

1.ULUSLARARASI TARIM, HAYVANCILIK VE ORMAN BİLİMLERİ KONGRESİ

21-23 ŞUBAT 2025

ANKARA

KONGRE KİTABI

Editörler:
Prof. Dr. Betül GÜROY
Prof. Dr. Halil Barış ÖZEL
Doç.Dr. Tuğçe ÖZSAN KILIÇ

İKSAD Publishing House

www.isarconference.org

INDEX

CONGRES ID		II-IV
PROGRAM		V-XXVIII
GALLERY		XXIX-XXXIV
ACADEMIC INCENTIVE		XXXV
NOTIFICATIONS		XXXVI-XLVII

CONGRESS ID

CONGRESS TITLE

1.INTERNATIONAL AGRICULTURE, ANIMAL HUSBANDRY AND FORESTRY SCIENCES CONGRESS

DATE AND PLACE

21-23 FEBRUARY 2025, ANKARA ONLINE PRESENTATIONS

ORGANIZATION

ISARC INTERNATIONAL SCIENCE AND ART RESEARCH CENTER

GENERAL COORDINATOR

Uzm. Yasemin AĞAOĞLU

EDITOR

Prof. Dr. Halil Barış ÖZEL

Prof. Dr. Betül GÜROY

Assoc. Prof. Dr. Tuğçe ÖZSAN KILIÇ

ORGANIZING COMMITTEE

Prof.Dr. Gülsüm ÖZTÜRK
Prof. Dr. Halil Barış ÖZEL
Assoc. Prof. Dr. Ahmet AKKÖSE
Assoc. Prof. Dr. Bülent BAYRAKTAR
Assoc. Prof. Dr. Elif Feyza TOPDAŞ
Assoc. Prof. Dr. Filiz RANDA ZELYÜT
Assoc. Prof. Dr. Şeyma ŞİŞİK OĞRAŞ
Assoc. Prof. Dr. Volkan GÜL

ISBN: '978-625-378-190-3'

SCIENCE AND ADVISORY COMMITTEE

Prof. Dr. Amine Assouguem
Moulay Ismail University

Prof. Dr. Gülsüm ÖZTÜRK
Ege University

Prof. Dr. Halil Barış ÖZEL
Bartın University

Prof. Dr. Haluk ÖZPARLAK
Selcuk University

Prof. Dr.Hatice ÖĞÜTCÜ
Ankara Hacı Bayram Veli University

Prof. Dr. Mohammed ALİZADEH KHALEDABAD
Urmia University Faculty of Agriculture

Prof. Dr. Songül GÜRSOY
Dicle University

Assoc. Prof. Dr. Adnan AYAN
Aksaray University

Assoc. Prof. Dr. Ahmet AKKÖSE
Atatürk University

Assoc. Prof. Dr. Bülent BAYRAKTAR
Bayburt University

Assoc. Prof. Dr. Elif Feyza TOPDAŞ
Atatürk University

Assoc. Prof. Dr Emre TEKCE
Bayburt University

Assoc. Prof. Dr. Filiz RANDA ZELYÜT
Bilecik Şeyh Edebali University

Assoc. Prof. Dr. Hacer KAYA
Gümüşhane University

Assoc. Prof. Dr. Hafize FIDAN
University of Food Technologies, Plovdiv, Bulgaria

Assoc. Prof. Dr. Hijran RAFIYEVA
Bakü Devlet Üniversitesi

Assoc. Prof. Dr. Hilal ÜRÜŞAN ALTUN
Atatürk University

Assoc. Prof.Dr. Işıl ÖZDEMİR
Kocaeli University

Assoc. Prof. Dr. Murat GENÇ
Atatürk University

Assoc. Prof. Dr. Nuray DEMİR
Atatürk University

Assoc. Prof. Dr. Şeyma ŞİŞİK OĞRAŞ
Atatürk University

Assoc. Prof. Dr. Volkan GÜL
Bayburt Üniversitesi

Dr. Filiz AYGÜN ERTÜRK
Bayburt Üniversitesi

Dr. Jyoti Singh
Lovely Professional University

Dr. Mehmet Reşit Taysı
Bingöl Üniversitesi

Dr. Markéta MIHÁLIKOVÁ
Water Resources, Czech University of Life Sciences, CZECH REPUBLIC

Dr. Ravısh Choudhary
Indian Agricultural Research Institute

Dr. Romina Alina Marc
University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Cluj

Zir. Müh. Ayfer ÖLMEZ
Tarım ve Orman Bakanlığı

ISARC
1.INTERNATIONAL AGRICULTURE, ANIMAL HUSBANDRY AND FORESTRY SCIENCES CONGRESS

21-23 FEBRUARY 2025

CONGRESS PROGRAM

Join Zoom Meeting:

Meeting ID: 827 9682 0981

Passcode: 586531

Join Zoom Meeting

https://us02web.zoom.us/j/82796820981?pwd=hNeEnr91ovIsNUIIWf95bNxsa7r3kJ.1

PARTICIPATING COUNTRIES

AZERBAYCAN / MOROCCO / INDIA / KKTC / PAKİSTAN/ BANGLADESH / NIGERİA / ETHIOPIA / INDONESIA



Önemli, Dikkatle Okuyunuz Lütfen

- ❖ Kongremizde Yazım Kurallarına uygun gönderilmiş ve bilim kurulundan geçen bildiriler için online (video konferans sistemi üzerinden) sunum imkanı sağlanmıştır.
- ❖ Online sunum yapabilmek için **https://zoom.us/join**sitesi üzerinden giriş yaparak "Meeting ID orPersonal Link Name" yerine ID numarasını girerek oturuma katılabilirsiniz.
- ❖ Zoom uygulaması ücretsizdir ve hesap oluşturmaya gerek yoktur.
- ❖ Zoom uygulaması kaydolmadan kullanılabilir.
- ❖ Uygulama tablet, telefon ve PC'lerde çalışıyor.
- ❖ Her oturumdaki sunucular, sunum saatinden 5 dk öncesinde oturuma bağlanmış olmalarıgerekmektedir.
- ❖ Tüm kongre katılımcıları canlı bağlanarak tüm oturumları dinleyebilir.
- ❖ Moderatör – oturumdaki sunum ve bilimsel tartışma (soru-cevap) kısmından sorumludur.

DikkatEdilmesiGerekenler- TEKNİK BİLGİLER

- ♦ Bilgisayarınızda mikrofon olduğuna ve çalıştığına emin olun.
- ♦ Zoom'da ekran paylaşma özelliğine kullanabilmelisiniz.
- ♦ Katılım belgeleri kongre sonunda tarafınıza pdf olarak gönderilecektir
- ♦ Kongre programında yer ve saat değişikliği gibi talepler dikkate alınmayacaktır

IMPORTANT, PLEASE READ CAREFULLY

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

Points to Take into Consideration - TECHNICAL INFORMATION

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

ÖNEMLİ NOT: SUNUMLARINIZI HEM TÜRKÇE HEM İNGİLİZCE HAZIRLAMANIZI RİCA EDERİZ

21.02.2025

FRİDAY/ 10:30-12:30

SESSION-1 HALL-1

MODERATOR: PROF. DR. SEZAI ERCIŞLI

AUTHORS	AFFILIATION	TOPIC TITLE
Neslihan FİDAN Aysun ŞENER GEDÜK	Mersin Food Control Laboratory/Adana Alparslan Türkeş Science and Technology University	Bıoactıve Propertıes Of Hawthorn (Crataegus Ssp.) Fruıts
Prof. Dr. Sezai ERCIŞLI Mustafa Kenan GEÇER	Atatürk University/ Bolu Abant Izzet Baysal University	Biodiversity And Its Importance In Fruit Growing
Prof. Dr. Sezai ERCIŞLI Mustafa Kenan GEÇER	Atatürk University/ Bolu Abant Izzet Baysal University	Fruit Characteristics Of Rosa Pimpinellifolia
Can ZEYTÜNLÜ Ceyhun AKARSU Nüket SİVRİ	Istanbul University	Comparıson Of Smart Ear Tag Applıcatıons In Bovıne Health Monıtorıng Wıth Dıgıtal Transformatıon
Mahmudov Elgün Abbasova Günay Gurbanov Orkhan Ramazanova Günel	Azerbaijan State Agricultural University	Applıcatıon Of Cu(Glycinate) 2 (H 2 O) Complex Compound Effectıng On Increasıng Development And Reproductıve Capacıty Of "Vsl-2" Rootstock At The Inıtıatıon Stage
Cumhur Umut ESEN Ertuğrul KARAŞ	Eskişehir Osmangazi University	Farklı Gelişme Dönemlerinde Bitkisel Hormon Uygulamalarının Buğdayın Bazı Kalite Özelliklerine Etkisi

21.02.2025

FRİDAY / 10:30-12:30

SESSION-1 HALL-2

MODERATOR: PROF. DR. HALIL BARIŞ ÖZEL

AUTHORS	AFFILIATION	TOPIC TITLE
Adil BAKOĞLU Lect. Dr. Muhammed İkbal ÇATAL	Recep Tayyip Erdoğan University	Nutrient Value And Mineral Composition Of Çayırözü Pastures (İspir/Erzurum)
Yunus Emre TERZİ Assoc. Prof. Dr. Osman UYSAL	International Agricultural Research And Training Center/Malatya Turgut Ozal University	Sugar Beet Productıon Quantıty And Prıce Forecast In Türkiye
İnci ÇAĞLAYAN	İstanbul University	Evaluatıon Of Resın Productıon Methods In Pınus Brutıa Forests Usıng The Analytıc Hıerarchy Process (Ahp)
Dr. Hüseyin ÇELİK	Near East University/KKTC	Envıronmental Regulatıons In The Swedısh Pulp And Paper Industry: A Hıstorıcal Case Study
Ayten SARİYEVA	Azerbaycan Devlet Su Kaynakları Ajansı	Tuzlu toprakların gelişiminde kapalı yatay drenaj yapıları ve sistemleri
Mesut ŞEN Prof. Dr. Halil Barış ÖZEL	Bartın University	Eefects Of Precommercıal Thınnıng In Black Pıne (Pinus Nigra Arnold.) Stands
Bekir DEMİREL Prof. Dr.Halil Barış ÖZEL	Bartın University	The Investıgatıon Of Stand Structure And Juenılıty Dynamıcs In Natural Regeneratıon Areas Of Pure Orıental Beech (Fagus Orientalis Lipsky.) In The Bartın-Kumluca Regıon

21.02.2025

FRİDAY / 11:30-13:30

SESSION-2 HALL-3

MODERATOR: Assoc. Prof. Dr Tuğçe ÖZSAN KILIÇ

AUTHORS	AFFILIATION	TOPIC TITLE
Doç. S. M. ŞAHMALIYEVA	Scientific Research Institute of Water and Melioration	Water-Savıng Technology – Applıcatıon Of Ecoboxes
Assist. Prof. Dr. Osman Doğan BULUT	Iğdır University	Analysıs Of Revealed Comparatıve Advantage In Foreıgn Trade Of Wheat And Wheat Products: The Case Of Türkiye(2013-2023)
Doç. Dr. Arzu MUTLU	Harran University	The Effect Of Different Sowing Densities On Grain Yield İn Wheat Plant
Assist. Prof. Dr..Makbulenur ONUR Demet Ülkü GÜLPINAR SEKBAN	Karadeniz Technical University	Global Struggle For Aır Qualıty Improvement: Polıcıes, Technologıes, And Theır Effects
Assist. Prof. Dr..Makbulenur ONUR Demet Ülkü GÜLPINAR SEKBAN	Karadeniz Technical University	Landscape Desıgns And Applıcatıons For Improvıng Aır Qualıty
Fatma Berra YÜCESAN Lect. Özlem SEFER Emre YÖRÜK	Istanbul Yeni Yuzyil University	Transcriptional and Epigenetics Alterations due to L-arginine and L-methionine Treatment in Fusarium culmorum (WG Smith)
Assoc. Prof. Dr Tuğçe ÖZSAN KILIÇ Ahmet Naci ONUS	Akdeniz University	Cucumber Breedıng And Genomıcs
Assoc. Prof. Dr Tuğçe ÖZSAN KILIÇ Ahmet Naci ONUS	Akdeniz University	Vegetable Breedıng And Heterosıs

21.02.2025

FRIDAY/ 11:30-13:30

SESSION-2 HALL-4

MODERATOR: PROF. DR. BETÜL GÜROY

AUTHORS	AFFILIATION	TOPIC TITLE
Dr. Remzi ÖZKAN Dr. Merve BAYHAN Res. Assist.Levent YORULMAZ Prof. Dr. Mehmet YILDIRIM Prof. Dr. Cuma AKINCI	Dicle Üniversitesi	Effect Of Heat Stress On Chlorophyll Content Of Bread Wheat (Triticum Aestivum L.)
Dr. Merve BAYHAN Dr. Remzi ÖZKAN Assist. Prof. Dr. Önder ALBAYRAK Prof. Dr. Cuma AKINCI Prof. Dr. Mehmet YILDIRIM	Dicle Üniversitesi/Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi	Wheat Productıon Under Dyarbakır Condıtıons: Yıeld And Qualıty Performance Of Dıfferent Genotypes
Prof. Dr. Betül GÜROY	Yalova University	Blue Card: Fair Carbon Model The Crıtıcal Role Of Mıcroalgae In The Carbon Market
Prof. Dr. Betül GÜROY	Yalova University	Ecologıcal And Industrıal Importance Of Synechococcus Elongatus
Assoc. Dr. Mehtap USTA	Trabzon University	Examınatıon Of Producers' Knowledge Levels About Honeybee Dıseases And Fıghtıng Methods

21.02.2025

FRIDAY/ 12:00-14:00

SESSION-2 HALL-5

MODERATOR: DR.SUJATA DABOLKAR

AUTHORS	AFFILIATION	TOPIC TITLE
Saloni Sharma Suhani Sharma	Jamia Hamdard University/Manav Rachna International Institute of Research Studies/INDIA	The Effect of Climate Change on Crop Yield and Food Security
Dr.Sujata Dabolkar	Government college	Microbial Life inside Deep-Sea Caves
Dr.Muhammad Mazhar Iqbal Muhammad Abdullah Tehmena Rashid Hafiz Qaiser Yasin Shafiq-ur-Rehman Muhammad Naveed	University of Agriculture/PAKİSTAN	Climate Change in Asia and Africa: Myth or Existential Crisis?
EL-BAGGAR Imane ELKARTOUTI Abdeslam BAHHOU Jamila, LATIQUE Salma	Sidi Mohamed Ben Abdellah University/MOROCCO	Study On The Growth Kınetıcs Of Three Mıcroalgae Straıns Isolated From Freshwater Ecosystems In The Fes-Meknes Regıon Of Morocco
Krithik S Dr. P. Suganthi	R.M.K Engineering College/INDIA	The Role of Mathematics in Environmental Science and Climate Modelling
Alemmeta Assefa Agidew	Wollo University/ETHIOPIA	Determınant Factors For The Expansıon Of Informal Settlements In Dessıe Cıty, Northeast Ethıopıa
OKORAFOR Uneke KAROKATOSE Gbenga Ben ADEOLA Abimbola Rachael	Yaba College of Technology	Correspondence Analysıs Of Students Attıtude And Academıc Achıevement In Statıstıcs
OKORAFOR, Uneke BAMIDELE Gbenga Isaiah JIMOH Timowa Ibrahim	Yaba College of Technology	Lasso Regressıon Analysıs Of The Effect Of Some Economıc Varıables On Gross Domestıc Product

21.02.2025

FRIDAY/ 12:00-14:00

SESSION-3 HALL-6

MODERATOR: Dr. Michael Ioelovich

AUTHORS	AFFILIATION	TOPIC TITLE
Sree Bhagavath Dr. P. Suganthi,	R.M.K Engineering College	Guardians of the Green: Protecting Our Terrestrial Ecosystems
Alade, Adetomiwa Adebayo Igwe, Okereke Chigbo Olawuwo, Oluwafemi Joseph Enin, Lucky	Federal College of Animal Health and Production Technology/NİGERİA	Physıcochemıcal Qualıty Of Groundwater Samples Around Federal College Of Anımal Health And Productıon Technology, Ibadan, Nıgerıa Students' Resıdentıal Areas
Ifra Zainab Shazia Perveen Sumaira Kanwal	The Women University/COMSATS University/	Antioxidant and histological evaluation in rotenone induced respiratory dysfunction associated with Parkinson disease via 2-(2-nitrophenyl)-1,3-thiazolidine-4-carboxylic acid in animal model
Musfiqul Islam Prince Dr. Md. Anwarul Kabir Bhuiya	University of Rajshahi/Bangladesh	Synthesis And Characterization Of Superparamagnetic Iron Oxide Nanoparticles (Spıonps) Through Green Route Using Ficus Rumphii Leaf Extract For Water Treatment Application
Dr. Michael Ioelovich	Institute of Wood Chemistry	A Single-Stage Method for Isolation of Cellulose Nanocrystals from Biomass in One Pot
FAMAKINWA Yemsi Mulikat	OBAFEMI AWOLOWO UNIVERSITY	A Grammatıcal Analysıs And Evaluatıon Of Selected Excerpts Of Three Central Themes Of Armah's "The Beautyful Ones Are Not Yet Born"
Sri Wahyuni Selina Sampurwati	University of Muhammadiyah Makassar/INDONESIA	The Potentıal Of Islamıc Crowdfundıng As An Instrument For Halal Tourısm Development In South-Sulawesı

21.02.2025

FRIDAY/ 12:00-14:00

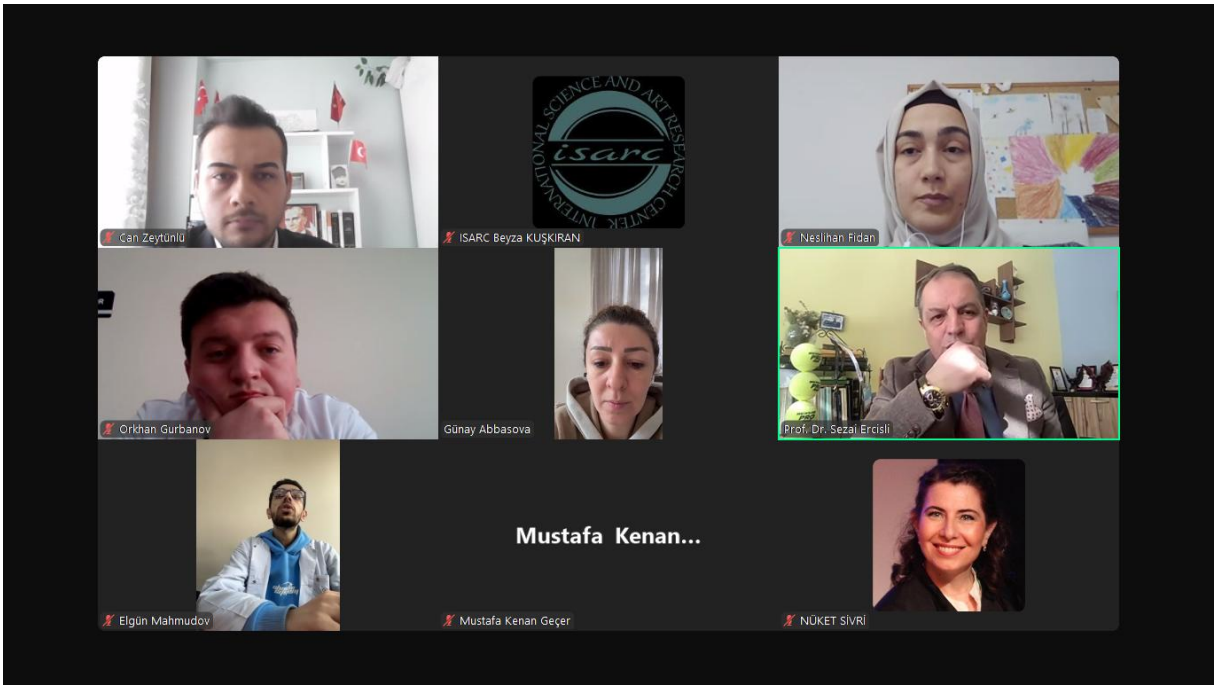
SESSION-3 HALL-7

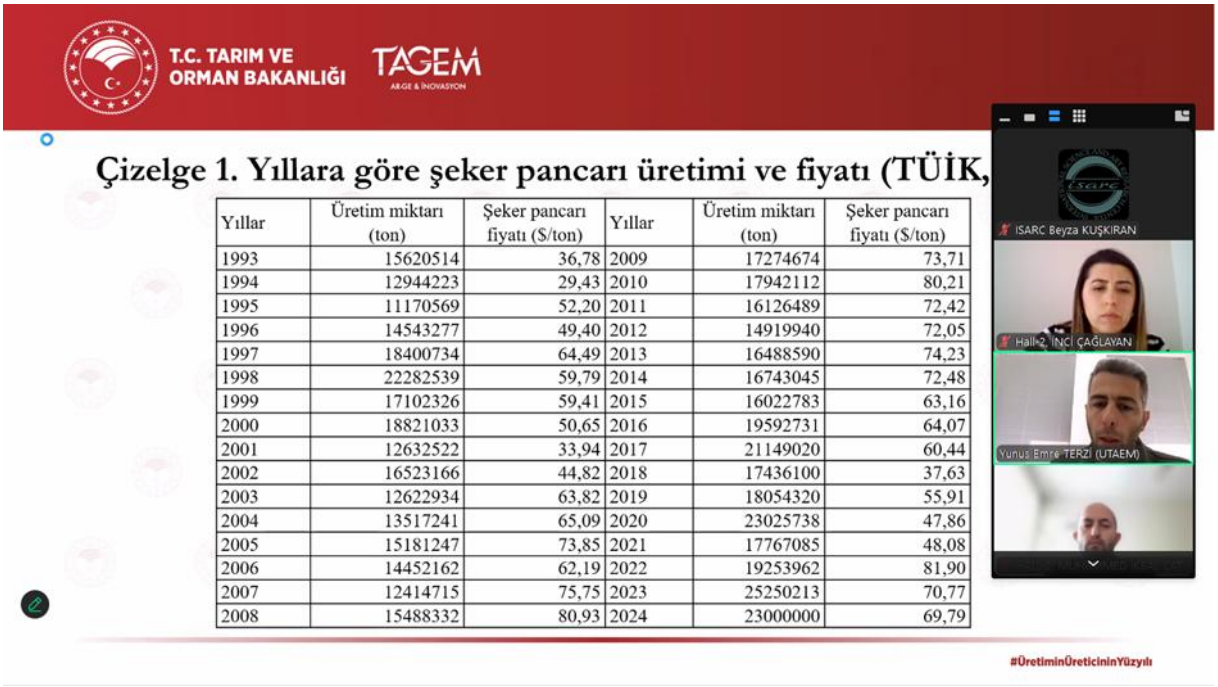
MODERATOR: Assist.Prof. Dr. K.R.Padma

AUTHORS	AFFILIATION	TOPIC TITLE
AJIWE, S.T. ILUYEMI, C. A. OLALERE, M. J. PHILIPS, F. D.	Ajayi Crowther University/College of Freshwater Fisheries Technology	Fusarıum Wılt Of A Tomato: A Revıew
Ajiwe, S.T Iluyemi, C. A. Lawal, I. T. Oluwasanmi, F. A.	Ajayi Crowther University/College of Freshwater Fisheries Technology	Efficacy Of Iron Micronutrient On Fusarium Wilt (Fusarium Oxysporium F.Sp Lycopersici) And Fruit Yield Of Tomato (Solanum Lycopersicum L)
Dr. Anas HAMDANI Said Bouda Atman Adiba Jamal Charafi	University of Sultan Moulay Slimane/ Research Unit of Plant Breeding and Plant Genetic Resources Conservation	Agro-Morphological Characterization of Adaptive Ability of Four Plum Varieties under Two Climate Environments
A. Attahiru M. Mahdi-Adamu Abubakar Yahaya	Kebbi State University of Science and Technology	A Revıew On Antımalarıal Potentıals On Some Plants Specıes
Assist.Prof. Dr. K.R.Padma K.R.Don	Padmavati Mahila Visva Vidyalayam (Women's) University/ Bharath University	Polyherbal Soap Acts As Natural Remedy For Skın Dısorders
Summia Muneer Shazia Perveen Sumaira Kanwal	The Women University/ COMSATS University	In vitro Production of Double Haploid in Maize (Zea mays L.) Through Pollen Culture
Mubarak Ahmad Hasssan, Faruq Usman Yakubu Umar Ibrahim Kabiru Hamisu Abdullahi Mas'ud Shehu	Saadatu Rimi College of Education/ SR University/ Aliko Dangote University of Science and Technology	Effect Of Kıtchen Waste Supplementatıon On The Performance And Carcass Characterıstıcs Of Weaner Rabbıts In Kano State-Nıgerıa

