımsal ormancılık hem geleneksel uygulamaların modern sistemlerle birleştiği hem de kırsal ekonomiyi destekleyen bir üretim modeli olarak giderek daha fazla önem kazanmaktadır. Farklı bölgelerde yapılan araştırmalar ve pilot uygulamalar, bu sistemin yaygınlaştırılması için umut verici adımlar olarak değerlendirilmektedir. Bu çerçevede, Türkiye’nin farklı bölgelerinde uygulanan tarımsal ormancılık örnekleri, sistemin çeşitliliğini ve bölgesel koşullara uyum yeteneğini ortaya koymaktadır.

Düzce ilinde hem planlı hem de kendiliğinden gelişen pek çok tarımsal ormancılık uygulamasına rastlanmaktadır. Bölgedeki en yaygın uygulamalardan biri kavak yetiştiriciliğidir. Kavak ağaçlarının sıraları arasına genellikle yemeklik kabak ve mısır gibi tarla bitkileri ekilmektedir. Bu çoklu üretim sistemi, hem toprağın daha verimli kullanılmasını sağlamakta hem de üreticilere ek gelir kaynağı sunmaktadır.

Gerçekleştirilen bazı araştırmalar, melez kavak hatlarının arasına oturak fasulye ve yemeklik kabak ekilmesiyle oldukça yüksek verimlerin elde edilebileceğini göstermektedir. Ayrıca, alley cropping (şeritvari ekim) yöntemi uygulanan parsellerde, zararlı böceklerin neden olduğu zararların, sadece tek bir ürün yetiştirilen monokültür sistemlere kıyasla daha az olduğu belirlenmiştir (Akbulut, 2003; Yavuzşefik ve Akbulut, 2005). Bu durum, tarımsal ormancılık sistemlerinin ekolojik dengeyi desteklediğini göstermektedir.

Düzce’de dikkat çeken bir diğer uygulama ise kavak ağaçlarının gölgesinde fındık yetiştirilmesidir. Bu sistem, farklı bitki türlerinin aynı alanda birlikte var olabilmesine olanak tanıyarak hem arazi kullanımını çeşitlendirmekte hem de ürün desenini zenginleştirmektedir.

Isparta ilinde, geleneksel bilgi ve deneyimlere dayanan çeşitli tarımsal ormancılık örnekleri yaygın olarak görülmektedir. Bölgede, odunsu bitkiler (ağaç, ağaççık ve çalı türleri) ile tarımsal ürünler ve yem bitkileri bir arada kullanılarak farklı kombinasyonlar oluşturulmaktadır. Bu uygulamalar, doğal kaynakların daha verimli kullanılması ve kırsal ekonominin çeşitlendirilmesi açısından önemli katkılar sunmaktadır.

İlde gözlemlenen başlıca tarımsal ormancılık sistemleri şunlardır:

Kuru tarım yapılan arazilerin sınırlarına badem ağaçlarının dikilmesi,

Gül bahçelerinin kenarlarına meyve ağaçları ile söğüt (*Salix L.*), ardıç (*Juniperus excelsa* Bieb.), iğde (*Elaeagnus L.*) ve adi servi (*Cupressus sempervirens L.*) gibi türlerin yerleştirilmesi,

Gül ile meyve ağaçlarının birlikte yer aldığı alley cropping uygulamaları,

Elma bahçeleri içinde domates gibi sebzelerin sıra aralarına ekilmesi,

Ev bahçelerinde meyve ağaçları ile sebze üretiminin iç içe yürütülmesi,

Meyve bahçelerinin zemininde yem bitkisi olarak yonca yetiştirilmesi,

Lavanta tarlalarının kenarlarına badem ve meyve ağaçlarının dikilerek hem gölgelik hem de sınır işlevi görmesinin sağlanması,



Bu uygulamalar yalnızca bitkisel üretimi değil, aynı zamanda hayvancılık, arıcılık ve çiçekçilik gibi faaliyetleri de desteklemektedir. Tek bir arazide çok yönlü üretim yapabilen çiftçiler, hem ürün çeşitliliği sayesinde gelirlerini artırmakta hem de hayvan yemi ve yakacak odun gibi ek kaynaklara ulaşabilmektedirler. Bu çok işlevli üretim sistemleri sayesinde hem ekonomik kazançlar artmakta hem de kırsal yaşam kalitesi ve sosyal gelişim olumlu yönde etkilenmektedir (Büyüksahin, 2010).

Burdur ilinde tarımsal ormancılık faaliyetleri, hem ekonomik değer taşıyan türlerin değerlendirilmesi hem de toprak koruma ve verimliliğin artırılması yönünde çeşitli şekillerde uygulanmaktadır. Bölgede öne çıkan türler arasında ceviz, kapari ve kavak yer alırken, ılgın ve böğürtlen gibi doğal olarak yetişen bitkiler de hem sınır bitkisi hem de gelir kaynağı olarak değerlendirilmektedir.

Ceviz, ekonomik getirisi yüksek bir tür olup, fidanların arasına kapari ve sebze ekilerek çoklu üretim yapılmakta, bu da arazinin etkin kullanımına olanak tanımaktadır. Kapari bitkisi, derine inen kazık kökleri sayesinde toprak tutma özelliği gösterdiğinden, özellikle erozyon kontrolü ve toprak ıslahında tercih edilen bir türdür. Ayrıca, meyveleri de ekonomik olarak değerlendirilebilmektedir.

Yörede doğal olarak yetişen ılgın, tarla ve bahçelerin sınırlarında canlı çit olarak kullanılmakta, böğürtlen ise hem çit bitkisi işlevi görmektedir hem de meyveleri toplanarak ek gelir sağlamaktadır. Kavak ve kızılçam gibi ağaç türleri de sınır bitkisi olarak değerlendirilmekte; ığde, servi, fıstık çamı ve kokar ağaç ile çok katmanlı bahçelerin oluşturulmasında kullanılmaktadır (Büyüksahin, 2010).

Hayvancılık faaliyetlerini desteklemek amacıyla yetiştirilen yonca ve mısır tarlalarının üzerine elma ağaçları sıralı olarak dikilerek hem yem hem meyve üretimi sağlanmaktadır. Böylece, Burdur'da tarımsal ormancılık; arazinin verimli kullanımını, ekolojik dengeyi korumayı ve ekonomik çeşitliliği hedefleyen sürdürülebilir bir üretim modeli olarak öne çıkmaktadır.

Akdeniz ikliminin etkisi altında bulunan Antalya, tarımsal üretim açısından oldukça zengin bir potansiyele sahiptir. İklim koşullarının elverişli olması sayesinde hem odunsu bitkiler hem de yıllık tarım ürünleri bir arada yetiştirilebilmekte, bu da tarımsal ormancılık (agroforestry) uygulamalarına uygun bir zemin oluşturmaktadır. Özellikle turunçgil üretimi (limon, portakal, mandalina, greyfurt) ve muz yetiştiriciliği, bölgede öne çıkan faaliyetler arasındadır.

Bölgedeki agroforestry uygulamalarının örneklerinden biri, turunçgil bahçelerinin etrafına servi türlerinin dikilmesidir. Bu ağaçlar hem rüzgar perdesi görevi görmektedir hem de sınır çizgisi oluşturarak bahçelerin korunmasına katkı sağlamaktadır. Bunun yanı sıra, dut, kavak, söğüt, incir, badem, ceviz, okalıptüs, zeytin, meşe ve karaağaç gibi türler de sınır ağaçlandırmalarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu uygulamalar hem biyolojik çeşitliliği artırmakta hem de tarımsal alanların çevresel dayanıklılığını güçlendirmektedir.

Tarım ve orman unsurlarının bir arada bulunduğu sistemlerden bir diğer örnek ise portakal ağaçlarının altında kekik yetiştirilmesidir. Bu uygulama, hem aromatik bitki üretimi yoluyla ekonomik çeşitlilik sağlamakta hem de toprağın verimliliğini artırmaktadır. Benzer şekilde, nar bahçelerinde kavun ve karpuz üretimi de yapılmakta, bu da çoklu ürün alma imkânı sunmaktadır.

Ancak Antalya'da, tarımsal ormancılığın potansiyeli yüksek olmasına rağmen, uygulamalar henüz yaygın ve bilinçli bir şekilde yürütülmemektedir. Bu alanda yapılan çeşitli araştırmalar ve geliştirilen öneriler, üreticilere doğru bilgi ve teknik destek sağlandığında başarılı sonuçlar alınabileceğini göstermektedir. Çiftçilerin bu önerilere yönlendirilmesi ve desteklenmesi, hem bölge halkının gelir seviyesini yükseltecek hem de ülke ekonomisine önemli katkılar sunacaktır.



Tarımsal ormancılığın yaygınlaştırılması, aynı zamanda sürdürülebilir tarımın geliştirilmesi açısından da kritik bir rol oynamaktadır (Büyükşahin, 2010).

Rize, yoğun yağışlı iklimi ve eğimli arazi yapısı nedeniyle tarımsal faaliyetlerin sınırlı olduğu bir bölgedir. Ancak bu zorluklara rağmen yörede, tarımsal ormancılık sistemleri halk tarafından farklı şekillerde uygulanarak toprağın daha verimli kullanılması hedeflenmektedir. Bu uygulamalar içerisinde özellikle ıhlamur ağacı önemli bir yere sahiptir.

İhlamur, bölgede hem ekonomik hem de ekolojik açıdan çok yönlü değerlendirilen bir türdür. Yöre halkı, ıhlamuru tarım alanlarının çevresinde, açıklıklarda diğer ağaç türleriyle birlikte (kızılağaç, karaağaç, kestane gibi), su kenarlarında galeri şeklinde ve yollar boyunca alle ağaçları olarak yetiştirmektedir. Bu çok yönlü kullanım şekli, ıhlamurun ekosistem içerisindeki değerini artırmakta ve tarımsal ormancılık sistemlerine uyumlu bir tür olduğunu göstermektedir.

Rize’de arazi yapısı genellikle eğimli olduğundan, tarım arazileri sınırlı ve değerlidir. Bu nedenle bölge insanı, sahip olduğu alanı en verimli şekilde kullanmak amacıyla orman ağaçları ile tarım bitkilerini aynı alanda birlikte yetiştirmektedir. Bu sistemde, rekabet etmeyen; aksine birbirini destekleyen bitki türleri tercih edilerek iç içe üretim modeli, yani iç içe kültürasyon sistemi geliştirilmiştir. Bu yöntem hem toprak koruma hem de verim artırma açısından önemli katkılar sağlamaktadır.

Bölgede, mera ve otlakların yetersizliği nedeniyle hayvan yemi ihtiyacı tam olarak karşılanamamaktadır. Bu eksiklik karşısında yöre halkı, yem ihtiyacını karşılamak için ot dışında alternatif kaynaklara yönelmiş; özellikle ıhlamur gibi ağaçların yaprakları hayvan yemi olarak değerlendirilmeye başlanmıştır. Bu sayede, tarımsal ormancılık yalnızca arazi yönetimini değil, aynı zamanda hayvancılık faaliyetlerini de destekleyen bir üretim biçimine dönüşmüştür (Turna, 2001).

Sonuç olarak, Rize’de tarımsal ormancılık uygulamaları hem araziyi etkin kullanma hem de çevresel sürdürülebilirlik açısından önemli bir rol oynamaktadır. İhlamur gibi yerel kaynakların doğru kullanımıyla hem ekonomik fayda sağlanmakta hem de bölgenin doğal yapısı korunmaktadır.

Dünya’da Tarımsal Ormancılık

Çin, geniş yüzölçümü ve farklı iklim bölgeleri sayesinde tarımsal ormancılığın çeşitli formlarının uygulandığı ülkelerden biridir. Ülke genelinde uygulanan başlıca tarımsal ormancılık sistemleri; ev bahçeleri sistemi, Taungya yöntemi, sınır ağaçlandırmaları, yol kenarı ağaçlandırmaları ile nehir ve kanal kenarı dikimleri şeklindedir. Bu sistemler hem tarımsal üretimi hem de çevresel sürdürülebilirliği hedefleyen bütüncül yaklaşımlar sunmaktadır.

Ev bahçeleri sisteminde, meyve ağaçları, sebzeler ve diğer tarım ürünleri birlikte yetiştirilirken, Taungya sisteminde ormanlık alanların yeniden ağaçlandırılması ile aynı sahada geçici olarak tarım yapılması sağlanmaktadır. Bu yöntem, hem orman alanlarının rehabilitasyonuna katkı sunmakta hem de geçimlik tarım faaliyeti yapılmasına olanak tanımaktadır.

Çin’de dikkat çeken bir diğer uygulama ise çay bitkisi ile orman ağaçlarının birlikte yetiştirildiği sistemlerdir. Yapılan araştırmalara göre, agrisilvikültürel sistem kapsamında çay ve orman ağaçlarının kombinasyonu hem çevresel hem de sosyo-ekonomik açıdan oldukça faydalı sonuçlar vermektedir. Özellikle bozuk orman arazilerinde bu tür uygulamalar ekonomik değer yaratmak için önemli bir çözüm olarak görülmektedir.

Bu amaçla Çin’de yaklaşık 12 milyon hektar bozuk orman alanında şeritler halinde arazi düzenlemesi yapılmıştır. Şeritler 2 ila 6 metre genişlikte olacak şekilde planlanmış, 40–50 cm



derinlikte işlenerek taş ve artık materyaller temizlenmiştir. Elde edilen şeritlere 20 cm aralıklarla 2–3 sıra halinde çay fidanları dikilmiştir. Aynı zamanda, bu çay alanlarının etrafı koruyucu ağaç şeritleriyle çevrilmiştir. Ağaç şeritlerinin genişliği 3 ila 6 metre arasında değişmekte olup, çay bahçelerinin dört bir yanını çevreleyecek şekilde konumlandırılmıştır.

Bu sistemin uygulanmasından dört yıl sonra, özellikle 4 metre genişliğindeki şeritlerde ve ağaçların 5–6 metre boyolanmasına ulaştığı durumda en yüksek verim elde edilmiştir. Sonuç olarak, yıllık ortalama net gelir 460 dolar/hektar olarak belirlenmiş, bu da bozuk ormanlardan elde edilen gelirin yaklaşık 46 katı daha fazlasına denk gelmiştir. Bu örnek, Çin'in tarımsal ormancılıkta nasıl stratejik planlama ve arazi iyileştirme ile yüksek verimli üretim modelleri oluşturduğunu açıkça ortaya koymaktadır (Wang, 1994; Yavuzşefik ve Akbulut, 2005).

Hindistan, geniş yüzölçümü, farklı iklim kuşakları ve yoğun nüfus yapısıyla tarımsal ormancılık uygulamalarına büyük ihtiyaç duyan ve bu alanda çeşitli modeller geliştiren ülkelerden biridir. Ülkede hem kamu hem özel arazilerde çok amaçlı ağaç türleri dikilerek, halkın yakacak odun, hayvan yemi, meyve ve ot gibi temel ihtiyaçlarını karşılaması sağlanmaktadır.

Hindistan'da en yaygın uygulanan tarımsal ormancılık sistemleri arasında tarım bitkileri ile ağaçların bir arada bulunduğu Taungya sistemi, geliştirilmiş nadas (dönüşümlü üretim) uygulamaları ve çok amaçlı ağaçların dikimi yer almaktadır. Bu sistemler sayesinde hem toprak sürdürülebilirliği korunmakta hem de kırsal kesimdeki halkın gelir kaynakları çeşitlendirilmektedir.

Devletin tarımsal ormancılığı destekleyen politikaları da dikkat çekicidir. Orman köylülerinin yaşam koşullarını iyileştirmek amacıyla barınma desteği sağlanmakta, ücretsiz fidan dağıtımı yapılmakta, gübre, ilaç ve maddi yardım sunularak halkın bu sistemlere yönelmesi teşvik edilmektedir.

Hindistan'da uygulanan ürün desen modelleri oldukça çeşitlidir. Örneğin, tik ağacı, Hint kinin ağacı, gülibrişim, kokar ağaç ve bambu gibi odunsu türlerin altında Hindistan cevizi, kakao, ananas ve karabiber gibi ürünler başarıyla yetiştirilmektedir. Kızılağaç (*Alnus nepalensis*) gibi türler ise 6x10 metre aralıklarla dikilmekte ve aralarına buğday, mısır ve patates gibi tarla ürünleri yerleştirilmektedir.

Bazı sistemlerde ürün kombinasyonlarının dikkatle seçilmesi gerektiği de ortaya konmuştur. Örneğin, kavak ve yulaf birlikte dikildiğinde su ve besin rekabeti nedeniyle olumsuz sonuçlar doğurabilmektedir. Buna karşın, derin kök sistemi nedeniyle abanoz ağacı (*Dalbergia sissoo*) ile yulafın bir arada yetiştirilmesi, kaynak rekabeti yaratmadığı için önerilmektedir.

Hindistan'da karşılaşılan önemli sorunlardan biri de tuzlu toprakların geniş alanlara yayılmasıdır. Yaklaşık 900 milyon hektarı bulan bu araziler, yoğun nüfuslu ülkede üretim baskısını daha da artırmaktadır. Bu alanlarda da tarımsal ormancılık sistemlerinin uygulanabilirliği kanıtlanmıştır. Örneğin, Prosopis juliflora türü 3x5 metre aralıklarla dikilerek tuzlu arazilere uyarlanmış; ağaçlar arasında yem bitkisi olarak Leptochloa fusca yetiştirilmiş ve 4 yıl içinde 15 kez biçim yapılarak toplamda 46,5 ton/ha yeşil ot elde edilmiştir. Beşinci yıldan itibaren farklı yem bitkileri ile üretim devam etmiş ve aynı zamanda budama sonucu köylülere 7,7 ton/ha yakacak odun sağlanmıştır.

Tüm bu uygulamalar, Hindistan'da tarımsal ormancılığın yalnızca çevresel değil, aynı zamanda sosyal ve ekonomik kalkınma açısından da büyük bir potansiyele sahip olduğunu göstermektedir. Tarım ile ormanın bir arada yönetildiği bu sistemler, özellikle kırsal yoksulluğun azaltılmasında ve kullanılmayan arazilerin ekonomiye kazandırılmasında etkili bir araç olarak öne çıkmaktadır (Yavuzşefik ve Akbulut, 2005).



Kenya, tarımsal ormancılık açısından çok amaçlı ağaç yetiştiriciliğinin yaygın olarak uygulandığı ülkelerden biridir. Ülkede rüzgar perdesi oluşturma, sınır çizgisi belirleme, gölgeleme sağlama, süs bitkisi kullanımı, meyve ve yakacak odun temini gibi pek çok amaçla ağaç türleri yetiştirilmektedir. Bu uygulamalar hem çevresel hem de ekonomik ihtiyaçlara doğrudan cevap vermektedir.

Kenya'daki çiftlik ormancılığı uygulamalarında en sık tercih edilen türlerin başında *Grevilla* (*Grevillea robusta*) gelmektedir. Bu ağaç, hızlı büyüyen ve çok yönlü kullanım alanına sahip bir tür olarak çiftçiler tarafından yaygın biçimde tercih edilmektedir. *Odula* ve *Aluma*'nın aktardığına göre, bu ağaç türü budanarak uzun yıllar boyunca yakacak odun kaynağı olarak kullanılabilir. Yapılan budamalarla hem enerji ihtiyacı karşılanmakta hem de ağacın gövdesi büyümeye devam ederek değer kazanmaktadır.

Grevilla ağaçlarının ortalama olarak 50 yıla kadar ekonomik ömrü olduğu, bu süre içinde 15 ila 20 kez budanabildiği belirtilmektedir. Böylece çiftçiler, ağaç kesim çağına ulaşana dek sürekli bir yakacak odun kaynağına sahip olmakta, aynı zamanda ağaç büyümeye devam ettiği için nihayetinde endüstriyel odun olarak da gelir elde edebilmektedirler.

Kesim zamanı geldiğinde, bu ağaçlar çiftçiler tarafından satılarak hane halkı için ek bir gelir kaynağı oluşturmaktadır. Bu durum, Kenya'da tarımsal ormancılığın sadece çevresel değil, aynı zamanda sosyal ve ekonomik anlamda da önemli katkılar sağladığını göstermektedir. Tarım alanlarıyla bütünleşik olarak planlanan bu ağaçlandırmalar, kırsal kesimde geçim kaynaklarının çeşitlendirilmesine ve doğal kaynakların sürdürülebilir kullanımına olanak tanımaktadır (Yavuzşefik ve Akbulut, 2005)

Sudan, tarımsal ormancılık uygulamalarının entegre bir şekilde yürütüldüğü ülkelerden biridir. Tarım, hayvancılık ve ormancılık faaliyetleri bir bütün olarak ele alınmakta ve kırsal kesimde yaşayan halkın temel ihtiyaçlarını karşılamaya yönelik sürdürülebilir sistemler oluşturulmaktadır. Bu sistemler sayesinde, özellikle yoksul nüfusun yakacak odun ihtiyacı karşılanmakta, hayvanlar için yem sağlanmakta ve genel olarak yaşam kalitesi yükseltilmektedir.

Sudan'da tarımsal ormancılık sistemlerinde öne çıkan ağaç türlerinden biri *Prosopis chilensis*'tir. Bu türün kullanılmasının temel nedenleri arasında bol tohum vermesi (bir ağaçta ortalama 27 kg), tohumlarının yüksek protein içeriğiyle hayvan yemi olarak değerlendirilebilmesi ve hızlı büyüme özelliği yer almaktadır. Yıllık 3 ila 5 metre arasında boylanabilen *Prosopis chilensis*, zorlu çevre koşullarına dayanıklı yapısıyla Sudan'daki kırsal alanlarda başarılı bir şekilde yetiştirilmektedir.

Bu ağaç türünün plantasyonları genellikle 8x8 metre aralıklarla kurulmaktadır. Bu geniş dikim aralıkları, hayvanların ağaçların bulunduğu alanda rahatça dolaşmasına olanak tanımakta, aynı zamanda otlatma faaliyetleriyle entegre bir sistem kurulmasına imkân vermektedir. Ağaçlar arasındaki açık alanlar boş bırakılmamakta; buralarda çeşitli çim türleri, baklagiller ve yem bitkileri yetiştirilerek hayvancılık faaliyetleri desteklenmektedir.

Bu sistem sayesinde hem bitkisel üretim hem de hayvansal üretim aynı arazide verimli şekilde yürütülmekte, bu da toprakların etkin kullanımını ve bölge halkının gelir kaynaklarının çeşitlenmesini sağlamaktadır. Sudan örneği, tarımsal ormancılığın sadece doğal kaynakları koruma değil, aynı zamanda sosyal refahı artırma yönünden de etkili bir araç olabileceğini göstermektedir (Yavuzşefik ve Akbulut, 2005).



SONUÇ VE ÖNERİLER

Tarımsal ormancılık, tarım, ormancılık ve hayvancılık faaliyetlerinin entegre bir şekilde yürütüldüğü, sürdürülebilir arazi kullanımını hedefleyen çok işlevli bir sistem olarak öne çıkmaktadır. Bu sistemler, yalnızca üretim artışı sağlamanın ötesinde; toprak verimliliğini artırma, su döngüsünü iyileştirme, biyolojik çeşitliliği destekleme ve kırsal kalkınmayı teşvik etme gibi ekosistem hizmetleri sunmaktadır (Nair, 1993; Jose, 2009).

Tarımsal ormancılık sistemleri, hem mikro düzeyde hane halkı gelirlerini artırmakta hem de makro düzeyde iklim değişikliğiyle mücadelede önemli bir araç olarak değerlendirilmektedir (Leakey, 1996; FAO, 2015). Bununla birlikte, sistemin başarıya ulaşabilmesi, uygun bitki ve hayvan türlerinin seçimi, doğru mekânsal ve zamansal planlama, yerel toplulukların katılımı ve bilimsel temelli yönetim yaklaşımlarının benimsenmesine bağlıdır (Wyant, 1996; Khasa, 2001).

Bu doğrultuda öneriler şu şekilde sıralanabilir:

1. Bilimsel Araştırmaların Yaygınlaştırılması: Tarımsal ormancılık uygulamalarında tür seçimi, ürün düzenlemeleri ve yönetim tekniklerine yönelik yerel koşullara uygun bilimsel çalışmalar artırılmalıdır.
2. Çiftçi Eğitimi ve Katılımcı Planlama: Başarılı uygulamalar için çiftçilerin bilgi düzeyi artırılmalı, katılımcı planlama modelleri teşvik edilmelidir (Raintree, 1987).
3. Politika ve Teşvik Mekanizmaları: Tarımsal ormancılık sistemlerinin teşviki için özel destek programları, sübvansiyonlar ve teknik danışmanlık hizmetleri geliştirilmelidir (FAO, 2013).
4. İklim Değişikliğine Uyum Stratejileri: Agroforestry sistemleri, karbon yutakları oluşturma, toprak koruma ve su yönetimi açısından stratejik olarak değerlendirilmelidir (Jose, 2009; Sanchez, 1995).
5. Yerel Türlerin Korunması ve Kullanımı: Ekolojik ve kültürel sürdürülebilirlik açısından yerel ve doğal bitki türlerinin kullanımı öncelikli olarak desteklenmelidir (Nair vd., 2008).

Sonuç olarak, tarımsal ormancılık; ekolojik sürdürülebilirlik, ekonomik dayanıklılık ve sosyal bütünlüğü aynı anda hedefleyen, geleceğin arazi kullanım modeli olarak görülmelidir. Türkiye gibi iklimsel ve coğrafi çeşitliliğe sahip ülkelerde, bu sistemlerin yaygınlaştırılması, kırsal kalkınma politikalarının önemli bir parçası hâline getirilmelidir.



KAYNAKLAR

- Büyükşahin, İ. (2010). Dünya’da Tarımsal Ormancılık (Agroforestry) Sistemlerinin İncelenmesi Ve Türkiye’de Uygulanabilirliği Üzerine Araştırmalar. *Sütçü İmam Üniv., Fen Bil. Ens., Orman Mühendisliği, Yüksek Lisans Tezi*.
- Camero, A., Ibrahim, M., & Esnaola, A. (2001). *Performance of dairy cows under silvopastoral systems in the tropics*. *Agroforestry Systems*, 53(1), 171–179. <https://doi.org/10.1023/A:1013380602234>
- Cannell, M. G. R., van Noordwijk, M., & Ong, C. K. (1996). The central agroforestry hypothesis: The trees must acquire resources that the crop would not otherwise acquire. *Agroforestry Systems*, 34(1), 27–31.
- Deans, J. D., Diagne, O., Lindley, D. K., & Parkinson, J. A. (1995). Nutrient and organic-matter accumulation in *Acacia* and *Prosopis* multispecies hedgerows. *Agroforestry Systems*, 30(1–2), 117–132. <https://doi.org/10.1007/BF00708917>
- Duguma, B., Kang, B. T., & Okali, D. U. U. (1988). Effects of pruning intensities on *Leucaena*, *Gliricidia*, and *Sesbania* biomass. *Agroforestry Systems*, 6(1–3), 19–35.
- FAO. (2013). *Advancing agroforestry on the policy agenda: A guide for decision-makers*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://www.fao.org>
- FAO. (2015). *Agroforestry for sustainable agriculture*. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Garrity, D. P. (2004). Agroforestry and the achievement of the Millennium Development Goals. *Agroforestry Systems*, 61(1), 5–17.
- Göktürk, L., & Yılmaz, H. (2012). Tarımda Rüzgar Perdesi Uygulamaları ve Yararları. *Toprak ve Su Dergisi*, 51(2), 24–30.
- ICRAF. (2021). *Agroforestry systems and practices*. World Agroforestry Centre. <https://www.worldagroforestry.org>
- ICRAF. (2024). *World Agroforestry Centre reports and initiatives*. <https://www.worldagroforestry.org>
- Jose, S. (2009). Agroforestry for ecosystem services and environmental benefits: An overview. *Agroforestry Systems*, 76(1), 1–10. <https://doi.org/10.1007/s10457-009-9229-7>
- Jose, S., & Bardhan, S. (2012). Agroforestry systems and soil health. In *Soil health and intensification of agroecosystems* (pp. 87–105). Springer.
- Jose, S., Gillespie, A. R., & Pallardy, S. G. (2000). Interspecific interactions in temperate agroforestry. *Agroforestry Systems*, 48, 57–69.
- Kang, B. T., Osiname, O. A., & Larbi, A. (1990). *Alley farming: An annotated bibliography*. International Institute of Tropical Agriculture.
- Khasa, D. P. (2001). Agroforestry systems: Definitions, concepts, and impacts. *University of Alberta Working Paper Series*.
- King, K. F. S. (1968). The role of trees in agroforestry. In *Agriculture in the tropics*.
- Leakey, R. R. B. (1996). Definition of agroforestry revisited. *Agroforestry Today*, 8(1), 5–7.
- Leakey, R. R. B. (2014). The role of trees in agricultural landscapes. In *Agroforestry – the future of global land use* (pp. xx–xx). CAB International.



- Lundgren, B. O., & Raintree, J. B. (1982). Sustained agroforestry. In B. Nestel (Ed.), *Agricultural research for development: Potentials and challenges in Asia*. ISNAR.
- Miccolis, A., Peneireiro, F. M., Marques, H. R., Vieira, D. L., Arco-Verde, M. F., Hoffmann, M. R., ... & Pereira, A. V. (2019). *Agroforestry Systems for Ecological Restoration: How to Reconcile Conservation and Production: Options for Brazil's Cerrado and Caatinga Biomes*. World Agroforestry Centre (ICRAF).
- Montagnini, F., & Nair, P. K. R. (2004). Carbon sequestration: An underexploited environmental benefit of agroforestry systems. *Agroforestry Systems*, 61(1), 281–295.
- Nair, P. K. R. (1987). *Agroforestry systems inventory for developing countries*. ICRAF.
- Nair, P. K. R. (1993). *An introduction to agroforestry*. Kluwer Academic Publishers.
- Nair, P. K. R. (2011). Agroforestry systems and environmental quality: Introduction. *Journal of Environmental Quality*, 40(3), 784–790.
- Nair, P. K. R., Gordon, A. M., & Mosquera-Losada, M. R. (2008). Agroforestry. In S. E. Ong, C. K., & Leakey, R. R. B. (1999). Why tree–crop interactions in agroforestry appear at odds with tree–grass interactions in tropical savannas. *Agroforestry Systems*, 45, 109–129.
- Raintree, J. B. (1987). *The state-of-the-art of agroforestry diagnosis and design*. ICRAF.
- Sanchez, P. A. (1995). Science in agroforestry. *Agroforestry Systems*, 30(1–2), 5–55.
- Sanchez, P. A. (1999). Improved fallows come of age in the tropics. *Agroforestry Systems*, 47(1–3), 3–12.
- Schroth, G., & Sinclair, F. L. (2003). *Trees, crops and soil fertility: Concepts and research methods*. CABI Publishing.
- Sinclair, F. (1999). A general classification of agroforestry systems. (Yayımlanma bilgisi eksik)
- TURNA, İ., 1993, Agroforestry Uygulamalarında Demir Ağacı (*Casuarina equisetifolia* L.)'nin Yeri ve Önemi, Çevre Dergisi (Ocak-Şubat-Mart,6), sf: 13-16.
- TURNA, İ., 2001, İhlamur (*Tilia* sp.)'un Doğu Karadeniz Bölgesi Agroforestry Uygulamalarında Kullanılabilirliği: Rize İli Örneği, ÇEV-KOR (10,38), sf: 18-22.
- Verinumbe, I., & Okali, D. U. U. (1985). Interference in a maize–teak system in Nigeria. *Agroforestry Systems*, 3(1), 63–73.
- Wyant, J. (1996). Agroforestry and ecosystem integrity. In *ICRAF Workshop Proceedings on Ecosystem Approaches*. ICRAF.
- Wyant, J. G. (1996). Planning for forest sustainability. *Journal of Forestry*, 94(10), 20–25.
- YAVUZŞEFİK, Y. ve AKBULUT, S., 2005, Tarımsal Ormancılık (Agroforestry), Kazancı Matbaacılık Sanayi A.Ş., İSTANBUL.
- Young, A. (1989). *Agroforestry for soil conservation*. CAB International.
- Young, A. (1997). *Agroforestry for soil management* (2nd ed.). CAB International.



TUZLU ALANLARDA GELİŞME GÖSTEREN BAZI HALOFİT TÜRLERİN METREKAREDEKİ BİTKİ SAYILARI, BİTKİ BOYLARI VE BAZI VERİM ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

Prof. Dr. Süleyman TEMEL

Iğdır Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü/IĞDIR

ORCID: 0000-0001-9334-8601

Prof. Dr. Bilal KESKİN

Iğdır Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü/IĞDIR

ORCID: 0000-0001-6826-9768

Doç. Dr. Ali İhsan ATALAY

Iğdır Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootečni Bölümü/IĞDIR

ORCID: 0000-0002-7379-9082

Dr. Öğr. Üyesi Faruk TOHUMCU

Iğdır Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak ve Bitki Besleme Bölümü/IĞDIR

ORCID: 0000-0003-4092-4868

Dr. Arş. Gör. Seda AKBAY TOHUMCU

Iğdır Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü/IĞDIR

ORCID: 0000-0002-0725-1318

ÖZET

Araştırma, yüksek tuzluluk ve alkaliliğin olduğu alanlarda doğal olarak gelişme gösteren *Atriplex lasiantha*, *Halimione verrucifera*, *Halothamnus glaucus*, *Petrosimonia brachiata* ve *Seidlitzia florida* türlerinin metrekaresindeki bitki sayıları, bitki boyu, bitki yaş ot ağırlığı, bitki kuru ot ağırlığı, kuru ot oranı ve kuru ot verimlerinin belirlenmesi amacıyla yürütülmüştür. Bitkilere ait veriler vejetasyon dönem sonu, çiçeklenme dönemi ve tohum olgunlaştırma dönemlerinde alınmıştır. Metrekarede en fazla bitki sayısı *Atriplex lasiantha* türünde olurken, bu türü *Seidlitzia florida* ve *Petrosimonia brachiata* türleri takip etmiştir. En yüksek bitki boyu ve kuru ot oranı *Atriplex lasiantha* türünde, bitki yaş ağırlığı ve bitki kuru ağırlığı *Halothamnus glaucus* türünde, kuru ot verimi ise *Halimione verrucifera* türünde elde edilmiştir. Türlerin gelişme dönemlerinin ilerlemesine bağlı olarak bitki boyu, bitki kuru ağırlığı, kuru ot oranı ve kuru ot verimi artmıştır. Ancak gelişme döneminin ilerlemesiyle *Atriplex lasiantha* ve *Seidlitzia florida* türlerinde yaş ot veriminde düşüş olurken, *Halimione verrucifera*, *Halothamnus glaucus* ve *Petrosimonia brachiata* türlerinde artış görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: *Atriplex lasiantha*, *Halimione verrucifera*, *Halothamnus glaucus*, *Petrosimonia brachiata*, *Seidlitzia florida*



DETERMINATION OF PLANT NUMBERS PER SQUARE METER, PLANT HEIGHTS AND SOME YIELD CHARACTERISTICS OF SOME HALOPHYTE SPECIES GROWING IN SALTY AREAS

ABSTRACT

The study was conducted to determine the number of plants per square meter, plant height, plant fresh weight, plant dry weight, dry matter ratio, and dry matter yield of the species *Atriplex lasiantha*, *Halimione verrucifera*, *Halothamnus glaucus*, *Petrosimonia brachiata*, and *Seidlitzia florida*, which naturally grow in areas with high salinity and alkalinity. Data on plants were taken at the end of the vegetation period, flowering period and seed maturation period. The highest number of plants per square meter was in *Atriplex lasiantha*, followed by *Seidlitzia florida* and *Petrosimonia brachiata*. The highest plant height and dry matter ratio were obtained in *Atriplex lasiantha*, plant fresh weight and plant dry weight in *Halothamnus glaucus*, and dry matter yield in *Halimione verrucifera*. Plant height, plant dry weight, dry matter ratio and dry grass yield increased as the developmental periods of the species progressed. However, as the growth period progressed, there was a decrease in fresh forage yield in *Atriplex lasiantha* and *Seidlitzia florida* species, while an increase was observed in *Halimione verrucifera*, *Halothamnus glaucus* and *Petrosimonia brachiata* species.

Keywords: *Atriplex lasiantha*, *Halimione verrucifera*, *Halothamnus glaucus*, *Petrosimonia brachiata*, *Seidlitzia florida*



GİRİŞ

Hayvanların yem ihtiyacının büyük kısmı çayır ve mera alanlarında ve tarlada yetiştirilen yem bitkileri yetiştiriciliğinden sağlanmaktadır. Çayır ve mera alanlarında ıslah çalışmalarının yetersizliği ve hayvan otlatma ilkelerine yeterince uyulmaması bu alanlarda elde edilen otun verim ve kalitesinde önemli düşümlere neden olmaktadır. Diğer taraftan Dünyada meydana gelen iklim değişikliği ve sulama uygulamalarının düzensiz ve yanlış yapılması sonucu tuzlu ve kurak alanlarda sürekli bir artış olmakta ve bitkiler kurak ve tuzluluk streslerine maruz kalmaktadırlar (Yavuz ve ark., 2020; Keskin et al., 2023). Kurak ve tuzlu alanlardaki artış birim alanda alınacak verim ve kaliteyi önemli derecede sınırlandırmaktadır. Dünyada ekilebilir tarım alanlarının yaklaşık %20'si tuzdan etkilenmiştir (Hussain et al, 2020). Tuzlu topraklarda Na^+ , Cl^- ve SO_4^{2-} karakterindeki tuzlar ve diğer iyonlar aşırı birikmesi sonucu bitkilerin toprakta su alımları engellenmekte ve ayrıca fazla miktarda alınan iyonlar bitkide toksik etki yapmaktadır (Hussain et al., 2016). Kültür bitkilerinin çoğu tuzlu ve kurak alanlarda gelişmesini sürdürmez veya verimlerinde önemli düşüşler olmaktadır (Temel et al., 2015; Hussain et al., 2018). Dünyada olduğu gibi Iğdır ilinde de tarım alanlarının 1/3'ünde tuzluluk bulunmakta ve bu tuzlu alanlarda tarımsal üretim çok sınırlı olarak yapılabilmektedir (Temel ve Şimşek, 2011).

Tuzlu alanlarda doğal olarak gelişme gösteren çok sayıda halofit tür bulunmaktadır. Halofit türler antioksidan, amino asit, yağ asitleri ve mineral bakımından zengin olması nedeniyle hayvan yemi, sebze olarak ve ilaç endüstrisinde kullanım potansiyeli yüksek bitkilerdir (Ozturk et al., 2019, Brown et al., 2014, Hasanuzzamaan et al., 2014; Khan et al., 2014; Temel et al., 2025). Bu türlerin çoğu da hayvanlar tarafından sevilerek tüketilmektedir (Temel et al., 2015). Tuzlu olamayan mera alanlarında gelişme gösteren çoğu tür yağışların az olduğu ve sıcaklığın yüksek olduğu dönemlerde gelişmesini sürdürmez ve dormant olarak kalırken, tuzlu alanlarda gelişme gösteren bitki türlerinin çoğu gelişmesini sürdürmekte ve yeşil olarak üretime devam etmektedir. Iğdır tuzlu alanlarında *Atriplex lasiantha*, *Halimione verrucifera*, *Halothamnus glaucus*, *Petrosimonia brachiata* ve *Seidlitzia florida* türlerinin yaygın olarak bulunduğu, sıcaklık ve kuraklığın yüksek olduğu dönemlerde bile gelişmesini sürdürdüğü görülmüştür. Aynı zamanda bu bitkiler hayvanlar tarafından sevilerek tüketilmektedir.

Bu araştırma ile tuzlu alanlarda yaygın olarak gelişme gösteren *Atriplex lasiantha*, *Halimione verrucifera*, *Halothamnus glaucus*, *Petrosimonia brachiata* ve *Seidlitzia florida* türlerinin vejetasyon dönem sonu, çiçeklenme dönemi ve tohum olgunlaştırma dönemlerindeki bitki boyu, bitki yaş ot ağırlığı, bitki kuru ot ağırlığı, kuru ot oranı ve dekara kuru ot verimlerinin belirlenmesi amacıyla yürütülmüştür.

MATERYAL VE METOT

Çalışma Iğdır İli, Aralık İlçesi, Babacan Köyü'nde etrafı tel çitle kapatılmış 10 da alanda 2024 yılında yürütülmüştür. Iğdır ilinde yıllık yağış 266 mm ve buharlaşma 1094 mm olması nedeniyle topraklarda tuzluluk problemi meydana gelmektedir (Anonim, 2022). Araştırma bölgesine ait iklim verileri incelendiğinde yağış miktarı 258.1 mm, ortalama sıcaklık 13.9 °C ve ortalama nispi nem %63.1 olduğu görülmektedir (Çizelge 1).

Çizelge 1. Araştırma alanına ait bazı iklim verileri (Anonim, 2024)

Aylar	Toplam Yağış (mm)	Sıcaklık (°C)	Nispi nem (%)
Ocak	23.7	1	75.7
Şubat	1.1	3.9	75.5



Mart	48.7	7.8	77.9
Nisan	20.9	16.7	75.1
Mayıs	54.7	17.5	36
Haziran	10.6	25.1	46.1
Temmuz	35.3	26.6	51
Ağustos	5	27.5	45.8
Eylül	8.7	21.7	57.3
Ekim	28.7	12.7	65.3
Kasım	8.2	6.1	71.7
Aralık	12.5	0.2	79.7
/Toplam/Ortalama	258.1	13.9	63.1

Araştırma alanında 0-30 cm toprak derinliğinde 8 noktada alınan toprak örnekleri karıştırılmış ve tek bir toprak örneği elde edilmiştir. Elde edilen bu toprak örneğinde organik madde (%) (Nelson ve Sommers, 1982), EC (dS/m) (Richards, 1954), pH (Thomas, 1996) ve değişebilir sodyum yüzdesi (%) (Bower, 1959) belirlenmiştir (Çizelge 2). Çizelge 2 incelendiğinde toprakların organik madde içeriği az, kuvvetli alkali, tuzlu ve değişebilir sodyum yüzdesi (ESP) değerinin yüksek olduğu görülmektedir.

Çizelge 2. Araştırma alanına ait bazı toprak özellikleri

Organik Madde	ECx10³ (dS/m)	pH (1:2,5)	Değişebilir sodyum yüzdesi (%)
(%)			
0.73	6.72	9.72	63.0

Araştırmada tuzlu alanda gelişme gösteren ve vejetasyon dönemi boyunca yeşil kalan *Atriplex lasiantha*, *Halimione verrucifera*, *Halothamnus glaucus*, *Petrosimonia brachiata*, *Seidlitzia florida* türlerinde inceleme yapılmıştır. Araştırmada incelenen türlerden *Atriplex lasiantha*, *Petrosimonia brachiata*, *Seidlitzia florida* türleri yıllık otsu formda gelişme gösterirken, *Halimione verrucifera* ve *Halothamnus glaucus* türleri ise çok yıllık çalı formunda gelişme gösterirler (Temel et al., 2017).

Deneme alanında vejetasyon dönemi sonunda her bir tekerrür için 30 adet, toplamda ise 90 tane 1 m²'lik quadrat (çerçeve) atılarak metrekaresindeki bitki sayıları belirlenmiştir. Araştırmada bitki boyu, bitki yaş ağırlığı, bitki kuru ağırlığı, kuru ot oranı ve dekara ot verimlerinin belirlenmesi amacıyla bitkilerin vejetasyon dönemi sonu, çiçeklenme dönemi ve tohum olgunlaştırma dönemlerine gelen bitkilerden örnekler alınmıştır. Her bir tekerrür örnekleme için benzer özelliklere sahip 5 bitki toplamda ise 15 bitki toprak seviyesinin 5 cm yukarısında hasat edilmiştir. Hasat edilen bitkilerin boyları cm cinsinden ölçülmüştür. Hasat edilen 5 bitki hemen hassas terazide tartılarak bitki yaş ağırlıkları belirlenmiştir. Yaş olan bitkiler gölgede 4-5 gün



kurulduktan sonra etüvde 65 °C sıcaklığında ağırlıkları sabitleşinceye kadar bekletilerek bitki başına kuru ağırlıkları (g) belirlenmiştir. Bitki kuru ağırlığının bitki yaş ağırlığa oranlanarak kuru ot oranı belirlenmiştir (AOAC, 1990). Metrekaredeki bitki sayısı ve bitki kuru ağırlığı değerlerinden yararlanarak dekara kuru ot verimi belirlenmiştir.

Araştırma verileri tesadüf blokları deneme desenine göre JMP 5.0.1 paket programında varyans analizleri yapılmıştır. Önemli çıkan ortalamalar LSD testine göre gruplandırılmıştır.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Metrekaredeki Bitki Sayısı

Çok yıllık çalı formunda gelişme gösteren *Halimione verrucifera* ve *Halothamnus glaucus* türlerinin metrekaredeki bitki sayıları, yıllık otsu formda gelişme gösteren *Atriplex lasiantha*, *Petrosimonia brachiata* ve *Seidlitzia florida* türlerinin metrekaredeki bitki sayılarından daha az olmuştur. Metrekarede en yüksek bitki yoğunluğu *Atriplex lasiantha* türünde elde edilmiştir. *Petrosimonia brachiata* ve *Seidlitzia florida* türlerinin metrekaredeki bitki sayıları arasında önemli fark görülmemiştir (Çizelge 3). Türlerin birim alandaki yoğunluklarının farklı olması türlerin toprak tuzluluğuna dirençlerinin farklı olması, genetik özelliklerinden kaynaklanan morfolojik özellikler, otsu ve çalımsı formlarda gelişmelerinden dolayı kaynaklanmış olabilir (Grigore and Toma, 2014; Hasanuzzaman et al., 2014; Saddhe et al., 2020). Ayrıca yıllık otsu türlere göre, çok yıllık çalı formunda gelişme gösteren türler daha uzun bir süre çevre şartlarına maruz kaldığından dolayı birim alandaki yoğunluklarının da daha az olacağından kaynaklanmış olabilir. Tuzlu topraklarda farklı bitki türleri üzerine yapılan araştırmalarda türlerin birim alandaki yoğunluklarının önemli derecede farklılık gösterdiği bildirilmiştir (Pirasteh-Anosheh et al., 2023; Al-Malki et al., 2021).

Çizelge 3. Türlerin metrekaredeki bitki sayıları (bitki m⁻²)

Türler	bitki m ⁻²
<i>Atriplex lasiantha</i>	1.68 a*
<i>Halimione verrucifera</i>	0.70 e
<i>Halothamnus glaucus</i>	0.04 d
<i>Petrosimonia brachiata</i>	1.30 b
<i>Seidlitzia florida</i>	1.37 b

* Farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasında anlamlı fark vardır.

Bitki Boyu

Bitki boyu türlere ve gelişme dönemlerine göre önemli derecede farklılık göstermiştir. Gelişme dönemlerine göre bitki boyunda artışlar olmuştur. Vejetasyon dönem sonuna göre, çiçeklenme döneminde bitki boyunda %32 oranında artış olurken, tohum olgunlaştırma döneminde bitki boyunda %55 oranında artış olmuştur. En yüksek bitki boyu 82.6 cm ile *Atriplex lasiantha* türünde görülmüştür. *Halimione verrucifera* ve *Petrosimonia brachiata* türlerinin bitki boyları arasında önemli fark olmamıştır. En düşük bitki boyu ise *Seidlitzia florida* türünde tespit edilmiştir.

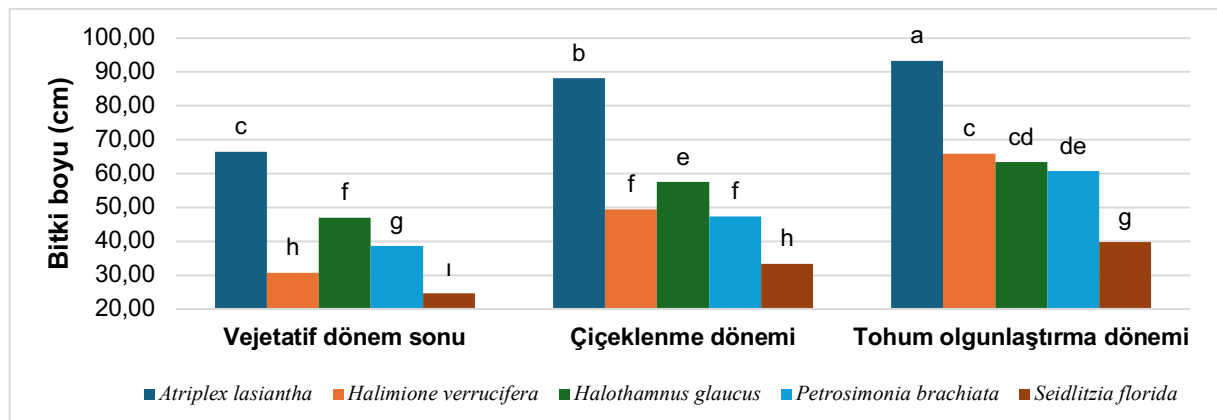


Çizelge 4. Fenolojik dönemlere göre türlerin bitki boyları

Türler	Bitki boyu (cm)			Ortalama
	Vejetatif dönem sonu	Çiçeklenme dönemi	Tohum olgunlaştırma dönemi	
<i>Atriplex lasiantha</i>	66.4	88.2	93.2	82.6 a*
<i>Halimione verrucifera</i>	30.6	49.4	65.9	48.6 c
<i>Halothamnus glaucus</i>	47.0	57.5	63.3	55.9 b
<i>Petrosimonia brachiata</i>	38.6	47.4	60.7	48.9 c
<i>Seidlitzia florida</i>	24.7	33.3	39.7	32.5 d
Ortalama	41.4 c	55.1 b	64.6 a	

* Farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasında anlamlı fark vardır.

Gelişme dönemlerine göre bitki türlerinin bitki boylarında önemli farklar olması bu iki faktörün interaksyonunun önemli çıkmasına neden olmuştur (Çizelge 4, Şekil 1). En yüksek bitki boyuna (93.2 cm) *Atriplex lasiantha* türünün tohum olgunlaştırma döneminde ulaştığı belirlenmiştir. Vejetatif dönem sonuna göre tohum olgunlaştırma döneminde *Atriplex lasiantha*, *Halimione verrucifera*, *Halothamnus glaucus*, *Petrosimonia brachiata*, *Seidlitzia florida* türlerinin bitki boyları sırasıyla %40, %115, %34, %57 ve %60 oranında artış görülmüştür. Gelişme dönemlerine göre bitki boyunda en fazla artış *Halimione verrucifera* türünde gerçekleşmiştir (Çizelge 4, Şekil 1). Farklı bitki türleri üzerine yapılan araştırmalarda gelişme döneminin ilerlemesine bağlı olarak bitki boyunda da artış olduğu bildirilmiştir (Temel et al., 2015; Temel and Keskin, 2022; Keskin and Temel, 2022; Temel et al., 2023).