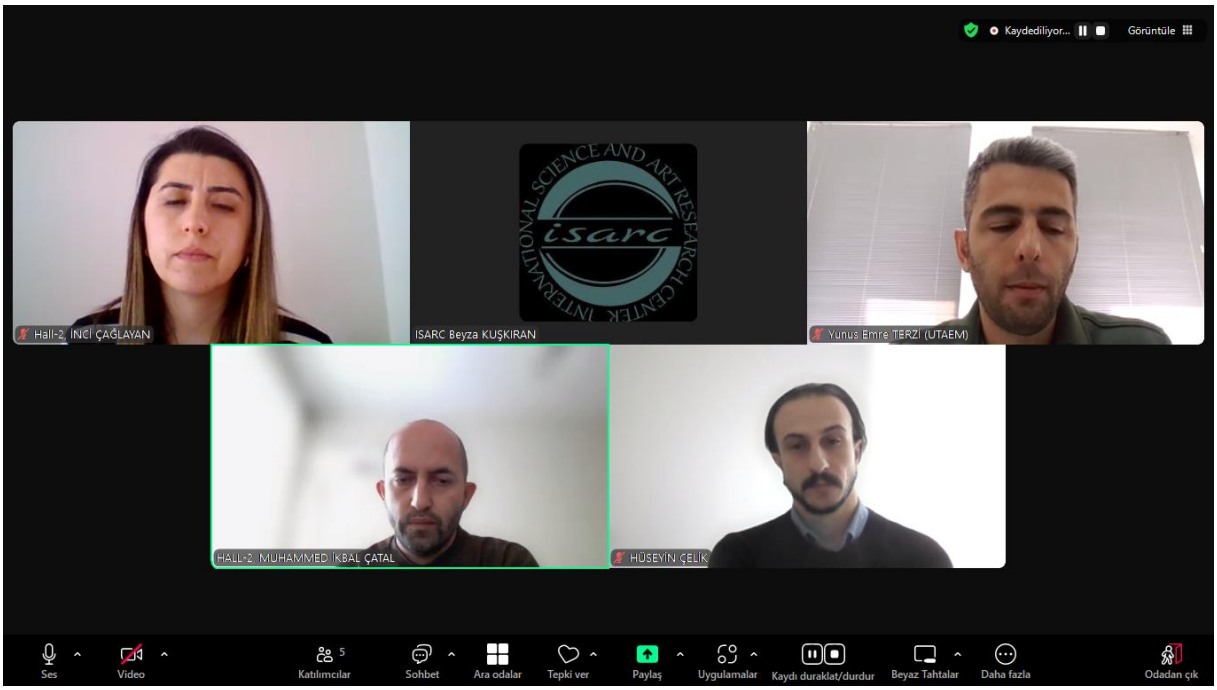
PHOTO GALERY



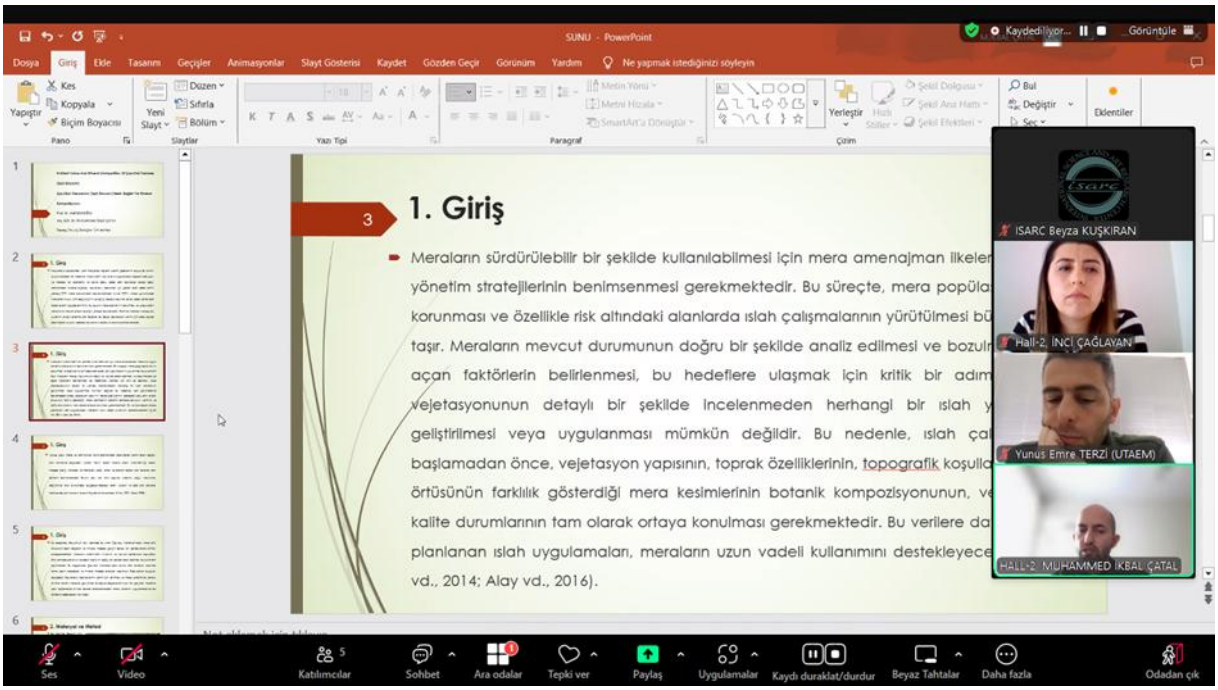


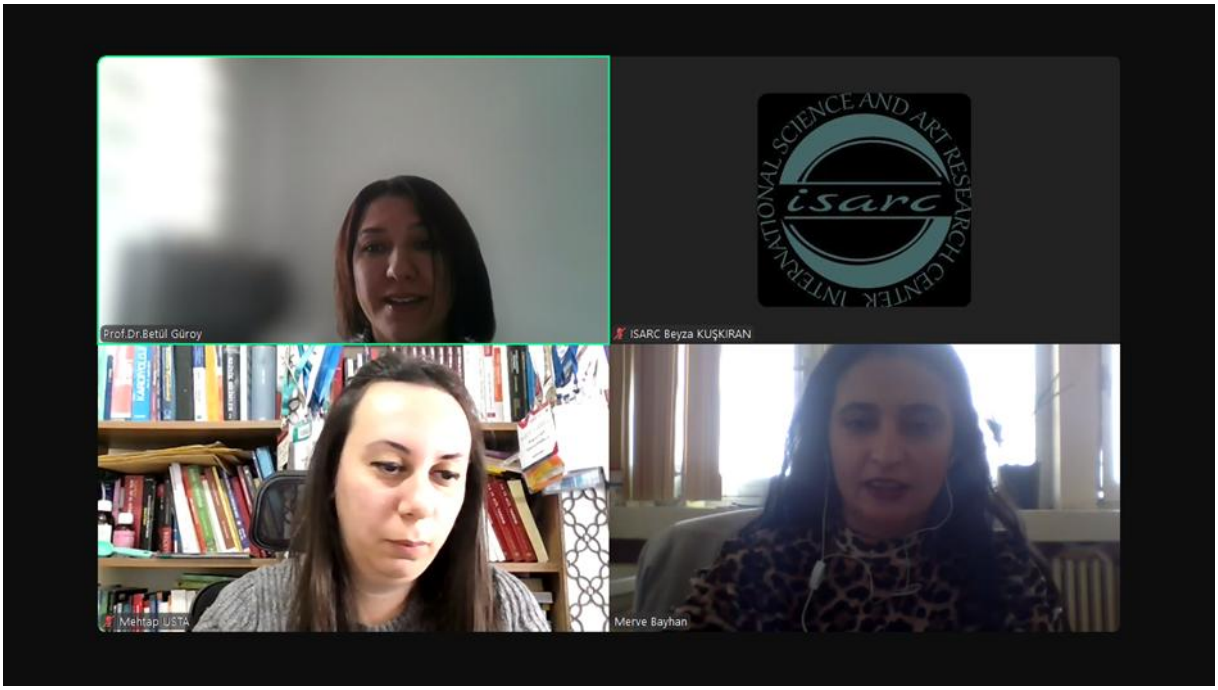


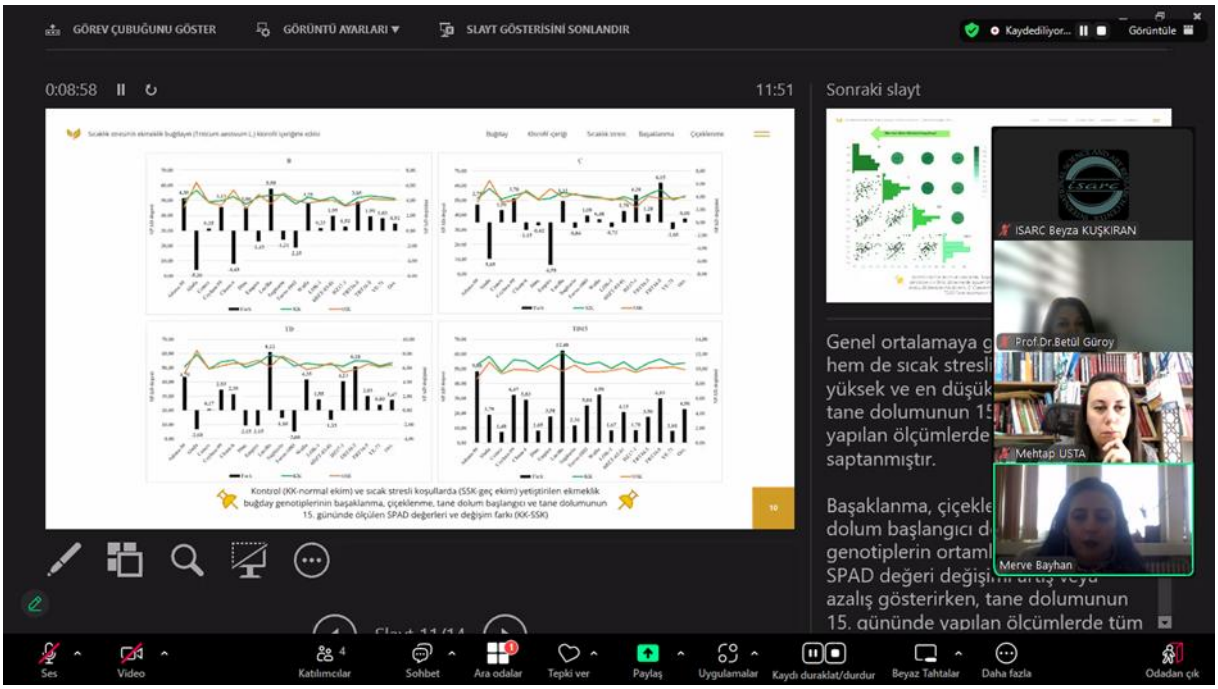
Yıllar	Üretim miktarı (ton)	Şeker pancarı fiyatı ($/ton)	Yıllar	Üretim miktarı (ton)	Şeker pancarı fiyatı ($/ton)
1993	15620514	36,78	2009	17274674	73,71
1994	12944223	29,43	2010	17942112	80,21
1995	11170569	52,20	2011	16126489	72,42
1996	14543277	49,40	2012	14919940	72,05
1997	18400734	64,49	2013	16488590	74,23
1998	22282539	59,79	2014	16743045	72,48
1999	17102326	59,41	2015	16022783	63,16
2000	18821033	50,65	2016	19592731	64,07
2001	12632522	33,94	2017	21149020	60,44
2002	16523166	44,82	2018	17436100	37,63
2003	12622934	63,82	2019	18054320	55,91
2004	13517241	65,09	2020	23025738	47,86
2005	15181247	73,85	2021	17767085	48,08
2006	14452162	62,19	2022	19253962	81,90
2007	12414715	75,75	2023	25250213	70,77
2008	15488332	80,93	2024	23000000	69,79

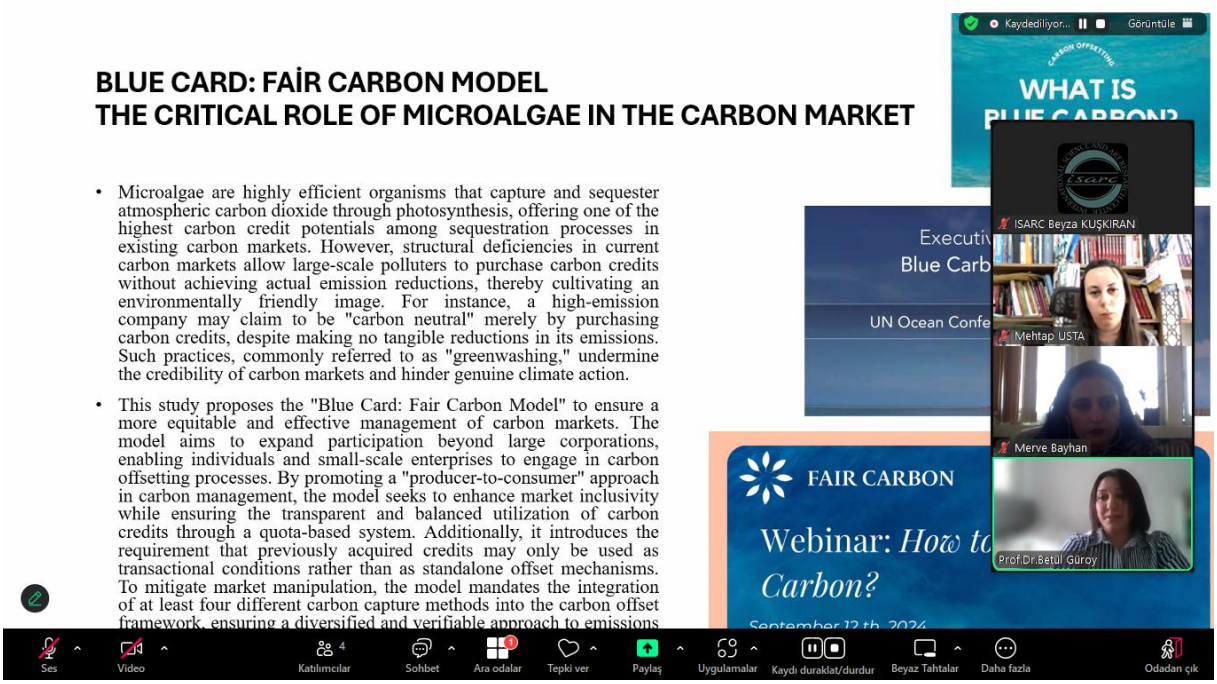


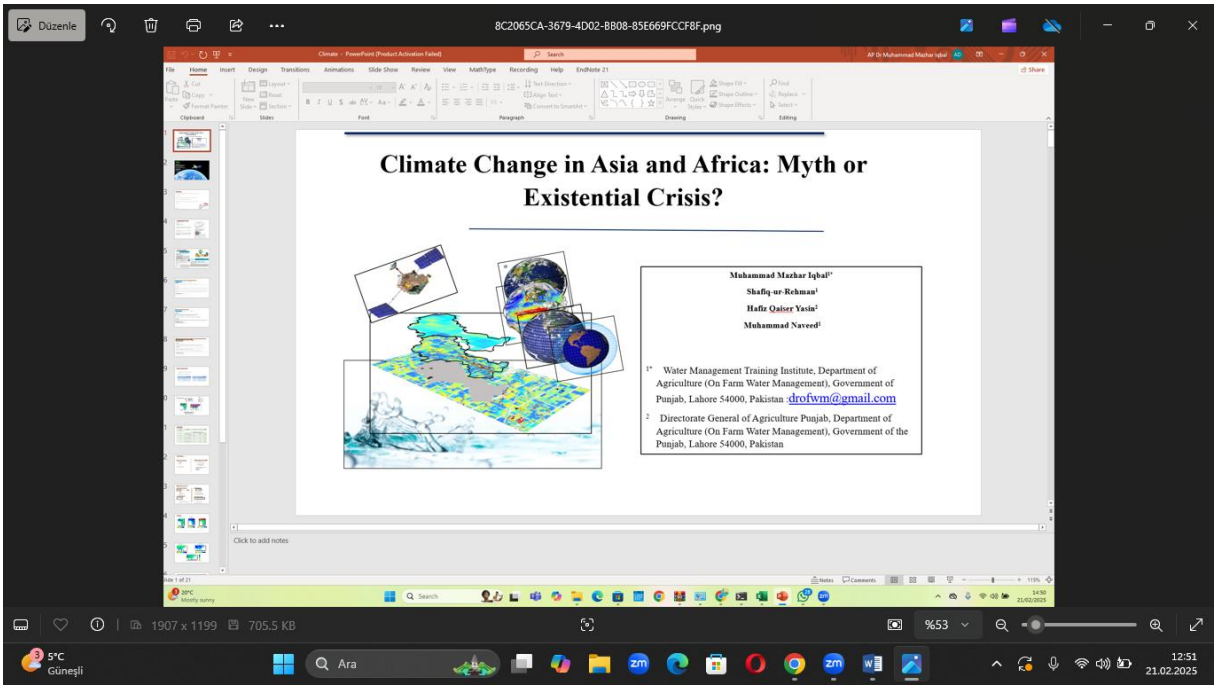

Bark Streak Tapping (BST) – Açık Yara Yöntemi
• Bu Yöntem Nedir?
• Geleneksel bir reçine çıkar
yöntemidir.
• Ağacın kabuk katmanların
kazınmasıyla reçine kanall
çıkarılır.
• Bıçak, keski veya reçine b
gibi basit aletler kullanılır.
ISARC Beyza KUŞKIRAN
Hall-2, İNCİ ÇAĞLAYAN
HALL-2, MUHAMMED İKBAL ÇAT...
Prof. Dr. Halil Barış ÖZEL
Sunu başlığı
6


SUNU - PowerPoint
1. Giriş
3
Meraların sürdürülebilir bir şekilde kullanılabilmesi için mera amenajman ilkeler
yönetim stratejilerinin benimsenmesi gerekmektedir. Bu süreçte, mera popüla
korunması ve özellikle risk altındaki alanlarda ıslah çalışmalarının yürütülmesi bü
taşır. Meraların mevcut durumunun doğru bir şekilde analiz edilmesi ve bozuln
açan faktörlerin belirlenmesi, bu hedeflere ulaşmak için kritik bir adım
vejetasyonunun detaylı bir şekilde incelenmeden herhangi bir ıslah y
geliştirilmesi veya uygulanması mümkün değildir. Bu nedenle, ıslah ça
başlamadan önce, vejetasyon yapısının, toprak özelliklerinin, topografik koşulla
örtüsünün farklılık gösterdiği mera kesimlerinin botanik kompozisyonunun, ve
kalite durumlarının tam olarak ortaya konulması gerekmektedir. Bu verilere da
planlanan ıslah uygulamaları, meraların uzun vadeli kullanımını destekleyece
vd., 2014; Alay vd., 2016).
ISARC Beyza KUŞKIRAN
Hall-2, İNCİ ÇAĞLAYAN
Yunus Emre TERZİ (UTAEM)
HALL-2, MUHAMMED İKBAL ÇATAL
Ses
Video
Katılımcılar
Sohbet
Ara odalar
Tepki ver
Paylaş
Uygulamalar
Kaydı duraklat/durdur
Beyaz Tahtalar
Daha fazla
Odadan çık

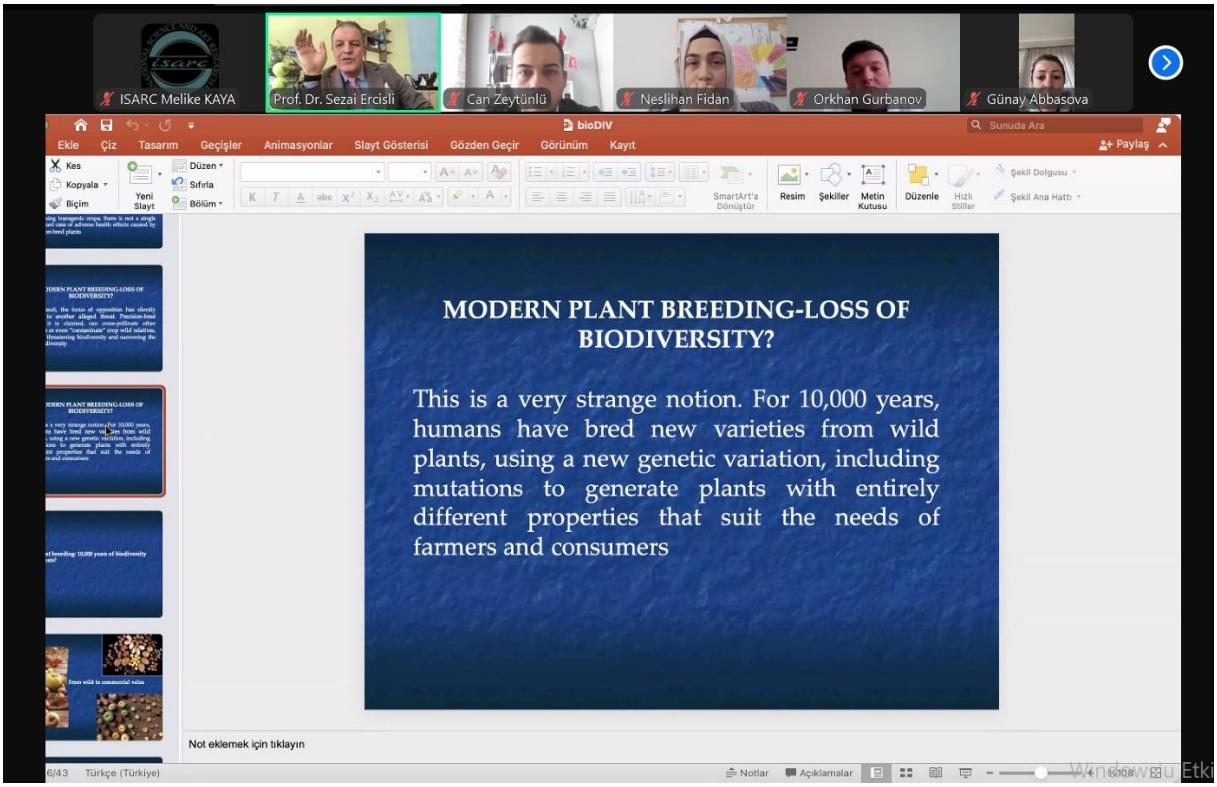

Prof.Dr.Betül Güroy
ISARC Beyza KUŞKIRAN
Mehtap USTA
Merve Bayhan


GÖREV ÇUBUĞUNU GÖSTER
GÖRÜNTÜ AYARLARI
SLAYT GÖSTERİSİNİ SONLANDIR
Kaydediliyor...
Görüntüle
0:08:58
11:51
Sonraki slayt
Kontrol (KK-normal ekim) ve sıcak stresli koşullarda (SSK-geç ekim) yetiştirilen ekmeklik buğday genotiplerinin başaklanma, çiçeklenme, tane dolum başlangıcı ve tane dolumunun 15. gününde ölçülen SPAD değerleri ve değişim farkı (KK-SSK)
ISARC Beyza KUŞKIRAN
Prof.Dr.Betül Güroy
Mehtap USTA
Merve Bayhan
Genel ortalamaya g
hem de sıcak stresli
yüksek ve en düşük
tane dolumunun 15
yapılan ölçümlerde
saptanmıştır.
Başaklanma, çiçekle
dolum başlangıcı d
genotiplerin ortaml
SPAD değeri değişi
azalış gösterirken, tane dolumunun
15. gününde yapılan ölçümlerde tüm
Ses
Video
Katılımcılar
Sohbet
Ara odalar
Tepki ver
Paylaş
Uygulamalar
Kaydı duraklat/durdur
Beyaz Tahtalar
Daha fazla
Odadan çık