Şekil 1. Gelişme dönemlerine göre türlerin bitki boyları



Bitki Yaş Ağırlığı

Gelişme döneminin ilerlemesiyle bitki yaş ağırlığında önemli artış olmuştur. Türlerin ortalaması olarak vejetatif dönem sonundan tohum olgunlaştırma kadar bitki yaş ağırlığında yaklaşık %109 oranında artış olmuştur. Diğer taraftan türler arasında da bitki yaş ağırlığı bakımından önemli farklar olmuştur. Gelişme dönemlerinin ortalaması olarak *Halothamnus glaucus* diğer türlerden daha fazla miktarda bitki yaş ağırlığı üretmiştir. *Halothamnus glaucus* türünü *Halimione verrucifera* türü takip etmiştir. *Atriplex lasiantha*, *Petrosimonia brachiata* ve *Seidlitzia florida* türlerinin bitki yaş ağırlıkları arasında önemli fark görülmemiştir. Gelişme dönemi ve bitki türlerinin interaksyonu sonucu en yüksek bitki yaş ağırlığı 704.0 g ile tohum olgunlaştırma döneminde hasat edilen *Halothamnus glaucus* türünde kaydedilmiştir. En düşük bitki yaş ağırlığı ise 48.3 g tohum olgunlaştırma döneminde hasat edilen *Seidlitzia florida* türünde kaydedilmiştir. Vejetatif dönem sonuna göre, tohum olgunlaştırma döneminde *Atriplex lasiantha*, *Halimione verrucifera*, *Halothamnus glaucus*, *Petrosimonia brachiata*, *Seidlitzia florida* türlerinin bitki yaş ağırlıkları sırasıyla %-6, %88, %251, %38 ve %-30 oranında artış/azalış görülmüştür. *Atriplex lasiantha*, ve *Seidlitzia florida* türlerinde vejetasyon ilerledikçe bitki yaş ağırlığında azalış olmuştur. Tohum olgunlaştırma döneminde bitki yaş ağırlığında en fazla artış *Halothamnus glaucus* türünde görülmüştür. Bitki türlerinin gelişme dönemlerine göre bitki yaş ağırlıklarında görülen bu farklılıklar gelişme dönemi ve tür interaksyonunun önemli çıkmasına neden olmuştur. Diğer taraftan yıllık otsu türlere (*Atriplex lasiantha*, *Petrosimonia brachiata* ve *Seidlitzia florida*) göre, çok yıllık çalı formunda gelişme gösteren türlerin bitki yaş ağırlıkları daha yüksek olmuştur (Çizelge 4, Şekil 2). Yapılan birçok araştırmada da bitki türlerine bağlı olarak bitki yaş ağırlıklarında önemli farkların Pirasteh-Anosheh et al., 2023; olabileceği bildirilmiştir (Acar ve Güncan, 2002; Erol et al., 2022; Keskin and Temel, 2024).

Gelişme döneminin ilerlemesine bağlı olarak bazı türler (*Atriplex lasiantha*, ve *Seidlitzia florida*) çevre şartlarında daha fazla etkilenecek mevcut su içeriğinde azalmaya gidebilmektedir. Nitekim Çizelge 6'da bu bitkilere ait kuru ağırlıklar incelendiğinde gelişme dönemlerine göre bitki kuru ağırlıklarında artış olduğu görülmektedir. Bu sonuçlara göre de *Atriplex lasiantha*, ve *Seidlitzia florida* türlerinin gelişme döneminin ilerlemesine bağlı olarak kuru ot miktarında artış sürerken, bitkide sadece su kaybı fazla olmuştur (Çizelge 5, Çizelge 6). Diğer taraftan gelişme döneminin ilerlemesine bağlı olarak su ve kuru otte önemli kayıplar olmadan gelişmesine devam ettikleri görülmüştür. Ayrıca bu bitkiler ortam şartlarında daha fazla yararlanmakta ve vejetasyon süresinde üretim kapasitesini artırmaktadır (Temel et al., 2015; Temel and Keskin, 2022; Temel et al., 2023).

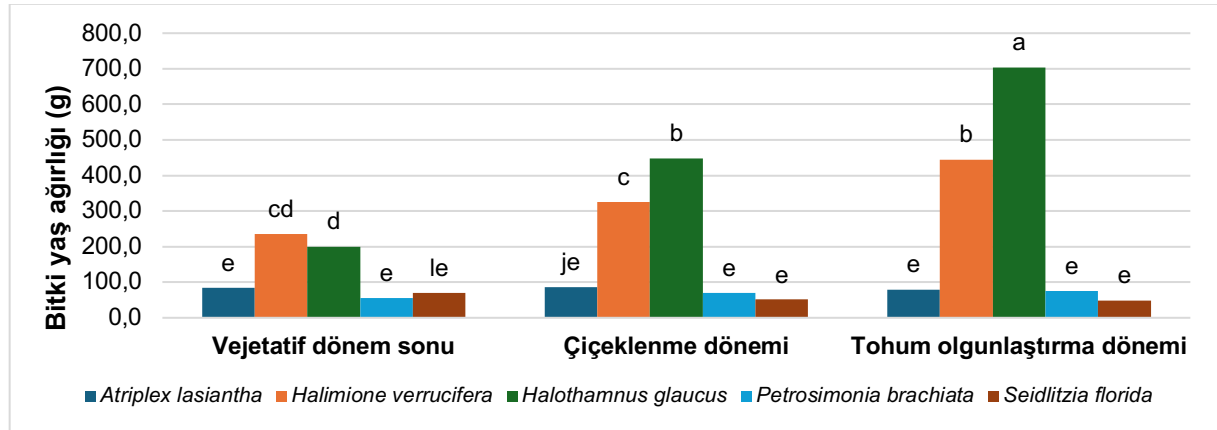
Çizelge 5. Fenolojik dönemlere göre türlerin bitki yaş ağırlığı

Türler	Bitki yaş ağırlığı (g)			
	Vejetatif sonu	dönem Çiçeklenme dönemi	Tohum olgunlaştırma dönemi	Ortalama
<i>Atriplex lasiantha</i>	83.8	86.7	78.7	83.1 c*
<i>Halimione verrucifera</i>	236.1	325.9	444.7	335.5 b
<i>Halothamnus glaucus</i>	200.3	448.0	704.0	450.7 a
<i>Petrosimonia brachiata</i>	54.7	70.8	75.9	67.1 c



<i>Seidlitzia florida</i>	69.3	51.4	48.3	56.3 c
Ortalama	128.8 c	196.5 b	270.3 a	

* Farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasında anlamlı fark vardır.



Şekil 2. Gelişme dönemlerine göre türlerin bitki yaş ağırlıkları

Bitki Kuru Ağırlığı

Gelişme dönemlerinin ortalamasına göre çok yıllık çalı formunda gelişme gösteren *Halothamnus glaucus* ve *Halimione verrucifera* türleri, yıllık otsu formda gelişme gösteren *Atriplex lasiantha*, *Petrosimonia brachiata* ve *Seidlitzia florida* türlerinde daha fazla miktarda bitki kuru ağırlıklarına sahip olmuşlardır. Otsu türler arasında ve çalı türleri arasında bitki kuru ağırlığı bakımından önemli fark oluşmamıştır. Türlerin ortalamasına göre, gelişme döneminin ilerlemesiyle bitki kuru ağırlığında önemli artış görülmüştür (Çizelge 6). Vejetatif dönem sonuna göre, tohum olgunlaştırma döneminde bitki kuru ağırlığı %307 oranında artış olmuştur.

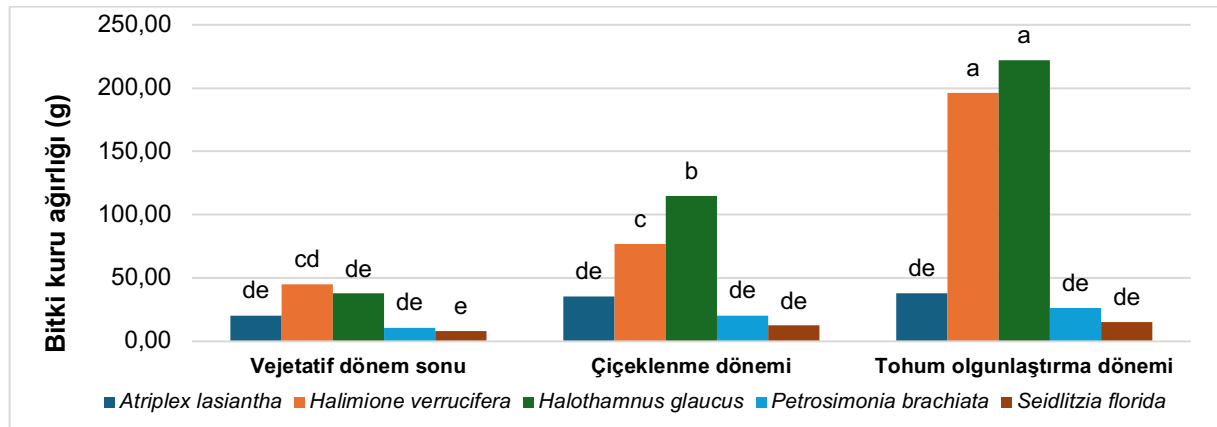
Çizelge 6. Fenolojik dönemlere göre türlerin bitki kuru ağırlığı

Türler	Bitki kuru ağırlığı (g)		
	Vejetatif dönem sonu	Çiçeklenme dönemi	Tohum olgunlaştırma dönemi
<i>Atriplex lasiantha</i>	20.3	35.5	38.0
<i>Halimione verrucifera</i>	45.2	76.7	196.0
<i>Halothamnus glaucus</i>	37.8	114.8	221.9
<i>Petrosimonia brachiata</i>	10.8	20.2	26.1
<i>Seidlitzia florida</i>	8.1	12.5	15.2
Ortalama	24.4 c	51.9 b	99.4 a



* Farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasında anlamlı fark vardır.

Gelişme dönemleri ve bitki türleri birlikte değerlendirildiğinde vejetatif dönem sonuna göre, tohum olgunlaştırma döneminde *Atriplex lasiantha*, *Halimione verrucifera*, *Halothamnus glaucus*, *Petrosimonia brachiata*, *Seidlitzia florida* türlerinin bitki kuru ağırlıkları sırasıyla %87, %333, %487, %141 ve %87 oranında artış görülmüştür. Gelişme dönemlerine göre bitki kuru ağırlığında en fazla artışlar *Halimione verrucifera* ve *Halothamnus glaucus* türlerinde görülmüştür. Bitki türlerinin gelişme dönemlerine göre bitki kuru ağırlığında farklı etkilenmeleri gelişme dönemi x tür interaksyonunun önemli çıkmasına neden olmuştur (Çizelge 6, Şekil 3). Gelişme dönemi ve bitki türleri üzerinde yapılan araştırmalarda türlerin ve gelişme dönemlerine göre bitki kuru ağırlığında önemli değişikliğin olduğu bildirilmiştir. (Temel et al., 2015; Pirasteh-Anosheh et al., 2023; Allahverdi ve Temel, 2025).



Şekil 3. Gelişme dönemlerine göre türlerin bitki kuru ağırlıkları

Kuru Ot Oranı

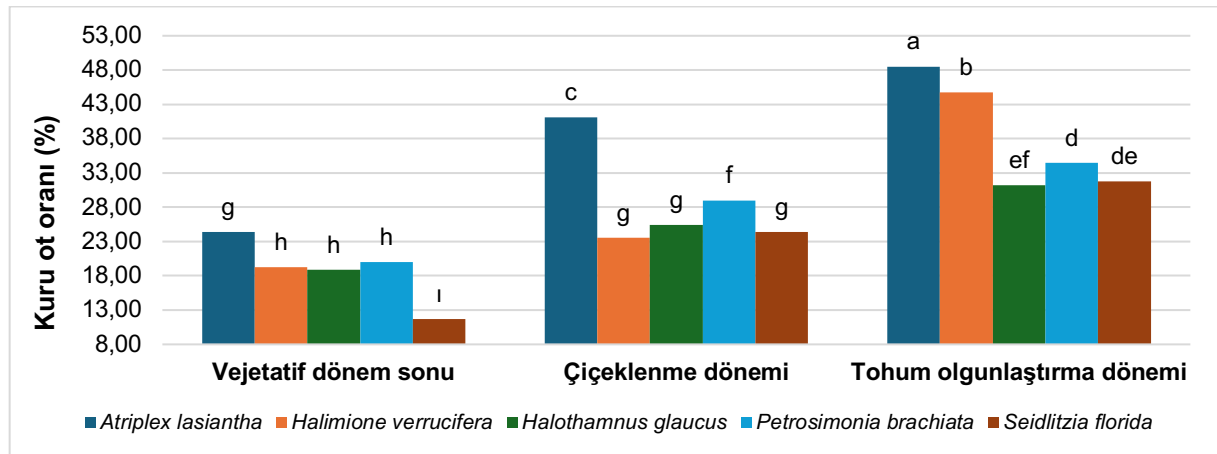
Kuru ot oranı türlere ve gelişme dönemlerine göre önemli derecede farklılık göstermiştir. Gelişme dönemlerine göre kuru ot oranında artışlar olmuştur. Türlerin ortalaması olarak, vejetasyon dönem sonuna göre, çiçeklenme döneminde kuru ot oranında %52 oranında artış olurken, tohum olgunlaştırma döneminde kuru ot oranında %102 oranında artış olmuştur. Gelişme dönemlerinin ortalaması olarak en yüksek kuru ot oranı *Atriplex lasiantha* türünde görülmüştür. Gelişme dönemlerine göre bitki türlerinin kuru ot oranında önemli farklar olması bu iki faktörün interaksyonunun önemli çıkmasına neden olmuştur (Çizelge 7, Şekil 4). Nitekim vejetatif dönem sonuna göre tohum olgunlaştırma döneminde *Atriplex lasiantha*, *Halimione verrucifera*, *Halothamnus glaucus*, *Petrosimonia brachiata*, *Seidlitzia florida* türlerinin kuru ot oranları sırasıyla %99, %131, %64, %72 ve %170 oranında artış görülmüştür (Çizelge 7, Şekil 4). Gelişme dönemlerine göre, kuru ot oranında en yüksek artış *Seidlitzia florida* türünde gerçekleşmiştir (Çizelge 4, Şekil 1). Türlerin gelişme dönemlerine göre kuru ot oranındaki bu farklılığın türlerin sukulent yapılarını koruma ve türlerin yaprak ve saplılık oranlarının farklı olmasından kaynaklanmış olabilir. Tuzlu ve kurak alanlarda gelişme gösteren bitki türlerinin kuru ot oranlarının %13.5 ile %70.4 arasında değiştiği bildirilmiştir (Laudadio et al., 2009; Al-Malki et al., 2021).



Çizelge 7. Fenolojik dönemlere göre türlerin kuru ot oranı

Türler	Kuru ot oranı (%)			
	Vejetatif sonu	Çiçeklenme dönemi	Tohum olgunlaştırma dönemi	Ortalama
<i>Atriplex lasiantha</i>	24.3	41.1	48.4	38.0 a*
<i>Halimione verrucifera</i>	19.3	23.5	44.7	29.2 b
<i>Halothamnus glaucus</i>	18.8	25.4	31.1	25.1 c
<i>Petrosimonia brachiata</i>	19.9	28.9	34.4	27.8 b
<i>Seidlitzia florida</i>	11.7	24.3	31.7	22.6 d
Ortalama	18.8 c	28.6 b	38.1 a	

* Farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasında anlamlı fark vardır.



Şekil 4. Gelişme dönemlerine göre türlerin kuru ot oranları

Kuru Ot Verimi

Gelişme dönemlerinin ortalaması olarak bitki türlerinin dekara kuru ot verimlerinde önemli farklar tespit edilmiştir. En yüksek dekara kuru ot verimi *Halimione verrucifera* türünde elde edilmiştir. *Halothamnus glaucus* ve *Petrosimonia brachiata* türlerinin dekara kuru ot verimleri arasında önemli fark bulunmamış, aynı zamanda bu türlerden en düşük dekara kuru ot verimi elde edilmiştir. Metrekarede bitki sayıları ile bitki kuru ot ağırlıklarından faydalanılarak dekara kuru ot verimleri belirlenmiştir. *Halimione verrucifera* türünün metrekaredeki bitki sayısının düşük (Çizelge 3) olmasına rağmen, bitki kuru ağırlığının yüksek olması (Çizelge 6) bu bitkinin dekara kuru ot veriminin yüksek olmasına neden olmuştur (Çizelge 8).

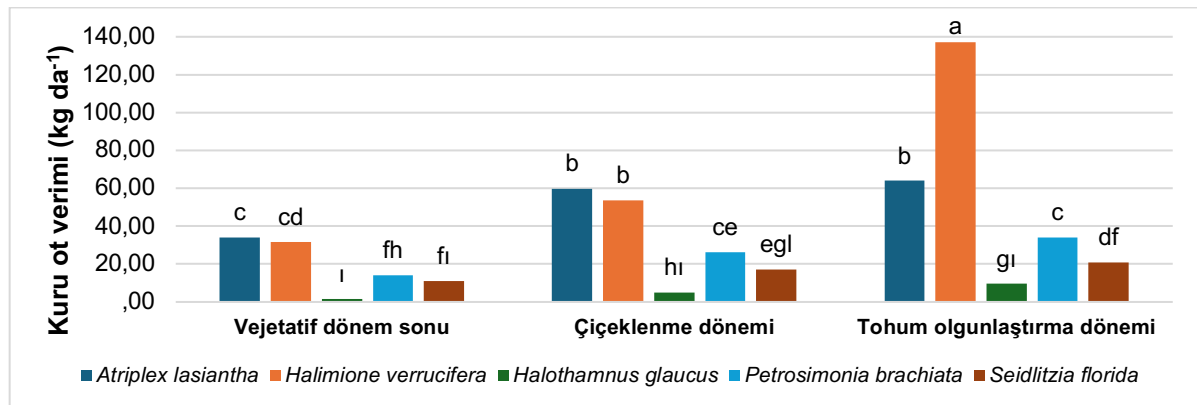


Çizelge 8. Fenolojik dönemlere göre türleri kuru ot verimleri

Türler	Kuru ot verimi (kg da ⁻¹)			Ortalama
	Vejetatif dönem sonu	Çiçeklenme dönemi	Tohum olgunlaştırma dönemi	
<i>Atriplex lasiantha</i>	34.1	59.6	63.9	52.5 b*
<i>Halimione verrucifera</i>	31.6	53.7	137.2	74.2 a
<i>Halothamnus glaucus</i>	1.6	4.9	9.5	5.37e
<i>Petrosimonia brachiata</i>	14.0	26.3	33.9	24.7 e
<i>Seidlitzia florida</i>	11.0	17.1	20.8	16.3 d
Ortalama	15.5 c	32.3 b	53.1 a	

* Farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasında anlamlı fark vardır.

Türlerin ortalaması olarak gelişme dönemi ilerledikçe elde edilen dekara kuru ot verimlerinde önemli artışlar olmuştur (Çizelge 8). Vejetatif dönem sonuna göre, tohum olgunlaştırma döneminde %242 oranında dekara kuru ot veriminde artış olmuştur. Türlerin gelişme dönemlerine göre dekara kuru ot verimindeki artışlarda farklılık görülmüştür. Nitekim vejetatif dönem sonuna göre tohum olgunlaştırma döneminde *Atriplex lasiantha*, *Halimione verrucifera*, *Halothamnus glaucus*, *Petrosimonia brachiata*, *Seidlitzia florida* türlerinin dekara kuru ot verimleri sırasıyla %87, %334, %493, %142 ve %89 oranında artış görülmüştür (Çizelge 8, Şekil 5). Türlerin gelişme dönemlerine göre farklı oranlarda dekara kuru ot verimindeki artışları gelişme dönemi x tür interaksyonunun önemli çıkmasına neden olmuştur. Halofit ve kserofit türler üzerinde yapılan araştırmalarda türlere ve dönemlere göre dekara kuru ot verimlerinde önemli farklılıkların olduğu rapor edilmiştir (Attia-Ismail, 2015; Erol et al., 2022; Alatürk et al., 2023).



Şekil 5. Gelişme dönemlerine göre türlerin kuru ot verimleri



SONUÇ

Araştırmada incelenen türlerin metrekaresindeki bitki sayıları 0.04 ile 1.68 adet arasında değişmiştir. *Atriplex lasiantha* türü diğer incelenen türlere göre birim alanda daha fazla yoğunlukta bulunmuştur. Birim alanda en az yoğunlukta bulunan bitki *Halothamnus glaucus* olmuştur. Gelişme dönemleri ve türlere göre bitki boyları 24.7 cm ile 93.2 cm, bitki yaş ağırlığı 48.3 g ile 704.0 g, bitki kuru ağırlığı 8.1 g ile 221.9 g, kuru ot oranı %11.7 ile %48.4 ve dekara kuru ot verimi 1.6 kg da⁻¹ ile 137.2 kg da⁻¹ arasında değişmiştir. En yüksek bitki boyu ve kuru ot oranı *Atriplex lasiantha* türünde, bitki yaş ağırlığı ve bitki kuru ağırlığı *Halothamnus glaucus*, dekara kuru ot verimi ise *Halimione verrucifera* türünde elde edilmiştir. Türlerin gelişme dönemlerinin ilerlemesiyle bitki boyu, bitki kuru ağırlığı, kuru ot oranı ve dekara kuru ot verimi artmıştır. Ancak gelişme döneminin ilerlemesiyle *Atriplex lasiantha* ve *Seidlitzia florida* türlerinde yaş ot veriminde düşüş olurken, *Halimione verrucifera*, *Halothamnus glaucus* ve *Petrosimonia brachiata* türlerinde artış görülmüştür.

TEŞEKKÜR

Bu araştırma, Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK)'nın 223O063 numaralı projesiyle desteklenmiştir. Yazarlar, finansmanı için TÜBİTAK'a teşekkürlerini sunarlar.



KAYNAKLAR

- Acar, R., Güncan, A. (2002). Kaba yem olarak değerlendirilebilecek bazı yabancı ot karakterindeki bitkilerin morfolojik özellikleri ve ham protein oranlarının belirlenmesi. S. Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi, 16 (29), 79-83.
- Al-Malki, M.A., Osman, H.E., I-Morsy, M.H. (2021). Ecological and nutritional values of halophytes in the Al-Qunfudhah, Saudi Arabia. Journal of Umm Al-Qura University for Applied Science, 7(1), 27-33.
- Allahverdi, B., Temel, S. (2025). Küçük Ağır Dağı'nın farklı rakımlarında yer alan meraların bazı kalitatif ve kantitatif özelliklerinin belirlenmesi. Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi,, 15(2), 706-718. <https://doi.org/10.21597/jist.1608141>.
- Alatürk, F., Hanoğlu Oral, H., Gökkuş, A., Ali, B. (2023). Annual changes in biomass amount and feeding potential of shrub by rangelands in maquis formation. Peer Journal, 11, e15204.
- Anonim, (2022). Iğdır Meteoroloji İl Müdürlüğü, Iğdır.
- Anonim, (2024). Iğdır Meteoroloji İl Müdürlüğü, Iğdır.
- AOAC. (1990). Official methods of analysis of AOAC (15. Edition). Arlington, VA, USA: Association of Official Analytical Chemists Inc.
- Attia-Ismail, S. A. (2015). Nutritional and feed value of halophytes and salt tolerant plants. Halophytic and Salt Tolerant Feedstuffs: Impacts on Nutrition. Physiology and Reproduction of Livestock, Taylor and Francis, 21.
- Bower, C. A. (1959). Cation exchange equilibrium in soils affected by sodium salts. Soil Science, 88(1), 32- 35.
- Brown, J. J., Cybulska, I., Chaturvedi, T., & Thomsen, M. H. (2014). Halophytes for the production of liquid biofuels. In M. A. Khan et al. (Eds.), Sabkha ecosystems (pp. 67–72). Dordrecht: Springer.
- Erol, S., Arslan, Ö., Aşık, B. B., Budaklı Çarpıcı, E. (2022). The effects of different sowing times and harvest stages on forage yield and quality in buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench). Turkish Journal of Field Crops, 27(1), 78-86. <https://doi.org/10.17557/tjfc.1071283>.
- Grigore, M. N., Toma, C. (2014). Integrative ecological notes on halophytes from “Valea Ilenei”(Iași) nature reserve. Memoirs of the Scientific Sections of the Romanian Academy, 37, 19-36.
- Hasanuzzaman, M., Nahar, K., Alam, M. M., Bhowmik, P. C., Hossain, M. A., Rahman, M. M., Prasad, M. N. V., Ozturk, M., Fujita, M. (2014). Potential use of halophytes to remediate saline soils. BioMed research international, 2014. (Article ID 589341), <https://doi.org/10.1155/2014/589341>
- Hussain M. I., Lyra D. A., Farooq M., Nikoloudakis N., Khalid N. (2016). Salt and drought stresses in safflower: a review. Agronomy for Sustainable Development, 36 (4): 1–31. 12, <https://doi.org/10.1007/s13593-015-0344-8>
- Hussain M. I., Al-Dakheel A. J., Reigosa M. J. (2018). Genotypic differences in agro-physiological, biochemical and isotopic responses to salinity stress in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) plants: Prospects for salinity tolerance and yield stability. Plant Physiology and Biochemistry, 129: 411–420. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2018.06.023>
- Hussain M. I., Farooq M., Muscolo A., Rehman, A. (2020). Crop diversification and saline water irrigation as potential strategies to save freshwater resources and reclamation of marginal



soils – a review. Environmental Science and Pollution Research, 27: 28695–28729. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-09111-6>

Keskin, B., Temel, S. 2022. Kuru şartlarda yetiştirilen selvi sirken (*Atriplex nitens*)’in ot verimi ve bazı verim öğeleri üzerine farklı ekim ve hasat dönemlerinin etkileri. Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi, 9(2), 340-349. <https://doi.org/10.30910/turkjans.1060028>.

Keskin, B., Temel, S., Tohumcu, S.A. (2023). Determination of forage yield performance of different *Chenopodium quinoa* cultivars in saline conditions. Zemdirbyste-Agriculture, 110(2), 149–156. DOI 10.13080/z-a.2023.110.018,

Keskin, B., Temel, S. (2024). Change in monthly mineral content of Russian Thistle. Turkish Journal of Range and Forage Science, 5(1), 12-20. doi: <https://doi.org/10.51801/turkjrf.1420268>.

Khan, M. A., Böer, B., Öztürk, M., et al. (Eds.). (2014). Sabkha ecosystems: Volume IV: Cash crop halophyte and biodiversity conservation (Vol. 47). Dordrecht: Springer.

Laudadio, V., Tufarelli, V., Dario, M., Hammadi, M., Seddik, M. M., Lacalandra, G. M., Dario, C. (2009). A survey of chemical and nutritional characteristics of halophytes plants used by camels in Southern Tunisia. Tropical Animal Health and Production, 41, 209-215. <https://doi.org/10.1007/s11250-008-9177-7>.

Nelson, D. W., Sommer, L. E. (1982). Total carbon, organic carbon and organic matter. In: Methods of Soil Analysis, Part II: Chemical and microbiological properties. (Eds: A.L. Page, R.H. Miller and D.R. Keeney), American Society of Agronomy, Madison, WI, pp 539-579.

Ozturk, M., Altay, V., Güvensen, A. (2019). Sustainable use of halophytic taxa as food and fodder: An important genetic resource in Southwest Asia. In M. Hasanuzzaman et al. (Eds.), Ecophysiology, abiotic stress responses and utilization of halophytes (pp. 235–257). Singapore: Springer.

Pirasteh-Anosheh, H., Ranjbar, G, Akram, N. A., Ghafar, M. A., Panico, A., (2023). Forage potential of several halophytic species grown on saline soil in arid environments, Environmental Research, 219 (2023), 114954. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2022.114954>.

Richards, L. A. (1954). “Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils”. U.S. Department of Agriculture Handbook 60: 94.

Saddhe, A. A., Manuka, R., Nikalje, G. C., Penna, S. (2020). Halophytes as a potential resource for phytodesalination. Handbook of Halophytes: From Molecules to Ecosystems towards Biosaline Agriculture, 1-21. https://doi.org/10.1007/978-3-030-57635-6_92.

Temel, S., Şimşek, U. (2011). Iğdır ovası toprakların çoraklaşma süreci ve çözüm önerileri. Alinteri Journal of Agricultural Science, 21(B), 53-59. .

Temel S., Keskin B., Şimşek U., Yılmaz İ. H. (2015). Performance of some forage grass species in halomorphic soil. Turkish Journal of Field Crops, 20 (2): 131–141. <https://doi.org/10.17557/tjfc.82860>

Temel, S., Keskin, B., Akbay Tohumcu, S., Tan, M., Ünal, M., Yılmaz, I.H. (2017). Iğdır İli Çayır Mera Bitkileri Kılavuzu (1. Baskı). Ankara: Öncü Basım Yayım Tanıtım Ltd. Şti.

Temel, S., Keskin, B. 2022. Determination of forage quality properties of plant parts in different amaranth varieties cultivated under irrigated and rainfed conditions. Atatürk University Journal of Agricultural Faculty, 53 (2), 122-132. <https://doi.org/10.54614/AUAF.2022.1034402>



Temel, S., Keskin, B., Güner, Z., Atalay, A. İ. (2023). “Determination of yield and quality characteristics of common reed (*Phragmites australis* (cav.) trin. ex steud) harvested at different growth stages”. Turkish Journal of Field Crops, 28 (1), 70-78. <https://doi.org/10.17557/tjfc.1235699>

Temel, S., Kokten, K., Keskin, B., Oluk, C.A. (2025). Chemical Constituents from the Seeds of Quinoa Varieties. Chemistry of Natural Compounds, 61(4), 755-757, <https://doi.org/10.1007/s10600-025-04749-5>.

Thomas, G.W. (1996). Soil pH and soil acidity. In: Methods of Soil Analysis - Part 3 - Chemical Methods, (Ed.: D.L. Sparks). Madison, Wisconsin: Soil Science Society of America and American Society of Agronomy. pp. 475-490.

Yavuz, T., Kır, H., Gül, V., (2020). Türkiye’de kaba yem üretim potansiyelinin değerlendirilmesi: Kırşehir ili örneği. Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi, 7(3), 345-352. <https://doi.org/10.19159/tutad.728119>.



AGROCHEMICALS AND BIOPESTICIDES

Ahmed Attahiru

Department of Pure and Industrial Chemistry

Kebbi State University of Science and Technology, Aliero, Nigeria

: ahmedattahiru02@gmail.com

ABSTRACT

The increasing reliance on synthetic agrochemicals has significantly improved global agricultural productivity, yet their indiscriminate use continues to raise major concerns regarding environmental contamination, biodiversity loss, and human health risks. Residual accumulation in soils, water bodies, and food systems has been linked to ecological imbalance and chronic health disorders. To address these challenges, biopesticides derived from plants, microorganisms, and naturally occurring minerals are gaining attention as sustainable alternatives. They are biodegradable, target specific, and environmentally benign, aligning with the goals of integrated pest management and sustainable agriculture. Despite their proven potential, large scale application of biopesticides remains limited due to challenges such as inconsistent field efficacy, low farmer awareness, inadequate policy frameworks, and commercialization barriers. Current research emphasizes the need for improved formulations, enhanced stability, and supportive regulations to accelerate adoption. Balancing the judicious use of agrochemicals with the integration of biopesticides offers a practical pathway to achieve food security while minimizing ecological and public health risks. This study highlights the prospects and challenges of biopesticide adoption in modern agriculture, emphasizing their role in driving environmentally responsible crop protection strategies.

Keywords: Agrochemicals, Biopesticides, Sustainable agriculture, Environmental safety, Food security.



1. INTRODUCTION

Agriculture is central to global food security, providing livelihoods to billions of people. However, the expansion of modern agriculture has been accompanied by widespread reliance on synthetic pesticides to control pests and diseases, improve yields, and protect food systems. According to the Food and Agriculture Organization (FAO), global pesticide use exceeds 4 million tons annually, with developing countries accounting for a growing share of consumption (FAO, 2022). While these inputs have significantly boosted productivity, their overuse and misuse have created profound ecological and human health challenges.

In Africa, particularly in Nigeria, pesticide reliance has increased due to the growing need to sustain food security for rapidly rising populations. Nigeria, with over 200 million people, faces an urgent demand for food production. However, the excessive use of synthetic pesticides has led to contamination of soils and water bodies, biodiversity loss, pest resistance, and cases of pesticide poisoning among farmers (Adeyemi et al., 2021). The challenge lies in ensuring agricultural productivity while minimizing these negative consequences.

Biopesticides pesticides derived from natural sources such as plants, microbes, and minerals have emerged as promising alternatives that can support sustainable agricultural systems. Their biodegradability, specificity, and low toxicity align with global goals of integrated pest management (IPM) and environmentally responsible agriculture. Countries such as India and China have made significant progress in developing and commercializing biopesticides, but adoption in Nigeria and across Africa remains limited.

This paper explores advances in biopesticide development, their application in modern agriculture, and challenges limiting their use, with a focus on Nigeria and Africa. It emphasizes the role of indigenous knowledge, local biodiversity, and supportive policy frameworks in promoting sustainable crop protection.

2. METHODOLOGY

This study was conducted as a narrative review of current literature on the role of biopesticides in sustainable agriculture, with particular emphasis on Africa and Nigeria. Databases including PubMed, Scopus, Web of Science, ScienceDirect, and Google Scholar were searched for peer-reviewed articles published between 2020 and 2025 using keywords such as *biopesticides*, *sustainable agriculture*, *Nigeria*, *Africa*, *crop protection*, *integrated pest management*.

Inclusion criteria were:

1. Studies published between 2020–2025.
2. Articles focusing on biopesticides in global agriculture with case studies relevant to Africa or Nigeria.
3. Research addressing environmental, health, or economic impacts of biopesticide adoption.

Exclusion criteria were:

1. Articles published before 2020 (unless historically significant).
2. Non-peer-reviewed sources with unverified data.
3. Studies unrelated to agriculture or pest management.

Information was synthesized to highlight current advances, challenges, and practical applications of biopesticides in modern agriculture.



3. SYNTHETIC PESTICIDES IN AGRICULTURE: BENEFITS AND LIMITATIONS

Synthetic pesticides remain central to pest and disease control in agriculture. They have been effective in reducing crop losses, improving yield quality, and stabilizing food supplies. In Africa, pesticide use is often promoted to combat high pest pressure, especially in staple crops like maize, rice, and cassava (Olayemi et al., 2022).

However, their indiscriminate use raises serious concerns:

- **Environmental impacts:** Runoff contaminates soil, water, and ecosystems, causing biodiversity decline and disruption of beneficial insects such as pollinators (Osei et al., 2021).
- **Health risks:** Prolonged exposure is linked to neurological disorders, cancers, and reproductive issues (Adeyemi et al., 2021).
- **Resistance:** Pests evolve resistance, reducing long-term efficacy (Abro et al., 2020).
- **Economic burden:** Import dependency and high costs create financial challenges for smallholder farmers.

Table 1: Comparative Overview of Synthetic Pesticides and Biopesticides

Parameter	Synthetic Pesticides	Biopesticides
Source	Chemically synthesized	Plants, microbes, minerals
Environmental Persistence	High	Low (biodegradable)
Specificity	Broad spectrum (non-selective)	Target specific
Human Health Risk	High	Low
Resistance Development	High	Lower (varied mechanisms)
Cost	Often high	Moderate to low (local production possible)

4. BIOPESTICIDES AS SUSTAINABLE ALTERNATIVES

Biopesticides are derived from natural origins and include:

1. **Plant based biopesticides:** e.g., *Azadirachta indica* (neem), *Capsicum annuum* (chili), *Piper guineense* (African black pepper).
2. **Microbial biopesticides:** including bacteria (*Bacillus thuringiensis*), fungi (*Trichoderma spp.*), and viruses (nucleopolyhedroviruses).
3. **Mineral-based biopesticides:** e.g., sulfur, diatomaceous earth.

These agents offer multiple benefits: biodegradability, reduced toxicity, safety for beneficial organisms, and effectiveness against resistant pests.



In Nigeria, neem has been widely studied and promoted as a plant-based pesticide due to its active compound, azadirachtin, which acts as a feeding deterrent and growth inhibitor (Oladipo et al., 2023). Similarly, microbial agents such as *Bacillus thuringiensis* (Bt) have shown promise in controlling lepidopteran pests in maize and vegetables (Eze et al., 2022).

5. Mechanisms of Action of Biopesticides

Biopesticides function through various mechanisms:

- **Repellence:** e.g., neem oil deters feeding in insect pests.
- **Growth inhibition:** disrupting molting and reproduction cycles.
- **Toxicity to specific pests:** Bt toxins form pores in insect midgut membranes, leading to mortality.
- **Induction of systemic resistance:** *Trichoderma spp.* enhance plant defenses.
- **Physical action:** mineral dusts cause desiccation in soft bodied insects.

Table 2: Major Classes of Biopesticides and Mechanisms

Class	Example	Mechanism
Plant derived	Neem (<i>Azadirachta indica</i>)	Growth disruption, repellence
Microbial	<i>Bacillus thuringiensis</i>	Gut toxin formation
Fungal	<i>Trichoderma spp.</i>	Induced systemic resistance
Viral	Nucleopolyhedrovirus	Host-specific viral infection
Mineral	Sulfur, diatomaceous earth	Physical desiccation, toxicity

6. ADVANCES IN BIOPESTICIDE DEVELOPMENT

Recent innovations have improved the effectiveness of biopesticides:

- **Nanoformulations:** Encapsulation of neem or Bt extracts enhances stability and controlled release (Chinnasamy et al., 2021).
- **Synergistic formulations:** Combining microbial and plant extracts for enhanced efficacy.
- **Biotechnological tools:** Genetic engineering to produce Bt crops resistant to pests.
- **Improved shelf life:** Freeze drying and microencapsulation techniques to increase market viability.

Such advances are critical for Africa, where climatic conditions often reduce the stability of natural products.



7. CASE STUDIES IN NIGERIA AND AFRICA

7.1 Neem (*Azadirachta indica*)

Neem is indigenous to Africa and widely available in Nigeria. Extracts are effective against over 200 insect species, including locusts and storage pests such as *Callosobruchus maculatus* in cowpea (Akinmoladun et al., 2022).

7.2 African Black Pepper (*Piper guineense*)

Seeds contain piperine and other alkaloids with insecticidal activity, widely used in traditional storage pest control in Nigeria (Okonkwo et al., 2021).

7.3 Microbial Biopesticides

Bt-based products have shown significant efficacy in controlling maize stem borers in Kenya and Nigeria. Adoption remains limited due to high costs and lack of awareness.

7.4 Indigenous Practices

Farmers in northern Nigeria traditionally use ash, pepper, and neem extracts for pest control, demonstrating the potential of indigenous knowledge in sustainable pest management (Ezeanya et al., 2020).

8. CHALLENGES TO BIOPESTICIDE ADOPTION IN NIGERIA AND AFRICA

- **Low awareness:** Farmers rely heavily on synthetic pesticides due to limited knowledge.
- **Policy gaps:** Weak regulatory frameworks slow commercialization.
- **Market challenges:** Poor infrastructure for production and distribution.
- **Research limitations:** Limited funding and fragmented studies.
- **Environmental variability:** Inconsistent efficacy under field conditions.

Table 3: Challenges and Opportunities for Biopesticides in Nigeria and Africa

Challenges	Opportunities
Low awareness among farmers	Farmer education and extension services
Weak policy and regulation	Stronger enforcement and support from government
Inconsistent efficacy	Advances in formulation technologies
Commercialization barriers	Community-based production enterprises
Limited research funding	Regional and international collaborations

9. POLICY, REGULATION, AND COMMERCIALIZATION

Nigeria's agricultural policy emphasizes food security but provides limited direct support for biopesticide development. Strengthening the regulatory framework is critical for adoption. The African Union's Agenda 2063 and FAO's promotion of IPM provide opportunities for regional alignment.



Collaborations between universities, research institutes, and private companies can drive commercialization. For example, community-scale neem processing units could supply local farmers at low cost.

10. FUTURE PERSPECTIVES

Biopesticides hold immense potential to transform agriculture in Africa. With Africa's rich biodiversity, indigenous plants could be harnessed for large-scale production of novel biopesticides. Integration of local knowledge with modern science can accelerate adoption.

Future efforts should focus on:

- Expanding farmer training and awareness programs.
- Investing in research and development for African crops and pests.
- Supporting policy reforms to streamline registration and commercialization.
- Encouraging public-private partnerships for local production.

11. CONCLUSION

Biopesticides present a sustainable and environmentally friendly solution to the challenges posed by synthetic pesticides in agriculture. Their adoption can reduce environmental contamination, protect biodiversity, and safeguard human health while maintaining productivity. In Nigeria and Africa, opportunities lie in leveraging indigenous biodiversity, strengthening regulatory frameworks, and supporting local commercialization. Addressing challenges of awareness, formulation, and policy will be critical for biopesticides to play a central role in sustainable agriculture and food security.



REFERENCES

1. Adeyemi, O., Olayinka, O., & Abubakar, A. (2021). Pesticide exposure and health risks among farmers in Nigeria. *Environmental Health Perspectives*, 129(7), 077002.
2. Akinmoladun, F. O., Adeola, A. A., & Bello, A. S. (2022). Efficacy of neem seed extracts against storage pests of cowpea in Nigeria. *Journal of Pest Science*, 95(2), 589–601.
3. Chinnasamy, S., Gupta, R., & Sharma, V. (2021). Nanoformulation of biopesticides: A sustainable approach for crop protection. *Frontiers in Sustainable Agriculture*, 3, 88.
4. Eze, S. O., Okonkwo, C. O., & Onwudiwe, C. (2022). Efficacy of *Bacillus thuringiensis* formulations against maize stem borers in Nigeria. *African Crop Protection Journal*, 27(3), 211–223.
5. Ezeanya, C. A., Umeh, U. E., & Dike, M. C. (2020). Indigenous pest management practices among smallholder farmers in northern Nigeria. *International Journal of Agricultural Sustainability*, 18(5), 437–449.
6. FAO. (2022). *World pesticide use report 2022*. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
7. Oladipo, O., Adebayo, S., & Balogun, K. (2023). Biopesticides in Nigeria: Current status and future prospects. *Journal of Agricultural Research and Development*, 12(1), 1–15.
8. Okonkwo, N. A., Eze, U. J., & Agbo, N. E. (2021). *Piper guineense* as a botanical pesticide for sustainable agriculture in West Africa. *Journal of Ethnopharmacology*, 281, 114–124.
9. Olayemi, A., Adegbite, O., & Yusuf, T. (2022). Trends in pesticide use in African agriculture: Implications for sustainability. *Sustainability*, 14(9), 5211.
10. Osei, F., Boateng, E., & Danso, K. (2021). Environmental effects of pesticide use in sub-Saharan Africa. *African Journal of Ecology*, 59(4), 699–710.



NANOTECHNOLOGY APPLICATIONS IN NANO-FERTILIZERS AND NANO-PESTICIDES IN CROPS

R. Swathi^{1*}

Undergraduate Students, Faculty of Pharmacy, Bharath Institute of Higher Education And Research Chennai, India

ORCID: 0009-0003-3037-1531

1*Author, Email/phonenummer: swathisanjai2006@gmail.com

G. David^{1*}

Undergraduate Students, Faculty of Pharmacy, Bharath Institute of Higher Education And Research Chennai, India

ORCID: 0009-0005-0428-9811

2* Author, Email/phone number: daviddarry05@gmail.com

ABSTRACT:

The global imperative to feed a growing population while preserving environmental integrity has intensified the search for technologically advanced, resource-efficient agricultural solutions. Nanotechnology — the controlled manipulation of materials on the scale of 1–100 nm — offers novel approaches to ameliorate inefficiencies associated with conventional fertilizers and pesticides. Nano-fertilizers and nano-pesticides (also called nanopesticides) are engineered formulations designed to enhance nutrient use efficiency, provide controlled and targeted delivery of active ingredients, reduce off-target losses, and minimize environmental contamination. This chapter synthesizes current knowledge on the types, synthesis methods, modes of action, agronomic performance, environmental fate, and safety concerns of nano-fertilizers and nano-pesticides in crop production. It examines delivery systems and integration with precision agriculture, reviews representative case studies and field trials, discusses regulatory and socio-economic considerations, and outlines research priorities to support safe and responsible deployment. While nanoenabled agrochemicals show substantial promise to increase productivity and sustainability, their large-scale adoption requires robust ecotoxicological evaluation, standardized testing protocols, transparent regulatory frameworks, and strategies to ensure affordability and accessibility for smallholder farmers. The chapter concludes with a set of recommended research directions and policy measures to accelerate the safe integration of nanotechnology into sustainable crop production systems.

Keywords: Nanotechnology; Nano-fertilizer; Nano-pesticide; Nanocarrier; Precision agriculture; Ecotoxicology.



1. INTRODUCTION

1.1. Agricultural context and the need for innovation

Global agriculture must produce substantially more food in the coming decades while coping with resource limitations, soil degradation, climate variability, and concerns about environmental pollution. Conventional agrochemicals — macronutrient fertilizers (N, P, K) and a spectrum of synthetic pesticides — have underpinned yield gains since the mid-20th century, but they often exhibit low resource use efficiencies and cause unintended ecological and human health impacts. For example, inefficiencies in nitrogen use lead to substantial losses to the atmosphere and water bodies, contributing to greenhouse gas emissions and eutrophication. Pesticide overuse promotes pest resistance and contaminates non-target organisms. Thus, technologies that increase input efficiency and reduce off-target impacts are urgently required.[1]

1.2. Why nanotechnology?

Nanotechnology manipulates matter at the nanoscale, where physical, chemical and biological properties can differ markedly from bulk materials. At these dimensions, increased surface area, tunable release kinetics, and the possibility for functionalization enable new mechanisms for delivering nutrients and active ingredients to plants and pests.[2] Nano-formulations permit encapsulation, protection, and controlled release; surface functionalization can improve targeting and compatibility with plant tissues; and integration with sensors can support precision delivery. Collectively, these features promise to increase agronomic efficiency while mitigating negative environmental outcomes.

2. BACKGROUND: FUNDAMENTALS OF NANOTECHNOLOGY RELEVANT TO AGRICULTURE

2.1. Basic properties of nanoparticles

Nanoparticles (NPs) show a high surface area-to-volume ratio, quantum size effects for some materials, and surface chemistry that can be readily altered by coatings or functional groups. These properties influence dissolution rates, reactivity, interaction with biological membranes, optical and catalytic behavior, and aggregation in environmental media.[3]

2.2. Common nanomaterials used in agroformulations

Several inorganic and organic nanomaterials are used or explored in agriculture: metal and metal-oxide nanoparticles (e.g., Ag, Cu, ZnO, TiO₂, Fe₃O₄), silica nanoparticles, carbon-based materials (carbon nanotubes, graphene oxide), polymeric nanoparticles (chitosan, PLGA, alginate), liposomes, dendrimers, and hybrid nanocomposites. Material choice depends on intended function nutrient provision, carrier matrix, controlled release, antimicrobial action, or sensing.

2.3. Nanocarriers and encapsulation strategies

Encapsulation strategies include polymeric nanoparticles, nanocapsules, emulsions and nanoemulsions, mesoporous silica, layered double hydroxides (LDH), and lipid-based carriers. These systems protect labile molecules (urea, herbicides, biocides) from environmental degradation (e.g., photolysis, hydrolysis), provide controlled release, and can be targeted to specific plant tissues or pest niches.

2.4. Interaction of nanoparticles with plants and soil

Nanoparticles can interact with roots, foliar surfaces, stomata and cuticles, and can translocate within plant tissues via apoplastic and symplastic routes. Soil properties (pH, organic matter,



ionic strength) and NP characteristics (size, charge, surface coating) determine aggregation, mobility, bioavailability and persistence. Understanding these interactions is fundamental to designing safe and effective nano-agrochemicals.[4]

3.Nano-Fertilizers

Nano-fertilizers are engineered to increase the efficiency of nutrient delivery and uptake. Conceptually, they fall into several categories:

3.1.Synthesis and formulation approaches

Synthesis pathways vary by material and desired function:

- Top-down physical methods: Milling, high-pressure homogenization and sonication to reduce particle size.
- Bottom-up chemical synthesis: Precipitation, sol-gel, hydrothermal and chemical reduction methods produce defined nanoparticles (e.g., ZnO NPs).
- Green or biological synthesis: Plant extracts, microbes, enzymes used as reducing/stabilizing agents to generate metal or metal-oxide NPs with lower environmental footprints.
- Polymeric encapsulation and layer-by-layer assembly: Biopolymers (chitosan, alginate) or synthetic polymers (PLGA) used to encapsulate soluble nutrients.[5]

Formulation includes steps to stabilize NPs (surface capping), prevent aggregation (steric/electrostatic stabilization), and tailor release profiles (crosslinking density, coating thickness).

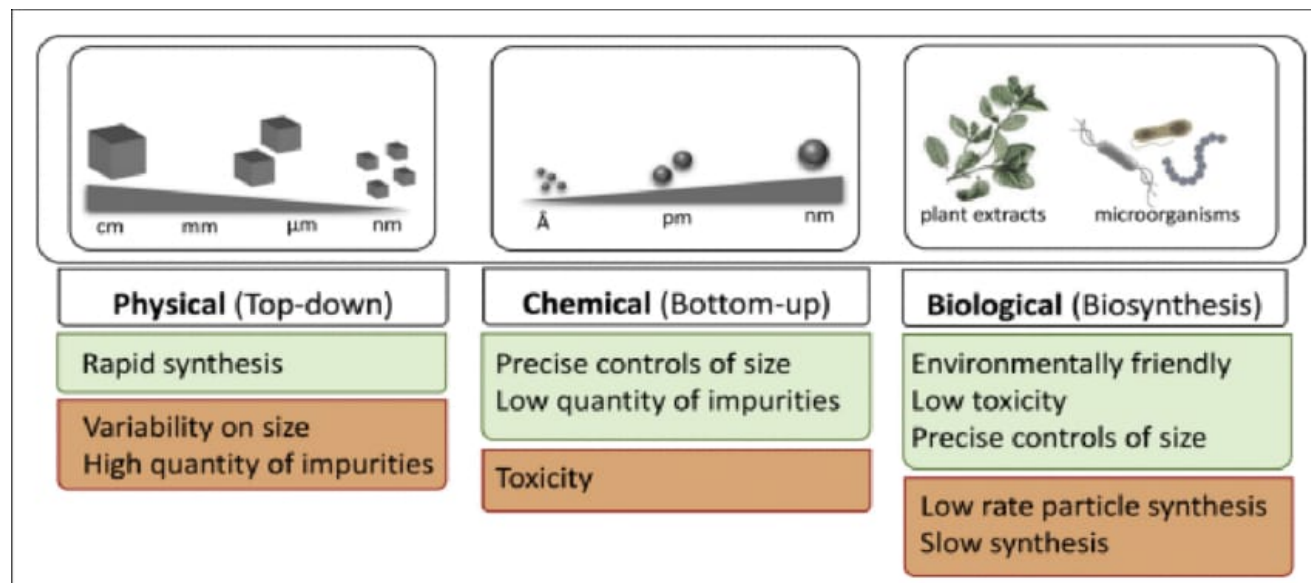


Fig:1.Synthesis and formulation approach

3.2.Modes of action: how nano-fertilizers work

Key mechanisms include:

- Improved solubility and bioavailability: Nanoparticulate forms present greater reactive surface area, enhancing dissolution for sparingly soluble nutrients.
- Controlled release kinetics: Encapsulation provides diffusion or degradation-controlled release, matching plant uptake rates and reducing peak losses.
- Enhanced uptake and translocation: Nano-sized carriers or chelated species can more easily pass root apoplastic barriers or enter through stomata after foliar application.



- Targeted delivery: Surface functionalization (e.g., with peptides or polysaccharides) can bias attachment to root surfaces or seed coatings.[6]

3.3.Agronomic benefits and performance evidence

- Field and greenhouse studies report several benefits of nano-fertilizers:
- Increased nutrient use efficiency (NUE): Reduced applied doses with equal or higher yields.
- Yield and quality improvements: Enhanced biomass, grain yield, and micronutrient density in edible parts.
- Reduced environmental losses: Lower leaching/runoff of nitrates and phosphates; reduced volatilization of ammoniacal species.
- Seed treatment advantages: Nano-coatings on seeds improve germination and early vigor.
- Representative examples include nano-zinc and nano-iron improving micronutrient status in cereals and vegetables; nano-urea formulations reducing N losses; and mesoporous silica carriers enabling sustained P availability.[7]

3.4.Application methods and practical considerations

Nano-fertilizers are applied as:

- Soil amendments: Banding, broadcasting with conventional machinery (note: handling considerations for powders and suspensions).
- Foliar sprays: Beneficial for micronutrients and when rapid correction is needed. Foliar nano-suspensions often require surfactants or adjuvants to improve wetting and penetration.
- Seed coatings and priming: Long-lasting localized nutrient supply during early growth stages.
- Fertigation: Integration with irrigation for controlled dosing.
- Operational considerations include dosing protocols (lower rates expected), suspension stability, nozzle compatibility (avoid clogging), and safety procedures for handling nanopowders.