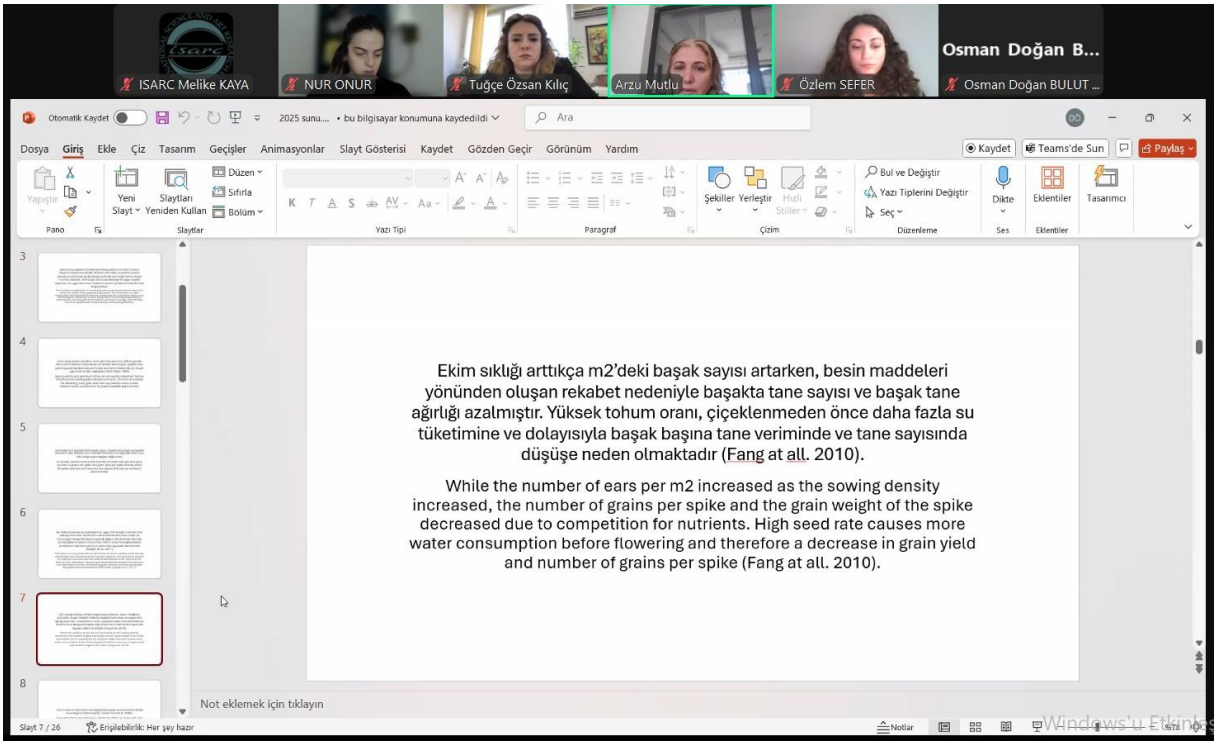

BLUE CARD: FAİR CARBON MODEL
THE CRITICAL ROLE OF MICROALGAE IN THE CARBON MARKET
• Microalgae are highly efficient organisms that capture and sequester atmospheric carbon dioxide through photosynthesis, offering one of the highest carbon credit potentials among sequestration processes in existing carbon markets. However, structural deficiencies in current carbon markets allow large-scale polluters to purchase carbon credits without achieving actual emission reductions, thereby cultivating an environmentally friendly image. For instance, a high-emission company may claim to be "carbon neutral" merely by purchasing carbon credits, despite making no tangible reductions in its emissions. Such practices, commonly referred to as "greenwashing," undermine the credibility of carbon markets and hinder genuine climate action.
• This study proposes the "Blue Card: Fair Carbon Model" to ensure a more equitable and effective management of carbon markets. The model aims to expand participation beyond large corporations, enabling individuals and small-scale enterprises to engage in carbon offsetting processes. By promoting a "producer-to-consumer" approach in carbon management, the model seeks to enhance market inclusivity while ensuring the transparent and balanced utilization of carbon credits through a quota-based system. Additionally, it introduces the requirement that previously acquired credits may only be used as transactional conditions rather than as standalone offset mechanisms. To mitigate market manipulation, the model mandates the integration of at least four different carbon capture methods into the carbon offset framework, ensuring a diversified and verifiable approach to emissions
Kaydediliyor...
Görüntüle
WHAT IS
ISARC Beyza KUŞKIRAN
Mehtap USTA
Merve Bayhan
Prof.Dr.Betül Güroy
FAIR CARBON
Webinar: How to
Carbon?
Ses
Video
Katılımcılar
Sohbet
Ara odalar
Tepki ver
Paylaş
Uygulamalar
Kaydı duraklat/durdur
Beyaz Tahtalar
Daha fazla
Odadan çık


Düzenle
8C2065CA-3679-4D02-BB08-85E669FCCF8F.png
Climate Change in Asia and Africa: Myth or Existential Crisis?
Muhammad Mazhar Iqbal
Shafiq-ur-Rehman
Hafiz Qaiser Yasin
Muhammad Naveed
Water Management Training Institute, Department of Agriculture (On Farm Water Management), Government of Punjab, Lahore 54000, Pakistan :drofwm@gmail.com
Directorate General of Agriculture Punjab, Department of Agriculture (On Farm Water Management), Government of the Punjab, Lahore 54000, Pakistan
Click to add notes
1907 x 1199
705.5 KB
%53
5°C
Güneşli
Ara
12:51
21.02.2025

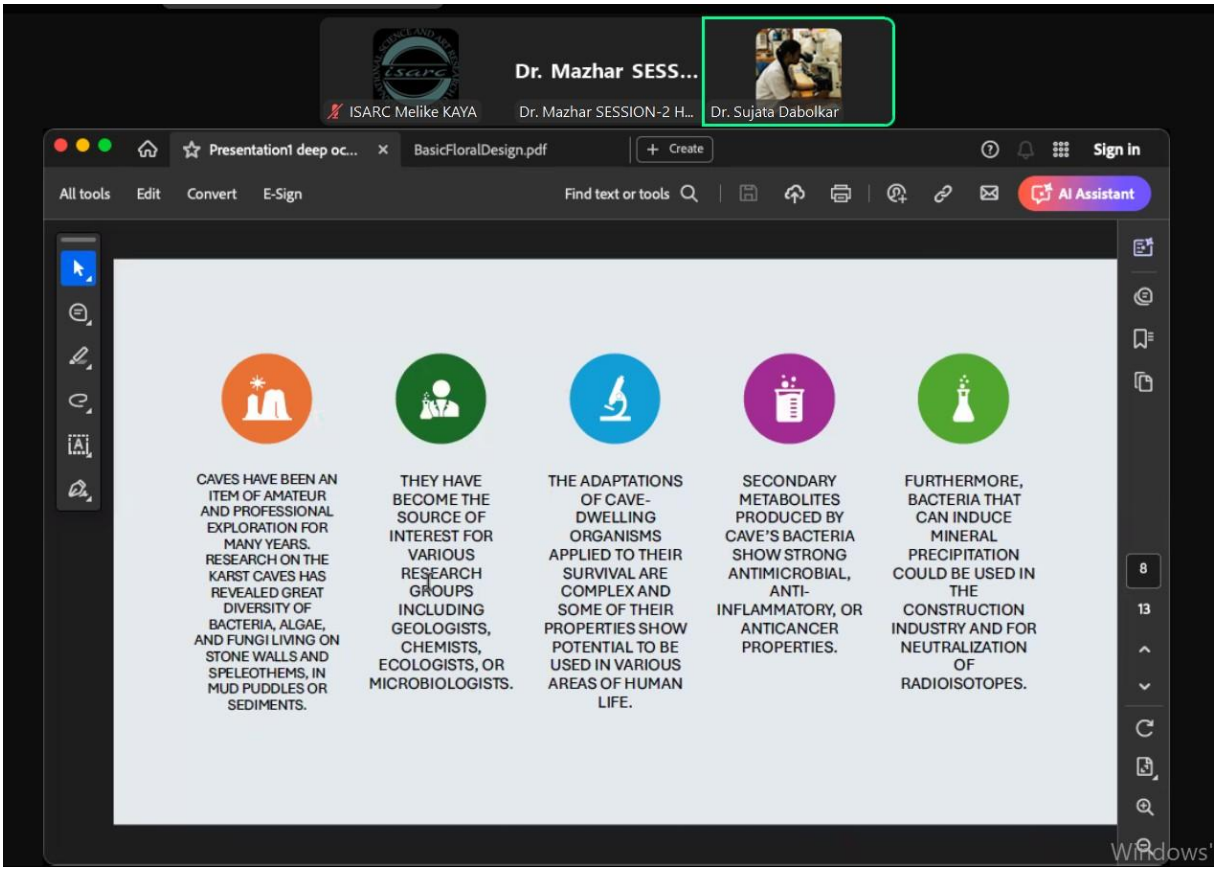

Kaydediliyor...
Görüntüle
Dr. Mazhar SESS...
INTERNATIONAL SCIENCE AND ART RESEARCH CENTER
isarc
Dr. Mazhar SESSION-2 HALL-5
ISARC Beyza KUŞKIRAN
H-7 A. Attahiru
H-7 A. Attahiru
Ses
Video
Katılımcılar
3
Sohbet
Ara odalar
Tepki ver
Paylaş
Uygulamalar
Kaydı duraklat/durdur
Beyaz Tahtalar
Daha fazla
Odadan çık

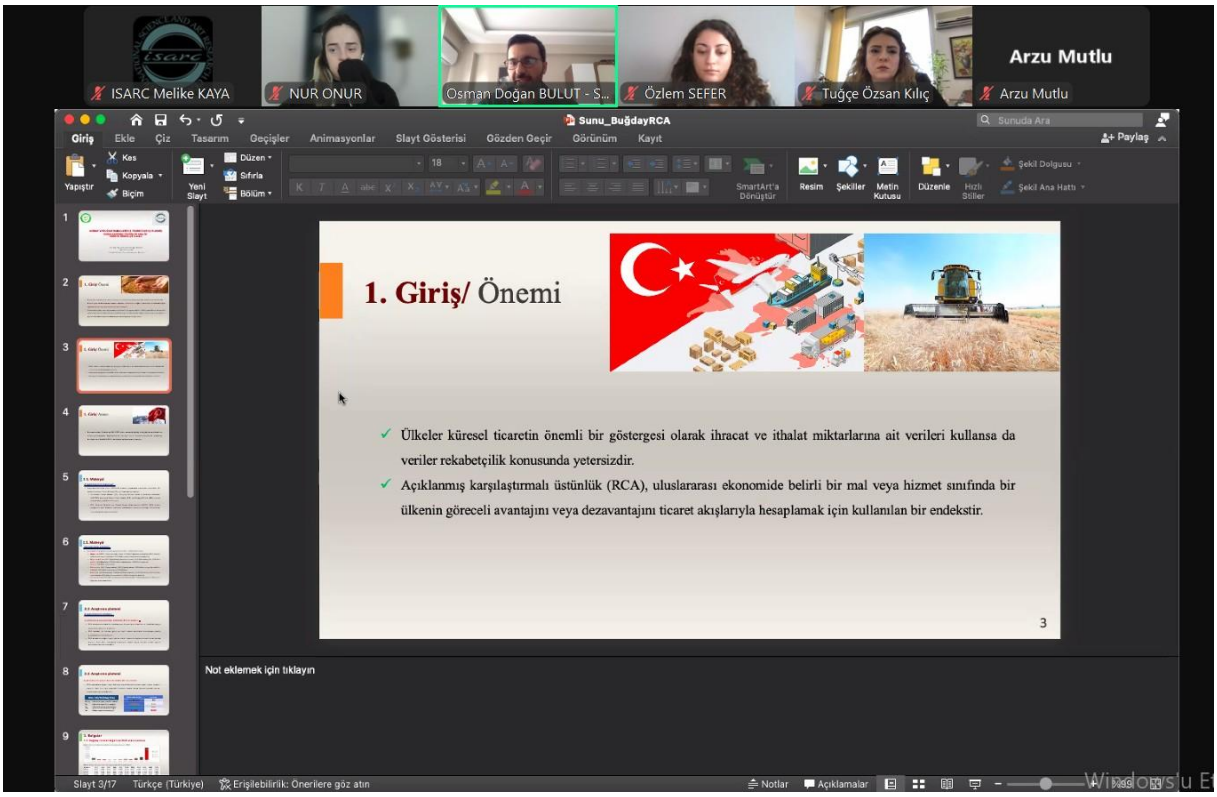

ISARC Melike KAYA
Prof. Dr. Sezai Ercisli
Can Zeytünlü
Neslihan Fidan
Orkhan Gurbanov
Günay Abbasova
MODERN PLANT BREEDING-LOSS OF BIODIVERSITY?
This is a very strange notion. For 10,000 years, humans have bred new varieties from wild plants, using a new genetic variation, including mutations to generate plants with entirely different properties that suit the needs of farmers and consumers
Not eklemek için tıklayın


ISARC Melike KAYA
NUR ONUR
Tuğçe Özsan Kılıç
Özlem SEFER
Arzu Mutlu
• Otopark alanları, yeşil altyapı uygulamaları ile entegre edilerek hava kalitesine olumlu katkı sağlayabilir. Otopark yüzeylerinin geçirgen malzemelerle kaplanması ve üst bölümlerinin yeşil çatı sistemleri ile değerlendirilmesi, hem kirlilik seviyelerini azaltabilir hem de karbon sekestrasyonunu destekleyebilir. Ayrıca, biyolojik filtrasyon kapasitesine sahip bitkilerin kullanımı, hava kirleticilerinin tutulmasını ve parçalanmasını sağlayarak çevresel sürdürülebilirliği artırabilir (Şekil 3).
Plants providing biological filtration
Plants providing biological filtration
Park zone
Plants providing biological filtration
Park zone
1 atanmamış katılımcı


ISARC Melike KAYA
NUR ONUR
Tuğçe Özsan Kılıç
Arzu Mutlu
Özlem SEFER
Osman Doğan B...
Osman Doğan BULUT ...
Ekim sıklığı arttıkça m2'deki başak sayısı artarken, besin maddeleri yönünden oluşan rekabet nedeniyle başakta tane sayısı ve başak tane ağırlığı azalmıştır. Yüksek tohum oranı, çiçeklenmeden önce daha fazla su tüketimine ve dolayısıyla başak başına tane veriminde ve tane sayısında düşüşe neden olmaktadır (Fang at all. 2010).
While the number of ears per m2 increased as the sowing density increased, the number of grains per spike and the grain weight of the spike decreased due to competition for nutrients. High seed rate causes more water consumption before flowering and therefore a decrease in grain yield and number of grains per spike (Fang at all. 2010).
Not eklemek için tıklayın


ISARC Melike KAYA
NUR ONUR
Tuğçe Özsan Kılıç
Özlem SEFER
Arzu Mutlu
Arzu Mutlu
• Peyzaj tasarımında, yüksek araç trafiğine sahip bölgelerde düşük emisyonlu araçlar için özel park alanları ve yollar planlanarak, hava kalitesinin korunmasına katkı sağlanabilir. Bu uygulama, fosil yakıt tüketimini azaltarak sera gazı ve diğer kirletici emisyonlarının atmosfere salınımını minimize eder (Figure 2).
Low emission zone
Electrical vehicle zone
1 atanmamış katılımcı
Low emission zone
Electrical vehicle zone


ISARC Melike KAYA
Dr. Mazhar SESS...
Dr. Mazhar SESSION-2 H...
Dr. Sujata Dabolkar
Presentation1 deep oc...
BasicFloralDesign.pdf
Create
Sign in
All tools
Edit
Convert
E-Sign
Find text or tools
AI Assistant
CAVES HAVE BEEN AN ITEM OF AMATEUR AND PROFESSIONAL EXPLORATION FOR MANY YEARS. RESEARCH ON THE KARST CAVES HAS REVEALED GREAT DIVERSITY OF BACTERIA, ALGAE, AND FUNGI LIVING ON STONE WALLS AND SPELEOTHEMS, IN MUD PUDDLES OR SEDIMENTS.
THEY HAVE BECOME THE SOURCE OF INTEREST FOR VARIOUS RESEARCH GROUPS INCLUDING GEOLOGISTS, CHEMISTS, ECOLOGISTS, OR MICROBIOLOGISTS.
THE ADAPTATIONS OF CAVE-DWELLING ORGANISMS APPLIED TO THEIR SURVIVAL ARE COMPLEX AND SOME OF THEIR PROPERTIES SHOW POTENTIAL TO BE USED IN VARIOUS AREAS OF HUMAN LIFE.
SECONDARY METABOLITES PRODUCED BY CAVE'S BACTERIA SHOW STRONG ANTIMICROBIAL, ANTI-INFLAMMATORY, OR ANTICANCER PROPERTIES.
FURTHERMORE, BACTERIA THAT CAN INDUCE MINERAL PRECIPITATION COULD BE USED IN THE CONSTRUCTION INDUSTRY AND FOR NEUTRALIZATION OF RADIOISOTOPES.
8
13


ISARC Melike KAYA
NUR ONUR
Osman Doğan BULUT - S...
Özlem SEFER
Tuğçe Özsan Kılıç
Arzu Mutlu
Arzu Mutlu
Sunu_BuğdayRCA
1. Giriş/ Önemi
Ülkeler küresel ticaretin önemli bir göstergesi olarak ihracat ve ithalat miktarlarına ait verileri kullansa da veriler rekabetçilik konusunda yetersizdir.
Açıklanmış karşılaştırmalı üstünlük (RCA), uluslararası ekonomide belirli bir mal veya hizmet sınıfında bir ülkenin göreceli avantajını veya dezavantajını ticaret akışlarıyla hesaplamak için kullanılan bir endekstir.
3
Not eklemek için tıklayın

INTERNATIONAL SCIENCE AND ART RESEARCH CENTER

REF: AKADEMİK TEŞVİK **12.03.2025**

İLGİLİ MAKAMA

1. ULUSLARARASI TARIM HAYVANCILIK VE ORMAN BİLİMLERİ KONGRESİ 21-23 ŞUBAT 2025 tarihleri arasında ANKARA 'da ve online olarak 9 farklı ülkeden (Türkiye:22 ve diğer Ülkeler:26; Toplam:47) akademisyen/araştırmacıların katılımı ile gerçekleşmiştir. Kongre, 16 Ocak 2020 Akademik Teşvik Ödeneği Yönetmeliğine getirilen '' Tebliğlerin sunulduğu yurt içinde veya yurtdışındaki etkinliğin uluslararası olarak nitelendirilebilmesi için Türkiye dışından en az 5 ülkeden farklı tebliğ sunan konuşmacının katılım sağlaması ve tebliğlerin yarıdan fazlasının Türkiye dışından katılımcılar tarafından sunulması esastır. '' değişikliğine uygun düzenlenmiştir. Bilgilerinize arz edilir.

Saygılarımla

Sefa Salih BİLDİRİCİ
HEAD OF İSARC

CONTENTS

AUTHOR	TITLE	No
Neslihan FİDAN Aysun ŞENER GEDÜK	BIOACTIVE PROPERTIES OF HAWTHORN (CRATAEGUS SSP.) FRUIT	1-26
Beyza ERSOY Sezai ERCİŞLİ Mustafa Kenan GEÇER	FRUIT CHARACTERISTICS OF ROSA PIMPINELLIFOLIA L. (SYN. ROSA SPINOSISSIMA L.) GENOTYPES	27-33
Sezai ERCİŞLİ Mustafa Kenan GEÇER Mizgin AY	BİODİVERSİTY AND İTS İMPORTANCE İN FRUİT BREEDİNG	34-39
Can ZEYTÜNLÜ Ceyhun AKARSU Nüket SİVRİ	COMPARISON OF SMART EAR TAGS APPLICATIONS IN MONITORING CATTLE HEALTH AND THE IMPORTANCE OF DIGITAL TRANSFORMATION FOR LIVESTOCK FARMING	40-56
Mahmudov ELGÜN Abbasova GÜNAY Gurbanov ORKHAN Ramazanova GÜNEL	APPLICATION OF Cu(glycinate)2(H2O) COMPLEX COMPOUND EFFECTING ON INCREASING DEVELOPMENT AND REPRODUCTIVE CAPACITY OF "VSL-2" ROOTSTOCK AT THE INITIATION STAGE	57-62
Cumhur Umut ESEN Ertuğrul KARAŞ	FARKLI GELİŞME DÖNEMLERİNDE BİTKİSEL HORMON UYGULAMALARININ BUĞDAYIN BAZI KALİTE ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ	63-72
Adil BAKOĞLU Muhammed İkbal ÇATAL	NUTRIENT VALUE AND MINERAL COMPOSITION OF ÇAYIRÖZÜ PASTURES (İSPİR/ERZURUM)	73-82
Yunus Emre TERZİ Osman UYSAL	SUGAR BEET PRODUCTION QUANTITY AND PRICE FORECAST IN TÜRKİYE	83-93
İnci ÇAĞLAYAN	EVALUATION OF RESIN PRODUCTION METHODS IN PINUS BRUTIA FORESTS USING THE ANALYTIC HIERARCHY PROCESS (AHP)	94-95
Hüseyin ÇELİK	ENVIRONMENTAL REGULATIONS IN SWEDEN: LESSONS FROM THE PULP AND PAPER INDUSTRY	96-104
Ayten SARİYEVA	CLOSED HORİZONTAL DRAİNAGE STRUCTURES AND SYSTEMS İN THE DEVELOPMENT OF SALİNE SOİLS	105-119
Mesut ŞEN Halil Barış ÖZEL	EFECTS OF PRECOMMERCIAL THINNING IN BLACK PINE (Pinus nigra arnold.) STANDS	120-132
Bekir DEMİREL Halil Barış ÖZEL	THE INVESTIGATION OF STAND STRUCTURE AND JUENILITY DYNAMICS IN NATURAL REGENERATION AREAS OF PURE ORIENTAL BEECH (Fagus orientalis Lipsky.) IN THE BARTIN-KUMLUCA REGION	133-142
S.M.Şahmaliyeva	WATER-SAVING TECHNOLOGY – APPLICATION OF ECOBOXES	143-145
Osman Doğan BULUI	ANALYSIS OF REVEALED COMPARATIVE ADVANTAGE IN FOREIGN TRADE OF WHEAT AND WHEAT PRODUCTS: THE CASE OF TÜRKİYE(2013-2023)	146-147
Makbulenur ONUR Demet Ülkü GÜLPINAR SEKBAN	LANDSCAPE DESIGNS AND APPLICATIONS FOR IMPROVING AIR QUALITY	148-153
Makbulenur ONUR Demet Ülkü GÜLPINAR SEKBAN	GLOBAL STRUGGLE FOR AIR QUALITY IMPROVEMENT: POLICIES, TECHNOLOGIES, AND THEIR EFFECTS	154-161
Fatma Berra YÜCESAN Özlem SEFER Emre YÖRÜK	TRANSCRIPTIONAL AND EPIGENETICS ALTERATIONS DUE TO L-ARGININE AND L-METHIONINE TREATMENT IN FUSARIUM CULMORUM (WG SMITH)	162-163
Tuğçe ÖZSAN KILIÇ Ahmet Naci ONUS	CUCUMBER BREEDING AND GENOMICS	164-176
Tuğçe ÖZSAN KILIÇ Ahmet Naci ONUS	VEGETABLE BREEDING AND HETEROSIS	177-192
Remzi ÖZKAN Merve BAYHAN Levent YORULMAZ Mehmet YILDIRIM Cuma AKINCI	WHEAT PRODUCTION UNDER DYARBAKIR CONDITIONS: YIELD AND QUALITY PERFORMANCE OF DIFFERENT GENOTYPES	193-204
Merve BAYHAN Remzi ÖZKAN Önder ALBAYRAK Cuma AKINCI Mehmet YILDIRIM	EFFECT OF HEAT STRESS ON CHLOROPHYLL CONTENT OF BREAD WHEAT (Triticum aestivum L.)	205-216

Betül GÜROY	BLUE CARD: FAİR CARBON MODEL THE CRITICAL ROLE OF MICROALGAE IN THE CARBON MARKET	217-271
Betül GÜROY	ECOLOGICAL AND INDUSTRIAL IMPORTANCE OF Synechococcus elongatus	272-294
Mehtap USTA	EXAMINATION OF PRODUCERS' KNOWLEDGE LEVELS ABOUT HONEYBEE DISEASES AND CONTROL METHODS	295-303
Saloni Sharma Suhani Sharma	THE EFFECT OF CLIMATE CHANGE ON CROP YIELD AND FOOD SECURITY	304-311
Sujata Dabolkar	MICROBIAL LIFE INSIDE DEEP-SEA CAVES	312
Muhammad Mazhar Iqbal Muhammad Abdullah Tehmena Rashid Hafiz Qaiser Yasin Shafiq-ur-Rehman Muhammad Naveed	CLİMATE CHANGE İN ASİA AND AFRİCA: MYTH OR EXİSTENTİAL CRİSİS?	313-314
EL-BAGGAR Imane ELKARTOUTI Abdeslam BAHHOU Jamila LATIQUE Salma	STUDY ON THE GROWTH KINETICS OF THREE MICROALGAE STRAINS ISOLATED FROM FRESHWATER ECOSYSTEMS IN THE FES-MEKNES REGION OF MOROCCO	315-317
Alemmeta Assefa Agidew	DETERMINANT FACTORS FOR THE EXPANSION OF INFORMAL SETTLEMENTS IN DESSIE CITY, NORTHEAST ETHIOPIA	318
OKORAFOR, Uneke KAROKATOSE Gbenga Ben ADEOLA Abimbola Rachael	CORRESPONDENCE ANALYSIS OF STUDENTS ATTITUDE AND ACADEMIC ACHIEVEMENT IN STATISTICS	319
OKORAFOR, Uneke BAMIDELE, Gbenga Isaiah JIMOH, Timowa Ibrahim	LASSO REGRESSION ANALYSIS OF THE EFFECT OF SOME ECONOMIC VARIABLES ON GROSS DOMESTIC PRODUCT	320
Sree Bhagavath Dr. P. Suganthi	GUARDIANS OF THE GREEN: PROTECTING OUR TERRESTRIAL ECOSYSTEMS	321
Alade, Adetomiwa Adebayo Igwe, Okereke Chigbo Olawuwo, Oluwafemi Joseph Enin, Lucky	PHYSICOCHEMICAL QUALITY OF GROUNDWATER SAMPLES AROUND FEDERAL COLLEGE OF ANIMAL HEALTH AND PRODUCTION TECHNOLOGY, IBADAN, NIGERIA STUDENTS' RESIDENTIAL AREAS	322
Ifra Zainab Shazia Perveen Sumaira Kanwal	ANTIOXIDANT AND HISTOLOGICAL EVALUATION IN ROTENONE INDUCED RESPIRATORY DYSFUNCTION ASSOCIATED WITH PARKINSON DISEASE VIA 2-(2-NITROPHENYL)-1,3-THIAZOLIDINE-4-CARBOXYLIC ACID IN ANIMAL MODEL	323
Musfiqul Islam Prince Dr. Md. Anwarul Kabir Bhuiya	SYNTHESİS AND CHARACTERİZATİON OF SUPERPARAMAGNETİC IRON OXİDE NANOPARTİCLES (SPIONPS) THROUGH GREEN ROUTE USİNG FİCUS RUMPHİİ LEAF EXTRACT FOR WATER TREATMENT APPLİCATİON	324-325
Michael Ioelovich	A SINGLE-STAGE METHOD FOR ISOLATION OF CELLULOSE NANOCRYSTALS FROM BIOMASS IN ONE POT	326
FAMAKINWA Yemsi Mulikat	A GRAMMATICAL ANALYSIS AND EVALUATION OF SELECTED EXCERPTS OF THREE CENTRAL THEMES OF ARMAH'S "THE BEAUTYFUL ONES ARE NOT YET BORN"	327
Sri Wahyuni Selina Sampurwati	THE POTENTIAL OF ISLAMIC CROWDFUNDING AS AN INSTRUMENT FOR HALAL TOURISM DEVELOPMENT IN SOUTH-SULAWESI	328
AJIWE, S.T. ILUYEMI, C. A. OLALERE, M. J. PHILIPS, F. D.	FUSARIUM WILT OF A TOMATO: A REVIEW	329
Ajiwe, S.T Iluyemi, C. A. Lawal, I. T. Oluwasanmi, F. A.	EFFICACY OF IRON MICRONUTRIENT ON FUSARIUM WILT (FUSARIUM OXYSPORIUM F.SP LYCOPERSICI) AND FRUIT YIELD OF TOMATO (SOLANUM LYCOPERSICUM L)	330
Anas HAMDANI Said Bouda Atman Adiba Jamal Charaf	AGRO-MORPHOLOGICAL CHARACTERIZATION OF ADAPTIVE ABILITY OF FOUR PLUM VARIETIES UNDER TWO CLIMATE ENVIRONMENTS	331
A. Attahiru M. Mahdi-Adamu Abubakar Yahaya	A REVIEW ON ANTIMALARIAL POTENTIALS ON SOME PLANTS SPECIES	332
K.R.Padma K.R.Don	POLYHERBAL SOAP ACTS AS NATURAL REMEDY FOR SKIN DISORDERS	333
Summia Muneer Shazia Perveen Sumaira Kanwal	IN VİTRO PRODUCTİON OF DOUBLE HAPLOİD İN MAİZE (ZEA MAYS L.) THROUGH POLLEN CULTURE	334

Mubarak Ahmad Hasssan Faruq Usman Yakubu Umar Ibrahim Kabiru Hamisu Abdullahi Mas'ud Shehu	**EFFECT OF KITCHEN WASTE SUPPLEMENTATION ON THE PERFORMANCE AND CARCASS CHARACTERISTICS OF WEANER RABBITS IN KANO STATE-NIGERIA**	**335-343**

ALIÇ (*Crataegus Spp.)* MEYVESİNİN BİYOAKTİF ÖZELLİKLERİ

Neslihan FİDAN
Adana Alparslan Türkeş Bilim ve Teknoloji Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı, 01250 Sarıçam, Adana ve T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Mersin Gıda Kontrol Laboratuvar Müdürlüğü
ORCID ID: 0009-0002-3929-7166
Aysun ŞENER GEDÜK
Adana Alparslan Türkeş Bilim ve Teknoloji Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü
ORCID ID: 0000-0001-5306-6722

ÖZET

Alıç (*Crataegus spp.*); *Rosaceae* familyasının *Crataegus* cinsi altında bulunan bir bitkidir. Asya, Avrupa ve Amerika dahil olmak üzere kuzey yarım kürede geniş dağılıma sahiptir. Sert iklim koşullarına karşı dayanıklı olan alıcın çevre düzenleme, geleneksel tıp, gıda ve endüstri gibi pek çok kullanım alanı mevcuttur. Meyveleri, yaprakları, çiçekleri hatta kökleri ve dalları eski çağlardan beri geleneksel ilaç, bitkisel ilaç ve gıda takviyesi olarak kullanılmaktadır. Avrupa İlaç Ajansı Bitkisel Tıbbi Ürünler Komitesi alıcı, "geleneksel bitkisel tıbbi ürün" olarak sınıflandırmıştır. Alıçtan hazırlanan ilaç formülasyonları Amerika Birleşik Devletleri'nde en çok satılan bitkisel ürünler sıralamasında üst sıralarda yer almaktadır. Ülkemizde ise daha çok taze meyve olarak ya da jöle, reçel, sirke ve şurup yapımında kullanılmaktadır. Geçtiğimiz on yılda alıçtan polifenoller, biyoflavonoidler, flavonoid glikozitler, triterpenoidler, oligomerik prosiyanidinler, antioksidanlar, vitaminler, tanenler, organik asitler ve bazı fenolikler gibi birçok bileşik izole edilmiştir. Farklı alıç türlerinin yüksek fenolik bileşimleri ve içerdikleri antioksidan bileşikler sayesinde zengin bir antioksidan kaynağı olduğu ve dolayısıyla kronik kalp yetmezliği, yüksek tansiyon, kalp çarpıntısı, damar sertliği, kanser, böbrek hastalıkları, karaciğer ağrıları, çeşitli sindirim rahatsızlıkları, astım, boğaz iltihabı gibi hastalıkların önlenmesinde; hipoglisemi, hiperlipidemi ve diyabet komplikasyonlarına karşı koruyucu olarak kullanıldığı bilinmektedir. Ayrıca geriatrik ve arteriyoskleroz ilaçlarında tıbbi amaçlarla kullanılmıştır. Alıç geleneksel kullanımına, kimyasal bileşimine ve farmakolojik çalışmalara dayanarak tıbbi ve yenilebilir bir bitki olarak önemli potansiyele sahiptir. Alıcın geleneksel kullanımı ve farmakolojik etkileri hakkında araştırma eksiklikleri bulunmaktadır. Bu derlemenin amacı alıcın biyoaktif özellikleri hakkındaki son araştırmaları özetlemek ve tartışmaktır. Bu sayede bu tür hakkında bilgilerin araştırılması ve kullanımı teşvik edilecektir.

Anahtar Kelimeler: Alıç, fenolik bileşik, antioksidan, bitkisel ilaç.

BIOACTIVE PROPERTIES OF HAWTHORN (*CRATAEGUS SSP.*) FRUIT

ABSTRACT

Hawthorn (*Crataegus spp.)* is a plant belonging to the *Crataegus* genus under the *Rosaceae* family. It has a wide distribution in the Northern Hemisphere, including Asia, Europe, and America. Hawthorn is resistant to harsh climatic conditions and has numerous applications in environmental landscaping, traditional medicine, food, and industry. Its fruits, leaves, flowers, and even roots and branches have been used as traditional medicine, herbal medicine, and dietary supplements since ancient times. The European Medicines Agency's Committee on Herbal Medicinal Products has classified hawthorn as a "traditional herbal medicinal product." Hawthorn-based pharmaceutical formulations are among the best-selling herbal products in the United States. In Turkey, it is mostly used as fresh fruit or in the preparation of jelly, jam, vinegar, and syrup. Over the past decade, various compounds such as polyphenols, bioflavonoids, flavonoid glycosides, triterpenoids, oligomeric proanthocyanidins, antioxidants, vitamins, tannins, organic acids, and certain phenolics have been isolated from hawthorn. Due to the high phenolic content and antioxidant compounds in different hawthorn species, it is known to be a rich source of antioxidants, which can help prevent diseases such as chronic heart failure, hypertension, arrhythmia, arteriosclerosis, cancer, kidney diseases, liver pain, various digestive disorders, asthma, and throat inflammation. It is also used as a protective agent against hypoglycemia, hyperlipidemia, and diabetes complications. Furthermore, it has been used for medicinal purposes in geriatric and arteriosclerosis treatments. Based on its traditional use, chemical composition, and pharmacological studies, hawthorn has significant potential as both a medicinal and edible plant. However, there is a lack of research on its traditional uses and pharmacological effects. The aim of this review is to summarize and discuss the latest research on the bioactive properties of hawthorn. This will encourage the research and use of information on this subject.

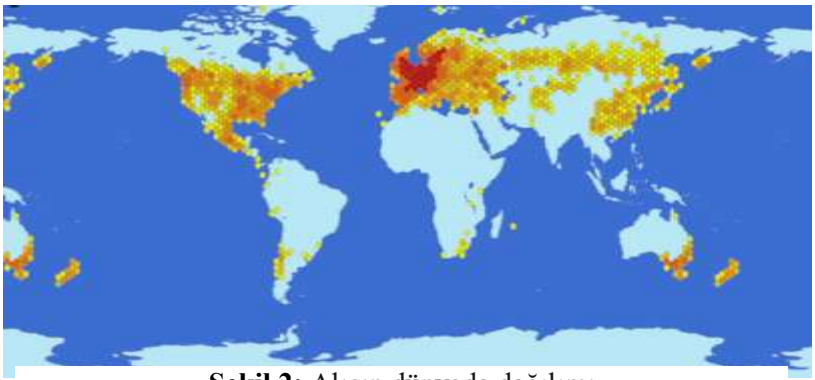
Keywords: Hawthorn, phenolic compounds, antioxidant, herbal medicine.

GİRİŞ

Alıç (*Crataegus spp.)* cinsi, *Rosaceae* familyasının bir üyesi olup (Şekil 1), dünya çapında yaklaşık 1000 türü bulunmaktadır. Kuzey Yarımküre' deki birçok ülkede yaygın olarak yetiştirilen endemik bir bitkidir (Ağaoğlu S. , 1995). Bu ülkeler arasında Kuzey Irak, Kıbrıs, Suriye, Çin, Amerika Birleşik Devletleri, Fransa, Büyük Britanya ve Meksika bulunmaktadır (Şekil 2), (Xie,, 2017; Zhao, Wang, & Du, 2002; Watson & Dallwitz , 2010; Ağaoğlu, Yılmaz , Aksoy, Ok, & Fırat , 2021). Türkiye, çeşitli alıç türlerine ev sahipliği yapan önemli bir biyolojik çeşitlilik merkezi olarak bilinmektedir. Yapılan araştırmalara göre, Türkiye'de 19'dan fazla alıç türü tespit edilmiştir (Yıldız, ve diğerleri, 2023). Farklı alıç türleri ve ara formları, Türkiye'nin Ege, Doğu Akdeniz, Güneydoğu Anadolu, İç Anadolu ve Kuzeydoğu Anadolu bölgelerinde yaygındır ve yol kenarları, çalılık, ormanlık ve makilik alanlarda yayılış göstermektedir (Özdeveci, 2006). Alıcın Hatay'da kültür yetiştiriciliği yapılmaktadır. Bununla birlikte; Mersin'in Gülnar ve Silifke ilçelerinde, Aksaray, Osmaniye'nin Bahçe ilçesinde, Adıyaman ve Malatya illerimizde alıç kültür yetiştiriciliğinin yapılabilirlik potansiyeli olduğu bilinmektedir (Çalışkan, Bayazıt, & Gündüz, 2016). Sert iklim koşullarına karşı dayanıklı bir bitki olduğundan geniş adaptasyona sahiptir. Kültürel bir işleme gerektirmeksizin doğal habitatlarında kendiliğinden yetişir ve çoğalır (Yılmaz, ve diğerleri, 2010; Balta, Karakaya, & Kaptan Ekici, 2015). Alıcın meyvelerinin rengi ise turuncu, sarı, kızıl veya esmer kırmızıdır. Bulunduğu bölgeye göre akdiken, dikenli elma, mayıs dikeni, yemişen, geyik dikeni, kuş yemişi gibi yöresel adlar almaktadır. Alıç bitkisinin meyvesi mineral madde bakımından oldukça zengin olup en önemlileri Na, Ca, P, K, Mg ve Fe'dir (Tablo 1.). Ayrıca, meyveleri şeker, karbonhidrat ve C vitamini yönünden de oldukça zengindir (Özcan, Hacıseferoğlu, Markoğlu, & Arslan, 2005).



Şekil1: *Crataegus tanacetifolia* (Lam.) Pers. bitkisinin yaprak ve meyve görünümü (AİBÜ Kampüs Florası, 2023)



Şekil 2: Alıcın dünyada dağılımı (https://www.gbif.org/species/3013395)

Mineraller	Sonuçlar (ppb)
Na (Sodyum)	33512.50
Mg (Magnezyum)	432871.44
K (Potasyum)	2925823.19
Ca (Kalsiyum)	1623360.05
Mn (Manganez)	1691.45
Fe (Demir)	57778.99
Co (Kobalt)	117.62
Cu (Bakır)	1516.79
Zn (Çinko)	1121.00
Se (Selenyum)	6.61

Tablo 1. Bingöl'ün Genç ilçesinden toplanan örneklerin ICP-MS cihazı ile yapılan elementel analiz sonuçları (Bengü, Ertem, & Bayramoğlu Akkoyun, 2023)

Alıç bitkisinin meyveleri, yaprakları, çiçekleri, çiçekli tepeleri hatta kökleri ve dalları eski çağlardan beri geleneksel ilaç, bitkisel ilaç ve gıda takviyesi olarak kullanılmaktadır (Bernatoniene, 2009; Wang C. , 2015; Alirezalu, 2018; Venskutonis, 2018). Alıç, özellikle Çin'de yaygın olup, bazı türlerinin meyveleri neredeyse bin yıldır tüketilmektedir. Tıbbi metinlerden biri olan Compendium of Materia Medica (Ben Cao Gang Mu), alıcın geleneksel Çin tıbbındaki kullanımını belgelemektedir. Ayrıca Avrupa İlaç Ajansı Bitkisel Tıbbi Ürünler Komitesi alıcı, "geleneksel bitkisel tıbbi ürün" olarak sınıflandırmıştır (European Medicines Agency, 2016) ve Almanya, Fransa ve İngiltere gibi birçok ülkenin farmakopelerinde resmi olarak listelenmiştir (Chang & Zuo , 2002). Alıç yaprakları, çiçekleri ve meyvelerinden hazırlanan ilaç formülasyonları Amerika Birleşik Devletleri'nde en çok satılan bitkisel ürünler sıralamasında üst sıralarda yer almaktadır (Yeşilada, 2012). Geleneksel tıpta yaygın kullanımından dolayı, bu cinsin bitkileri önemli bir potansiyele sahiptir. Alıç bitkisinin biyolojik ve farmakolojik etkinlikleri, içerdiği biyoaktif maddelerle yakından ilişkilidir. Yapılan çalışmalarda alıçtan polifenoller, biyoflavonoidler, flavonoid glikozitler, terpenoidler, oligomerik prosiyanidinler, antioksidanlar, vitaminler, tanenler, organik asitler (örneğin kafeik, malik, tartarik, ve sitrik asitler), yağ asitleri ve bazı fenolik asitler gibi bileşikler izole edilmiştir (Gao , Feng , & Qin , 1995; Chen, Lv, Xu, & Xin, 2008; Duan, Wang, Pang, Zhang, & Zhao, 2021; Xie, Sun, & Liu, 2009). Ayrıca alıç bitkisinin antioksidan (Garcia-Mateos, Ibarra-Estrada, & Nieto-Angel, 2013; Peng, ve diğerleri, 2016a), anti-inflamatuar (Kao, ve diğerleri, 2005; Tadıc & Dobrıc, 2008), antitümör (Min, ve diğerleri, 2000; Mustapha, ve diğerleri, 2016) ve immünmodülasyon (Li, Yuan, & Rashid, 2009) gibi çeşitli biyolojik aktiviteleri geniş çapta değerlendirilmiştir. Alıç çiçekleri ve meyveleri; kronik kalp yetmezliği, yüksek tansiyon, çeşitli sindirim rahatsızlıklarının yanı sıra geriatrik ve arteriyoskleroz ilaçlarında tıbbi amaçlarla

kullanılmıştır. Ayrıca sakinleştirici olarak selülit, obezite ve menopoz rahatsızlıklarını kontrol altına almak için de kullanılmaktadır. Kurutulmuş çiçek ve meyvelerinden yapılan alıç çayının da boğaz iltihabı, öksürük, kalp zayıflığı, kalp çarpıntısı, böbrek hastalıkları, damar sertliği ve karaciğer ağrılarına iyi geldiği bilinmektedir (Ljubuncic, Portnaya, Cogan , & Azaizeh, 2005; Pardo de Santayana, 2007; Bernatoniene & Masteikova, 2008; Tadıc & Dobrıc, 2008; Signorini & Piredda, 2009; Barros & Carvalho, 2011; Camejo-Rodrigues , 2003; Novais, 2004; Pinto Carvalho , 2005). Bütün bunlara ek olarak, yapılan çalışmalar alıç ekstraktının hipoglisemi, hiperlipidemi ve diyabet komplikasyonlarına karşı da koruyucu etkisi olduğu göstermektedir. Bu bulgular, alıç bitkisinin gelişimini ve klinik kullanımını artırmak için güçlü bir bilimsel temel, yeni bakış açıları sağlamış ve alıç bitkisine olan ilgiyi artırmıştır. Son zamanlarda yaygın olarak alıcın antioksidan, anti-inflamatuar, antitümör, antidiyabetik gibi biyoaktif özellikleri araştırılmaktadır *Crataegus* türlerinin geleneksel kullanımlarını, fitokimyasal özelliklerini ve farmakolojisini özetlemiş olan birkaç derleme bulunsa da ülkemizde bu cinsle ilgili derleme çalışmasına rastlanmamıştır. Bu derlemenin amacı, alıç bitkisinin biyoaktif bileşenlerini, sağlık üzerine etkilerini ve toksitite durumunu yapılan son araştırmalarla kapsamlı bir şekilde özetlemek ve tartışmaktır. Bu sayede bu tür hakkında bilgiler arttırılıp araştırılması ve kullanımı teşvik edilecektir.

ALIÇ MEYVESİNDE BULUNAN BİYOAKTİF BİLEŞENLER

Fitokimyasal olarak da adlandırılan bitkisel kaynaklı biyoaktif bileşenler, birincil metabolitler olan karbonhidrat, protein ve yağ gibi canlının büyüme ve gelişmesi için olmazsa olmaz ana besin kaynakları değillerdir. Yapılarına göre fenolik asitler, flavonoidler, karotenoidler, lignanlar, glikosinolatlar, organosülfürler ve fitosteroller şeklinde sınıflandırılırlar (Özdoğan, Akan, & Göküstün, 2018). Gıdalarda genellikle az miktarlarda bulunsalar da fizyolojik ve hücresel aktiviteleri etkileyerek sağlık üzerinde ciddi etkilere sahiptirler (Kris-Etherton, ve diğerleri, 2002). İltihaplanmalar, kanser, kalp-damar hastalıkları, obezite, diyabet, nörolojik bozukluklar, kemik erimesi ve bağışıklık sistemi düzenlenmesi gibi birçok konuda olumlu etkileri olduğu bilinmektedir (Neilson, Ferruzzi, Coulston, & Boushey, 2012). Biyoaktif maddelerin araştırılması tıbbi bitkilerin terapötik potansiyelini anlama konusunda kritik bir adımdır. Biyoaktif bileşen bakımından zengin olan alıç, 1920'lerin başından beri kapsamlı araştırmaların konusu olmuştur. Bugüne kadar alıçtan 337 bileşik izole edilmiştir. Bunların arasında flavanoidler, lignanlar, yağ asitleri ve organik asitler, mono-terpenoidler ve seskiterpenoidler, terpenoidler ve steroidler ve diğer bileşikler yer almaktadır (Chen, Lv, Xu, & Xin, 2008; Duan, Wang, Pang, Zhang, & Zhao, 2021; Xie, Sun, & Liu, 2009).

FLAVANOİDLER

Polifenollerin alt sınıfındadır ve flavanoller, flovonoller, flavonlar, flavanonlar, isoflavonlar, antosiyanodinler olarak altı gruba ayrılmaktadır (Parades-Lopez, Cervantes-Ceja, Vigna-Perez, & Hernandez-Perez, 2010). Flavonoidler fenil halkası ile üçlü karbon bağı ile oksijenle aromatik yapıya dönüşür. Flavonoidleri farklı kılan nokta bağ yaptığı hidroksil sayısı ve doymamış olmasıdır. Alıcın birincil aktif bileşenleri olarak kabul edilirler (Yu & Tian, 2022). İlk olarak Batyuk ve ark. tarafından 1966 yılında *C. curvisepala* 'dan flavon olan apigenin 7-β-D-glukopiranosid izole edilmiştir (Batyuk, 1966). Flavonoller; antioksidan, antitümör ve antidiabetik aktiviteleri ile bilinirler. Dihidroflavon, naringenin-5,7-O-diglukozid ve eriodiktyol-5,3′-diglukozid gibi maddeler Dauguet tarafından *C. monogyna'*nın arı poleninden izole edilmiş ve tanımlanmıştır (Dauguet, Bert, Dolley, & Lewin, 1993). Dihidroflavonoller ve antosiyaninler, alıçta bulunan ve meyve ve çiçeklerde kırmızı, mor ve mavi renk pigmentasyonu sağlayan flavanoidlerdendir. Epikateşin, *C. monogyna* ve *C. pentagyna* yaprak ve çiçeklerinden (Nikolov, Seligmann, Wagner, Horowitz, & Gentili, 1982); Kateşin, *C. laevigata* yapraklarından (El-Mousallamy, 1993); Kuersetin, *C. monogyna* ve *C. pentagyna* yapraklarından (Kolesnikov, 1965) izole edilmişlerdir. Alıçta bulunan kuersetinin, lipaz üretimini ve d-alanin ligaz aktivitesini inhibe ettiği, ek olarak da antibakteriyel özellik gösterdiği bilinmektedir (Cushnie & Lamb, 2005; Gatto , Falcocchio, & Grippa , 2002). Son olarak, *C. laciniata* yapraklarından ultrason destekli ekstraksiyon yöntemi ve çoklu reaksiyon izleme (MRM) modunda çalışan UPLC-ESI-MS-MS kullanılarak 9 adet flavonoid (kuersetin, mirisetin, rutin, hesperetin, naringenin, krezin, viteksin, kateşin ve eskulin) tanımlanmıştır (Saidene, ve diğerleri, 2024). Günümüze kadar ise farklı alt gruplara sahip flavanlar, flavanoller, biflavonoidler, siyanidin, prosiyanidin gibi toplam 89 tane flavonoid alıçtan izole edilmiştir (Cui, Cheng, & Zhou, 2024).