3.5.Case studies and field trials

- Nano-urea: Encapsulated urea formulations have shown reduced N losses and comparable yields at lower N application rates in maize and rice trials. Slow release reduces peaks of soil mineral N susceptible to leaching.
- Nano-zinc (ZnO NPs): Foliar or soil application increased Zn concentration in grains of wheat and rice, addressing human micronutrient deficiencies (biofortification potential).
- Iron oxide nanoparticles (Fe_3O_4): Used to correct Fe chlorosis; improved chlorophyll content and biomass in several crops under calcareous soils.
- Mesoporous silica loaded with phosphorus: Sustained P release improved P use efficiency in cereals grown on P-fixing soils.[8]
- Note: While promising, many studies remain at pot or small field scale; long-term, multi-site trials are needed to validate performance across environments.

3.6.Potential risks and environmental considerations specific to nano-fertilizers

- Soil accumulation: Repeated applications of non-biodegradable carriers may alter soil physical and biological properties.
- Effects on soil microbiota: High concentrations of certain NPs (e.g., metal/metal-oxides) can inhibit beneficial microbes, altering nutrient cycling.



- Human exposure during manufacture and application: Occupational inhalation of nanopowders requires mitigation measures (PPE, engineering controls).

4.NANO-PESTICIDES (NANOPESTICIDES)

Nano-pesticides are pesticide formulations that use nanoscale carriers or active nanoparticulate agents to improve efficacy, stability, targeting, or reduce environmental exposures. Categories include:

4.1.Synthesis and formulation approaches

- Polymeric nanocapsules and nanospheres: Emulsification/solvent evaporation, ionic gelation (e.g., chitosan) and nanoprecipitation methods.
- Lipid-based carriers: Liposomes and solid lipid nanoparticles protect labile actives and enable foliar uptake.
- Inorganic nanocarriers: Mesoporous silica and layered materials used to load and slowly desorb actives.
- Nanoemulsion production: High-shear homogenization, ultrasonic emulsification, and phase inversion techniques produce stable nanoemulsions.
- Formulation goals include modulated release kinetics, UV protection, enhanced wettability and adhesion to plant surfaces, and reduced wash-off.[9]

4.2.Modes of action and targeting strategies

- Controlled and sustained release: Prevents rapid dissipation and maintains sublethal pressure that can reduce resistance selection if managed properly.
- Improved penetration into pest tissues: Smaller droplets or carriers may enhance cuticular penetration in insects or uptake into fungal tissues.
- Surface adhesion and rainfastness: Functionalized coatings (e.g., organosilanes, adhesive polymers) improve persistence on leaves.
- Stimuli-responsive release: Carrier systems triggered by pH, enzymatic activity, humidity or temperature can release actives when pests/pathogens are active.
- RNAi and gene targeting: Nanocarriers protect dsRNA from degradation and deliver it to target organisms to silence essential genes.

4.3.Agronomic benefits and performance evidence

Documented and hypothesized benefits include:

- Reduced application rates: Higher bioavailability may allow lower active ingredient loads for equivalent or superior control.
- Lower non-target exposure: Targeting and controlled release aim to minimize impacts on beneficial insects, soil fauna and surrounding ecosystems.
- Extended shelf life and stability: Encapsulation protects from photodegradation and hydrolysis.[10]
- Synergy with biological control: Controlled release of sub-lethal doses can be combined with biocontrol strategies.
- Representative examples: nanoencapsulated pyrethroids showing prolonged control of lepidopteran pests; silver and copper nanomaterials demonstrating broad-spectrum antimicrobial activity in greenhouse production.

4.4.Application methods

- Foliar sprays: Primary route for many nanopesticides — formulations must be compatible with sprayer systems.



- Soil drenches: For systemic pest/pathogen control or for root pests.
- Seed treatments: Protect early stages from seed-borne pathogens and pests.
- Baits and localized applications: For targeted pest management (e.g., termite baits with nanoparticle carriers).[11]

4.5. Case studies and field outcomes

- Chitosan-based nanocapsules of fungicides: Improved control of fungal leaf diseases with reduced total fungicide load in tomato and cucumber.
- Nanoemulsions of botanical oils (e.g., neem oil): Enhanced dispersion and contact efficacy against aphids and mites.
- Silver nanoparticle sprays: Effective against bacterial and fungal foliar pathogens in some greenhouse trials — though concerns exist regarding non-target impacts.
- RNAi nanoformulations: Experimental releases show species-specific suppression of target insect pests under controlled conditions; field efficacy, stability and delivery remain research frontiers.[12]

4.6. Potential risks and caveats for nanopesticides

- Non-target toxicity: Some nanoparticles (AgNPs) are broadly biocidal and may harm beneficial organisms including pollinators and soil fauna.
- Resistance evolution: Prolonged sublethal exposures may inadvertently select for resistance if not managed.
- Environmental persistence: Inorganic NPs may persist and accumulate, with uncertain long-term ecological consequences.
- Regulatory uncertainty: Many existing pesticide registration frameworks are not yet fully adapted to nanoparticle-based formulations.

5. DELIVERY SYSTEM AND INTEGRATION WITH PRECISION AGRICULTURE

5.1. Smart nanocarriers and stimuli-responsive systems

Advanced nanocarriers can be engineered to release cargo in response to environmental triggers (pH, enzymes, moisture) or biological signals (plant exudates). Such systems increase synchronization of supply with physiological demand and reduce unnecessary exposure.[13]

5.2. Precision application technologies

Integration with precision agriculture (GPS-guided application, variable rate dosing, remote sensing) allows targeted deployment of nano-formulations where they are most needed, further amplifying efficiency gains and reducing aggregate environmental load.

5.3. Sensors, diagnosis and closed-loop systems

Nanosensors can monitor soil nutrient status, plant stress markers, pathogen presence or pesticide residues at very low concentrations. Coupling real-time sensing with automated delivery (smart fertigation, drone spraying) would enable closed-loop nutrient and pest management systems that deliver nano-formulations only when and where required.[14]

6. ENVIRONMENTAL FATE, ECOTOXICOLOGY AND HUMAN HEALTH CONSIDERATIONS

6.1. Fate and transport in soil and water

Nanoparticle behavior in the environment is influenced by size, shape, surface charge, coating, and surrounding matrix chemistry (pH, ionic strength, organic matter). Key processes include



aggregation, dissolution, sorption to soil particles, and biotransformation. Dissolution (e.g., of ZnO to bioavailable Zn^{2+}) often mediates toxicity and nutrient release profiles.

6.2. Effects on soil biota and nutrient cycling

Soil microbes mediate essential processes such as nitrification, denitrification, P mineralization, and symbiotic nitrogen fixation. Elevated concentrations of certain metal/metal-oxide NPs can inhibit microbial respiration, enzyme activities, and symbioses (e.g., rhizobia, mycorrhizae), potentially affecting soil fertility in the long term.[15]

6.3. Plant uptake, translocation and food safety

Translocation of nanoparticles to edible tissues raises questions about food chain exposure. Some studies report accumulation of engineered NPs or their ionic dissolution products in edible tissues; therefore, understanding bioaccumulation and human exposure pathways is crucial. Nutrient-based NPs (e.g., Fe, Zn) may have beneficial roles in biofortification but require careful dosage control.

6.4. Toxicity to non-target animals and pollinators

Insect pollinators and beneficial predatory arthropods are sensitive to some nanoparticle formulations. Broad-spectrum metal NPs can be toxic to bees and beneficial insects. Risk assessments must include acute and chronic exposure studies across trophic levels.

6.5. Occupational exposure and safety in manufacturing/handling

Manufacturing workers and applicators may experience inhalation or dermal exposure to nanopowders or concentrated suspensions. Engineering controls, appropriate PPE, exposure monitoring, and training are necessary to minimize risks.[16]

6.6. Methodological challenges in ecotoxicology

Limited standardization in test methods (NP characterization in media, dosing metrics — mass vs. particle number vs. surface area), environmental realism (lab vs. field) and long-term studies constrain robust risk assessments. Development of standardized protocols and environmentally relevant exposure scenarios is a priority.[17]

7. Regulatory, Economic and Social Aspects

7.1. Economics and scalability

Current production costs for engineered nanoformulations can be higher than conventional products due to specialized synthesis and formulation processes. Economies of scale, process optimization and simpler biodegradable carriers can lower costs. For adoption, nano-products must demonstrate clear cost-benefit ratios for farmers, including lower overall input costs, yield gains, or quality premiums (e.g., biofortified crops).

7.2. Social acceptance and farmer adoption

Farmer perceptions of nanotechnology — influenced by efficacy, cost, perceived safety, and regulatory endorsement — will determine adoption rates. Extension services, demonstration plots, and accessible training materials are essential. Public perceptions around “nano” in food must be addressed through transparent communication, risk assessment and labeling strategies.[18]

7.3. Intellectual property and equity considerations

Patenting of nanoformulations could concentrate technology ownership in a few companies, potentially limiting access for resource-poor farmers. Models such as open-source



formulations, local production, and public-private partnerships can promote equitable access.[20]

8.Challenges, Limitations and Risk Mitigation

8.1.Scientific and technical gaps

- Long-term field data: Need for multi-season, multi-location trials to assess agronomic consistency and environmental impacts.
- Mechanistic understanding: Elucidation of uptake pathways, transformation products and trophic transfer mechanisms.
- Standardized testing: Development and adoption of standardized methods for NP characterization in complex matrices and for ecotoxicological testing.

8.2.Environmental and health risk mitigation strategies

- Design for degradation: Use of biodegradable polymers and naturally derived carriers that break down into non-toxic components.
- Dose minimization and targeted delivery: Lower effective doses and precise application reduce environmental loading.
- Buffer zones and application timing: To protect sensitive non-target organisms such as pollinators.
- Personal protective equipment and worker training: To reduce occupational exposures.

8.3.Policy and governance measures

- Adaptive regulatory frameworks: Proportionate, science-based regulations that account for nanospecific properties.
- Data requirements and post-market surveillance: Mandatory reporting, monitoring and traceability systems.
- Stakeholder engagement: Inclusion of farmers, consumer groups, scientists and regulators in decision making.[21]

9.Future Perspectives and Research Priorities

9.1.Priority research topics

- Long-term environmental fate studies: Chronic exposures, bioaccumulation and ecosystem-level impacts.
- Standardized ecotoxicology methods: Dose metrics, realistic exposure scenarios, and multi-species testing.
- Field trials at scale: Multi-crop, multi-site trials to validate laboratory/greenhouse findings.
- Biodegradable and low-cost carriers: Development of locally producible, sustainable nanocarriers.
- RNAi and species-specific interventions: Advancing delivery and field stability for targeted pest suppression.
- Sensor-delivery integration: Closed-loop systems combining nanosensors and controlled release for precision management.
- Socio-economic and adoption studies: Understanding incentives, barriers and equitable access models.[22]



9.2. Translational pathways and commercialization strategies

To move from research to practice, pilot programs, public-private partnerships, demonstration farms, and progressive regulatory sandboxes can facilitate safe commercialization. Cost reductions through process engineering and local manufacturing will be crucial for widespread adoption, especially in developing regions.

9.3. Ethical and equity considerations

Ensuring that nanotechnology benefits are equitably distributed, with attention to smallholders and marginalized communities, is essential. Transparent risk communication and inclusion of community voices in governance will promote socially responsible innovation.[23]

CONCLUSION

Nanotechnology presents a transformative suite of tools for modern agriculture. Nano-fertilizers and nano-pesticides have demonstrated the potential to increase nutrient and pesticide use efficiency, reduce environmental losses, and enable precision, targeted interventions.[24] However, the excitement surrounding their promise must be matched by rigorous science, standardized risk assessment, thoughtful regulation, and delivery models that ensure accessibility and equity. Priorities include long-term, field-relevant evaluations of efficacy and safety, development of biodegradable low-cost carriers, integration with precision agriculture, and transparent governance. If these challenges are addressed, nanotechnology could be a cornerstone of the sustainable intensification necessary to feed a growing world population while protecting the environment



REFERENCE

- 1.Chen, H., & Yada, R. (2011). Nanotechnologies in agriculture: New tools for sustainable development. *Trends in Food Science & Technology*, 22(11), 585–594.
- 2.Kah, M., & Hofmann, T. (2014). Nanopesticide research: Current trends and future priorities. *Environment International*, 63, 224–235.
- 3.Tilman, D., Balzer, C., Hill, J., & Befort, B.L. (2011). Global food demand and the sustainable intensification of agriculture. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108(50), 20260–20264.
- 4.DeRosa, M.C., Monreal, C., Schnitzer, M., Walsh, R., & Sultan, Y. (2010). Nanotechnology in fertilizers. *Nature Nanotechnology*, 5, 91–94.
- 5.Liu, R., & Lal, R. (2015). Potentials of engineered nanoparticles as fertilizers for increasing agronomic productions. *Science of the Total Environment*, 514, 131–139.
- 6.Rameshaiah, G.N., Pallavi, J., & Shabnam, S. (2015). Nano fertilizers and nano sensors—An attempt for developing smart agriculture. *International Journal of Engineering Research and General Science*, 3(1), 314–320.
- 7.Dwivedi, S., Saquib, Q., Al-Khedhairi, A.A., & Musarrat, J. (2021). Advances in nano-fertilizers and nano-pesticides: A step towards sustainable agriculture. *Journal of Cleaner Production*, 294, 126220.
- 8.Kahru, A., & Ivask, A. (2013). Biosafety of nanoparticles in the environment. *Toxicology Research*, 2(1), 1–18.
- 9.Servin, A.D., & White, J.C. (2016). Nanotechnology in agriculture: Next steps for understanding engineered nanoparticle exposure and risk. *NanoImpact*, 1, 9–12.
- 10.Pereira, C.G., et al. (2016). Nanoencapsulation technologies for controlled release of pesticides and fertilizers in agriculture. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 64(1), 1–15.
- 11.Chen, H., et al. (2020). Nanotechnology in fertilizers for sustainable agriculture. *Frontiers in Plant Science*, 11, 127.
- 12.Kah, M., & Beulke, S. (2018). Application of nanotechnology in agriculture: Benefits, risks and regulation. *Journal of Agricultural & Food Chemistry*, 66(31), 8155–8162.
- 13.George, S., Pokhrel, S., & Castranova, V. (2015). Nanotechnology and agri-food systems: Risks and benefits. *Food and Chemical Toxicology*, 85, 1–4.
- 14.Bergin, I.L., et al. (2015). Environmental exposure and human health perspectives of nanomaterials in agriculture. *Environmental Health Perspectives*, 123(4), 321–326.
- 15.Raliya, R., Tarafdar, J.C., & Biswas, P. (2018). Biogenic synthesis of nanoparticles and their agricultural applications. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 66(31), 8163–8178.
- 16.Fageria, N.K., & Baligar, V.C. (2014). Enhancing nutrient use efficiency in crop plants. *Advances in Agronomy*, 132, 1–52.
- 17.Rizzi, A., et al. (2019). A review of nanopesticide risk assessment methodologies for agriculture. *Environmental Science and Pollution Research*, 26, 12328–12350.
- 18.International Organization for Standardization (ISO). (2017). Terminology and definitions for nanomaterials — ISO/TS 80004 series.



- 19.Handy, R.D., et al. (2012). Practical considerations for conducting ecotoxicity and environmental fate studies with engineered nanoparticles. *Ecotoxicology*, 21(4), 1007–1022.
- 20.Mueller, N.C., & Nowack, B. (2008). Exposure modeling of engineered nanoparticles in the environment. *Environmental Science & Technology*, 42(12), 4447–4453.
- 21.Saha, S., et al. (2016). Nanoparticles for plant micronutrient delivery: A review. *Journal of Plant Nutrition*, 39(13), 2046–2062.
- 22.Chhipa, H. (2017). Nano-biofungicides and nanotechnology for plant disease management: Current status and future directions. *Frontiers in Microbiology*, 8, 1638.
- 23.Kah, M., & Tufenkji, N. (2014). Interaction of engineered nanoparticles with plants and their uptake, translocation, accumulation and trophic transfer. *Annual Review of Environment and Resources*, 39, 235–254.
- 24.Roy, A., et al. (2018). Fate and transformation of engineered nanomaterials in the agricultural environment. *Environmental Science: Nano*, 5(6), 1419–1440.



RELATIONSHIP BETWEEN ECONOMIC HISTORY AND ACCOUNTING HISTORY

Balogun, Sherif Babajide¹

ORCID: ORCID: 0009-0009-8148-9808

Ajibola, Hussein Olamilekan²

ORCID: ORCID: 0009-0005-0476-8054

Agbede, Johnson Olugbenga³

ORCID: ORCID: 0009-0009-7522-3667

Doctoral student, Department of Accounting.
Crescent University Abeokuta, Ogun State, Nigeria.

Babajide.balogun@federalpolyilaro.edu.ng

ABSTRACT

The study of economic history and accounting history reveals a strong interconnection between the development of economies and the evolution of accounting practices. Economic history provides insight into how societies have organized production, trade, and distribution of resources over time, while accounting history examines how financial records, reporting systems, and control mechanisms have evolved to support these activities. The relationship between the two fields is symbiotic: changes in economic structures such as the rise of trade, industrialization, and globalization have shaped the demand for new accounting methods, while innovations in accounting practices such as double-entry bookkeeping, auditing, and financial reporting have facilitated economic growth, accountability, and decision-making. Understanding this relationship not only highlights the role of accounting as a tool for economic development but also underscores how historical economic events influenced the principles and practices of accounting. This research therefore emphasizes that the progress of accounting cannot be separated from the broader context of economic history, as both disciplines together provide a comprehensive understanding of the dynamics of commerce, governance, and societal advancement.

Keywords: Accountability, Book-keeping, Economic growth, Industrialization, Societal Advancement, Resources.



1.0 INTRODUCTION

1.1 Economics and Accounting Overview

Numerous calculations are required in both accounting and economics. The production, consumption, and transfer of resources are the focus of economics, a subfield of the social sciences, whereas accounting is a profession that records, examines, and reports revenue and costs.

Le Rossignol (1909) asserted that all sciences are more or less closely related to one another because they deal with the same world and are all products of human intelligence. However, accounting and economics are particularly closely related because they both deal with the relatively narrow field of business activity. However, the accountant and the economist approach the topic differently and for different reasons. By learning the facts and rules of economic life, the economist hopes to satiate his scientific curiosity and further human understanding. In order to comprehend the economic process, he wants to know why men make wealth, what they produce, how they exchange it, and how it is dispersed. As a result, economics is a pure science, and an economist actively seeks information for its own sake rather than primarily for any practical use. For the statesman, businessman, or social reformer, the results of economic research may be—and frequently are—of enormous practical benefit. However, the economist should not give these practical goals too much thought, since this might lead to bias in his pursuit of accurate information.

On the other hand, accounting is a crucial, if not necessary, tool for business success since it compares various transaction recording techniques with the goal of accurately presenting the financial status of a company to its owners or other interested parties. Thus, accounting is an applied or practical science that serves as a tool to achieve a specific, useful goal, the advancement of bookkeeping, and it belongs to the same class of sciences that study teaching, government, business, and social reform strategies. Whether the term accounting should be used interchangeably with bookkeeping or accountancy is a terminology issue that should be left to the accountants themselves.

In contrast to mathematics, economics is not a precise science, even if it is a pure science. Without a doubt, it is a science, one of the so-called natural sciences, and it uses both deductive and inductive approaches. It is a structured body of knowledge that addresses a reasonably well-defined set of phenomena, containing a sizable collection of facts that may occasionally be classified scientifically and generalized to the level of natural law. The economist, like other scientists, develops ideas to explain some occurrences and then applies those theories to explain other comparable phenomena to confirm or disprove them. Last but not least, the economist may sometimes forecast the outcomes that will probably arise from the existence of certain causes; prediction is the pinnacle of scientific accomplishment.

The theory of value, the most basic aspect of economics, aims to explain the nature of exchange value, the reasons behind and consequences of value fluctuations, the productivity of the sources of production, and their proportional distribution shares. The ability to evaluate causes and consequences quantitatively will increase as science progresses and becomes more precise. The value of the product, which may, in some circumstances, be higher or lower than the cost of production, and the cost of production, which is the total of the values of all the inputs of production, are given a lot of consideration by economists when studying values. A businessman would not operate if the value of the product, when considering the industry as a whole, was less than the value of the land, labor, and capital required in production. Economic science places the most weight on the conditions under which profit or loss manifests itself, as



well as the difference between the cost of production and the value of the product in the commercial enterprise's profit or loss.

The accountant has a very different approach to values. In order to demonstrate the financial health of certain commercial endeavors, he utilizes them as the foundational facts of an arithmetic calculation without making an effort to explain their genesis or the reasons for their fluctuation.

Bookkeeping, auditing, and accounting are the stepchildren of economic theory, as are the several legal codes that set the rules of the game, such as the bankruptcy laws, the commercial code, and the laws of contracts. Mostly accounting-related remarks with a notation on the commercial code are included here.

1.2 Why is Accounting a Stepchild of Economics

Accounting is used in daily life more through experience than theory. This article is on micro-microeconomics. It basically cares more about process than equilibrium. Timing, incentives, and ownership are among the very practical issues it addresses. Over the past three decades, a large number of American students studying accounting and economics have realized that theory must keep up with practice. Perhaps even earlier, this was acknowledged throughout Europe. The formal tools to deal with models of agency and asymmetric information were nonexistent prior to the creation and adoption of the language of game theory and decision theory. Accountants have struggled at the practice level to fully define the game's rules, as well as to describe the various degrees of incomplete information and issues with common understanding about them. Instead of using analysis, they have used an evolutionary method.

For instance, the United States' Generally Accepted Accounting Principles (GAAPs) are the result of a profession's evolution in response to the real-world challenges of economic assessment in a changing culture.

Implicitly or explicitly, the majority of economic theorists know that accounting serves as a filter for a large portion of the data that is essential to economic comprehension and measurement. Accounting has, however, often been taken for granted, as if complex conceptual issues with documenting and assessing economic activity could be resolved without regard for the accountants' actions.

2.0 Relationship between Economic History and Accounting History

The benefits of the link between accounting history and economic history are as follows, as noted by Jialin, Hong, and Qiong Li (2020).

2.1 The Relationship between Subject and Object

A connection exists between accounting and financial gains. The activity of social production is how accounting is created. It is a tool used for economic growth and construction that allows for high-level administration, oversight, and accounting of economic operations. It falls within the subject area and performs a role that is becoming more significant. Based on human subjective consciousness, the final comprehensive measure of all economic activity is the social labor saved by the exchange of products and labor, or economic gain. Transfer is within the object category and is quite objective. There is a link between them that is not just between cognizing and being cognized, but also between changing and being changed. Accounting activities and development are constrained and limited by economic benefits in practice, but the new law allows for continuous advancement in order to realize the upgrading and transformation of accounting functions, continuously push the boundaries of current economic



benefits through conscious actions, and develop, improve, and transform accounting activities and economic benefits.

2.2 The Relationship between Purpose and Means

The dialectical unity of aim and means is another way to represent the link between accounting and economic gains. In line with the new normal, accounting operations should be upgraded and transformed as a practical way to enhance the company's and society's economic advantages. It also acts as a force to guarantee that economic benefits are realized. To fulfill people's increasing material and cultural requirements, increase economic advantages, and strengthen a company's competitiveness in the market, individuals continuously update their financial conceptions and produce financial value. They also employ limited resources to increase social wealth.

The ratio of total production to production costs, as well as people's desire for financial and spiritual fulfillment, are reflected in economic gain. This need must grow as economic activity does, and accounting instruments must be able to meet it. New economic benefit objectives are also proposed to increase economic efficiency, encouraging the shift in economic management techniques from "focusing on accounting" to "strengthening management," which both constrain and encourage one another. The goal of accounting development is to increase economic advantages, which accounting plays a significant role in achieving. Hence, the connection between accounting and economic rewards is the same as the connection between means and purpose.

2.4 The Relationship between Theory and Practice

Accounting and economic gains are linked in theory and practice, according to a survey of contemporary businesses. Economic interests exist in the form of theoretical relations, as evidenced by facts. Accounting is a commercial activity and a key component of increasing financial gains. It is also a practical kind of accounting that has to be regularly maintained and summarized in order to reap economic rewards.

2.5 Consanguinity Dependency

According to a number of academics, accounting and financial gains are related. Accounting was established with the intention of increasing economic benefits, improving the company's economic management, and increasing its competitiveness and competitive edge in the marketplace. However, since accounting is used to increase company economic benefits, many businesses refer to this link as "blood related" reliance.

3.0 Key Differences

Accounting is the practical discipline that monitors the inflow and outflow of dollars, whereas economists are usually more interested in the broad patterns that influence money.

The flow of money for individuals and corporations is monitored by accountants, while economists study the broader patterns that influence money and the resources that money represents.

Both accountants and economists support governments, corporations, and industries in their planning, strategy, and fiscal policy-setting. Analysts and forecasts from experts in these domains are based on actual markets, circumstances, and occurrences.

Additionally, both aid governments and corporations in fiscal policy, financial decision-making, and future planning.



4.0 Conclusion and Recommendation

In conclusion, even if accounting history gains from economic history. Accounting history and benefits are tightly intertwined, and economic history and benefits are what propel their ongoing evolution. It is necessary to link accounting development with economic development in order to reap the economic advantages of businesses and economic organizations. As a result, in social and economic activities, performing well in accounting may enhance social benefits and advance economic growth. In the development of socialism, accounting is crucial.

References

- Barro, R.J. (1990). *Macroeconomics* 3rd ed. New York: Wiley. 3rd ed.
- Baumol, W.J. & Binder, A.S (1979). *Economics: Principles and Policy*. New York: Harcourt, Brace and Jovanovich. 1st ed., 315-330.
- Biondi, Y. A. (2008). "Schumpeter's economic theory and the dynamic accounting view of the firm: neglected pages from the *Theory of Economic Development*", *Economy and Society*, 27, 525-547.
- Fisher, I. (1906). *The nature of Capital and Income* London: MacMillan.
- Jialin, Z, Hong, Z. & Qiong Li. (2020). Analysis on the Relationship between Accounting and Economic Benefits under the New Normal. 9(4), 172-175.
- Le Rossignol, J.E. (1909). "Relation between accountancy and economics," *Journal of accountancy*: 9(2), Article 1. Available at: <https://egrove.olemiss.edu/jofa/vol9/iss2/1>
- Schumpeter, J. (1954). *History of Economic Analysis*: New York: Oxford U Press. P.156-157, 944-945.



İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ VE MERALAR

Prof. Dr. Ali KOÇ

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Eskişehir

alikoc@ogu.edu.tr

Prof. Dr. Ahmet GÖKKUŞ

Emekli Öğretim Üyesi, Çanakkale

agokkus@yahoo.com

ÖZET

İklim değişikliğinin sebepleri hakkında görüş birliği olmasa da varlığı ve hızlı seyrettiği konusunda fikir birliği mevcuttur. İklim değişikliği küresel ölçekte sıcaklık artışı ve yağış rejimlerindeki değişiklik olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu süreçten sıcak ve ılıman bölgelerin olumsuz, serin kuşağın ise olumlu etkileneceği öngörülmektedir. Isınmanın her yerde aynı hız ve oranda olmayacağı, bazı yerlerin daha fazla ısınırken bazılarının az ısınacağı veya serinleyeceği dile getirilmektedir. Sanayi devriminden bu yana dünyada yaklaşık 1°C ısınma olduğu ve bu yüzyılın sonuna kadar ısınmanın ortalama 2-5°C'ye ulaşacağı beklenmektedir. Isınmanın en önemli sıkıntısı, hızlı seyretmesi yüzünden türlerin evrimsel uyum sağlayamamaları nedeniyle bazılarının neslinin tükeneceği, bazılarının da yeni alanlara göç edebilecek olmalarıdır. Meralar dünyada kurak ve yarı kurak alanlarda yaygındır. Bu nedenle meraların küresel iklim değişikliğinden daha fazla etkilenmesi beklenmektedir. Mera bitki örtülerinin biyoçeşitliliğinde ciddi değişiklikler olması öngörülmektedir. Bu süreçte soğuğa uyum sağlayan çoğu türün yeni yaşama alanı bulamaması sebebiyle neslinin tükeneceği, sıcağa uyum sağlayan türlerin ise daha kuzeye veya yüksek rakıma göç edebileceği ifade edilmektedir. C₃ ve C₄ bitkilerinin karışık yaşadığı yarı kurak meralarda ısınan kış ayları nedeniyle erken büyümeye başlayan C₃ bitkilerinin topraktaki elverişli suyu önceden tüketmeleri nedeniyle C₄'ler aleyhine bir durum ortaya çıkması muhtemeldir. Küresel ısınma sürecinde yarı kurak meralarda çalılarının yayılışında artış beklenmektedir. Yine sıcak ve kurak meralarda tek yıllıklarda artış olacağı bir diğer öngörüdür. Dünya genelinde meralarda üretim artışı beklense de özellikle yarı kurak meralarda verim düşüşü, serin kuşakta ise verim artışı beklenmektedir. Genelde mera bitkilerinde yem kalitesinin düşeceği öngörülürken, serin kuşaktaki meralarda baklagillerin artışı ile yem kalitesinde de artış beklenmektedir. Ancak yarı kurak iklimde yaz kuraklığının erken başlaması nedeniyle düşük kaliteli yem dönemi uzayacak ve bu da ek yeme bağımlılığı artıracaktır. Meralar dünya karbon stokunun yaklaşık 1/3'ünü barındırmaktadır. Ayrışma hızı yüksek olması nedeniyle ormanlar karbon stoklama yönünden meralar kadar etkin değildir. Bu sebeple meraların karbon yutağı olmaları üzerine ilgi artmıştır. Sonuç olarak, iklim değişikliğinin etkisi yöreden yöreye değiştiği için, küresel olan bu soruna çözüm arayışlarının da yöresel olması zorundadır. Özellikle kuraklık etkisinin artması beklenen meralarda üretim-tüketim ilişkisinin daha iyi kurulmasına dikkat edilmelidir.

Anahtar Kelimeler: Mera, İklim değişikliği, biyoçeşitlilik, Ot Verimi, Ot Kalitesi, Karbon yutağı



CLIMATE CHANGE AND RANGELANDS

ABSTRACT

Although there is no consensus regarding the causes of climate change, there is a consensus on its existence and rapid advancement. Climate change manifests globally through increasing temperatures and alterations in precipitation patterns. Warm and temperate regions are anticipated to experience adverse effects from this process, whilst the cool zone is expected to benefit. Experts reiterate that warming will not occur uniformly, with certain regions experiencing greater increases in temperature while others may warm less or even cool down. The planet has reportedly warmed by about 1°C since the Industrial Revolution, with an anticipated increase of 2-5°C by the century's conclusion. The primary concern regarding warming is that certain species may become extinct due to their inability to adapt, whereas others will migrate. Rangelands are prevalent in dry and semi-arid regions globally, which are anticipated to be further impacted by global climate change. We foresee substantial alterations in the richness of global biodiversity. It is anticipated that the majority of species adapted to cold environments will face extinction during this process, as they will be unable to create new habitats, whereas those adapted to heat will migrate northward or to higher elevations. A situation detrimental to C₄ plants is anticipated in semi-arid grasslands where C₃ and C₄ plants coexist, attributed to the early growth of C₃ plants, which initiate growth earlier due to the warming winter months, resulting in the early exhaustion of available soil moisture. An anticipated consequence of global warming is the proliferation of shrubs in semi-arid grasslands. Another forecast indicates a rise in annual plants in arid and warm rangelands. Global rangelands are projected to see increasing production; however, a decrease is anticipated specifically in semi-arid rangelands, whereas an increase is envisaged in cooler zones. Although feed quality decreases on a plant basis, an increase is anticipated in cool-temperate rangelands because to the increased legume content resulting from alterations in species composition. Nonetheless, the early begin of summer drought in a semi-arid region will prolong the duration of low quality forage, hence heightening need on supplemental feeding. Rangelands contain almost one-third of the global carbon stock. Due to their elevated decomposition rate, forests are less efficient than rangelands in carbon sequestration. Interest in assessing rangelands as a carbon sink has surged following evidence of their efficacy in this capacity. In conclusion, the effects of climate change differ across various regions. Consequently, the pursuit of answers to this global issue must be localized.

Keywords: Rangelands, Climate Change, Biodiversity, Forage Yield Forage Quality, Carbon Sequestration



GİRİŞ

İklim değişikliği kaynaklı küresel ısınma günümüzün en önemli sorunlarından birisi olup hem gıda güvenliği hem de canlıların refahını ciddi ölçüde tehdit etmektedir. Her ne kadar ısınmanın sebebinin salınan sera gazları olarak gösterilse de dünyanın yörüngesindeki sapmaların da bu konuda etkili olduğu yönünde görüşler mevcuttur (Gurevitch vd., 2006). Sebebi her ne olursa olsun bilinen gerçek, küresel olarak ısınmanın varlığı ve bunun artış eğiliminde olduğudur. Yapılan değerlendirmelere göre sanayi devriminden günümüze dünyanın yaklaşık 1°C ısındığı, sürecin bu şekilde devam etmesi halinde 2100 yılına kadar 2-5°C'lik ilave bir artışın gerçekleşeceği yönünden görüşler ileri sürülmektedir (Bhattacharya, 2019). Ancak bu artış her yerde aynı seyrinde olmayacaktır. Örneğin sadece 1979-2018 yılları arasında Alplerde 1.8°C ısınma gerçekleşmiştir (Brugnara, 2020). Ülkemizde ise Karadeniz ve Doğu Anadolu Bölgelerinde sıcaklık artışının daha belirgin olacağı ve bunun yaz ve sonbahar aylarında ortaya çıkacağı, Akdeniz ikliminin hakim olduğu bölgelerde yağışların azalacağı, iç kesimler ve Güneydoğu Anadolu bölgelerinde sonbahar ve kış yağışlarında artış gerçekleşeceği öngörülmektedir (Türkeş, 2012).

İnsan kaynaklı küresel ısınmanın sebebi olarak CO₂, metan ve nitro (N_x) gazlarının salınımı gösterilmektedir. Bu gazların mevcut yoğunluğu toksik seviyede olmadığı gibi, özellikle CO₂'in bitki büyümesi üzerine pozitif etkisi vardır. Ancak artan sera gazı seviyesine bağlı olarak hava sıcaklığının artışı, toprak sıcaklığının artmasına ve bu da elverişli nem süresinin kısalmasına sebep olacaktır. Bu durum karasal iklimde bitkisel üretimi tehdit eden en önemli etmendir. Verimin azalmasının yanı sıra kalitenin de düşecek olması, beklenen diğer bir olumsuz durumdur.

Meraların önemli işlevlerinden birisi, karbon bağlayarak küresel ısınmanın hafifletilmesine katkı sağlamalarıdır. Yapılan değerlendirmelere göre, dünya karbon stoklarının %20'si meralarda depolanmaktadır (FAOSTAT, 2022). Dolayısıyla meralar küresel ısınmanın hafifletilmesi konusunda önemli bir araçtır ve bu aracın etkin kullanılması için doğru mera yönetimi esastır (Gökkuş, 2025). Zira kötü kullanım mera bitkilerinde fotosentezi hızla azalttığı için karbon bağlamayı da azaltacaktır. Aynı zamanda kök büyümesini de gerileteceğinden karbon depolanmasını da düşürecektir (Gökkuş ve Coşkun, 2025).

Meralar dünyada yarı kurak iklim kuşağında yaygındır ve bu süreçten en fazla etkilenen ekosistemlerdir. Küresel manada iklim değişikliğinin tarımsal üretimi baskılamasının yanı sıra artan nüfus nedeniyle gıdaya olan talebin artması, kaçınılmaz olarak tarım alanlarında yem bitkilerine ayrılan payı da kısıtlayacaktır (Gökkuş ve Koç, 2025). Bu durum hayvansal üretimde meraların önemini artıracaktır. Ancak yarı kurak iklim kuşağında yaygın olan meralar küresel ısınmanın sebep olduğu olumsuzluklardan payına düşeni fazlasıyla almaktadır. Bu süreç meraların biyolojik çeşitliliği, yem üretimi ve kalitesi üzerinde etkili olmaktadır (Dibari vd., 2021).

Küresel ısınmanın etkisi doğal alanlarda (örneğin meralar) tarım alanlarına göre daha fazla görülecek olsa da, bundan kaçınılmaz olarak tarımsal üretim de etkilenecektir. Ancak gelişen ıslah çalışmaları (özellikle kurağa ve sıcağa dayanıklı çeşit geliştirilmesi gibi) ile bu soruna çözüm bulmak mümkün olabilecektir. Ayrıca tarım alanlarında ürün desenlerine yeni türlerin sokulması gibi seçenekler de mevcuttur. Küresel ısınmada sorun küresel, çözüm ise yöresel olmak zorundadır. Çünkü her bölge farklı etkilenecektir ve her ülkenin kendi önlemini kendisinin alması esastır. Ancak bu yazıda küresel ısınmanın yalnızca doğal meralar üzerindeki etkileri ele alınmıştır.



BİYOLOJİK ÇEŞİTLİLİĞE ETKİSİ

Geçmişte meraların hayvan besleme alanı olarak değerlendirilmesi algısı geçtiğimiz yüzyılın ikinci yarısından itibaren (özellikle 1980 sonrası) sağladığı diğer faydaların daha iyi anlaşılması ile birlikte çok yönlü değerlendirme ön plana çıkmıştır. Örneğin geçen yüzyılın ortalarında zayıf meraların sürülerek 2-3 türden oluşan karışımlar ile ekim önerilirken, günümüzde mümkün ise doğal floradan toplanan bitkilerle, mümkün değilse, egzotik olmayan fazla sayıda türden oluşan karışımlar önerilmektedir (Altın vd., 2021). Dolayısıyla mera ıslahında başta biyoçeşitliliğin korunması olmak üzere ekosistemin sürdürülebilirliği hayvansal üretimin önüne geçmiştir.

Küresel iklim değişikliği ile ilgili en önemli sorun, yağış rejimlerinde ortaya çıkacak değişimin yanı sıra küresel ısınmanın hızlı seyretmesi ve türlerin birçoğunun evrimsel açıdan bu değişime ayak uyduramaması nedeniyle yok olma tehlikesi ile karşı karşıya olmalarıdır. Geçmişte de dünya farklı zamanlarda ısınmış ve soğumuş, ancak bu süreç yavaş seyrettiği için türlerin büyük çoğunluğu buna uyum sağlayabilmiştir (Bhattacharya, 2019). Bu süreçte en büyük tehlike soğuk iklimi seven türler ile ilgili olacağı ileri sürülmektedir. Zira artan sıcaklık ile birlikte sıcaklığı seven türler yüksek rakıma ve daha yüksek enlem derecelerine doğu göç ederken, soğukluğu seven türler için yaşama alanı daralma ve/veya yok olma tehlikesi altındadırlar (Dibari vd., 2021).

Küresel ısınma sürecinde kış aylarının yaz aylarına göre daha fazla ısınması (Gutierrez, 2000), özellikle C₃ bitkilerinde ilkbahar gelişmesini erken başlatacağı için topraktaki elverişli nemi daha erken tüketmeye başlayacak, bu da C₄'ler üzerinde kuraklık baskısını artıracaktır (Alward vd., 1999). Bu etki özellikle yarı kurak iklimlerde daha belirgin olacaktır. Özetle ılıman kuşağın yarı kurak iklim bölgelerinde kış aylarının ısınması C₄ bitkileri aleyhine sonuçlanabilecektir. C₃ bitkileri arasında ise düşük besin kalitesi yüzünden otlama ve böcek saldırısına daha az muhatap olan kurağa dayanıklı türlerde artış beklenmektedir (Alward vd., 1999).

Biyoçeşitlilik üzerine etkili olan bir diğer durum, şiddetli yağışlarda artış ile birlikte erozyonda artış olmasıdır (Straffellini vd., 2024). Zaten erozyona hassas olan meralarda (Koç vd., 1994) üst toprak tabakasının kaybı, çalı ve benzeri derin köklü bitkilerin yayılmasını teşvik edecek ve bu durum merada buğdaygillerin aleyhine bir değişim ortaya çıkaracaktır (Turnbull vd., 2010). Otlanabilir çalıların yayılışının artması yaz aylarında ortaya çıkan yem kalitesindeki düşünü kapatma adına iyi gibi görünse de biyoçeşitliliğin azalması yönünde önemli bir sorundur.

Artan sıcaklık ile birlikte yaz kuru döneminin uzaması çok yıllık buğdaygillerde çoğalma ve kurak dönemde canlı kalma özelliği üzerine olumsuz etki yaratacağından, tek yıllık türlerde artış olması beklenmektedir (Dibari vd., 2021). Nitekim dünyada Kaliforniya meralarının çok yıllıkta tek yıllığa dönüşü buna en iyi örnektir (Holechek vd., 2011). Otlatmanın etkisiyle daha az yedek besin maddesi depoladığından, depolanan yedek besin maddeleri uzayan kurak dönemde bitkilerin canlı kalmasına yeterli olmaması bu konudaki en önemli etkidir (Altın vd., 2025). Sonuçta bu tip alanlarda hayat çemberini daha kolay tamamlayabilen tek yıllıkların yayılışı artacaktır.

Serin kuşakta artan ısınmaya bağlı olarak baklagiller ve benzeri geniş yapraklılarda artış beklenmektedir. Bu konuda artan sıcaklık ve derine sızan suyun kazık köklü bitkiler tarafından daha etkin kullanılmasının yanı sıra üst toprak tabakasının daha erken kuruması, buğdaygillerde rekabet gücünün azalmasında etkili olacaktır (Nösberger vd., 2000).



İç Anadolu Bölgesi meralarında daha önceleri pek rastlanılmayan bir C_4 bitkisi olan buzağı otu (*Chrysopogon gryllus*) seyrekte olsa görülmeye başlamıştır (Ali KOÇ, kişisel gözlem). Bu durum iklim değişikliği kaynaklı olduğu düşünülen geç ilkbahar yağışlarının artış göstermesinden kaynaklı olabileceği kanaati oluşturmuştur.

İklim değişikliğinden her bir türün farklı etkilenmesi gerçeği yanında, yakın gelecekte biyolojik çeşitlilikte büyük çaplı değişikliklerin kaçınılmaz olduğuna dikkat çekilmektedir (Zhu vd., 2024). Sonuç olarak, biyolojik çeşitlilikte köklü değişikliklerin olması küresel ısınma sürecinin bir ürünü olarak karşılaşılabilecek olası bir durumdur.

YEM ÜRETİMİNE ETKİSİ

Yem üretimi ve kalitesi CO_2 yoğunluğundaki artış, sıcaklık artışı, yağış rejiminin değişimi ve toprak verimliliği gibi faktörler tarafından etkilenmektedir. Artan CO_2 başta C_3 bitkileri olmak üzere üretimde artışa neden olması beklenirken, artan sıcaklık nedeniyle toprakta elverişli nemli periyodun azalması üretimi olumsuz etkileyecektir (Polley vd., 2000). Çünkü C_3 bitkilerinin CO_2 doyum noktasına daha ulaşılmamışken, C_4 bitkileri doyum noktasına ulaşmaktadır (Hall, 2018). Bu nedenle C_3 bitkilerinin veriminde artış beklenmektedir (Bhattacharya, 2019). Yağışın aşırı kısıtlayıcı olmadığı yörelerde ise genel bir üretim artışı tahmin edilmektedir. Ancak yaz kuraklığının süresi meralarda üretimi belirleyen en önemli unsur olup, bu sürenin uzaması yem üretimini olumsuz yönde etkileyecektir (Dibari vd., 2021). Bununla birlikte Alplerde yapılan bir çalışmada farklı kaynakları da referans göstererek küresel ısınmaya bağlı olarak topraküstü üretimde azalma olmakla birlikte toprakaltı organlarda ve yedek besin maddesi depolamada artış olacağı ve ortam şartlarının elverişli hale gelmesiyle birlikte yeniden büyümenin hızlanacağına vurgu yapılmıştır (Schmid, 2017). Alward vd. (1999) yüksek sıcaklıklardan ziyade minimum sıcaklıklardaki artışın C_4 baskın meralarda üretimi düşürdüğünü, bu konuda C_3 'lerde erken büyümenin etkili olduğunu ve C_3 'lerde görülen üretim artışının kayıpları telafi etmeye yetmediğini ifade etmişlerdir. Tibet'in yüksek rakımlı meralarında yürütülen bir çalışmada (Liu vd., 2018), küresel ısınma sürecinde değişen iklime tepki sonucu meydana gelen tür değişikliğinin topraküstü üretimdeki değişimi önlediği, ancak toprakaltı üretiminde artış olduğuna dikkat çekmişlerdir. Farklı mera ekosistemlerinde ot üretimi üzerine farklı sonuçların kaydedilmiş olması beklenen bir sonuçtur. Özellikle düşük sıcaklığın büyümeyi sınırladığı yüksek rakım ve yüksek enlem derecelerinde üretim artışı beklenmektedir (Bhattacharya, 2019). Ancak ılıman ve yarı kurak bölgelerde değişen yağış rejimi ve elverişli sudaki azalmanın verimi olumsuz etkilemesi beklenmektedir (Dibari vd., 2021).

Wu vd. (2021) 1980-2010 yılları arasında iklim verilerini kullanarak yaptıkları değerlendirmede, büyüme dönemi sıcaklığı, yağış, habitat nem indeksi, ışık şiddeti ve ışıklanma süresinin meralarda birincil üretim üzerine etkili olduğuna, iklim değişiminin meralarda üretimi düşürdüğüne, yüksek ve düşük rakımlı meraların bu konuda ılıman bölge meralarına göre daha hassas olduğuna dikkat çekmişlerdir. Araştırmacılar küresel iklim değişikliği sürecinde meralardaki üretim düşüşünde toprak sıcaklığının en belirleyici rolü üstlendiğini vurgulamışlardır.

Özellikle değişen yağış ve sıcaklık rejimine bağlı olarak meralarda üretimde değişim kaçınılmazdır. Kısıtlayıcı iklim faktörlerinin etkisiyle bitkisel üretimin azalması, uygun olmayan otlatma baskısı ile daha da şiddetlenebilecektir. Ancak bu konuda yapılan bir değerlendirmede, doğru kullanılan meralarda artan CO_2 ve N birikiminin de etkisiyle üretimin arttığına ve bunun da meraların küresel ısınmayı hafifletmede etkin rol üstlendiğine dikkat çekilmiştir (Chang vd., 2021).



YEM KALİTESİNE ETKİSİ

Hayvansal üretimde yemin miktarı kadar kalitesi de önemlidir. Geviş getiren hayvanlar canlılığı muhafaza için %7 ham protein içeren kaba yeme ihtiyaç duyarlar (Polley vd., 2000). Küresel ısınma sürecinde bitkilerde ham protein içeriği azalırken, selüloz ürünlerinde artış beklenmektedir. Dumont vd. (2014)'nin yaptıkları meta analiz sonuçlarına göre, artan CO₂ ve sıcaklığın etkisiyle ılıman iklim meralarında ham protein oranında %9 azalma, yüksek rakımlı dağ meralarında ise %9'luk artış olacaktır. Dağ meralarındaki ham protein artışında baklagillerdeki artışın etkili olacağına dikkat çekilmiştir. Bitkilerde protein oranının azalmasında artan CO₂ yoğunluğu etkili olmaktadır. Nitekim Almanya'da Schenk vd. (1997) tarafından kontrollü şartlarda çok yıllık çim ve ak üçgül ile yürütülen bir çalışmada, yalın ve karışık ekimler ele alınmıştır. Her iki türde de artan CO₂ yoğunluğu ile birlikte ham protein oranı azalmış, ancak karışımlarda artan CO₂ yoğunluğuna bağlı olarak ak üçgülün üretime katkısı arttığı için yem kalitesi artmıştır.

Küresel ısınma sürecinde azalan protein oranına sindirilebilirlikteki azalma da eşlik etmektedir. Üretilen yemde sindirilemeyen liflerin artmasının yanı sıra, hayvanların vücut sıcaklığını düzenleme metabolizması da etkili olmaktadır. Çünkü yüksek sıcaklık sindirim performansını olumsuz etkilemektedir (Dumont vd., 2014).

Genelde yaz kuru döneminde mera otunun besleme değeri hayvanların yaşama payını karşılamaktan uzaktır (İleri ve Koç, 2022). Bu durumda hayvanlarda üretim performansının sürdürülebilirliği açısından ek yemleme zorunlu hale gelmektedir. Kurak ve yarı kurak bölgelerin meralarında küresel ısınma yüzünden yaz kuru döneminin uzaması hayvansal üretim açısından büyük bir engeldir. Bu durum ek yemlemede kullanılacak yem miktarını artırır, yemleme süresini uzatır ve sonucunda üretim maliyetleri yükselir. Diğer yandan küresel ısınmayla birlikte artan dünya nüfusu tarım alanları içerisinde hayvan besleme amaçlı bitkisel üretimi kısıtlamaktadır (Gökkuş ve Koç, 2025). Bu durumda bitkisel atıkların kalitesinin iyileştirilerek hayvan yemine çevrilmesi önem arz eder. Bu konuda ümitvar çalışmalar mevcuttur (Zayed, 2018).

Yaz kuru dönemi yem kalitesinin iyileştirilmesinde çalılar iyi bir seçenek gibi gözüксе ve iklim değişikliği sürecinde meralarda çalılar artacağı öngörülse (Polley vd., 2000) de, bu konuda hangi tür çalılar yayılış göstereceği ve bunun kaba yem kalitesi üzerine nasıl etki edeceği konusunda farklı sonuçlar mevcuttur. Doğal olarak burada iklim değişikliğinin teşvik ettiği çalılar otlanabilirliği ve yem kalitesi önemlidir.

İklim değişikliğinin münferit bitki yem kalitesine etkisi genel manada olumsuz olsa da bitki örtüsü açısından değerlendirilmesi oldukça karmaşıktır. Zira küresel ısınma tür çeşitliliği ve yoğunluğunda değişimi de beraberinde getirmektedir. Bu da yem kalitesi üzerine etkinin yöreden yöreye değişeceği ve değişimin yönünün etkili olacağı kanısını oluşturmaktadır.

KARBON DEPOLAMA

Meralar dünya karalarının yaklaşık %26'sını kaplar ve dünya karbon stoklarının üçte birine sahiptirler (FAO, 2010). Mera ekosistemlerinde yıllık net birincil üretimin %60'ı toprakaltında organik madde olarak depolanır (Bai ve Cotrufo, 2023). Meralar küresel iklim değişikliğinin hafifletilmesi konusunda karbon yutağı olarak önemli bir fonksiyon üstlenirler (Gökkuş, 2025). Her ne kadar ormanlar dünyada en fazla fotosentez yapan ve kütle biriktiren alan olarak bilinse de, küresel ısınmayı hafifletme konusunda meralar kadar etkin değildirler. Çünkü ormanlarda karbon bağlama oranının yüksek olmasına karşın salınım da yüksektir. Hatta olgun ormanlarda neredeyse karbon bağlama ve salınımı dengededir (tMannetje, 2007). Oysa



meralar net bir karbon yutağıdır ve küresel ısınma üzerine serinletici etkiye sahiptir (Chang vd., 2021).

Meraların karbon depolama kapasitesi üzerine mera yönetimi ve ıslahı uygulamalarının önemli etkisi vardır. Bai ve Cotrufo (2022) tarafından yapılan bir değerlendirmede, biyolojik çeşitliliğin artırılması yoluyla 2.3-7.3 milyar ton/yıl, mera yönetiminin iyileştirilmesiyle 148-699 milyon ton/yıl ve baklagil ilavesiyle 147 milyon ton/yıl CO₂ bağlanabileceğini ifade edilmiştir.

Küresel ısınma sürecinde biyoçeşitliliğin korunması, meraların otlatılarak gelir elde edilmesinden daha fazla ön plana çıkmaktadır. Burada doğru mera kullanımı hayati öneme sahiptir ve biyoçeşitliliğin korunması doğru otlatma ile mümkündür. Zaten doğru otlatıldığında meraların üretim gücü artacağı için zamansız ve erken otlatmaya göre daha fazla gelir getirmesi mümkündür. Çünkü ağır otlatma ot üretimini özellikle de kök üretimini (karbon depolama) önemli ölçüde azaltmaktadır (Altın vd., 2025). Çok sayıda çalışmayı derleyip ve meta analizi ile yeni veri üreten Chang vd. (2021), hafif ve orta yoğunluktaki otlatmanın meralarda karbon stoklamayı artırdığı, ağır otlatmanın ise bitki örtüsünü tahrip ettiği için hızla düşürdüğü sonucuna varmışlardır.