LİGNANLAR

Dibenzilbütan iskeletine sahip difenoller olarak bilinirler. Anti-tümör, antioksidan ve anti-inflamatuar aktivitelerinden dolayı ilaç, gıda ve kozmetik endüstrisinde kullanılmaktadır. Lignan açısından zengin bir bitki olan alıçtan birçok lignan türleri izole edilmiştir. Antikanser, antidiyabetik ve antiinflamatuar özellikleri olduğu bilinen 8-O-4'neolignanlar, alıçtan izolasyonu gerçekleşmiş lignanlar arasındadır (Zhao, Zhang, Han, Guo, & Huang, 2019). Ek olarak günümüze kadar alıçtan anti-inflamatuar olan benzofuran neolignanın yanında seskineolignan, spirosikloheksenon neolignanlar, 2,6-diarylfurofuranlar, arilnaftalenler, monoepoksi lignanlar, 2-aril-4-benziltetrahidrofuranlar gibi çok sayıda alt sınıf lignanlar izole

edilmiştir. Bu araştırmalar alıcın terapötik potansiyelinin araştırılmasının önemini göstermektedir (Cui, Cheng, & Zhou, 2024).

YAĞ ASİTLERİ VE ORGANİK ASİTLER

Alıcın organik asit bileşenlerinin sayısı oldukça yüksektir. Bu bileşenlerin antitümör, antibakteriyel, antitrombotik, anti-HIV gibi biyolojik aktivite gösterdiği yapılan çalışmalarda belirtilmiştir. *C. laciniata* yapraklarından ultrason destekli ekstraksiyon yöntemi ve çoklu reaksiyon izleme (MRM) modunda çalışan UPLC-ESI-MS-MS kullanılarak 6 adet fenolik asit (klorojenik, gallik, ferulik, sinamik, kumarik ve 2-metoksibenzoik asit) tanımlanmıştır (Saidene, ve diğerleri, 2024). Şu ana kadar bu bileşiklerden malik asit (Glenn & R, 1991), palmitik asit, stearik asit, oleik asit, linoleik asit, α-linoleik asit (Jin, Zhang, Xue, Xu, & Liang, 2006), sitrik asit, pirüvik asit, tartarik asit, levulinik asit (Glenn & R, 1991) antioksidan etkisi olduğu bilinen klorojenik ve süksinik asit (Deng, Xie, Xu, Li, & Sun, 2020) gibi 53 tane asit alıçtan izole edilmiştir.

MONO-TERPENOİDLER VE SESKİTERPENOİDLER

Mono-terpenoidler ve seskiterpenoidler 2-3 izopren molekülünün polimerizasyonuyla sentezlenirler. Bu bileşikler alıç meyvelerinde, kabuğunda az bulunsa da yapraklarında yaygın olarak bulunmaktadır. Bu bileşiklerin 13 tanesi alıçtan izole edilebilmiştir. Song ve arkadaşları yaptıkları çalışmada alıcın yapraklarından antitümör etkiye sahip olan 8 farklı alt dalları olan mono-terpenoid ve seskiterpenoid izole etmişlerdir (Song, ve diğerleri, 2011).

TERPONOİDLER VE STEROİDLER

Terpenoidler 6 izopren ünitesi tarafından polimerize edilmiş 30 karbon atomlu çekirdeğe sahiplerdir. Antitümör, antiobezite, antibakteriyel ve antialerjik özellikler göstermektedirler. Alıçtan antiviral ve osteoklast oluşumunu engelleyici özelliği olan maslinik asit (Chu, Gao, & Li, 2019), oleanolik asit, betülin, euskapik asit (Chen & Song, 2005) gibi 17 tane terponoid ve daukosterol (Zhang, 1999), stigmasterol ve β-sitosterol (Huang, 2010) izole edilmiştir.

Sonuç olarak alıçta lignanlar, flavonoidler, yağ asitleri ve organik asitler, monoterpenoidler ve seski terpenoidler, terpenoidler ve steroidler ve diğer türler olarak adlandırılan toplam 337 bileşik tanımlanmıştır. Lignanlar 42.3%, flavonoidler 26.4%, yağ asitleri ve organik asitler 14.5%, monoterpenoidler ve sesquiterpenoidler 5.6%, terpenoidler ve steroidler 5.9% ve diğer bileşikler 5.3% oranında bulunmaktadır (Cui, Cheng, & Zhou, 2024).

ALIÇ MEYVESİNİN SAĞLIK ÜZERİNE ETKİLERİ

Biyoaktif bileşenler bakımından oldukça zengin olan ve ülkemizde geniş bir yayılış alanına sahip olan alıç bitkisinin meyveleri, çiçekleri ve yaprakları da dahil olmak üzere çeşitli kısımları, hipolipidemik, anti-pıhtılaşma, antitrombotik, antitümör, hepatoprotektif, antioksidan, antimikrobiyal, immünomodülatör, antidiyabetik ve antiinflamatuar, sindirim sistemini düzenleyici aktiviteler gibi çeşitli sağlık yararları nedeniyle yüzyıllar boyunca yaygın bir şekilde bir fonksiyonel ve geleneksel gıda olarak kullanılmaktadır.

KARDİYOVASKÜLER SİSTEM ETKİSİ

HİPOTANSİF ETKİ

Çok sayıda araştırma farklı *Crataegus* türlerinden elde edilen ekstraktların önemli derecede hipotansif etkileri olduğunu göstermiştir. Yapılan çalışmalarda: *C. songarica K. Koch* 'un suda çözünür fraksiyonunun muskarinik reseptörleri ve anjiyotensin dönüştürücü enzimleri inhibe ederek hipotansif ve diüretik aktiviteler sergilediği (Younis, ve diğerleri, 2020), *C. gracilior* çiçeklerinin ise metanol ekstraktlarından izole edilen korosolik asit ve öskapik asitin sıçan aort halkalarında vazodilatasyon(damar genişlemesi) yoluyla hipotansif bir etkiye sahip olduğunu gösterilmiştir (Torres-Ortiz, Eloy, Moustapha, Cesar, & Edmındo). Chi ve arkadaşları *C. pinnatifida* ekstresi ve monomer bileşiği hiperositinin kendiliğinden hipertansif sıçanlara yedi haftalık müdahale sonrası damar hasarının önemli ölçüde iyileştiği ve hipotansif etki gösterdiğinin tespit etmişlerdir. Ayrıca, serum metabolomik çalışmalara göre, alıç ekstresi ve hiperosit gruplarında kan basıncını düzenleyen ana metabolik yolun, primer safra asidi biyosentez yolu olduğunu belirtmişlerdir (Chi, Zhang, Sun, & Liu, 2024). Yapılan araştırmalar alıç ekstresinin hipertansiyon için fonksiyonel bir gıda veya alternatif bir tedavi olma potansiyeline sahip olduğunu göstermektedir.

HİPOLİPİDEMİK ETKİ

Alıç yaprakları ve meyvelerinde hipolipidemik aktiviteye sahip mevcut bileşiklerin olduğunu gösteren in vitro ve in vivo koşullarda çok sayıda çalışma olduğu bilinmektedir. Örneğin: alıçtan elde edilen toplam flavonoidlerin etkili bir şekilde kan lipit seviyesini düşürdüğü ve karaciğerdeki düşük yoğunluklu lipoprotein reseptör ekspresyonunun düzenlenmesini tetikleyip, kolestrol metabolizmasını uyararak hiperlipidemik farelerin karaciğer fonksiyonlarını geliştirdiği gözlemlenmiştir (Hu, ve diğerleri, 2020; Lin & Chen, 2000; Xie, Sun, & Liu , 2009; Zhang & Zhang, 2014). Ek olarak, bu ekstraktların karaciğerde lipit birikimini azaltarak hiperlipidemi ve yüksek yağlı diyetin neden olduğu ve karaciğer

yağlanmasını önlediği bulunmuştur (Ye, Cheng, Xu, Kang, & Wang , 2003; Ye, Xu, Li , & Wang , 2009). *C. pinnatifida* meyvelerinin fenolik açıdan zengin fraksiyonu perkolesterolemik sıçan modellerinde toplam kolesterol, trigliseritler ve düşük yoğunluklu lipoprotein (LDL) seviyelerini düşürerek (Shao, ve diğerleri, 2017), Kwok ve arkadaşları tarafından yapılan önceki çalışmalarla uyumlu olarak hipolipidemik etkiler göstermiştir (Kwok, ve diğerleri, 2010; Zhu, ve diğerleri, 2015). Yapılan diğer bir çalışmada, Broiler tavuklarına farklı konsantrasyonlarda verilen *C. oxyacantha* ekstresi tüketiminin, malondialdehit, triasilgliserol, total kolesterol ve düşük yoğunluklu lipoproteinler (LDL) kolesterol seviyelerini azaltırken, ferrik indirgenmiş antioksidan kapasiteyi ve yüksek yoğunluklu lipoproteinler (HDL) kolesterolünü artırdığı tespit edilmiştir. Araştırma sonucunda alıç ekstresi tüketiminin, büyüme performansını iyileştirdiği, lipogenezisi baskıladığı ve antioksidan özellik gösterdiği belirlenmiştir (Ahmadipour, Kalantar, Abaszadeh, & Hassanpour, 2024).

ANTİ-PI0HTILAŞMA VE ANTİTROMBOTİK ETKİ

C. pinnatifida tohumlarından ekstrakte edilen seskiterpen (1 mg/mL) sıçan plazmasında trombosit agregasyonunu %81,4 inhibisyon oranıyla inhibe ederek önemli antitrombotik aktivite göstermiştir (Zhou, ve diğerleri, 2014). Ayrıca *C. pinnatifida* yapraklarının etanol ekstraktı, in vivo ve in vitro koşullarda adenozin difosfatın neden olduğu trombosit agregasyonunun etkili bir şekilde azalmasını sağlamıştır. (Gao, ve diğerleri, 2017). Shatoor ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada *C. aronia* bitkisinin sulu ekstraktı Wistar sıçanlarında trombosit fonksiyonunu inhibe etmiş ve tromboksan B2'yi azaltarak trombosit agregasyonunu düşürmüştür. Böylece *C. aronia* bitkisinin güçlü antikoagülan özelliklere sahip olduğu sonucuna varılmıştır (Shatoor, ve diğerleri, 2012; Shatoor, Shati, Humayed, AL-Qahtani, & Alkhateeb, 2021). Ayrıca toplam flavonoidlerin kalp ve serebrovasküler hastalıklar üzerindeki faydalı etkisi yapılan birçok çalışmayla kanıtlanmıştır.

ANTİTÜMÖR AKTİVİTE

Kanser, oldukça yaygın bir hastalık olup, insanları ciddi anlamda tehdit etmektedir. Yapılan çalışmalarda *Crataegus spp*. özlerinin güçlü anti-kanser özelliklerine sahip olduğunu göstermiştir. Alıçta bulunan biyoaktif bileşiklerin kanserli hücrelerin inhibisyonundan sorumlu enzimlerin aktivitesini arttırarak, kanser oluşumu ve tümör oluşumunda önemli rol oynayan nitrozaminin ortamda gelişmesini de engellediği düşünülmektedir. Ma ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada alıcın, homojen polisakkaritler sisteinil aspartat spesifik proteinazın (kaspaz 3, 7, 8 ve 9) ekspresyonunu düzenlediği ve böylece kolon kanseri hücrelerinin inhibisyonunu tetiklediğini tespit etmiştir (Ma, ve diğerleri, 2020). Zhao ve arkadaşlarının yaptığı çalışma

sonucunda *C. pinnatifida* meyvesinin etanol ekstraktlarından elde ettikleri fenil propanoid ve dibenzofuran türevleri karaciğer kanser hücrelerinin yok ederek hepatomaya karşı antitümör aktivite göstermiştir (Zhao, ve diğerleri, 2019b). Yapılan diğer bir çalışmada *C. pinnatifida var.*'ın meyvelerinin %80 etanol ekstraktından elde edilen polifenollerin bir insan meme kanseri hücresinin apoptozunu indüklediğini ve hücre döngüsünü durdurduğunu tespit etmişlerdir (Li, ve diğerleri, 2013). *C. gracilior*'un sap ve yapraklarından elde edilen petrolyum eter ekstraktının, β-sitosterol ve tokoferol ile birleştirildiğinde meme kanseri hücreleri üzerinde güçlü anti tümör etkileri gösterdiği tespit edilmiştir (Maldonado-Cubas, ve diğerleri, 2020). Son olarak, *C. monogyna* yaprakları ve gövdelerinin hidroetanolik ekstresinin kanser karşıtı aktivitesinin in vitro ortamda ve HL-60 ve K-562 miyeloleukemi hücreleri ile karaciğer (Huh-7) hücre hatları üzerinde MTT testi ile araştırılması sonucunda, ekstrenin K-562 ve HL-60 hücreleri üzerinde önemli bir sitotoksik aktivite gösterdiği, ancak akciğer kanseri hücreleri (Huh-7 hattı) üzerinde etkili olmadığı tespit edilmiştir (Ez-Zahra Amrati, ve diğerleri, 2024). Tüm bu bulgular, alıcın kanser tedavilerinde önemli umut vaat ettiğini göstermektedir ama alıcın antitümör etki mekanizması hakkında yapılan araştırmalar sınırlı olup, daha fazla araştırma yapılması gerekmektedir.

HEPATOPROTEKTİF AKTİVİTE

Alıçta bulunan çeşitli bileşiklerin, karaciğer koruyucu aktiviteleri gösterdiği belirlenmiştir. Örneğin, *Crataegus spp.* yapraklarından elde edilen toplam flavonların (TFCL), non-alkolik yağlı karaciğer hastalığı (NAFLD) olan sıçanlarda, Bcl-2, Bax, Sitokrom C, Kaspaaz-9, FXR ve SREBP-1c yollarını düzenleyerek ve hepatositlerde oksidatif stresi inhibe ederek hepatoprotektif etkiler gösterdiği de ortaya konmuştur (Li, Wang, Wang, Sheng, & Gao, 2018; Lu, Chen, He, & Yan, 2018). Ayrıca, TFCL, alkolik karaciğer hasarına sahip farelerde, endojen antioksidan enzimlerinin aktivitesini artırarak, serbest radikalleri temizleyerek ve lipid peroksidasyonunu inhibe ederek hepatoprotektif etkiler sergilemiştir (Chang L. , 2014; Li, Zhang, Du, Wu, & Oi, 2014). TFCL, HFD (yüksek yağlı diyet) ile indüklenen hiperlipidemili ve FL (yağlı karaciğer) farelerinde ise karaciğer dokusunun fizyolojik ve biyokimyasal fonksiyonlarını önemli ölçüde korumuştur (Ye, Xu, Li , & Wang , 2009). Benzer şekilde, *C. pinnatifida* meyvelerinin etanol özütlerinin, oksidatif stresi inhibe ederek ve nitrik oksit sentaz (iNOS) aktivitesini artırarak FL gelişimini engellediği belirlenmiştir (Kwok, ve diğerleri, 2010). *C. pinnatifida var. major*'dan elde edilen korosolik asit, HFD ve NASH sıçanlarında α-SMA, kollajen I ve TIMP-1 ekspresyonlarını baskılayarak karaciğer dokusunda kollajen birikimini önemli ölçüde azaltmış ve karaciğer fibrozu üzerindeki etkisini hafifletmiştir (Liu,

ve diğerleri, 2021). *C. oxyacantha* yapraklarının etanol özütleri, karaciğer enzim aktivitelerini ve oksidatif stres belirteçlerini artırarak, HFD ile indüklenen hepatosit hasarının onarılmasını sağlamıştır (Mecheri, ve diğerleri, 2019; Saeedi, Jeivad, Goharbari, Gheshlaghi, & Sabzevari, 2018). *C. songarica* yapraklarının metanol özütleri ise tetrachlorometan ve parasetamol ile indüklenen karaciğer hasarına karşı koruyucu etkiler sergilemiş ve bu etkilerini serbest radikalleri temizleyerek ve antioksidan enzimleri aktive ederek göstermiştir (Ganie, ve diğerleri, 2014). Son olarak, *C. orientalis* meyvelerinin (COE) etanol ekstresinin oleik asit (OA) ile indüklenmiş hepatoselüler karsinom (HepG2) hücrelerinde lipid birikimine karşı koruyucu etkinliğinin in vitro ortamda araştırıldığı çalışma sonucunda; ABTS ve DPPH radikalleri karşısında orta düzeyde antioksidan aktivite ve 5-lipooksijenaz enzimine karşı önemli bir anti-inflamatuar etki görülmüştür. Ayrıca COE'nin (100 µg/ml) lipid birikimini engellediği ($p<0.01$) ve HepG2 hücrelerinde trigliserit (TG) konsantrasyonunu ($p<0.001$) ve reaktif oksijen türlerinin (ROS) üretimini ($p<0.05$) azalttığını gözlemlenmiştir. *C. orientalis* ekstraktının, lipid metabolizması enzimlerinin (ACC1, FAS) ve transkripsiyon faktörü SREBP-1c'nin mRNA expreyonunu baskıladığı ve hepatositlerde lipid birikimine karşı potansiyel olarak koruyucu olup, NAFLD tedavisinde faydalı etkiler gösterebileceği tespit edilmiştir (Algül, Şekerler, Şen, Gülmez, & Şener, 2024). Son olarak, *C. monogyna* yaprakları ve gövdelerinin hidroetanolik ekstresinin hepatoprotektif aktivitelerinin araştırıldığı çalışmada, docking simülasyonlarında ekstrenin lipooksijenaz, sitokrom P450, tirozin kinaz ve TRADD gibi ana hedeflere karşı inhibe edici potansiyelini değerlendirilmiş ve ekstrasından elde edilen; proantosiyanidin (−7.27 kcal/mol), kuersetin (−8.102 kcal/mol) ve kateşin (−9.037 kcal/mol)'in, sırasıyla lipooksijenaz, sitokrom P450 ve tirozin kinaz üzerinde en aktif moleküller olduğu belirlenmiştir (Ez-Zahra Amrati, ve diğerleri, 2024).

ANTİOKSİDAN AKTİVİTE

İnsan vücudu normal metabolizma sırasında reaktif oksijen türleri üretmektedir. Bu serbest radikaller ortaklanmamış elektronlarından dolayı kimyasal olarak yüksek aktiviteye sahiptirler ve ortamdaki diğer biyomoleküllere saldırarak biyolojik yapılarını tahrip ederler. Yaşlanma, diyabet ve nörodejeneratif hastalıklar gibi hastalıklara sebep olmanın yanında (Temple, 2000) kardiyovasküler ve serebrovasküler hastalıklara yakalanma riskinde de artışa yol açmaktadırlar (Kozarski, ve diğerleri, 2015; Mason, Trwin, Parker, & Wadley, 2020). Bu serbest radikallerin süpürülmesini sağlayan ve serbest radikallerin sebep olacağı hücre zararını önleyebilen maddelere antioksidan denilmektedir. Farklı alıç türlerinin meyveleri, yüksek fenolik bileşimleri ve içerdikleri antioksidan bileşikler (hiperosid, izokuersetin, epikateşin, klorojenik

asit, kuersetin, rutin ve protokatekuik asitler) sayesinde zengin bir antioksidan kaynağı olarak kabul edilmektedir (Alirezalu, Ahmadi, & Salehi, 2020). *Crataegus spp*. özütlerinin oksidatif stresi inhibe edebileceğini ve serbest radikalleri temizleyebileceğini gösteren birçok araştırma mevcuttur. Örneğin, *C. pinnatifida* meyvelerinin etil asetat özütleri, 2,2-difenil-1-pikrilhidrazil (DPPH) ve 2,2′-azinobis-(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonate) (ABTS) radikal temizleme aktivitelerini sırasıyla 23,26 ± 1,97 ve 50,73 ± 8,03 µg/mL IC50 değerlerinde çıkmış ve güçlü antioksidan olduğu belirlenmiştir (Lin, ve diğerleri, 2022). Alıç ekstraktlarının antioksidan aktivitesi de farklı ekstraksiyon yöntemlerine göre farklılık göstereceği de unutulmamalıdır. Yapılan bir araştırmada, alıcın metanol ve etanol ekstraktlarının proteini ve DNA'yı serbest radikallerin zararlarından korurken iyi anti-oksidatif etkiler gösterdiği ama alıcın kloroform ve petrol eteri ekstraktlarının hiçbir koruyucu etkisi göstermediği görülmüştür (Zhang, Yan, & Zhang, 2020). Ayrıca, *C. pinnatifida* meyvelerinin etanol özütleri, glutatyon peroksidaz-1 ve katalaz mRNA ekspresyonunu artırarak antioksidan aktivite göstermiştir (Cheng, ve diğerleri, 2020). *C. pinnatifida* yapraklarının metanol özütlerinden elde edilen toplam flavonoidler, fare periton makrofajlarında süperoksit anyonları (O^{2-}) ve NO radikallerine karşı temizleme aktivitesi göstermiştir (Wang, ve diğerleri, 2011b). Sammari ve arkadaşlarının yaptığı çalışmaya (2021) benzer bir şekilde, *C. azarolus* meyvelerinin sulu özütlerinin, kastor yağı ile indüklenen oksidatif hasarı farelerde hafiflettiği gösterilmiştir (Sammari, ve diğerleri, 2021; Mustapha, ve diğerleri, 2014). Bütün bu çalışmalara ek olarak, *C. pinnatifida var. major* meyvelerinin etanol özütlerinden elde edilen proantosiyanidinler, C vitamini ile karşılaştırıldığında daha güçlü bir antioksidan etki sergilemiştir (Liu, Cao, & Zhao, 2010). Bu bulgular, alıç bitkisinin güçlü antioksidan etkisine dair güçlü kanıtlar sunmaktadır. Mustapha ve arkadaşları *C. azarolus* yapraklarının aseton özütlerinin antioksidan aktivitesinin toplam flavonoidler ile pozitif bir korelasyon gösterdiğini tespit etmiştir (Mustapha, ve diğerleri, 2016). Sonuç olarak zengin bir fenol ve flavonoid kaynağı olduğu bilinen alıç bitkisinin, oksidatif stres ile ilişkili hastalıkları önlemek veya iyileştirmek için diyet takviyeleri olarak kullanımının arttırılması önerilmektedir (Li, Fu, Huang , & Zhang , 2022).

3.5.ANTİMİKROBİYAL AKTİVİTE

Son zamanlarda, alıç özütlerinin bakteriyel enfeksiyonlara karşı terapötik potansiyeli konusunda yapılan araştırmalara ilgi artmıştır. Birçok çalışmada, alıç özütlerinin hem gram-negatif hem de gram-pozitif bakterilere karşı dikkate değer antibakteriyel özellikler gösterdiği ortaya konmuştur (Yuan, 2012; Zhao, Wu, Zeng, & He, 2017; Zheng, Jiang, Lin, Ji, & Fan, 2017). Örneğin, *C. elbursensis* tohumları ve meyve etlerinden elde edilen metanol özütleri,

Escherichia coli, Salmonella enterica, Bacillus cereus ve *Staphylococcus aureus*'a karşı 10-40 mg/mL konsantrasyonlarında antibakteriyel aktivite göstermiştir (Salmanian & Mahoonak, 2014). Farah ve arkadaşları da alıcın (*C. laevigata*) 200 mg/ml konsantrasyondaki ekstraktının disk difüzyon yönteminde *S. aureus'a* (26mm) ve *E. coli* (18mm)'ye karşı antibakteriyel aktiviteye sahip olduğunu tespit etmişlerdir. Başka bir çalışmada ise *C. monogyna, C. oxyacantha* ve *C. laevigata* meyvelerinin etanol özütleri, özellikle *Micrococcus flavus, B. subtilis ve Listeria monocytogenes'*e karşı streptomisin ile karşılaştırıldığında daha güçlü bir bakterisidal etki sergilemiştir ve inhibisyon oranları sırasıyla %80.0, %62.2 ve %60.7 olarak tespit edilmiştir (Tadıc & Dobrıc, 2008). Ek olarak, *C. pinnatifida* meyvelerinin metanol özütleri, *S. aureus*'a karşı hücre duvarı ve hücre zarının bütünlüğünü bozarak ve hücre içi enzim aktivitesini inhibe ederek antibakteriyel aktivite göstermiştir ve bu durum hücrede bulunan ilgili genlerin ekspresyonunu değiştirerek gerçekleşmiştir (Zhang, Zhang, & Xu, 2020a). Ayrıca, *C. pinnatifida* meyvelerinin etanol özütlerinden elde edilen 2′-hidroksi-7-(3-hidroksipropil)-6-metoksi-flavon, metisilin dirençli *S. aureus* suşlarına karşı spesifik antibakteriyel aktivite göstermiş ve minimum inhibisyon konsantrasyonu 34.8 ± 3 μg/mL olarak belirlenmiştir (Li, ve diğerleri, 2018a). Sonuç olarak alıç özlerinin sentetik katkı maddeleri yerine doğal katkı maddeleri olarak ve *E. coli*'nin neden olduğu yaz ishalinin tedavisinde kullanılabileceğini önermişlerdir (Farah H, Khadeeja Y, & Manal F, 2021).

İMMÜNOMODÜLATÖR AKTİVİTE

İmmünomodülatörler, enfeksiyonlar ve tümörler gibi hastalıklara karşı hayati bir savunma mekanizmaya sahiplerdir. Ayrıca, bağışıklık hücrelerinin aktivasyonu ve sitokin salınımının temel göstergeleridir. In vivo çalışmalara dayalı olarak, alıçtan elde edilen ursolik asit fraksiyonunun, dalak lenfosit üretimini artırarak ve dalak indeksini yükselterek önemli bağışıklık güçlendirici özellikler gösterdiği ortaya konmuştur (Lin, Zhang, Zhu, Wu, & Zhang, 2007). In vitro olarak yapılan çalışmalar da alıcın immünomodülatör etkilerini doğrulamıştır. Örneğin, *C. monogyna* kabuğunun etil asetat özütleri, T ve B splenositozlarının toplam sayısını, yüzdesini ve mutlak sayısını önemli ölçüde artırmıştır (Lis, ve diğerleri, 2020). Ayrıca, *C. pinnatifida var. major*'dan elde edilen bir flavonoid, lenfosit proliferasyonunu teşvik ederek ve lenfosit faktörlerinin (interlökin-6, interlökin-4 ve interferon-γ) salgısını uyararak, CD4-pozitif ve CD8-pozitif T hücrelerinin lenfosit alt popülasyonları arasındaki oranı artırmış ve immünomodülatör etkiler göstermiştir (Wang, Li, Li, & Yu, 2019). Bu umut verici bulgulara rağmen, alıcın in vitro ve in vivo immünomodülatör etkileri üzerine yapılan deneysel çalışmalar

sınırlıdır. Bu nedenle, alıcın immünomodülatör özelliklerinin temel mekanizmasını anlamak için daha fazla araştırma yapılması gerekmektedir.

3.7.ANTİDİYABETİK AKTİVİTE

Diyabet mellitus (DM), kronik metabolik bir bozukluktur ve insülin olarak bilinen bir hormonun salgılanmasındaki eksiklikten ya da pankreatik β hücrelerinin hasarından kaynaklanır. Ayrıca insülin direnci nedeniyle insülin kullanılmaması olarak da tanımlanabilir (Matzinger & Fischhuber, 2018). Bu durumun ilaç ve/veya diyet kontrolü yoluyla insülin salgılanmasını uyararak ya da ince bağırsaktan kan şekeri emilim oranını azaltmak için diyet nişastasının sindirimini kesintiye uğratarak veya yavaşlatarak önlenebilir (Barrett & Udani, 2011; Kim & Rioux, 2014). İnsan sağlığını önemli şekilde tehdit eden kronik bir hastalıktır. Birçok son çalışma, alıçın hem in vivo hem de in vitro antidiyabetik özelliklere sahip olabileceğini göstermiştir. Örneğin, *C. pinnatifida* meyvelerinin metanol özütlerinin, streptozotocinle indüklenen tip 2 diyabetli sıçanlarda oral olarak verilmesi, kan şekeri seviyelerini düşürdüğü görülmüştür. Bu da etkin bir tedavi potansiyeli gösterdiği anlamına gelmektedir (Aierken, Buchholz, Chen, Zhang, & Melzig, 2017). Ayrıca, C. *pinnatifida var. major* meyvelerinin %80 metanol özütlerinin 0.2, 0.5 ve 1.0 g/kg konsantrasyonlarında, 5′-adenozin monofosfat ile aktive edilmiş protein kinaz (AMPK) fosforilasyonunun karaciğer protein içeriğini artırdığı ve fosfoenol pirüvat karboksikinazı ve glukoz-6-fosfataz'ı azalttığı bulunmuştur (Shih, Lin, Lin, & Wu, 2013). In vitro çalışmalar, *C. pinnatifida* meyvelerinden izole edilen 3-epikorosolik asidin, α-glukozidaz, protein tirozin fosfataz 1B, sıçan lensi aldoz redüktazı ve ileri glikasyon son ürünlerinin oluşumu üzerinde güçlü inhibitör aktivite gösterdiğini ortaya koymuştur (Chowdhury, Islam, Jung, & Choi, 2014). Xin Huang ve arkadaşları yaptıkları çalışmada enzim ve ultrason destekli ekstraksiyon yöntemi kullanarak ekstrakte ettikleri alıç flovonoidlerinin güçlü serbest radikal temizleme aktiviteleri ve yüksek a-amilaz ve a-glikosidaz inhibitör aktiviteleri sergilediklerini tespit etmişlerdir. Ayrıca çalışmada buğday nişastasının sindirilebilirliğinin alıç flavonoidleri tarafından azaltıldığı da gözlemlenmiştir (Huang, Bian, Liu, & Xu, 2022). Chen Xu ve arkadaşları ise alıç yaprağı polifenollerinin α-glikosidaz ve α-amilaz inhibisyon oranını sırasıyla %88,7 ve %83,3 olarak tespit etmiştir. Bu durum alıç yaprağı polifenolerinin α-glikosidaz ve α-amilaz üzerinde en güçlü inhibitör etkiye sahip olduğunu göstermektedir (Xu, Fan, & Lu, 2022).

3.8.ANTİ-İNFLAMATUAR AKTİVİTE

Birçok çalışma, alıcın anti-inflamatuar özellik gösterdiğini rapor etmiştir. Örneğin, *C. pinnatifida* meyvelerinin etanol özütleri, üst solunum yolu iltihabını etkili bir şekilde inhibe

etmiş ve interselüler hücre adezyon molekülü-1 (ICAM-1) ve vasküler hücre adezyon molekülü-1 (VCAM-1) ekspresyonunu azaltarak, alerjik astım matriksi metalloproteinaz-9'u aşağı regüle etmiştir (Shin, ve diğerleri, 2012). Başka bir çalışmada aynı özütler, kolon kanser hücrelerinde iltihaplı sitokin üretimini inhibe etmiştir ve bağırsak bariyerlerindeki işlev bozukluğunu iyileştirmiştir (Liu, Zhang, & Ji, 2020). Son olarak, *C. orientalis* yaprakları ve meyvelerinin etanol özütleri, COX-1 ve 12-LOX ekspresyonunu in vitro şartlarda inhibe ederek anti-inflamatuar potansiyel sergilemiştir (Savikin, Krsti´c-Milo˘sevi´c, Menkovi´c , Beara , & Mrkonji´c, 2017). *C. monogyna* yaprakları ve gövdelerinin hidroetanolik ekstresinin anti-inflamatuar etkisinin sıçanlarda karagenin ile indüklenen ayak ödemi testi ile in vivo olarak değerlendirildiği çalışmada, 1000 mg/kg dozun, 6 saat sonra ödemi %99,10 oranında inhibe ederek en güçlü anti-inflamatuar etkiyi gösterdiği tespit edilmiştir (Ez-Zahra Amrati, ve diğerleri, 2024). Genel olarak, alıcın anti-inflamatuar etkileri hakkında yapılan araştırma kapsamı sınırlı olduğu için alıcın inflamatuar hastalıkların tedavisindeki etkinliğinin mekanizması konusunda araştırmaların arttırılması gerekmektedir.

3.9.DİĞER AKTİVİTE

Yukarıda bahsedilen etkinliklerin yanı sıra, alıç farklı değerli biyoaktivitelere de sahiptir. Örneğin, *C. orientalis* meyvelerinin %70 etanol özütlerinin, periodontal hastalığı olan sıçanlarda periodontal iltihaplanmayı inhibe ettiği ve alveolar kemik kaybını engellediği, bunun da toplam antioksidan aktiviteyi düzenleyip oksidatif stresi inhibe ettiği gösterilmiştir (Hatipoğlu, ve diğerleri, 2015). *C. pinnatifida* özütleri (50 µg/mL) 24 saatlik tedavi ile murin norovirüsüne karşı antiviral etkiler göstermiş ve inhibisyon oranı %57.66 olarak belirlenmiştir (Seo & Choi, 2017).

3.10.SİNDİRİM SİSTEMİ ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

Alıcın sindirim sistemi üzerindeki faydalı etkilerini gösteren birçok çalışma mevcuttur. Örneğin, Zhu ve arkadaşları alıç özütlerinin, kanama noktalarını inhibe ederek ve trombositlerin kanamayı durdurmak ve pıhtılaşmayı sağlamak için birbirleri üzerine kümelenmesini hızlandırarak mide mukozasını koruyabildiğini tespit etmiştir (Zhu, Liu, Zhao, Guo, & Sun, 2019b). Wu ve arkadaşlarının araştırma sonuçlarıyla (2011) benzer bir şekilde, mide ve bağırsak düz kasları üzerinde doza bağlı bir şekilde motiliteyi artırdığı da tespit edilmiştir (Wu, Gao, & He, 2011; Wen, ve diğerleri, 2010). *C. pinnatifida* tohumlarının etil asetat özütlerinin, diyabetik gastroparezisli sıçanlarda, hipergliseminin indüklediği oksidatif stres hasarını inhibe ederek nitrik oksit sentezini, c-kit proto-onkogen proteini ekspresyonunu ve Cajal interstisyel hücrelerini artırarak da gastrointestinal hormonları düzenlediği ve gastrointestinal motiliteyi

iyileştirdiği tespit edilmiştir (Niu, Yan, Zhao, Jin, & Gong, 2020). Ayrıca, alıç meyvelerinden elde edilen uronik asit farelerde dışkılama işlemini teşvik ederek ve kurşun zehirlenmesini önleyerek, fonksiyonel kabızlığı hafifletebilmektedir (Chen, Ma, Yang, Zhao, & Cui, 2013). Son olarak, *C. pinnatifida* meyvelerinin glukoz-heteroglikan özütlerinin, *Bacteroides thetaiotamicron, B. ovatus, B. fragilis ve Bifidobacterium longum* gibi yararlı bağırsak mikroorganizmalarının sayısını artırdığı ve koliti inhibe etmek için kısa zincirli yağ asitlerinin üretimini teşvik ettiği yapılan çalışmalarla gösterilmiştir (Guo, ve diğerleri, 2021; Guo, Zhang, Wang, Li, & Ding, 2020; Zhang S. , Zhang, Li, Chen, & Ding, 2019).

Özetle, alıç, kardiyovasküler hastalıkların yönetiminde, anti-trombotik, hipotansif, vazodilatör ve anti-aterosklerotik etkiler gibi umut verici potansiyellere sahiptir. Birçok çalışma, alıcın insülin direnci, obezite ve lipid metabolizması bozuklukları ile ilişkili hastalıkların tedavisinde faydalı etkileri olduğunu doğrulamıştır. Bu bulgular, alıcın potansiyel bir terapötik ajan olarak önemli olduğunu dikkat çekici bir şekilde göstermektedir.

ALICIN TOKSİSİTESİ

Toksisite araştırmaları, doğal ürünler için hayati öneme sahiptir ve birçok çalışma alıç bitkisinin biyoaktivitesi üzerinde durmuş olsa da bu cinsle ilgili toksikolojik araştırmalar sınırlıdır. Örneğin, 1994 yılında yapılan çalışmada; *C. pinnatifida, C. pinnatifida var. major, C. cuneata* ve *C. scabrifolia*'nın farelerde LD50 değerinin 126 g/kg'yi bulduğu, yani alıcın düşük toksisite gösterdiği tespit edilmiştir (Chen, Jiang, Yu, & Gao, 1994). Başka bir çalışmada, *C. oxyacantha* meyve özlerinin lökositlere ve kemik iliği hücrelerine toksisite göstermediği belirlenmiştir (Lizarraga, Kaiser, Lambert, Wesselkamper, & Zhao, 2015). Kumaraswamy ve arkadaşları da karaciğer, böbrek ve kalp üzerinde olumsuz toksikolojik etkisi olmadığını belirtmişleridir (Kumaraswamy, Jamuna Rani, Alwin, Kiran, & Balaji, 2016). Ayrıca, akut ve sub-akut toksisite çalışmalarında, farklı dozlarla (100, 200, 500, 1000 ve 2000 mg/kg) *C. aronia* özleriyle tedavi edilen sağlıklı sıçanlarda kreatinin, üre, Na^+, K^+ ve Cl^- seviyelerinde anlamlı bir değişiklik gözlemlenmemiştir (Shatoor, 2011). Bu bulgular, alıç bitkisinin güvenli olduğunu ve potansiyel olumsuz etkilerinin olmadığını göstermektedir.

SONUÇLAR

Alıçtan elde edilen flavonoidler, lignanlar ve organik asitler gibi önemli biyoaktif bileşikler üzerine yapılan geniş araştırmalar umut verici sonuçlar göstermiş ve bu cinsin potansiyel terapötik ajan veya fonksiyonel gıda katkı maddesi olarak kullanılabileceğini işaret etmiştir. Ancak, önemli ilerlemelere rağmen mevcut literatürde bazı zayıf alanlar bulunmaktadır. Literatür, alıcın 130'dan fazla lignan bileşiği içeren geniş bir biyoaktif bileşik yelpazesi

sunduğunu göstermektedir. Lignanlar konusunda oldukça zengin olmasına rağmen, bu bileşiklerin biyolojik aktiviteleri üzerine detaylı çalışmalar eksiktir. Sadece birkaç araştırma, onların nöroprotektif, antioksidan, anti-inflamatuar ve anti-trombotik özelliklerine odaklanmıştır. Bu nedenle, gelecekteki araştırmaların, lignan bileşiklerinin farmakolojik özelliklerini incelemesi önerilmektedir. Bu tür çabalar, alıcın çeşitli alanlarda geliştirilmesi ve uygulanması konusunda önemli ilerlemeler kaydedilmesine olanak sağlayacaktır. Ek olarak, alıç bitkisinin geleneksel kullanımları arasında sindirim bozuklukları, dismenore ve osteoporoz tedavisi yer almaktadır. Ancak, modern araştırmalar öncelikle alıç bitkisinin kardiyovasküler ve serebrovasküler sistem üzerindeki etkilerine, antitümör etkilerine ve karaciğer koruyucu özelliklerine odaklanmaktadır. Şu anda, geleneksel kullanımlar ile ilgili konularda araştırma eksikliği bulunmaktadır. Bu nedenle, *Crataegus* cinsinin kapsamlı bir şekilde araştırılması büyük önem taşımaktadır. Alıç bitkisinin çeşitli kısımlarından 337 metabolit izole edilmiştir ve bu metabolitlerin kardiyovasküler hastalık tedavisinde klinik uygulama potansiyeline sahip olabileceği tespit edilmiştir. Ancak mevcut literatür, genellikle ham özütlerin araştırılmasına odaklanmış, fraksiyonlar ve saf bileşikler üzerine ise sınırlı çalışma yapılmıştır. Ayrıca, alıcın biyoaktivitesi çoğunlukla in vitro modellerle incelenmiştir. Genel olarak, alıcın madde temeli ve moleküler mekanizmaları hala netleşmemiştir, özellikle metabolik sendrom hastalıklarını ele alma potansiyeli konusunda alıcın biyoaktif bileşenlerini ve bunların altında yatan etki mekanizmalarını aydınlatmak için daha derinlemesine araştırmalar gerekmektedir. Son olarak, yapılan çalışmalarda belirgin bir toksisite gözlemlenmemiş olsa da, alıcın uzun vadeli in vivo toksisitesinin kapsamlı bir şekilde değerlendirilmesi, güvenlik açısından mevcut bilgi boşluklarının giderilmesi gerekmektedir.

Sonuç olarak, bu çalışma, alıç türlerinin çeşitli kısımlarının biyoaktif bileşenleri ve bu bileşenlerin sağlık üzerine etkileri ile ilgili kapsamlı bir araştırma sunmaktadır. Bu araştırma sonucunda edinilen bilgiler, literatüre katkı sağlamanın yanında modern tıp alanında alıçla ilgili yapılacak olan çalışmalara yol gösterici olabilir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma Adana Alparslan Türkeş Bilim ve Teknoloji Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsünde yürütülen tez çalışması kapsamında hazırlanmıştır.

KAYNAKÇA

Ağaoğlu, E. Ö., Yılmaz , H., Aksoy, N., Ok, T., & Fırat , M. (2021). Türkiye'nin Bütün Ağaçları ve Çalıları. Türkiye İş Bankası Kültür Yayınları.

Ağaoğlu, S. (1995). Genel bahçe bitkileri . Erzurum: A.Ü. Ziraat Fak. E.A.G. Vakfı.

Ahmadipour, B., Kalantar, M., Abaszadeh, S., & Hassanpour, H. (2024). Antioxidant and antihyperlipidemic effects of hawthorn extract (*Crataegus oxyacantha*) in broiler chickens. *Veterinary medicine and scienc*, 10 (3), pp. e1414. doi:10.1002/vms3.1414.
AİBÜ Kampüs Florası. (2023). AİBÜ Kampüs Florası. (2023). 29 Mart 2023 tarihinde http://ibuflora.ibu.edu.tr/tur/crataegus-tanacetifolia adresinden erişildi adresinden alındı.
Aierken, A., Buchholz, T., Chen, C., Zhang, X., & Melzig, M. (2017). Hypoglycemic effect of hawthorn in type II diabetes mellitus rat model. *J. Sci. Food Agric.*, 97 (13), 4557–4561. https://doi.org/10.1002/jsfa.8323 adresinden alındı.
Algül, K., Şekerler, T., Şen, A., Gülmez, G., & Şener, A. (2024). Effects of *Crataegus orientalis* fruit extract on lipid accumulation in oleic acid induced HepG2 cells. *Advances in Traditional Medicine*, 24:923–933. https://doi.org/10.1007/s13596-024-00750-5 adresinden alındı.
Alirezalu, A. (2018). Flavonoids profile and antioxidant activity in flowers and leaves of hawthorn species (*Crataegus spp.*) from different regions of Iran. *International Journal of Food Properties*, 21(1), 452-470.
Alirezalu, A., Ahmadi, N., & Salehi, P. (2020). Physicochemical characterization, antioxidant activity, and phenolic compounds of hawthorn (*Crataegus spp.*) fruits species for potential use in food applications. http://dx.doi.org/10.3390/foods904043 adresinden alındı.
Badu-Gyan, F., & Owusu, V. (2017). Consumer willingness to pay a premium for a functional food in Ghana. *Applied Studies in Agribusiness and Commerce*, 11(1-2), 51-59.
Balta, M., Karakaya, O., & Kaptan Ekici, G. (2015). Çorum'da yetişen alıçların (*Crataegus spp.*) fiziksel özellikleri. *Ordu Üniv Bil Tek Dergisi*, 5(2):35–41.
Barrett, M., & Udani, J. (2011). A proprietary alpha-amylase inhibitor from white bean (Phaseolus vulgaris): A review of clinical studies on weight loss and glycemic control. *Nutrition Journal*, 10(24), 1-10.
Barros, L., & Carvalho, A. M. (2011). Comparing the composition and bioactivity of *Crataegus monogyna* flowers and fruits used in folk medicine. *Phytochemical analysis*, 22(2), 181-188.
Batyuk, V. (1966). Structure of the flavonoids of *Crataegus curvisepala*. *Chem. Nat. Compd.*, 2 (4), 288–289.
Belabdelli, F., Bekhti, N., & Piras, A. (2022). Chemical composition, antioxidant and antibacterial activity of *Crataegus monogyna* leaves' extracts. *Nat Prod Res*, 36(12):3234-3239. doi:doi:10.1080/14786419.2021.1958215.
Bengü, A., Ertem, H., & Bayramoğlu Akkoyun, M. (2023). Determination of Some Biochemical Values of *Crataegus orientalis* (Easthern hawtorn). *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi* , 10(4): 977–983. https://doi.org/10.30910/turkjans.1318063 adresinden alındı.
Bernatoniene , J., & Masteikova, R. (2008). Free radical-scavenging activities of *Crataegus monogyna* extracts. *Medicina*, 44(9), 706.
Bernatoniene, J. (2009). The comparison of anti-oxidative kinetics in vitro of the fluid extract from maidenhair tree, motherwort and hawthorn. *Acta Poloniae Pharmaceutica*, 66(4), 415-421.
Camejo-Rodrigues , J. S. (2003). An ethnobotanical study of medicinal and aromatic plants in the Natural Park of Serra de S. Mamede (Portugal). *J Ethnopharmacol* , 89:199-209.
Chang , Q., & Zuo , Z. (2002). Hawtorn. *The Journal of Clinical Pharmacology*, 42, 605-612.
Chang, L. (2014). Effects of hawthorn flavonoids on alcohol-induced alcoholic liver disease in mice. *Chin. Med. Mod. Distan. Educ. Chin.*, 12 (7), 152–153. https://doi.org/10.3969/j.issn.1672-2779.2014.07.105 adresinden alındı.
Chen, H., Jiang, J., Yu, L., & Gao, G. (1994). Pharmacological effects and LD50 comparison of four hawthorn plants. *China J. Chin. Mater. Med.* , 19 (8), 454–455.
Chen, H., Ma, L., Yang, J., Zhao, W., & Cui, T. (2013). Effects of hawthorn dietary fiber on improving functional constipation and preventing lead poisoning. *Food Sci. (N. Y.)*, 34 (15), 232–235. https://doi.org/10.7506/spkx1002-6630-201315048 adresinden alındı.
Chen, J., & Song, S. J. (2005). Research progress of hawthorn. *Res. Inform. Tradit. Chin.*, 7 (7), 20–23. doi:https://doi.org/10.3969/j.issn.1673-6427.2001.05.035.