SONUÇ

Meralar dünya karbon stoklarının yaklaşık üçte birini bünyesinde barındıran ve küresel serinleme konusunda net bir değere sahip olan önemli doğal kaynaklarımızdan birisidir. Küresel ısınmanın sebep olduğu tarımda verimliliğin düşmesi ve artan dünya nüfusu yüzünden tarım alanlarında yem bitkilerine geniş yer ayırmak mümkün olmayacaktır. Bu yüzden gelecekte hayvansal üretimin en önemli kaynağı olacak meraların doğru yönetilmesi ve ekolojik fonksiyonlarının sürdürülebilirliği ve geliştirilmesi hayati öneme sahiptir. Bu amaçla orta ve zayıf durumdaki meralarda doğru yönetime ilaveten üstten tohumlama ile doğal florasında bulunan baklagiller ile üstten tohumlama göz ardı edilmemelidir. Yine bu meralarda özellikle küçükbaş hayvanlarda ek yemlemeyi azaltmak için çalı şeritleri tesisi düşünülmelidir.

Meraların biyolojik çeşitliliğinin korunması ve geliştirilmesi küresel ısınmanın hafifletilmesinin yanı sıra, gen kaynağı ve yaban hayatına destek gibi değişik fonksiyonları da bünyesinde barındırmaktadır. Her ne kadar iklim değişikliğine bağlı olarak biyoçeşitlilikte değişim kaçınılmaz olsa da, değişen iklim koşullarında en yüksek çeşitliliği korumak esas olmalıdır. Bunun da yolu meraların doğru yönetilmesinden geçer.

Küresel iklim değişikliğinin meraların üretimine etkisi yörelere göre değişiklik sergileyecektir. Yağış rejiminin uygun ve C₃ bitkilerinin baskın olduğu meralarda, özellikle CO₂ seviyesi ve N serpintisinin yükselmesi ile üretimde artış beklenmektedir. Ancak C₄ bitkilerinin baskın olduğu, özellikle kış ısınmasına bağlı olarak erken büyümenin başladığı yarı kurak meralarda C₃ buğdaygillerinin yayılışı artacağı ve suyu erken bitireceği için üretimde düşüş beklenmektedir. Toprak sıcaklığının artması ile elverişli nem dönemi kısılacacağı için bitki örtüsünde ciddi değişiklik olmayan kurak ve yarı kurak meralarda ise su stresi yüzünden verimde düşüş olması beklenmektedir.

Münferit bitki bazında yem kalitesinin düşeceği konusunda fikir birliği mevcuttur. Ancak yağışın yeterli olduğu yüksek rakımlı meralarda ısınmaya bağlı olarak baklagillerde artış beklendiği için yem kalitesinin de artacağı öngörülmektedir. Bununla birlikte yarı kurak ılıman bölge meralarında yaz kurak döneminin uzaması nedeniyle düşen yem kalitesini kapatmak için ek yemlemeye ihtiyaç artacaktır. Ancak nüfus artışı ve küresel ısınmanın üretimi kısıtlaması göz önüne alındığında, tarımsal atıkların ek yem kaynağı olarak değerlendirilmesi ve geliştirilmesi önem kazanmaktadır.



Meralar karbon yutağı olarak en önemli kaynaklardır. Son yapılan çalışmalar karbon yutağı olarak orman tesis yerine meraların korunması ve geliştirilmesi üzerinde yoğunlaşmıştır. Bu nedenle meralara gereken önem verilmelidir.

KAYNAKLAR

- Altın, M., A. Gökkuş ve A. Koç, 2021. Çayır Mera Islahı. Palme Yayınevi, Ankara, 344 s.
- Altın, M., A. Gökkuş ve A. Koç, 2025. Çayır Mera Yönetimi. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müd., Yay., Ankara, 667 s.
- Alward, R.D., J.K. Detling and D.G. Milchunas, 1999. Grassland Vegetation Changes and Nocturnal Global Warming. Faculty Publications in the Biological Sciences, 150. <https://digitalcommons.unl.edu/bioscifacpub/150>
- Bai, Y. and F. Cotrufo, 2022. Grassland soil carbon sequestration: current understanding, challenges, and solutions. Science, 377: 603-608.
- Bhattacharya, A., 2019. Changing Climate and Resource Use Efficiency in Plants. Academic Press Inc., 314p.
- Brugnara, Y., 2020. Alpine climate change derived from instrumental measurements. Oxford Research Encyclopedia of Climate Science, Oxford, UK.
- Chang, J., P. Ciais, T. Gasser, P. Smith, M. Herrero, P. Havlík, M. Obersteiner, B. Guenet, D.S. Goll, W. Li, V. Naipal, S. Peng, C. Qiu, H. Tian, N. Viovy, C. Yue and D. Zhu, 2021. Climate warming from managed grasslands cancels the cooling effect of carbon sinks in sparsely grazed and natural grasslands. Nature Communication, 12: 118.
- Dibari, C., A. Pulina, G. Argenti, C. Aglietti, M. Bindi, M. Moriondo, L. Mula, M. Pasqui, G. Seddaiu and P.P. Roggero, 2021. Climate change impacts on the Alpine, continental and Mediterranean grassland systems of Italy: A review. Italian J. Agron., 16: 1843.
- Dumont, B., D. Andueza, V. Niderkorn, A. Lüscher, C. Porqueddu and C., Picon-Cochard, 2014. Effects of climate change on forage quality of grasslands and their use by grazing animals. 7.2, 17 p., hal-01611403
- FAOSTAT, 2022. The Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- Gökkuş, A. ve A. Koç, 2025. Tarımsal Ekoloji. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müd., Yay., Ankara, 625 s.
- Gökkuş, A. ve E. Coşkun, 2025. Meraların görünmeyen yüzü: Kökler. Bilim-Teknoloji-Yenilik Ekosistemi Derg., (yayında)
- Gökkuş, A., 2025. Sürdürülebilir mera yönetimi. Bilim-Teknoloji-Yenilik Ekosistemi Derg., 6 (2): 83-98.
- Gurevitch, J., S.M. Scheiner, G.A. Fox, 2006. The Ecology of Plants (2nd Ed.). Sinauer Associates Inc, MA, 574p.
- Gutierrez, A.P., 2000. Crop ecosystem responses to climate change: pest and population dynamics. In: Climate Change and Global Crop Productivity (ed: K.R. Reddy and H.F. Hodges). CABI, Oxon, UK, p. 353-374.
- Hall, A.E., 2018. Crop responses to environment. CRC Press, NW, 256 p.



- Holechek, J.L., R.D. Pieper, C.H. Herbel, 2011. Range Management: Principles and Practices (6th Ed.). Pearson Education, Inc., NY, 444 p.
- Ileri, O. and A. Koc, 2022. Monitoring the available forage using Sentinel 2-derived NDVI data for sustainable range management. *J. Arid Environ.*, 2000: 104727.
- Koç, A., A. Gökkuş ve Y. Serin, 1994. Türkiye’de çayır-meraların durumu ve erozyon yönünden önemi. *Ekoloji Çevre Derg.*, 13: 36-41.
- Liu, H., vd., 2018. Shifting plant species composition in response to climate change stabilizes grassland primary production. *PNAS*, 115: 4051-4056.
- Nösberger, J., H. Blum and J. Fuhrer, 2000. Crop ecosystem responses to climate change: Productive grasslands. In: *Climate Change and Global Crop Productivity* (ed: K.R. Reddy and H.F. Hodges). CABI, Oxon, UK, p. 271-291.
- Polley, H.W., J.A. Morgan, B.D. Campbell and M.S. Smith, 2000. Crop ecosystem responses to climate change: Rangelands. In: *Climate Change and Global Crop Productivity* (ed: K.R. Reddy and H.F. Hodges). CABI, Oxon, UK, p. 293-314.
- Schenk, U., H.J. Jager and H.J. Weigel, 1997. The response of perennial ryegrass/white clover mini-swards to elevated atmospheric CO₂ concentrations: effect on yield and fodder quality. *Grass and Forage Sci.*, 52: 232-241.
- Schmid, S., 2017. Impacts of climate change on alpine grassland ecosystems: responses in structure and function. PhD Thesis, ETC Zurich, Switzerland.
- Straffelini, E., J. Luo and P. Tarolli, 2024. Climate change is threatening mountain grasslands and cultural ecosystem services. *Catena*, 237: 107802.
- tMannetje, L., 2007. The role of grasslands and forests as carbon stores. *Tropical Grasslands*, 41: 50-54.
- Turnbul, L., J. Wainwright and R.E. Brazier, 2010. Changes in hydrology and erosion over a transition from grassland to shrubland. *Hydrol. Processes*, 24: 393-414.
- Türkeş, M., 2012. Türkiye’de gözlenen ve öngörülen iklim değişikliği, kuraklık ve çölleşme. *Ankara Üniv. Çevre Bilimleri Derg.*, 4(2): 1-32.
- Wu, G.L., Z. Cheng, Z.M. Alatalo, J. Zhao and Y. Liu, 2021. Climate warming consistently reduces grassland ecosystem productivity. *Earth's Future*, 9(6): e2020EF001837.
- Zayed, M.S., 2018. Enhancement the feeding value of rice straw as animal fodder through microbial inoculants and physical treatments. *Int., J. Recycling of Organic Waste in Agriculture*, 7: 117-124.
- Zhu, K., Y. Song, J.C. Lesage, J.C. Luong, J.W. Bartolome, N.R. Chiariello, J. Dudney, C.B. Field, L.M. Hallett, M. Hammond, S.P. Harrison, G.F. Hayes, R.J. Hobbs, K.D. Holl, P. Hopkinson, L. Larios, M.E. Loik and L.R. Prugh, 2024. Rapid shifts in grassland communities driven by climate change. *Nature Ecology and Evolution*, 8: 2252-2264.



ORGANOMINERAL GÜBRELERİN FARKLI DOZLARININ YONCA (*MEDICAGO SATIVA* L.)’DA VERİM VE YEM KALİTESİ ÜZERİNE ETKİLERİ

Seray BİLİR

Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Aydın, Türkiye

E.mail: 2410900104@stu.adu.edu.tr

Dr. Öğr. Üyesi Feyza Döndü BİLGİN

Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Koçarlı MYO, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü,
Aydın, Türkiye

Email: feyzabilgin@adu.edu.tr

Prof. Dr. Mustafa SÜRMEN

Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Aydın, Türkiye

Email: mustafa.surmen@adu.edu.tr

ABSTRACT

Organomineral fertilizers are sustainable alternatives to conventional fertilization practices. Through the synergistic interaction of their organic and inorganic components, they not only improve soil fertility but also enhance the efficiency of plant nutrient uptake. Compared with traditional chemical fertilizers, they are increasingly adopted worldwide and in Türkiye due to their ability to reduce environmental pollution, enrich soils with organic matter, stimulate microbial activity, and ensure long-term nutrient release. In this study, the effects of different doses of an organomineral fertilizer on the yield and forage quality of alfalfa (*Medicago sativa* L.)—a strategically important forage crop valued for its high protein content, perennial growth habit, and multiple harvest potential—were investigated. The experiment was conducted in 2025 at the Research Field of Aydın Adnan Menderes University, Faculty of Agriculture, using a randomized block design with three replications. A commercial NK-based solid organomineral fertilizer, marketed under the trade name **ALFA SS**, was applied in four treatments: half dose (50 g/da), full dose (100 g/da), double dose (200 g/da), and a control (0 gr/da). Treatments were applied prior to cutting. In the study, the lowest green forage yield was observed in the control plots (1028.0 kg/da), while the highest yield was obtained from the 200 g/da double-dose treatment (1857.3 kg/da). Dry matter yield was lowest in the control plots (280.0 kg/da) and reached its maximum at 553.3 kg/da in the 100 g/da full-dose treatment. Similarly, crude protein yield ranged between 77.5 and 141.2 kg/da, with the highest value recorded in the full-dose application. No significant differences were detected among treatments in terms of crude protein content, which varied between 25.3% and 27.4%. ADF and NDF ratios increased in the full and double-dose treatments; however, the values remained within acceptable limits for forage quality. These findings indicate that ALFA SS organomineral fertilizer effectively enhances yield while maintaining feed quality despite a moderate increase in fiber components.

Keywords: Organomineral fertilizer, Alfalfa, yield, forage quality, sustainable agriculture, nutrient elements



ÖZET

Organomineral gübreler, organik ve inorganik bileşenlerin sinerjik etkisiyle hem toprak verimliliğini iyileştiren hem de bitki besin elementlerinin etkinliğini artıran sürdürülebilir gübreleme alternatifleridir. Geleneksel kimyasal gübreler ile karşılaştırıldığında çevresel kirliliği azaltmaları, organik madde katkısıyla toprak mikrobiyal aktivitesini artırmaları ve uzun vadeli besin salınımı sağlamaları nedeniyle ,günümüzde, dünya genelinde ve Türkiye’de kullanım alanları giderek yaygınlaşmaktadır. Bu çalışma kapsamında, yüksek protein içeriği, çok yıllık ve çok biçimli yapısı ile yem bitkileri arasında stratejik öneme sahip olan yoncada (*Medicago sativa* L.) organomineral gübrenin farklı dozlarının verim ve yem kalitesi üzerine etkileri belirlenmiştir. Araştırma, 2025 yılında Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Deneme Alanı’nda tesadüf blokları deneme desenine göre üç tekerrürlü olarak yürütülmüş ve ticari adı ALFA SS olan NK’lı katı organomineral gübre yarım doz (50 g/da), tam doz (100 g/da), çift doz (200 g/da) ve kontrol (0 gr/da) olmak üzere dört farklı şekilde uygulanmıştır. Uygulamalar biçim öncesi gerçekleştirilmiştir. Çalışmada, en düşük yeşil ot verimi 1028.0 kg/da ile kontrol parsellerinde gözlenmiş olup, en yüksek verim ise 1857.3 kg/da ile çift doz (200 g/da) uygulamasında elde edilmiştir. Kuru ot verimi, kontrol parsellerinde 280.0 kg/da ile en düşük değere sahip olurken, 100 g/da tam doz uygulamasında 553.3 kg/da ile en yüksek kuru ot verimi elde edilmiştir. Ham protein verimi de benzer şekilde 77.5-141.2 kg/da aralığında olup tam doz uygulamasında en yüksek değere ulaşılmıştır. Ham protein oranı bakımından uygulamalar arasında anlamlı bir fark saptanmamış olup, değerler %25.3–27.4 aralığında değişmiştir. ADF ve NDF oranları tam ve çift doz uygulamalarında artış göstermiş, ancak değerlerin yem kalitesi açısından kabul edilebilir düzeylerde seyrettiği belirlenmiştir. Elde edilen bulgular, ALFA SS organomineral gübresinin verimi artırıcı etkisinin yanı sıra, lif bileşenlerindeki artışa rağmen yem kalitesinin korunabildiğini göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: organomineral gübre, yonca, kalite, verim, besin elementleri



GİRİŞ

Toprak; kayaların, minerallerin ve organik maddelerin uzun yıllar boyunca fiziksel, kimyasal ve biyolojik süreçlerle ayrışması sonucunda oluşan, pek çok canlı türünün yaşamsal faaliyetlerine ortam sağlayan üç boyutlu, dinamik bir sistemdir. Veihmeyer, Hendrickson ve Buckingham (1949) tarafından yürütülen su tutma kapasitesi çalışmalarına dayanan “model toprak” yaklaşımında, ideal toprak bileşimi yaklaşık olarak %45 mineral madde, %25 su, %25 hava ve %5 organik madde olarak tanımlanmıştır. Ancak WWF-Türkiye raporuna göre iyi nitelikteki bir toprağın asgari düzeyde %5 oranında organik madde içermesi gerektiği dikkate alınırsa, ülkemiz tarım topraklarının organik madde miktarı bakımından fakir olduğu görülmektedir. Topraklarımızın yaklaşık %98’si organik madde oranı açısından iyi olarak nitelendirilmeyen %3’ün altında, yaklaşık %88’i ise az ya da çok az olarak nitelendirilen %2 oranının altındadır (ÇEM, 2018). Bitkisel üretim yapılan topraklarda verimliliğin sürdürülebilmesi, tahribatın en aza indirilmesi ve toprak ile su kirliliğinin önlenmesi için düzenli toprak ve bitki analizlerinin yapılması gerekmektedir. Topraktaki mineral madde içeriğine, su durumuna ve bitkinin ihtiyacına uygun gübreleme programı yapılmalıdır. Yeşil devrim ile birlikte kimyasal gübre kullanımı dünya genelinde hızla yaygınlaşmıştır. 19. yüzyılın ortasında başlayan ve günümüzde hala devam eden yoğun kimyasal gübre kullanımı, küresel iklim değişikliği ve tarım topraklarının organik madde içeriğinin düşmesi ile su ve çevre kirliliği gibi nedenler organik ve organomineral gübre kullanımına yönelime sebep olmuştur. Organamineral gübreler geleneksel kimyasal gübreler ile karşılaştırıldığında çevresel kirliliği azaltmaları, organik madde katkısıyla toprak mikrobiyal aktivitesini artırmaları uzun vadeli besin salınımı sağlamaları nedeniyle günümüzde, dünya genelinde ve Türkiye’de kullanım alanları giderek yaygınlaşmaktadır. Organomineral gübreler, organik gübrelerde eksik görülen mineral maddelerin ilave edilmesiyle oluşturulmaktadır. Bu konuda yapılan yayınlardaki tartışmalarda ve elde edilen sonuçlarda bitki besin elementi ilavesi ve toprak kalitesinin artırılması bakımından kimyasal gübrelere en iyi alternatifin organomineral gübreler olduğu ifade edilmektedir. Organomineral gübrelerin etkilerinin araştırıldığı çalışmalar incelendiğinde; bezelye, ısırgan, kavun, karpuz, kabak, hıyar, lahana, marul, bamya, antepfıstığı, zeytin, kivi, asma gibi birçok bitki türünde denendikleri ve olumlu sonuçların alındığı saptanmıştır (Tangolar ve ark., 2021). Organik ve organomineral gübre uygulamalarının yapraklardan yada topraktan uygulamada uygulamalar arasında istatistiksel olarak önemli bir fark olmadığı, ancak kontrole göre verim ve kalite komponentleri açısından istatistiksel olarak önemli etkileri olduğu bildirilmiştir (Namlı ve ark., 2019). Yem bitkilerinin kraliçesi olarak bilinen yonca, adaptasyon yeteneğinin yüksek, bir vejetasyon devresinde birçok defa biçilebilir olması, uzun ömürlü, yüksek verimli, yüksek besin değerli ve bazı çeşitlerinin otlatılabilir olması nedenleriyle diğer yem bitkilerinden ayrılmaktadır. Yonca Türkiye’nin çoğunlukla her bölgesinde doğal olarak görülmekte ve tarımı son yıllarda giderek artmaktadır (Engin ve Mut, 2017).

Birçok çalışma, yoncada gübreleme uygulamalarının yeşil ot ve kuru madde verimi ile yem kalite bileşenleri (ham protein, ADF, NDF) açısından önemli farklılıklar yarattığını göstermektedir. Örneğin Zhang ve ark. (2022), Çin’de yaptıkları meta-analizde kombine NPK gübrelemesinin yonca verimini yaklaşık %27 oranında artırdığını; aynı zamanda NP ve PK gibi kombinasyonların NDF ve ADF değerlerinde %6-7 arasında düşüş sağlayabildiğini bildirmiştir. İç Moğolistan platosunda yapılan bir çalışmada K gübrelemesi ile bitki boyu ve bitki yoğunluğu artarken ham protein oranının yükseldiği, ADF/NDF değerlerinin belirgin şekilde düştüğü gözlenmiştir (Wang et al., 2023). Potasyumun enzim aktivitesine, fotosenteze, bitki besin elementlerinin ve fotosentez ürünlerinin taşınmalarına yardım ettiği, protein kapsamını artırdığı, azotun etkinliğinin uygulanan potasyum miktarına bağlı olarak arttığı bilinmektedir (Kacar, 2005). Ayrıca, biochar ile birlikte azot gübrelemesi yapılan deneylerde verim ve ham protein artarken ADF ve NDF değerlerinde düşüş; özellikle yüksek biochar dozlarında yem



kalitenin yükseldiği görülmüştür (Liu ve ark., 2023). Türkiye’de Bingöl Ovası’nda yürütülen saha denemelerinde, yoncada ortalama yeşil ot veriminin 1016-4683 kg/da, kuru madde veriminin 230-1050 kg/da, ham protein oranının %16,2-23,5, ADF değerinin %25,7-35,7 ve NDF değerinin %33,9-46,4 aralığında olduğu belirlenmiştir (Bingöl, 2018). Yapılan bazı çalışmalarda tesis yılındaki yonca kuru ot verimleri farklılık göstermiştir. Saruhan ve Kuşvuran (2011) tarafından Kayseri çeşidinde 209.6 kg/da, CW 3567 çeşidinde 317.2 kg/da ve Şeker 2003 çeşidinde 779–982 kg/da olarak belirlenmiştir. Benzer şekilde, Engin ve Mut (2017) tarafından 1499 kg/da kuru ot verimi rapor edilmiş ve yoncada tesis yılında belirlenen kuru ot verimlerinin kullanılan çeşitlere, ekolojik şartlara ve ekim zamanına göre değişim gösterdiği belirtilmiştir. Bilgin ve Tansı (2022), Rodos otu populasyon hat ve Nimet yonca çeşidi ile yapmış olduğu karışım oranları çalışmasında tesis yılında saf yonca parsellerinde ham protein verimini 91.6 kg/da olduğunu bildirmiştir. Engin ve Mut (2017), Nimet, Sunter ve Emiliano çeşitlerinde tesis yılında ham protein verimini sırasıyla 440.0 kg/da, 426.3 kg/da ve 417.1 kg/da olarak elde etmişlerdir.

MATERYAL VE METOT

Araştırma, 2025 yılında Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Deneme Alanı’nda yürütülmüştür. Deneme, tesadüf blokları deneme desenine göre üç tekerrürlü olarak tasarlanmıştır. Denemede parsel boyu 5 m ve sıra arası 25 cm olacak şekilde 6 sıra ve dekara 2 kg tohum olacak şekilde 17 Mart 2025 tarihinde parsel mibzeri ile ekim yapılmıştır. Denemede uygulanan organomineral gübre dozlarının diğer parsellere etkisinin olmaması için bloklar arasında 3 m ve parseller arasında ise 1.5 m boşluk bırakılmıştır. Ekimden sonra sulama yapılmıştır. Denemede Nimet yonca (*Medicago sativa* L.) çeşidi materyal olarak kullanılmıştır. Uygulamalarda, NK içerikli katı organomineral gübre (ticari adı: ALFA SS) dört farklı dozda (0, 50, 100 ve 200 g/da) uygulanmıştır. Kontrol parsellerine herhangi bir gübre uygulanmamıştır. Bu uygulama yaklaşımı, organomineral gübrenin başlangıç dönemindeki doğrudan etkilerini ortaya koymak amacıyla tercih edilmiştir. Deneme yalnızca ilk biçim döneminde yürütülmüş olup, kısa süreli değerlendirme hedefiyle tasarlanmıştır. Bu sayede, gübrenin erken gelişme döneminde bitki büyümesi ve verim üzerine olan anlık etkileri belirlenmeye çalışılmıştır.

Tablo 1. ALFA SS Katı Organomineral Gübrenin İçeriği (w/w) (Anonim, 2025)

Garanti Edilen İçerik	W/W	Garanti Edilen İçerik	W/W
Gibberallik Asit	0,6 ppm	Suda Çözünür Çinko (Zn)	% 3
Alginik Asit	%0,8	Suda Çözünür Bor (B)	% 1
Serbest Aminoasitler	%12	Suda Çözünür Mangan (Mn)	% 1
Toplam Azot	%5	Suda Çözünür Kobalt (Co)	% 0,04
Organik Azot	%2	Suda Çözünür Molibden (Mo)	% 0,05
Üre Azotu	% 3	Maksimum Klor (Cl)	% 0,5



Suda Çözünür Potasyum Oksit (K ₂ O)	% 7	Maksimum Nem	% 20
Organik Madde	% 25	pH Aralığı	5-7

Organomineral gübre uygulamaları, biçim öncesinde gerçekleştirilmiş ve yapraktan uygulanmıştır. Hasatlar bitkilerin %10 çiçeklendiği dönemde (Manga ve ark. 2003) en az 5 cm anız yüksekliği kalacak şekilde orakla yapılmıştır. Hasat döneminde parsel başlarından 0.5 m ve kenarlardan da birer sıra bırakılarak, geriye kalan kısımda yeşil ot ve kuru ot verimleri belirlenmiştir (Temel ve Şurgun, 2019). Her parselden iki adet 50 × 50 cm (0,25 m²) boyutlarında quadrat kullanılarak örnekler alınmıştır. Alınan örneklerin yaş ağırlıkları belirlendikten sonra, materyal gölge koşullarında hava sirkülasyonlu kurutma dolaplarında sabit ağırlığa ulaşmaya kadar kurutulmuştur. Kurutulduktan sonra öğütülen yem örnekleri NIR (Near Infrared Reflectance) analiz cihazında analiz edilmiş ve belirlenen kalite parametreleri değerlendirilmiştir. Son olarak kuru ot verimleri ile ham protein oranlarının çarpılması ile ham protein verimleri hesaplanmıştır. Çalışmada aşağıdaki parametreler incelenmiştir.

- Yeşil ot verimi (kg/da)
- Kuru ot verimi (kg/da)
- Ham protein verimi (kg/da)
- Ham protein oranı (%)
- NDF oranı(%)
- ADF oranı(%)

Çalışma sonucunda elde edilen veriler, SAS istatistik paket programı kullanılarak varyans analizine tabi tutulmuş ve ortalamalar, En Küçük Önemli Fark (LSD, Least Significant Difference) testi ile karşılaştırılmıştır.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Araştırmada değerlendirilen özelliklere ait varyans analiz sonuçları Tablo 2’de sunulmuştur.

Tablo 2. İncelenen özelliklere ilişkin ANOVA sonuçları

	vk	Yeşil ot verimi (kg/da)	Kuru ot verimi (kg/da)	Ham protein oranı (%)	Ham protein verimi (kg/da)	NDF oranı (%)	ADF oranı (%)
Uygulama	3	366944.1*	53534.2*	2.39 öd	3028.7**	10.3*	18.8*
Hata	6	45488.4	2019.5	1.26	258.3	1.90	1.12
Genel	11						

*: Uygulamalar arasında $p < 0.05$ düzeyinde fark önemlidir.

**: Uygulamalar arasında $p < 0.01$ düzeyinde fark önemlidir.

İncelenen özelliklere ilişkin varyans analizi (ANOVA) sonuçlarına göre, yeşil ot verimi (kg/da) ve NDF oranı (%) bakımından uygulamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p < 0.05$). ADF oranı (%), kuru ot verimi ve ham protein verimi (kg/da)



özelliklerinde farkın çok önemli olduğu belirlenmiştir ($p < 0.01$). Buna karşılık, ham protein oranı (%) bakımından uygulamalar arasında istatistiksel olarak önemli bir fark saptanmamıştır ($p > 0.05$).

Tablo 3. İncelenen özelliklere ait ortalama değerler (LSD değerleri ilgili p değerlerine göre verilmiştir)

Uygulama	YOV (kg/da)	KOV (kg/da)	HPV (kg/da)	HPO (%)	NDF (%)	ADF (%)
Kontrol	1028.0 c	280.0 b	77.5 b	27.4	37.3 b	21.8 b
50 g/da (Yarım doz)	1271.7 bc	349.3 b	94.1 b	26.9	38.5 b	20.5 b
100 g/da (Tam doz)	1454.7 ab	553.3 a	141.2 a	26.8	41.6 a	25.8 a
200 g/da (Çift doz)	1857.3 a	526.6 a	137.9 a	25.3	40.0 b	24.7 a
LSD ($p \leq 0.05$ / $p \leq 0.01$)	426.1 ($p < 0.05$)	89.7 ($p < 0.01$)	32.1 ($p < 0.01$)	öd ($p > 0.05$)	2.75 ($p < 0.05$)	2.11 ($p < 0.01$)

Aynı sütun içerisinde aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında farklılık yoktur.

YOV: Yeşil Ot Verimi (kg/da); KOV: Kuru Ot Verimi (kg/da); HPV: Ham Protein Verimi (kg/da); HPO: Ham Protein Oranı (%); NDF: Nötr Deterjanda Çözünmeyen Lif (%); ADF: Asit Deterjanda Çözünmeyen Lif (%).

Varyans analizi sonuçlarına göre, organomineral gübre uygulamalarının yonca üzerinde önemli etkileri belirlenmiştir. En düşük yeşil ot verimi kontrol parsellerinde (1028.0 kg/da), en yüksek verim ise 200 g/da çift doz uygulamasında (1857.3 kg/da) elde edilmiştir. LSD testi sonuçları, doz arttıkça verimin düzenli bir şekilde yükseldiğini ve özellikle yüksek doz uygulamalarının bitki büyümesini önemli ölçüde desteklediğini ortaya koymuştur. Bu artış, ALFA SS organomineral gübresinin içeriğindeki potasyumun, yonca bitkisinde fotosentez kapasitesini ve yaprak/sürgün büyümesini artırmasının yanı sıra azotun etkinliğini artırmasıyla açıklanabilir (Kacar, 2005). Çalışmada yalnızca tek biçim uygulanmış olmasına rağmen, gübrenin başlangıç dönemindeki hızlı etkisi net bir şekilde gözlenmiştir. Kontrol parsellerinde gübre uygulanmaması, mevcut toprak besinlerinin sınırlılığı nedeniyle yeşil ot veriminin düşük kalmasına yol açmış, gübre uygulanan parsellerde ise artan gübre dozu ile verim artışı belirginleşmiştir. Bu bulgular, Temel ve Şurgun (2019) tarafından yapılan çalışmada rapor edilen, azotun bitkilerde vejetatif gelişmeyi artırdığı, bunun sonucunda yeşil biyokütle üretiminin arttığı sonucuyla uyumludur. Değişik ekolojilerde yapılan çalışmalarda, yonca yeşil ot verimleri Ağanoğlu (1985), 5542 kg/da, Yılmaz ve ark (1996), 3051 kg/da, Avcı (2000), 5151 kg/da, Bingöl 4683 kg/da, Gündel ve ark. (2014) 5095 kg/da, Bilgin ve Tansı (2022) 3781 kg/da olarak saptamışlardır. Bu araştırmada elde edilen değerler söz konusu çalışmaların bulgularının bir miktar altında kalmıştır. Bu farklılığın, biçim sayısındaki değişkenlikler ile deneme alanlarının ekolojik koşullarındaki farklılıklardan kaynaklandığı düşünülmektedir.

Tablo 3. sonuçlarına göre, kuru ot verimi ve ham protein verimi uygulamalar arasında yüksek düzeyde istatistiksel olarak anlamlı farklılık göstermiştir ($p < 0.01$). Kuru ot verimi, kontrol



parsellerinde 280.0 kg/da iken, uygulanan gübre dozlarının artmasıyla sırasıyla 349.3 kg/da (50 g/da), 553.3 kg/da (100 g/da) ve 526.6 kg/da (200 g/da) olarak artış göstermiştir. Benzer şekilde, ham protein verimi de 77.5 kg/da'dan 141.2 kg/da seviyelerine yükselmiştir. LSD testi sonuçları, doz arttıkça hem kuru ot hem de ham protein veriminin anlamlı şekilde yükseldiğini göstermektedir. Bu artışlar, ALFA SS organomineral gübresinin sağladığı azot ve potasyumun bitki büyümesini desteklemesi ve özellikle protein sentezini artırmasıyla açıklanabilir (Kacar, 2005; Wang et al., 2023). Çalışmamızda elde ettiğimiz kuru ot verimleri, Saruhan ve Kuşvuran (2011)'ın tesis yılında elde ettiği Kayseri çeşidinde (209.6 kg/da), CW 3567 çeşidinde (317.2 kg/da) ve Şeker 2003 çeşidinde (779–982 kg/da) belirlenen verimlerden yüksek veya kısmen yakın değerler alırken; benzer şekilde Engin ve Mut (2017)'un 1499 kg/da olarak belirlediği kuru ot verimlerinden ise düşük değerler almıştır. Çalışmada elde edilen ham protein verimleri, Bilgin ve Tansı (2022)'nın belirttiği verimden (91.6 kg/da) yüksek, Engin ve Mut (2017)'un verimlerinden (440.0, 426.3 ve 417.1 kg/da) ise düşüktür. Yoncada tesis yılında belirlenen kuru ot verimlerinin kullanılan çeşitlere, ekolojik şartlara, ekim zamanına ve biçim sayısına göre değişim gösterdiği bilinmektedir. Protein verimi, kuru ot verimi ve ham protein oranının çarpılmasıyla elde edilen bir değer olduğu için, kuru ot verimindeki değişimler protein verimini de etkilemektedir (Engin ve Mut, 2017).

Araştırma bulgularına göre, ham protein oranı bakımından uygulamalar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptanmamıştır ($p > 0.05$). Bu bulgu, tek biçim üzerinden yürütülen deneme tasarımının, protein oranı gibi bitkinin besin yoğunluğunu gösteren parametrelerde kısa dönemde değişiklik yaratacak kadar hassas olmadığını düşündürmektedir. Kontrol ve gübre uygulamaları arasında toplam protein miktarı (kg/da) farklılık gösterse de, bitkideki protein oranı (%) bakımından uygulamalar arasında önemli bir farkın bulunmadığı görülmektedir. Bu durum, gübre uygulamalarının bitkide protein oranı üzerine etkisinin, özellikle tek biçim ve kısa dönem uygulamalarda sınırlı olduğu bildiren önceki çalışmalarla uyumludur. Örneğin, Leite ve ark. (2021) gübrelemenin bazı lif ve karbonhidrat fraksiyonlarını değiştirdiğini ancak protein oranındaki değişimin her zaman paralel olmadığını bildirmiştir. Benzer şekilde, Sawatzky ve ark. (2024) azot uygulama zamanlamasının protein içerik üzerinde sınırlı etkileri olduğunu raporlamış, Britz ve ark. (2023) ise artan azot uygulamalarının ham protein yüzdesinde yalnızca belirli seviyelere kadar artış sağladığını göstermiştir. Ayrıca, Šidlauskaitė ve ark. (2023) yem bitkisi türlerinde azot gübrelerinin kalite üzerine etkilerini incelerken bazı durumlarda protein oranında anlamlı fark gözlemlemediklerini belirtmişlerdir.

Araştırmada uygulanan tam ve çift doz ALFA SS uygulamaları (100 ve 200 g/da) ADF ve NDF oranlarında anlamlı artışa yol açmıştır. 100 g/da uygulamasında NDF oranı en yüksek düzeye (%41.6) ulaşırken, ADF değerleri 100 ve 200 g/da dozlarında kontrol ve 50 g/da uygulamalarına göre istatistiksel olarak daha yüksek bulunmuştur (sırasıyla %25.8 ve %24.7). Bu durum, uygulanan dozların bitki maturasyonunu hızlandırarak yapısal doku (sap, lignin ve selüloz) sentezini teşvik etmiş olabileceğini düşündürmektedir. Verim (yeşil/kuru/protein verimi) artarken ADF ve NDF değerlerindeki yükselme, klasik bir verim–kalite dengesi (trade-off) ilişkisini göstermektedir. Bitkilerde bu tür karşıt etki, artan besin temininin biyokütle üretimini teşvik ederken hücre duvarı bileşenlerinin göreceli oranını artırmasıyla açıklanabilir. Billman ve ark. (2021) ve Wan ve ark. (2022), yüksek azot uygulamalarında kuru madde veriminin arttığını, ancak lif bileşenlerinin (ADF, NDF) de yükselerek yem kalitesini sınırladığını bildirmiştir. Ancak, hayvan beslenmesinde ADF ve NDF'nin optimal sınırları dikkate alındığında, elde edilen değerler yüksek kalite için belirlenen kriterlerle uyumludur: yüksek kaliteli yonca için ADF %30–35 ve NDF %40–45 arasında kabul edilirken (Belyea et al., 2017), çalışmada elde edilen en yüksek ADF ve NDF değerleri sırasıyla %25.8 ve %41.6 sınırlarındadır. Bu bulgu, tam ve çift doz ALFA SS uygulamalarının verimi artırırken yem kalitesini olumsuz etkilemediğini, aksine lif oranlarının yüksek kaliteli yonca sınıfı içinde



kaldığını göstermektedir. Yapılan çalışmalarda ADF oranını yoncada, Shin (1997) % 33.6-36.0, Avcı (2000), % 41.2, Cassida ve ark. (2000) % 29.7-33.5 ve Bingöl (2018) %25,7-35,7 olarak saptamışlardır. Otun selüloz, lignin ve hemiselüloz içeriğini gösteren NDF oranı yapılan çalışmalarda yoncada Horner ve ark. (1985) % 46.0, Spandl ve Hesterman (1997) % 47.8, Belyea ve ark. (1999) % 30.3-34.7, Avcı (2000) % 41.7, Cassida ve ark. (2000) % 37.2 - % 42.0, Yavuz (2011) % 45.8 ve Bingöl (2018) %33,9-46,4 olarak belirlemişlerdir. Bu araştırmada elde edilen ADF değerleri söz konusu çalışmaların bulgularından daha düşüktür. NDF değerleri ise Belyea ve ark., (1999), Avcı (2000), Cassida ve ark., (2000), Çınar (2012) ve Bingöl (2018)'in bulgularıyla uyumlu; Horner ve ark. (1985), Spandl ve Hesterman (1997) ve Yavuz (2011)'un bulgularıyla uyumsuzdur. Bulgular arasındaki farklılığın araştırmalarda kullanılan çeşit, iklim faktörlerinin ve biçim zamanlarının farklılığından kaynaklandığını söylemek mümkündür. Nitekim Linn ve Martin (1999), bitki türlerinin yem kalitesi bakımından büyük değişkenlik gösterdiğini, sıcaklık, ışık ve yağış gibi çevresel faktörler ve iklim şartlarının gelişme boyunca ve hasatta kaliteyi etkileyebildiğini, NDF oranının biçim zamanından ve örnek alınan tesisin yaşından etkilendiğini bildirmişlerdir.

SONUÇ

Bu çalışma, ALFA SS organomineral gübresinin yonca verimi ve kalite parametreleri üzerindeki etkilerini ortaya koymuştur. Tam ve çift doz uygulamalar (100 ve 200 g/da), yeşil ot, kuru ot ve ham protein verimlerini anlamlı şekilde artırırken, ham protein oranı açısından kısa dönemde anlamlı bir değişim gözlenmemiştir. ADF ve NDF değerleri verim artışına paralel olarak yükselmiş olmakla birlikte, elde edilen değerler yüksek kaliteli yonca için belirlenen sınırlar içinde kalmıştır. Bu bulgular, uygun dozlarda gübre uygulamasının verimi artırırken yem kalitesinin korunabileceğini göstermektedir. Elde edilen sonuçlar, gübre dozunun ve uygulama stratejisinin bitki büyümesi ve biyokütle üretimi üzerinde belirleyici olduğunu vurgulamaktadır. Bu nedenle, verim ve kaliteyi dengelemek için gübre dozlarının dikkatle planlanması, biçim zamanlamasının optimize edilmesi ve uzun dönemli uygulamaların göz önünde bulundurulması önerilmektedir.

KAYNAKÇA

- Anonim. (2025). *Alfa-SS organomineral gübre ürünü*. QAL Tarım. <https://www.qal.com.tr/urunlerimiz/gubre/alfa-ss>
- Ağanoğlu, V. (1985). *Çukurova koşullarında Rodos otu (Chloris gayana Kunth) ve yonca (Medicago sativa L.)'nin karışım olarak yetiştirilme olanakları üzerine araştırmalar* [Yüksek lisans tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı].
- Atlı, B., Yıldırım, E., & Candaş, İ. (2021). *Türkiye'de tarım topraklarının dünü, bugünü ve geleceği: Topraklarımızın sağlığı ve bereketi için bir aradayız* [Rapor]. WWF-Türkiye.
- Avcı, M. (2000). *Çukurova'da yapay mera kurmak amacıyla yetiştirilebilecek kışlık çokyıllık buğdaygil+baklagil yem bitkileri karışımlarının saptanması* [Doktora tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı].
- Belyea, R., Restrepo, R., Martz, F., & Ellersieck, M. (1999). Effect of year and cutting on equations for estimating net energy of alfalfa. *Journal of Dairy Science*, 82(9), 1943–1949.



- Belyea, R. L., Steevens, B., Garner, G., Whittier, J. C., & Sewell, H. (2017). *Using NDF and ADF to balance diets*. University of Missouri Extension. <https://extension.missouri.edu/publications/g3161>
- Billman, E. D., Scaglia, G., & Kallenbach, R. L. (2021). Fertilizer effects on forage yield and fiber composition in perennial legumes. *Crop, Forage & Turfgrass Management*, 7(1), e20113. <https://doi.org/10.1002/cft2.20113>
- Bilgin, F. D., & Tansı, V. (2022). *Çukurova'da suni mera tesisi ve ot üretimi amacıyla bazı sıcak mevsim buğdaygil yem bitkilerinin yonca ile uygun karışım oranlarının belirlenmesi* [Doktora tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı].
- Bingöl, N., Engin, M., & Mut, H. (2018). Bingöl ovası koşullarında yetiştirilen bazı yonca (*Medicago sativa* L.) çeşitlerinin verim ve kalite özelliklerinin belirlenmesi. *Bingöl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 1(1), 10–18. <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/1165983>
- Britz, E., et al. (2023). Nitrogen fertilization increases the growth and nutritional content of forage, including crude protein. *ScienceDirect*.
- Cassida, K. A., Griffin, T. S., Rodriguez, J., Patching, S. C., Hesterman, O. B., & Rust, S. R. (2000). Protein degradability and forage quality in maturing alfalfa, red clover and birdsfoot trefoil. *Crop Science*, 40, 209–215.
- Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü. (2018). *Toprak organik karbonu projesi: Teknik özet*. Tarım ve Orman Bakanlığı, Ankara.
- Engin, B., & Mut, H. (2017). Farklı yonca çeşitlerinin ot verimi ve bazı kalite özelliklerinin belirlenmesi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 27(2), 212–219.
- Gündel, F. D., Karadağ, Y., & Çınar, S. (2014). Çukurova ekolojik koşullarında bazı sıcak mevsim baklagil yem bitkilerinin verim, kalite ve adaptasyonu üzerine bir araştırma. *Journal of Agricultural Faculty of Gaziosmanpaşa University*, 31(3), 10–19.
- Horner, L. J., Bush, J., Adams, G. D., & Taliaferro, C. M. (1985). Comparative nutritional value of eastern gamagrass and alfalfa hay for dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 68, 15–26.
- Kacar, B. (2005). Potasyumun bitkilerde işlevleri ve kalite üzerine etkileri. *Tarımda Potasyumun Yeri ve Önemi Çalıştayı* (s. 1–8).
- Leite, R. G., dos Santos, P. A., Ribeiro, S. C., Pereira, T. J. P., Silva, N. M., & Lima, I. M. (2021). Effects of nitrogen fertilization on protein and carbohydrate fractions of perennial grasses. *Scientific Reports*, 11, 14365. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-94098-x>
- Liu, S., Gao, R., Yang, F., & Li, H. (2023). Effects of biochar and nitrogen fertilization on yield and forage quality of alfalfa (*Medicago sativa* L.). *Agriculture*, 15(3), 239. <https://doi.org/10.3390/agriculture15030239>
- Manga, İ., Acar, Z., & Ayan, İ. (2003). *Baklagil yem bitkileri*. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayın No: 7.
- Namlı, A., Akça, M. O., & Akça, H. (2019). Afşin-Elbistan havzası linyit işletmesi organik materyallerinden geliştirilen organik ve organomineral gübrelerin buğday verimi ve verim bileşenleri ile bazı toprak özellikleri üzerine etkileri. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*, 7(1), 10–20.
- Saruhan, V., & Kuşvuran, A. (2011). Güneydoğu Anadolu Bölgesi koşullarında bazı yonca (*Medicago sativa* L.) çeşitleri ve genotiplerinin verim performanslarının belirlenmesi. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 48(2), 133–140.



- Sawatzky, S., et al. (2024). Effect of nitrogen rate and timing on forage sorghum biomass yield and quality. *Open Research*.
- Šidlauskaitė, G., et al. (2023). The effect of inorganic nitrogen fertilizers on the quality of perennial grasses. *PMC*.
- Shin, C. N. (1997). Dry matter production and nutritive value of wild alfalfa. *Proceedings of the XVIII International Grassland Congress, Canada*.
- Smith, D. L., Johnson, C., & Anderson, M. (2019). Effect of nitrogen fertilization on yield and forage quality of alfalfa–grass mixtures under field conditions. *Canadian Journal of Plant Science*, 99(5), 760–770. <https://doi.org/10.1139/CJPS-2019-0045>
- Spandl, E., & Hesterman, O. B. (1997). Forage quality and alfalfa characteristics in binary mixtures of alfalfa and brome grass or timothy. *Crop Science*, 37, 1581–1585.
- SÜTAŞ & Paydaşlar. (2018). *Organomineral gübre çalıştayı bildirileri*. SÜTAŞ Tarım Ar-Ge Merkezi Yayını, Bursa, Türkiye.
- Temel, S., & Şurgun, N. (2019). Farklı dozlarda uygulanan azot ve fosforlu gübrelemenin kinoa'nın ot verimi ve kalitesine etkisi. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 9(3), 1785–1796.
- Tangolar, S., Demir, S., Ada, M., Alkan Torun, A., Duymuş, E., & Tangolar, S. (2021). Organik ve organomineral gübrelerin Prima üzüm çeşidinde verim, kalite ve bitki besleme üzerine etkileri [Effects of organic and organomineral fertilizers on yield, quality and plant nutrition in Prima grape variety]. *Mediterranean Agricultural Sciences*, 34(1), 9–16.
- Üçok, Z., Demir, H., Sönmez, İ., & Polat, E. (2019). Effects of different organic fertilizer applications on yield, quality and plant nutrient content of curly lettuce (*Lactuca sativa* L. var. *crispa*). *Mediterranean Agricultural Sciences*, 32(Özel Sayı), 63–68.
- Veihmeyer, F. J., & Hendrickson, A. H. (1949). Soil moisture and plant growth. *Annual Review of Plant Physiology*, 1(1), 285–304.
- Wan, X., Zhang, L., Wu, H., & Wang, R. (2022). Effects of nitrogen fertilization on yield and quality of alfalfa: A global meta-analysis. *Frontiers in Plant Science*, 13, 1051725. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.1051725>
- Wang, Q., Liu, H., Zhang, L., & Zhao, Y. (2023). Effects of potassium fertilizer on yield, nutrient accumulation, and forage quality of alfalfa (*Medicago sativa* L.) in the Inner Mongolia Plateau. *Agronomy*, 15(10), 2328. <https://doi.org/10.3390/agronomy15102328>
- Yavuz, T. (2011). *Karadeniz Bölgesi geçit iklim kuşağı kıraç alanlarında yapay mera karışımlarının belirlenmesi* [Doktora tezi, Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tokat].
- Yılmaz, İ., Deveci, M., Akdeniz, H., Andiç, N., Terzioğlu, Ö., Kesin, B., & Andiç, C. (1996). Van kıraç şartlarında bazı önemli yonca varyetelerinin adaptasyonu ve ot verimi üzerinde araştırma. *Türkiye 3. Çayır-Mera ve Yem Bitkileri Kongresi Bildirileri* (s. 393–401). Erzurum.
- Zhang, X., Li, W., Wang, Y., & Chen, J. (2022). Effects of different fertilizer types on alfalfa (*Medicago sativa* L.) yield and quality: A meta-analysis. *Frontiers in Plant Science*, 13, 972810. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.972810>



T.C.
AYDIN ADNAN MENDERES ÜNİVERSİTESİ REKTÖRLÜĞÜ
Ziraat Fakültesi



Sayı : E-69536278-051-2500026650
Konu : 3. Uluslararası Çayır Mera ve Yem
Bitkileri Kongre Daveti

10.09.2025

DAĞITIM YERLERİNE

Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri tarafından, 12-14 Eylül 2025 tarihleri arasında düzenlenecek olan “3. Uluslararası Çayır Mera ve Yem Bitkileri ” kongresinde sizleri de aramızda görmekten onur ve mutluluk duyarız. Kongreye ait davetiye ekte sunulmuştur.

Biriminizde görev yapmakta olan tüm personele duyurulması hususunda bilgilerinizi ve gereğini arz/rica ederim.

Prof. Dr. Mustafa SÜRMEN
Dekan

Ek: WhatsApp Image 2025-09-10 at 09.01.34

DAĞITIM LİSTESİ

Kuşadası Denizcilik Fakültesi
Mühendislik Fakültesi
Nazilli Güzel Sanatlar Fakültesi
Nazilli İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi
Sağlık Bilimleri Fakültesi
Siyasal Bilgiler Fakültesi
Söke İşletme Fakültesi Sekreterliği
Söke Mimarlık ve Tasarım Fakültesi
Spor Bilimleri Fakültesi
Tıp Fakültesi
Turizm Fakültesi
Uygulamalı Bilimler Fakültesi
Veteriner Fakültesi
Ziraat Fakültesi
Devlet Konservatuvarı Müdürlüğü
Yabancı Diller Yüksekokulu
Atça Meslek Yüksekokulu
Aydın Meslek Yüksekokulu

Bu belge, güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.

Belge Doğrulama Kodu: 49AMFCU

Belge Takip Adresi: <https://www.turkiye.gov.tr/aydin-adnan-menderes-uni-ebys>

Adres: Güney Yerleşkesi 09100 Efeler/AYDIN

Telefon No:

e-Posta:

Kep Adresi: adnanmenderesuniversitesi@hs01.kep.tr

Faks No:

İnternet Adresi:

Bilgi için :

Telefon No:

Direkt Hat:

Nurhayat YABAŞ ÖNAL
Bilgisayar İşletmeni



Aydın Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu
Bozdoğan Meslek Yüksekokulu
Buharkent Meslek Yüksekokulu
Çine Meslek Yüksekokulu
Didim Meslek Yüksekokulu
Germencik Yamantürk Meslek Yüksekokulu
Karacasu Memnune İnci Meslek Yüksekokulu
Koçarlı Meslek Yüksekokulu
Köşk Meslek Yüksekokulu
Kuşadası Meslek Yüksekokulu
Kuyucak Meslek Yüksekokulu
Nazilli Meslek Yüksekokulu
Nazilli Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu
Söke Meslek Yüksekokulu
Söke Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu
İnsan ve Toplum Bilimleri Fakültesi
İletişim Fakültesi
İlahiyat Fakültesi
Hemşirelik Fakültesi
Fen Fakültesi
Eğitim Fakültesi
Dış Hekimliği Fakültesi
Sultanhisar Meslek Yüksekokulu
Yenipazar Meslek Yüksekokulu
Fen Bilimleri Enstitüsü
Sağlık Bilimleri Enstitüsü
Sosyal Bilimler Enstitüsü

Bu belge, güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.

Belge Doğrulama Kodu: 49AMFCU

Belge Takip Adresi: <https://www.turkiye.gov.tr/aydin-adnan-menderes-uni-ebys>

Adres: Güney Yerleşkesi 09100 Efeler/AYDIN

Bilgi için :

Nurhayat YABAŞ ÖNAL
Bilgisayar İşletmeni

Telefon No:

Faks No:

Telefon No:

e-Posta:

İnternet Adresi:

Direkt Hat:

Kep Adresi: adnanmenderesuniversitesi@hs01.kep.tr



*Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü tarafından,
12-14 Eylül 2025 tarihleri arasında düzenlenecek olan ”3. Uluslararası Çayır Mera ve Yem Bitkileri”
Kongresinin açılış programında sizi de aramızda görmekten onur ve mutluluk duyarız.*

*Prof. Dr. Mustafa SÜRMEN
Kongre Düzenleme Kurulu Başkanı
Ziraat Fakültesi Dekanı*

AÇILIŞ PROGRAMI

Tarih: 12 Eylül 2025

Saat: 09.30 - 10:30

Yer: Ankara Üniversitesi Didim ÖRSEM Altinkum/Didim