Chen, L. S., Lv, Y., Xu, S. W., & Xin, Y. (2008). Study on the triterpene acid constituents in hawtorn. *Lishizhen Med. Mater. Med. Res.*, 19 (12). https://doi.org/10.3969/j.issn.1008-0805.2008.12.038 adresinden alındı.
Cheng, F., Jiang, W., Xiong, X., Chen, J., Xiong Y.Z., & Li , Y. (2020). . Ethanol extract of Chinese hawthorn (*Crataegus pinnatifida*) fruit reduces inflammation and oxidative stress in rats with doxorubicin-induced chronic heart failure. *Med. Sci. Mon. Int. Med. J. Exp. Clin. Res.*, 26, e926654. https://doi.org/10.12659/MSM.9266 adresinden alındı.
Chi, B., Zhang, M., Sun, L., & Liu, H. (2024). Study on the hypotensive effect and mechanism of hawthorn (*Crataegus pinnatifida*) fruits and hyperoside in spontaneously hypertensive rats. *Royal Society of Chemistry*. doi:10.1039/d3fo02641h.
Chowdhury, S., Islam, M., Jung, H., & Choi, J. (2014). In vitro antidiabetic potential of the fruits of *Crataegus pinnatifida*. *Res. Pharm. Sci.*, 9 (1), 11–22.
Christensen, K. I. (1992). Revision of Crataegus sect. Crataegus and nothosect. Crataeguineae (Rosaceae-Maloideae) in the old world. *Systematic Botany Monographs*, 35,1-199.
Chu, W. C., Gao, P. Y., & Li, L. Z. (2019). Chemical constituents from the leaves of *Crataegus pinnatifida. Bge. Biochem. Systemat. Ecol.*, 86, 103923. doi:https://doi.org/10.1016/j. bse.2019.103923.
Croteau, R., Kutchan, T. M., & Lewis, N. G. (2000). Natural products (secondary metabolites). 2000, 24, 1250-1319. *Biochemistry and molecular biology of plants*, 24, 1250-1319.
Cui, M., Cheng, L., & Zhou, Z. (2024). Traditional uses, phytochemistry, pharmacology, and safety concerns of hawthorn (*Crataegus genus*): A comprehensive review. *Journal of Ethnopharmacology 319*, 319. doi:https://doi.org/10.1016/j.jep.2023.117229.
Cushnie, T. P., & Lamb, A. J. (2005). Antimicrobial activity of flavonoids. I*nternational Journal of Antimicrobial Agents,*, 26(5), 343-356.
Çakıroğlu, F. P., & Uçar, A. (2018). Consumer attitudes towards purchasing functional products. *Progree in Nutrition*, 20, 257-262.
Dauguet, J., Bert, M., Dolley, J., & Lewin, G. (1993). 8-Methoxykaempferol 3-neohesperidoside and other flavonoids from bee pollen of *Crataegus monogyna*. *Phytochemistry*, 33 (6), 1503–1505. https://doi.org/10.1016/0031-9422(93)85121-7 adresinden alındı.
Deng, T., Xie, L. J., Xu, Y., Li, J. S., & Sun, T. (2020). Research progress on antioxidant active components and the mechanism of *Crataegus pinnatifida*. *Storage Process*, 20 (5), 231–236. doi: https://doi.org/10.3969/j.issn.1009－6221.2020.05.036.
Duan, Z. W., Wang, S. Y., Pang, X., Zhang, J., & Zhao, Y. (2021). Terpenoids from leaves of Chinese hawthorn. *China J. Chin. Mater. Med.*, 46 (11). https://doi.org/10.19540/j.cnki.cjcmm.20210222.601 adresinden alındı.
El-Mousallamy. (1993). Chemical investigation of the constitutive flavonoid glycosides of the leaves of *Crataegus sinaica*. *Nat. Prod. Sci.*, 4 (2), 53–57.
European Medicines Agency. (2016). http://www.ema.europa.eu/ema/index.jspcurl=pages/medicines/herbal/medicines/herbal_med_00001.jsp&mid=WC0b01ac058001fa1d adresinden alındı.
Ez-Zahra Amrati, F., Mssillou, I., Boukhira, S., Djiddi Bichara, M., El Abdali, Y., & ve ark. (2024). Phenolic Composition of *Crataegus monogyna Jacq.* Extract and Its Anti-Inflammatory, Hepatoprotective, and Antileukemia Effects. *Pharmaceuticals*, 17, 786. https://doi.org/10.3390/ph17060786 adresinden alındı.
Farah H, Ö., Khadeeja Y, A., Manal F, M. (2021). The effect of flavonoıds extracts from hawthorn (*Cratagus oxyacanthus*) agaınst some gram-posıtıve and gram-negatıve bacterıa specıes . *Mil. Med. Sci. Lett. (Voj. Zdrav. Listy*, 90(4), 158-164. doi:10.3148.
Fulton, S. L., McKinley , M. C. (2016). . The effect of increasing fruit and vegetable consumption on overall diet: A systematic review and meta-analysis. *Food Science and Nutrition*, 56(5), 802-816.
Ganie, S., Dar, T., Zargar, O., Dar, P., Abeer, S., Masood, A., Amin, S. (2014). Antioxidant and hepatoprotective effects of *Crataegus songarica* methanol extract. *J. Environ. Pathol. Toxicol. Oncol.*, 33 (2), 131–143. https://doi.org/10.1615/jenvironpatholtoxicoloncol.2014010606 adresinden alındı.

Gao , G. Y., Feng , Y. X., Qin , X. Q. (1995). Analysis of the chemical constituents of hawthorn fruits and their quality evaluation. *Yaoxue Xuebao*, 30:138-143.
Gao, P., Li, L., Liu, K., Sun, C., Sun, X., Wu, Y., Song, S. (2017). Natural terpenoid glycosides with in vitro/vivo antithrombotic profiles from the leaves of *Crataegus pinnatifida. RSC Adv.*, 7 (76), 48466–48474. https://doi.org/10.1039/ C7RA10768D. adresinden alındı.
Garcia-Mateos, R., Ibarra-Estrada, E., Nieto-Angel, R. (2013). Antioxidant compounds in hawtorn fruits (*Crataegus spp.*) of Mexico. *Rev. Mex. Biodıvers*, 84(4), 1298-1304. https://doi.org/10.7550/rmb.35675 adresinden alındı.
Gatto , M. T., Falcocchio, S., Grippa , E. (2002). Antimicrobial and anti-lipase activity of quercetin and its C2-C16 3-O-acyl-esters . *Bioorganic and Medicinal Chemistry*, 10(2), 269-272.
Glenn, W. C., R, J. H. (1991). The nonvolatile acid and sugar composition of mayhaw fruits (*Crataegus aestivalis, C. opaca, C. rufula*). *J. Food Qual.*, 14 (5), 435–439. doi:https://doi.org/10.1111/j.1745-4557.1991.tb00083.x.
Gökbunar, L. (2007). Alıç (*Crataegus ssp.*)'in İn Vitro Mikroçoğaltımı . *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Yüksek Lisans Tezi*, 32.
Guo, C., Wang, Y., Zhang, S., Zhang, X., Du, Z., Li, M., Ding, K. (2021). *Crataegus pinnatifida* polysaccharide alleviates colitis via modulation of gut microbiota and SCFAs metabolism. *Int. J. Biol. Macromol.*, 181, 357–368. https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2021.03.137 adresinden alındı.
Guo, C., Zhang, S., Wang, Y., Li, M., Ding, K. (2020). Isolation and structure characterization of a polysaccharide from *Crataegus pinnatifida* and its bioactivity on gut microbiota. *Int. J. Biol. Macromol.*, 154, 82–91. https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.03.058 adresinden alındı.
Harborne, J. (1982). Introduction to ecological biochemistry. *Academic Press: London*, 278,388-391.
Hasler, C. M., Brown , A. C. (2009). Position of the American Dietetic Association: Functional Foods. *Journal of the American Dietetic Association*, 735-746.
Hatipoğlu, M., Sağlam, M., Köseoğlu, S., Köksal, E., Keleş, A.,Esen, H. (2015). The effectiveness of *Crataegus orientalis M Bieber.* (hawthorn) extract administration in preventing alveolar bone loss in rats with experimental periodontitis. *PLoS One*, 10(6), e128134. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0128134 adresinden alındı.
Hu, H., Guan, Y., Weng , J., Chen, J., Wu , M., Cui, C., Shao, F. (2020). Effects of hawthorn leaf flavonoids on regulating lipid and protecting liver and the expression of HMGCR and LDLR in hyperlipidemia mice. *China J. Mod. Appl. Pharm*, 37 (21), 2599–2604. https://doi.org/10.13748/j.cnki.issn1007-7693.2020.21.007. adresinden alındı.
Huang, X. X. (2010). Chemical constituents of hawthorn leaves. *J. Shenyang Pharm. Univ.*, 27 (8), 615–617. doi:https://doi.org/10.14066/j.cnki.cn21-1349/r.2010.08.003.
Huang, x., Bian, Y., Liu, T., Xu, Z. (2022). Antioxidant potential and in vitro inhibition of starch digestion of flavonoids from *Crataegus pinnatifida. Heliyon*, 8 (2022) e11058. doi:https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e11058.
Jin, G. W., Zhang, F. F., Xue, X. Y., Xu, Q., Liang, X. M. (2006). GC-MS analysis of fatty acids in hawthorn. *Fine Chem.*, 23 (8), 760–761. doi:https://doi.org/10.3321/j.issn:1003- 5214.2006.08.008.
Kao, E., Wang, C., Lin, W., Yin, Y., Wang, C., Tseng, T. (2005). Antiinflammatory potential of flavonoid contents from dried fruit of *Crataegus pinnatifida* in vitro and in vivo. *J. Agric. Food Chem.*, 53 (2), 430–436. https://doi.org/10.1021/jf040231f. adresinden alındı.
Kim, K., Rioux, L. (2014). Alpha-amylase and alpha-glucosidase inhibition is differentially modulated by fucoidan obtained from Fucus vesiculosus and Ascophyllum nodosum. *Phytochemistry*, 98, 27-33.
Kolesnikov, V. (1965). New flavonoids from the leaves of *Crataegus curvisepala Lindm*. (family Rosaceae). *Chem. Nat. Compd.*, 1 (3), 173–174. https://doi.org/10.1007/BF00568359 adresinden alındı.
Kozarski, M., Klaus, A., Jakovljevic, D., Todorovic, N., Vunduk, J., Petrovic, P., Niksik, M. (2015). Antioxidants of edible mushrooms. *Molecules*, 20 (10), 19489–19525. https://doi.org/10.3390/molecules201019489 adresinden alındı.
Kris-Etherton, P. M., Hecker, K. D., Bonanome, A., Coval, S. M., Binkoski, A. E., Hilpert, K. F., Etherton, T. D. (2002). Bioactive compounds in foods: their role in the prevention of cardiovascular disease and cancer. *The American journal of medicine*, 113, 71-88.

Kulkarni, S. G., Vijayanand, P. (2010). Effect of extraction conditions on the quality characteristics of pectin from passion fruit peel (*Passiflora edulis f. flavicarpa L.*). *Food Science and Technology*, 43: 1026-1031.
Kumaraswamy, D., Jamuna Rani, R., Alwin, D., Kiran, B., Balaji, R. (2016). Evaluation of acute and sub-acute toxicity of ethanolic dry fruit extract of *Crataegus oxycantha* l. in male wistar rats. *Int. J. Pharma Bio Sci.*, 7 (4), 254–260. https://doi.org/10.22376/ijpbs.2016.7.4.p254-260 adresinden alındı.
Kwok, C., Wong, C., Yau , M., Yu, P., Au, A., Poon, C., Chan, S. (2010). Consumption of dried fruit of *Crataegus pinnatifida* (hawthorn) suppresses high-cholesterol diet-induced hypercholesterolemia in rats. *J. Funct.Foods*, 2 (3), 179–186. https://doi.org/10.1016/j.jff.2010.04.006. adresinden alındı.
Li, C., Son, H., Huang, C., Lee, S., Lohakare, J., Wang, M. (2010). Comparison of *Crataegus pinnatifida Bunge var. typica Schneider* and *C. pinnatifida Bunge* fruits for antioxidant, anti-α-glucosidase, and anti-inflammatory activities. *Food Sci. Biotechnol.*, 19 (3), 769–775. https://doi.org/10.1007/s10068-010-0108-9 adresinden alındı.
Li, F., Yuan, Q., Rashid, F. (2009). . Isolation, purification and immunobiological activity of a new water-soluble bee pollen polysaccharide from *Crataegus pinnatifida. Bge. Carbohydr. Polym.*, 78 (1), 80–88. https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2009.04.005 adresinden alındı.
Li, J., Kong, W., Liu, X., Geng, Y., Hu, Q., Li, T.,Yang, Y. (2018a). A new flavone from *Crataegus pinnatifida* and its antibacterial activity. *Nat. Product Res. Dev.*, 30 (6), 964–967. https://doi.org/10.16333/j.1001-6880.2018.6.008 adresinden alındı.
Li, S., Zhang, Z., Du, C., Wu, S., Oi, T. (2014). Effects of total flavonoids from hawthorn leaves on lipid peroxidation in mice with alcoholic liver injury. *China J. Gerontol.*, 34 (4), 1012–1014. https://doi.org/10.3969/j.issn.1005-9202.2014.04.070 adresinden alındı.
Li, T., Fu, S., Huang , X., Zhang , X. (2022). . Biological properties and potential application of hawthorn and its major functional components . *Journal of Functional Foods*, 90,104988.
Li, T., Zhu, J., Guo, L., Shi, X., Liu, Y., Yang, X. (2013). Differential effects of polyphenols-enriched extracts from hawthorn fruit peels and fleshes on cell cycle and apoptosis in human MCF-7 breast carcinoma cells. *Food Chem.*, 141 (2), 1008–1018. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.04.050 adresinden alındı.
Li, Y., Wang, Y., Wang, Q., Sheng, G., Gao, L. (2018). Experimental study on the effects of hawthorn leaves flavonoids on the pathology and blood lipid of NAFLD cells. *Chin. J. Integr. Tradit. West. Med. Liver Dis.*, 28 (2), 108–110. https://doi.org/10.3969/j.issn.1005-0264.2018.02.014 adresinden alındı.
Lin, K., Zhang, T., Zhu, S., Wu, C., Zhang, H. (2007). . Immunological effects of ursolic acid from hawthorn fruits on hepatocellular carcinoma HepS cell in mice. *Chin. J. Biochem. Pharm.*, 28 (5), 308–311. https://doi.org/10.3969/j.issn.1005-1678.2007.05.006 adresinden alındı.
Lin, Q., Chen, J. (2000). Molecular mechanism of hawtorn and hawthorn flavone in preventing lipid metabolism disorder in rats. *Acta Nutr. Sin.*, 22(2). 131-136.
Lin, Y., Lin, H., Yang, C., Liaw, C., Sung, P., Kuo, Y., Chen, J. (2022). Antioxidant and anti-α-glucosidase activities of various solvent extracts and major bioactive components from the fruits of *Crataegus pinnatifida*. *Antioxidants*, 11(2), 320–336. https://doi.org/10.3390/antiox11020320 adresinden alındı.
Lis, M., Szczypka, M., Suszko Pawlowska, A., Sokol Letowska, A., Kucharska, A., Obminska Mrukowicz, B. (2020). Hawthorn (*Crataegus monogyna*) phenolic extract modulates lymphocyte subsets and humoral immune response in mice. *Planta Med.*, 86 (2), 160–168. https://doi.org/10.1055/a-1045-5437 adresinden alındı.
Liu, F., Zhang, X., Ji, Y. (2020). Total flavonoid extract from hawthorn (*Crataegus pinnatifida*) improves inflammatory cytokines-evoked epithelial barrier deficit. *Med. Sci. Mon. Int. Med. J. Exp. Clin. Res.*, 26, e920170. https://doi.org/10.12659/MSM.920170 adresinden alındı.
Liu, G., Cui, Z., Gao, X., Liu, H., Wang, L., Gong, J. (2021). Corosolic acid ameliorates nonalcoholic steatohepatitis induced by high-fat diet and carbon tetrachloride by regulating TGF-β1/Smad2, NF-κB, and AMPK signaling pathways. *Phytother Res.*, 35 (9), 5214–5226. https://doi.org/10.1002/ptr.7195 adresinden alındı.

Liu, T., Cao, Y., Zhao, M. (2010). Extraction optimization, purification and antioxidant activity of procyanidins from hawthorn (*C. pinnatifida Bge. var. major*) fruits. *Food Chem.*, 119 (4), 1656–1662. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.09.001 adresinden alındı.
Lizarraga, L., Kaiser, J., Lambert, J., Wesselkamper, S., Zhao, Q. (2015). Genotoxic assessment of *Crataegus oxyacantha* fruits extract in cells of mice. *Toxicol. Lett.*, 238 (2), S94–S95. https://doi.org/10.1016/j.toxlet.2015.08.314 adresinden alındı.
Ljubuncic, P., Portnaya, I., Cogan , U., Azaizeh, H. (2005). Antioxidant activity of *Crataegus aronia* aqueous extract used in traditional Arab Medicine in Israel. *Journal of Ethnopharmacology*, 101, (1-3), 153-161.
Lopez, A. D., Murray, C. (1998). The global burden of disease. *Nature Medicine*, 4, 1241-1243.
Lu, Y., Chen, Z., He, B., Yan, M. (2018). Effects of total flavonoids from hawthorn leaves on the expression of FXR/SREBP-1c in the liver of rats with nonalcoholic fatty liver disease. *Zhejiang J. Tradit. Chin. Med.*, 53 (9), 634–637. https://doi.org/ 10.13633/j.cnki.zjtcm.2018.09.005 adresinden alındı.
Ma, L., Xu, G., Tang, X., Zhang, C., Zhao, W., Wang, J., Chen, H. (2020). Anti-cancer potential of polysaccharide extracted from hawthorn (*Crataegus*) on human colon cancer cell line HCT116 via cell cycle arrest and apoptosis. *J. Funct. Foods*, 64, 103677–103688. https://doi.org/10.1016/j.jff.2019.103677 adresinden alındı.
Maldonado-Cubas, J., Albores-Mendez, E., San Martin-Martinez, E., Quiroz-Reyes, C., Gonzalez-Cordova, G., Casanas-Pimentel, R. (2020). Mexican hawthorn (*Crataegus gracilior J. B. Phipps*) stems and leaves induce cell death on breast cancer cells. *Nutr. Cancer*, 72 (8), 1411–1421. https://doi.org/10.1080/ 01635581.2019.1678657 adresinden alındı.
Martinelli, F., Perrone, A., Yousefi, S. (2021). Botanical, Phytochemical, Anti-Microbial and Pharmaceutical Characteristics of Hawthorn (*Crataegusmonogyna Jacq.*). *Molecules*, 26(23):7266. doi:doi:10.3390/molecules26237266.
Mason, S., Trwin, A., Parker, L., Wadley, G. (2020). Antioxidant supplements and endurance exercise: current evidence and mechanistic insights. *Redox Biol.*, 35, 101471. https://doi.org/10.1016/j.redox.2020.101471 adresinden alındı.
Matzinger, M., Fischhuber , K. (2018). Activation of Nrf2 signaling by natural products-can it alleviate diabetes. *Biotechnology Advances*, 36, 1738-1767.
Matzinger, M., Fischhuber, K. (2018). Activation of Nrf2 signaling by natural products-can it alleviate diabetes . *Biotechnology Advances*, 36, 1738-1767.
Mecheri, A., Benabderrahmane, W., Armani, A., Boubekri, N., Benayache, F.,Zama, D. (2019). . Hepatoprotective effects of algerian *Crataegus oxyacantha* leaves. *Recent Pat. Food, Nutr. Agric.*, 10 (1), 70–75. https://doi.org/10.2174/2212798410666180730095456 adresinden alındı.
Min, B., Kim, Y., Lee, S., Jung, H., Lee, J., Na, M., . . . Bae, K. (2000). Cytotoxic triterpenes from *Crataegus pinnatifida*. *Arch Pharm. Res. (Seoul)*, 23 (2), 155–158. https://doi.org/10.1007/BF02975505 adresinden alındı.
Mizaton, H. H., Sunggip, C., Mansor, M. A., & Adam, A. (2009). In vitro Antioxidant Activities: Comparative Analysis of the *Octomeles sumatrana, Eugenia polyantha* and *Intsia Palembanica* Extracts. *Free Radical Research*, 43, 27-97.
Mustapha, N., Bouhlel, I., Chaabane, F., Bzeouich, I., Ghedira, K., & Hennebelle, T. (2014). Aqueous extract of *Crataegus azarolus* protects against DNA damage in human lymphoblast cell K562 and enhances antioxidant activity. *Appl. Biochem. Biotechnol.*, 172 (4), 2266–2275. https://doi.org/10.1007/s12010-013-0667-3 adresinden alındı.
Mustapha, N., Nokdad-Bzeouich, L., Maatouk, M., Ghedira, K., Hennebelle, T., & Chekir-Ghedira, L. (2016). Antitumoral, antioxidant, and antimelanogenesis potencies of hawthorn, a potential natural agent in the treatment of melanoma. *Melanoma Res.*, 26 (3), 211–222. https://doi.org/10.1097/CMR.0000000000000240 adresinden alındı.
Neilson, A., Ferruzzi, M., Coulston, A., & Boushey, C. (2012). Bioavailability and metabolism of bioactive compounds from foods. *Nutrition in the Prevention and Treatment of Disease* , 407-423.
Neves , J. M., & Matosa, C. (2009). Ethnopharmacological notes about ancient uses of medicinal plants in Trás-os-Montes (northern of Portugal). *J. Ethnopharmacol* , 124: 270-283.

Nikolov, N., Litvinenko, V., & Kovalev, I. (1973). Crateside-a new flavonol glycoside from *Crataegus monogyna* and *C. pentagyna. Chem. Nat. Compd.*, 150–151. https://doi.org/10.1007/bf00563330 adresinden alındı.
Nikolov, N., Seligmann, O., Wagner, H., Horowitz, R., & Gentili, B. (1982). New flavonoid-glycosides from *Crataegus monogyna* and *Crataegus pentagyna. Planta Med.*, 44 (1), 50–53. https://doi.org/10.1055/s-2007-971401 adresinden alındı.
Niu, Z., Yan, M., Zhao, X., Jin, H., & Gong, Y. (2020). Effect of hawthorn seed extract on the gastrointestinal function of rats with diabetic gastroparesis. *South Afr. J. Bot.*, 130, 448–455. https://doi.org/10.1016/j.sajb.2020.01.032 adresinden alındı.
Novais, H. M. (2004). Studies on pharma-ceuticalethnobotany in Arrábida Natural Park. *J. Ethnopharmacol*, 93:183-195.
Özcan, M., Hacıseferoğlu, H., Markoğlu, T., & Arslan, D. (2005). Hawthorn (*Crataegus spp.*) Fruit: Some physical and chemical properties. Wiley-Blackwell . *Journal of Food Engineering*, 69(4), 409-413.
Özdeveci, B. (2006). *Crataegus* türlerinin fitoterapideki önemi. Yayımlanmamış yüksek lisans tezi. Ankara.
Özdeveci, B., Gazi Üniversitesi. (2006). *Crataegus* türlerinin fitoterapideki önemi. Yayımlanmamış yüksek lisans tezi,. Ankara.
Özdoğan, Y., Akan, L. S., & Göküstün, K. K. (2018). Sarımsak ve Sağlık. *Sağlık Bilimlerinde Akademik Araştırmalar*, 9-26.
Parades-Lopez, O., Cervantes-Ceja, M. L., Vigna-Perez, M., & Hernandez-Perez, T. (2010). Berries: Improving human health and healthy aging, and promoting quality life . *Plant Foods for Human Nutrition*, 65,299-308.
Pardo de Santayana, M. (2007). Traditional Knowledge of Wild Edible Plants used in the Northwest of the Iberian Peninsula (Spain and Portugal): A Comparative Study. *J Ethnobiol Ethnomed*, 3: 27-37.
Patil, B. S., Jayaprakasha, G., Chidambara Murthy, K., & Vikram, A. (2009). Bioactive compounds: historical perspectives, opportunities, and challenges. *Journal of agricultural and food chemistry*, 57, 8142-8160.
Payne, J. A., & Krewer, G. W. (1988). Mayhaw: a new fruit crop for the south. In Advances in new crops. *Proceedings of the first national symposium 'New crops: research, development, economics*, 317-321.
Pehlivan, M., & Sevindik, M. (2018). Antioxidant and antimicrobial activities of Salvia multicaulis. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 6:628-631.
Peng, Y., Lou, L., Liu, S., Zhou, L., Huang, X., & Song, S. (2016). Antioxidant and anti-inflammatory neolignans from the seeds of hawtorn. *Bioorg. Med. Chem. Lett.*, 26(22), 5501-5506.
Pinto Carvalho , A. M. (2005). Etnobotánica del Parque Natural de Montesinho plantas, tradición y saber popular en un territorio del Nordeste de Portugal. *Doctora thesis*, 456.
Rabiei, K., Bekhradnia, S., Nabavi, S., Nabavi, S., Ebrahimzadeh, M. (2012). Antioxidant activity of polyphenol and ultrasonic extracts from fruits of *Crataegus pentagyna subsp. elburensis*. *Nat. Prod. Res.*, 26 (24), 2353–2357. https://doi.org/ 10.1080/14786419.2012.658799 adresinden alındı.
Saeedi, G., Jeivad, F., Goharbari, M., Gheshlaghi, G., Sabzevari, O. (2018). Ethanol extract of *Crataegus oxyacantha* L. ameliorate dietary non-alcoholic fatty liver disease in rat. *Drug Res.*, 68 (10), 553–559. https://doi.org/10.1055/a-0579-7532 adresinden alındı.
Saidene, N., Chaher-Bazizi, N., Kadi, R., Atmani Kilani, D., Atmani, D., ve arkadaşları. (2024). Optimization of green ultrasound-assisted extraction of phenolic compounds from *Crataegus laciniata* leaves and assessing for antioxidant activity, enzyme inhibition, and UPLC-ESI-MS-MS guided identifcation of metabolites. *Chemical Papers*, 78:9325–9339. https://link.springer.com/article/10.1007/s11696-024-03745-3 adresinden alındı.
Salmanian, S., & Mahoonak, A. (2014). Phenolic content, antriadical, antioxidant, and antibacterial properties of hawthorn (*Crataegus elbursensis*) seed and pulp extract. *J. Agric. Sci. Technol.*, 16 (2), 343–354. https://doi.org/10.1111/grs.12041 adresinden alındı.
Sammari, H., Jedidi, S., Selmi, H., Rtibi, K., Jabri, M., Jridi, M., & Zouari, N. (2021). Protective effects of *Crataegus azarolus L. berries* aqueous extract against castor oil–induced diarrhea, oxidative

stress, and inflammation in rat. *Motil. Neuro Gastroenterol.*, 33 (6), 14065–14079. https://doi.org/10.1111/nmo.14065 adresinden alındı.
Savikin, K., Krsti´c-Milo˘sevi´c, D., Menkovi´c , N., Beara , I., & Mrkonji´c, Z. (2017). *Crataegus orientalis* leaves and berries: phenolic profiles, antioxidant and anti-inflammatory activity. *Nat. Prod. Commun.*, 12 (2), 159–162. https://doi.org/10.1177/1934578X1701200204 adresinden alındı.
Seo, D., & Choi, C. (2017). Inhibition of murine norovirus and feline calicivirus by edible herbal extracts. *Food Environ. Virol.*, 9 (1), 35–44. https://doi.org/10.1007/s12560-016-9269-x adresinden alındı.
Shao, F., Gu, L., Chen, H., Liu, R., Huang, H., Chen, L., & Yang, M. (2017). Evaluation of hypolipidemic and antioxidant effects in phenol-rich fraction of *C. pinnatifida* fruit in hyperlipidemia rats and identification of chemical composition by ultra-performance liquid chromatography coupled with quadropole time-of-flight M. S. *Phcog. Mag.*, 13(52),725-731. https://doi.org/10.4103/pm.pm-402-16 adresinden alındı.
Shatoor, A. (2011). Acute and sub-acute toxicity of *Crataegus aronia syn. azarolus (L.)* whole plant aqueous extract in wistar rats. *Am. J. Pharmacol. Toxicol.*, 6 (2), 37–45. https://doi.org/10.1515/jcim-2020-0327 adresinden alındı.
Shatoor, A., Shati, A., Humayed, S., AL-Qahtani, S., & Alkhateeb, M. (2021). Opposite modulatory effects of *Crataegus aronia* aqueous extract on platelet aggregation in rats. *Chin. J. Integr. Med.*, 27 (9), 696–704. https://doi.org/10.1007/s11655-020- 3187-3. adresinden alındı.
Shatoor, A., Soliman, H., Al-Hashem, F., Gamal, B., Othman, A., & El-Menshawy, N. (2012). Effect of hawthorn (*Crataegus aronia syn. azarolus*) on platelet function in albino wistar rats. *Thromb. Res.*, 130 (1), 75–80. https://doi.org/10.1016/j. thromres.2012.01.001. adresinden alındı.
Shih, C., Lin, C., Lin, Y., & Wu, J. (2013). Validation of the antidiabetic and hypolipidemic effects of hawthorn by assessment of gluconeogenesis and lipogenesis related genes and AMP-activated protein kinase phosphorylation. *Evid.-Based Complement. Altern. Med.*, 1–12. https://doi.org/10.1155/2013/597067 adresinden alındı.
Shin, I., Lee, M., Lim, H., Ha, H., Seo, C., Kim, J., & Shin, H. (2012). An extract of *Crataegus pinnatifida* fruit attenuates airway inflammation by modulation of matrix metalloproteinase-9 in ovalbumin induced asthma. *PLoS One*, 7 (9), e45734. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0045734 adresinden alındı.
Signorini, M. A., & Piredda, M. (2009). Plants and Traditional Knowledge: An Ethnobotanical investigation on Monte Ortobene (Nuoro, Sardinia). *J. Ethnobiol Ethnomed* , 5:6-20.
Song, S. J., Li, L. Z., Gao, P. Y., Peng, Y., Yang, J. Y., & Wu, C. F. (2011). Terpenoids and hexenes from the leaves of *Crataegus pinnatifida*. *Food Chem.*, 129 (3), 933–939. doi:https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.05.049.
Tadıc, V. M., & Dobrıc, S. (2008). Anti-inflammatory, gastroprotective, free-radical-scavenging, and antimicrobial activities of hawthorn berries ethanol extract. *Journal of agricultural and food chemistry*, 56(17), 7700-7709.
Temple, N. (2000). Antioxidants and disease: more questions than answers. *Nutritional Research*, 20, 449-459.
Torres-Ortiz, D., Eloy, R., Moustapha, B., Cesar, I., & Edmındo, M. (2020). Vasorelaxing effect and possible chemical markers of the flowers of the Mexican *Crataegus gracilior*. *Nat. Prod. Res.*, 34 (24), 3522–3525. doi:https://doi.org/10.1080/14786419.2019.1577833.
Tuttu, G., Aytaç , İ., & Bulut, S. (2022). *Crataegus bornmuelleri* Türünün İklim Değişikliğine Bağlı Olarak Yayılış Alanlarının Tahmini. *International Eurasia Climate Change Congress Proceedings Book*, 53-65.
Venskutonis, P. (2018). Phytochemical composition and bioactivities of hawthorn (*Crataegus spp.*): Review of recent research advances. *Journal of Food Bioactives*, 4, 69-87.
Verschuren, W. M., Jacobs, D. R., Bloemberg, B. P., Kromhout, D., Menotti, A., Aravanis, C., Fidanza, F. (1995). Serum total cholesterol and long-term coronary heart disease mortality in different cultures: Twenty-five—year follow-up of the seven countries study. *Jama*, 274, 131-136.
Wang, C. (2015). *Crataegus pinnatifida Bge.* (Shanzha, Hawthorn Fruit). In Dietary Chinese Herbs . *Springer*, 355-361.

Wang, T., Zhang, P., Zhao, C., Zhang, Y., Liu, H., Hu, L., Zhang, D. (2011). Prevention effect in selenite-induced cataract in vivo and antioxidative effects in vitro of *Crataegus pinnatifida* leaves. *Biol. Trace Elem. Res.*, 142 (1), 106–116. https://doi.org/10.1007/s12011-010-8752-8 adresinden alındı.

Wang, Y., Li, J., Li, M., & Yu, Y. (2019). Immunomodulatory effect of hawthorn flavonoids on spleen lymphocytes in mice. *Food Ind. Technol.*, 40 (20), 127–132. https://doi.org/10.13386/j.issn1002-0306.2019.20.021 adresinden alındı.

Watson, L., & Dallwitz , M. J. (2010). The families of flowering plants: Descriptions, illustrations, identification, and information retrieval. delta-intkey.com. adresinden alındı.

Wen, X., Deng, S., Lin, Y., Diao, Y., Huang, S., & Zhang, H. (2010). Effects of hawthorn water extract on contractility of isolated gastric and intestinal smooth muscle strips in rats. *China Pharm.* , 21 (11), 978–980.

Wu, L., Gao, Z., & He, Z. (2011). Effect of hawthorn water extract on plasma motilin in rats with irritable bowel syndrome. *J. Mudanjiang Med. Univ.*, 32 (4), 10–12. https://doi.org/10.3969/j.issn.1001-7550.2011.02.005 adresinden alındı.

Xie, W. H., Sun, C., & Liu, S. M. (2009). Effects of flavone from psammoniaceae on blood lipiids and transcriptional expression of lipogenic genes in hyperlipemia model mice. *China J. Mater. Med.*, 34(2), 224-229. https://doi.org/10.3321/j.issn:1001-5302.2009.02.026 adresinden alındı.

Xie, W., Sun, C., & Liu , S. (2009). Effects of flavone from psammoniaceae on blood lipids and transcriptional expression of lipogenic genes in hyperlipemia model mice. *China J. Chin. Mater. Med*, 34 (2), 224–229. https://doi.org/10.3321/j.issn:1001- 5302.2009.02.026 adresinden alındı.

Xie,, C. (2017). Excellent ornamental flowers and trees in europe-single hawthorn. *Landsc Archit. Acad. J. (2)*, 53.

Xu, C., Fan, C.-y., & Lu, S. (2022). Study on extraction technology of polyphenols from hawthorn leaves and its application in reducing glucose and lipid. *饲料研究 Feed Research*, 1002-2813. doi:10.13557/j.cnki.issn10022813.2022.05.016).

Ye, X., Cheng, R., Xu, M., Kang, H., & Wang , Y. (2003). Prevention and treatment of atherosclerosis in quails by total flavonoids of hawthorn leaves. *J. East. China Norm. Univ.*, (2), 106–109. https://doi.org/10.3969/j.issn.1000-5641.2003.02.022. adresinden alındı.

Ye, X., Xu, M., Li , X., & Wang , Y. (2009). Experimental study on the effect of total flavonoids from hawthorn leaf on the formation of fatty liver in quail. *Fudan Univ. J. Med. Sci.*, 36 (2), 142–148. https://doi.org/10.3969/j.issn.1672-8467.2009.02.004 adresinden alındı.

Yeşilada, E. (2012). İyileştiren Bitkiler. İstanbul: Hayykitap Yayıncılık.

Yıldız, E., Sümbül, A., Yaman, M., Nadeem, M., Say, A., Baloch, F., & Popescu, G. (2023). Assessing the genetic diversity in hawthorn (*Crataegus spp.)* genotypes using morphological, phytochemical and molecular markers. *Genet Resour Crop Evol.*, 70 (135–146).

Yılmaz, K., Yanar, M., Ercisli, S., Sahiner, H., Taksin, T., & Zengin, Y. (2010). Genetic relationships among some hawthorn (*Crataegus spp.*) species and genotypes. *Biochem Gen*, 48:873–878.

Younis, W., Alamgeer Schini-Kerth, V., Brentan , D., Junior, A., Bukhari , I., & Assiri, A. (2020). Role of the NO/cGMP pathway and renin-angiotensin system in the hypotensive and diuretic effects of aqueous soluble fraction from *Crataegus songarica K. Koch*. *J. Ethnopharmacol.*, 249, 112400-112412.

Yu, S. Y., & Tian, S. (2022). Study on the extraction technology of flavonoids from hawthorn and their activity of regulating glycolipid metabolism. . *China Condim* , 47 (2), 182–185. https://doi.org/10.3969/j.issn.10009973.2022.02.037 adresinden alındı.

Yuan, Y. (2012). Study on antioxidant ability and antibacterial activity of crude hawthorn flavonoids. *Acad. Period. Farm Prod. Pr.*, (2), 53–56. https://doi.org/10.3969/j.issn.1671-9646(X).2012.02.015 adresinden alındı.

Zhang, L., Zhang, L., & Xu, J. (2020a). Chemical composition, antibacterial activity and action mechanism of different extracts from hawthorn (*Crataegus pinnatifida Bge.*). *Sci. Rep.*, 10 (1), 8876–8888. https://doi.org/10.1038/s41598-020-65802-7 adresinden alındı.

Zhang, P. C. (1999). Studies on the chemical constituents of hawthorn fruit . *J. Shenyang Inst. Chem. Technol.*, 13 (2), 87–89.

Zhang, S., Zhang, C., Li, M., Chen, X., & Ding, K. (2019). Structural elucidation of a glucan from *Crataegus pinnatifida* and its bioactivity on intestinal bacteria strains. *Int. J. Biol. Macromol.*, 128, 435–443. https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.01.158 adresinden alındı.
Zhang, Y., & Zhang, L. (2014). Effects of hawthorn on lipid metabolism in low density lipoprotein receptor gene knockout mice. *J. Xian Jiaotong Univ. (Med. Sci.)*, 35 (1), 120–123. https://doi.org/10.7652/jdyxb201401027 adresinden alındı.
Zhang, Z., Yan, K., & Zhang, L. (2020). Antioxidant activity and protective effects on oxidative DNA and protein damage of different solvent extracts from hawthorn (C*rataegus pinnatifida Bunge*). *Food Research and Development*, 41(7), 63–68. https://doi.org/10.12161/j.issn.1005-6521 .2020.07.012 adresinden alındı.
Zhao, C., Wu, J., Zeng, Y., & He, W. (2017). Experimental study on antibacterial activity of hawthorn slices in vitro. *Mod. Trad. Chin. Med.*, 37 (3), 82–83. https://doi. org/10.13424/j.cnki.mtcm.2017.03.036. adresinden alındı.
Zhao, P., Guo, R., Zhang, Y., Zhang, H., Yao, G., Lin, B., Song, S. (2019b). Phenylpropanoid and dibenzofuran derivatives from *Crataegus pinnatifida* with antiproliferative activities on hepatoma cells. *Bioorg. Chem.*, 93, 103354. https://doi.org/10.1016/j.bioorg.2019.103354 adresinden alındı.
Zhao, P., Zhang, H., Han, F. Y., Guo, R., & Huang, S. W. (2019). Chiral resolution and neuroprotective activities of enantiomeric 8-O-4′ neolignans from the fruits of *Crataegus pinnatifida* . *Bge. Fitoterapia*, 136. doi:https://doi.org/10.1016/j.fitote.2019.05.003.
Zhao, Y., Wang, C., & Du, L. (2002). A review of studies on chemical constituents in the fruit and leaves of hawthorn plants. *Beverage Ind.*, 5 (6), 8–12. https://doi.org/ 10.3969/j.issn.1007-7871.2002.06.003 adresinden alındı.
Zheng, Z., Jiang, Y., Lin, F., Ji, H., & Fan, X. (2017). Research on antibacterial effect in vivo of hawthorn fruit stone volatile oil. *Chin. J. Disinfect.*, 34 (5), 416–418. https:// doi.org/10.11726/j.issn.1001-7658.2017.05.007 adresinden alındı.
Zhou, C., Huang, X., Gao, P., Li, F., Li, D., Li, L., & Song, S. (2014). Two new compounds from *Crataegus pinnatifida* and their antithrombotic activities. *J. Asian Nat. Prod. Res.*, 16 (2), 169–174. https://doi.org/10.1080/10286020.2013.848429. adresinden alındı.
Zhu, R., Sun, Y., Li, T., Chen, G., Peng, X., Duan, W., . . . Xu, J. (2015). Comparative effects of hawthorn (*Crataegus pinnatifida Bunge*) pectin and pectin hydrolyzates on the cholesterol homeostasis of hamsters fed high-cholesterol diets. *Chem. Biol. Interact.*, 238, 42–47. doi:https://doi.org/ 10.1016/j.cbi.2015.06.006.
Zhu, Z., Liu, Z., Zhao, M., Guo, D., & Sun, J. (2019). . Study on the auxiliary protective effect of hawthorn extract on gastric mucosal injury. *Shandong Chem. Ind.*, 48 (7), 52–59.

FRUIT CHARACTERISTICS OF *ROSA PIMPINELLIFOLIA* L. (SYN. *ROSA SPINOSISSIMA* L.) GENOTYPES

Beyza ERSOY
Sezai ERCİŞLİ
Mustafa Kenan GEÇER
Atatürk University, Agricultural Faculty, Department of Horticulture
Bolu Abant Izzet Baysal University, Faculty of Agriculture, Department of Seed Science and Technology

Abstract

Rosehip has a wide distribution area in the world and has started to attract attention with the studies conducted in Türkiye in recent years. Continuous seed propagation in Türkiye for hundreds of years has led to the emergence of very valuable rosehip genetic resources (genotypes) in different regions. This study was carried out on eleven genotypes of *Rosa pimpinellifolia* growing naturally in Bayburt ecology in order to determine some fruit characteristics. In fruit samples taken from eleven genotypes, fruit weights were in range of 1.56-2.01 g, fruit flesh ratio, 80.60-91.44%, vitamin C, 21.12-29.44 mg/100 g, total anthocyanin, 3.45-4.31 mg/100 g, total phenolic content, 971-1138 mg GAE/100 g and antioxidant capacity (FRAP assay) 9.23-12.17 µmol Fe (II)/g, respectively. In the study, BAY-11 genotype showed average high values in terms of examined parameters while lowest values were determined in BAY-5 genotype. Results indicate variabilities on examined parameters that important for future breeding activities.

Keywords: *Rosa pimpinellifolia*, biodiversity, fruits, composition

Introduction

One of the issues that has been emphasized in recent years in the world is biodiversity. The genetic diversity of crop plants is found in some regions of the world, called ‘diversity centers’. In these centers, farmers still practice traditional agriculture using regional varieties called ‘landraces’ that have been selected for hundreds of generations. Closely related species that survive successfully in the countryside (wild life) are known as wild relatives of crop plants. Regional varieties and their wild relatives constitute the richest sources of genetic diversity in crop plants (Ercisli, 2004).

Türkiye is quite rich for rosehip genetic resources. There are differences among rosehip genotypes propagated naturally by seeds in same species in terms of morphology and yield, as well as adaptation to environmental conditions and disease tolerance (Ercisli, 2005; Azgın, 2017).

The high vitamin C content, which is very important for human nutrition in rosehips is one of the most important factors that increase the importance of rosehip (Altan, 2014; Murathan et al., 2016). In some studies, it is emphasized that the fact that rosehip fruit is rich in vitamin P, which is found in small amounts in nature, is more important than its Vitamin C content. Rosehip fruit is rich in riboflavin, thiamine and total phenolic substances, in addition to vitamin P and C (Duman, 2014). Other important natural compounds in rosehip fruits are carotenoids, flavonoids and other simple phenolic compounds found in its fruits in different amounts and proportions, in addition to Vitamin C, A and E (Duell, 1996).

Rosehip fruit, which is an important raw material in the food and pharmaceutical industry, has also widespread used in different sectors such as beekeeping, feed industry, textile, cosmetics and landscaping in Türkiye. The rosehip plant, which is evaluated in different regions of the country, is mostly processed into diverse products such as jam, nectar and marmalade using traditional methods (Altan, 2014; Duman, 2014; Kasımoğlu and Uysal, 2016).

One of the rosehip species that has become increasingly popular and important in terms of rose hip tea consumption in recent years is *Rosa pimpinellifolia* (Ercisli, 2005). It is known that *Rosa pimpinellifolia* types are densely found in the Eastern and Northeastern Anatolia regions of Türkiye, especially around Bayburt, Erzurum and Gümüşhane (Ercisli, 2005; Irmak, 2010). *Rosa pimpinellifolia* is generally known as black rosehip among the public due to its black fruit color. This species is called “Şilan” in Siirt province, and Sarıgül in Konya province in Türkiye (Korkmaz and Özçelik, 2015).

Rosa pimpinellifolia differs from other rosehip species in terms of its fruit and root structure. Products such as marmalade and jam cannot be obtained from the fruits of this species. Tea is made from its fruits and roots. However, its roots are quite shallow compared to other rosehip species (Ercisli, 2005).

This study conducted on the genotypes of *Rosa pimpinellifolia* growing naturally in Bayburt province, aimed to reveal the diversity of the species, its contribution to biological diversity thanks to different genotypes obtained from a narrow area.

Material and Method

Material

The plant material of the study consisted of eleven genotypes of *Rosa pimpinellifolia* that grow naturally in Bayburt province. The samples were taken from the lands of Demirkaş, Sığırcı and Örence villages of Bayburt province. The province is located at the Northeast Anatolia region in Türkiye.

Method

A total 100 fruit samples per plant were taken from 11 individuals of *Rosa pimpinellifolia* plant, which is the subject of the study, and physical measurements and biochemical analyses were performed on these samples. Attention was paid to the maturity period when taking fruit samples. Dust and insects were removed while collecting the fruits, and diseased fruit samples were not taken. Eleven individuals were given numbers from 1 to 11, and genotypes were named by adding BAY as the abbreviation of Bayburt to the beginning of these numbers.

Fruit weight was determined from thirty randomly taken representative samples from the harvested fruit samples. Fruits were weighed one by one with a precision scale sensitive to 0.01 g and the average was taken to determine fruit weights (Azgın, 2017). Fruit color was determined relatively for each type as purple, dark purple, light purple. Fruit shape was determined by dividing the fruit width by the fruit length. Fruit flesh ratio was determined by dividing the fruit flesh weight by the seed weight. vitamin C determined by HPLC. HPLC analysis and identification and quantification of total anthocyanins were performed as previously reported (Gil et al., 1995) and presented as cyanidin 3 glucoside equivalent. Total phenolic content was determined by using the Folin-Ciocalteu method (Spanos and Wrolstad, 1992). The FRAP method was performed according to Benzie and Strain (1996) for total antioxidant capacity analysis.

Statistical analysis

The statistical analyses were performed with the statistical software package SPSS, version 20.0. Data were subjected to two-way ANOVA and were separated by the Duncan's test at a significance level of $p<0.05$.

Results and Discussion

The physical measurement results of fruits belonging to *Rosa pimpinellifolia* genotypes are given in Table 1. In the study, statistically significant differences were found among the genotypes in terms of both fruit weight and fruit flesh ratio ($p<0.05$).

Table 1. Physical properties in fruits of *Rosa pimpinellifolia* genotypes

Genotypes	Fruit weight (g)	Peel color	Flesh color	Fruit shape	Flesh ratio (%)
BAY-1	1.77±0.1bc	Dark black	Purple	Round	84.55±2.6b
BAY-2	1.86±0.2bc	Light black	Dark purple	Flat round	90.07±3.1ab
BAY-3	1.56±0.1de	Black	Purple	Round	82.00±4.2bc
BAY-4	1.71±0.1c	Black	Dark purple	Round	87.50±3.3ab
BAY-5	1.60±0.1d	Light Black	Light purple	Round	80.56±2.3c
BAY-6	1.69±0.1cd	Black	Light purple	Round	83.27±2,.8bc
BAY-7	1.81±0.2b	Black	Purple	Round	90.03±4.5ab
BAY-8	1.75±0.1bc	Black	Purple	Flat round	85.05±3.0ab
BAY-9	1.59±0.1de	Light Black	Dark purple	Round	91.44±2.9a
BAY-10	2.01±0.2a	Black	Light purple	Flat round	89.12±5.7ab
BAY-11	1.93±0.4ab	Black	Purple	Flat round	82.22±2.6bc

There is no statistically significant difference at the 5% level between means shown with the same letter in the same column.

In the study, fruit weights were found to be in the range of 1.56-2.01 g (Table 1). While the highest fruit weight was determined as 2.01 g in the BAY-10 genotype, the lowest fruit weight was determined as 1.56 g in the BAY-3 genotype. In a study conducted in Sivas (Akıncılar) in Türkiye, fruit weight values in rose hips were in the range of 1.65-2.78 g (Karakuş and Bostan, 2017). Azgın (2017) studied 106 rosehip genotypes in the Akkuş (Ordu) region in Türkiye and found the fruit weights of 19 genotypes, which identified as promising genotypes, to be in the range of 1.22-3.47 g.

In our study conducted in Bayburt province, among eleven genotypes, the peel colors were distributed as black in 7 genotypes, light black in 3 genotypes and dark black in 1 genotype (Table 1). In the study conducted in Munzur Mountain, Erzincan province in Türkiye, the fruit peel color was found to be light orange, orange, light red, red and dark red among rosehip genotypes (Savir, 2008). In Akkuş (Ordu) region, fruit color was recorded as red in 33 genotypes and orange in 73 genotypes on 106 rosehip genotypes (Azgın, 2017). As can be seen,

Rosa pimpinellifolia can be easily distinguished from other rosehip species with its black fruit color. In our study, it was determined that the fruit flesh color of the genotypes was light purple in 3 genotypes, purple in 5 genotypes and dark purple in 3 genotypes (Table 1). Savir (2008), in his study on 50 rosehip genotypes, determined the fruit flesh colors as light orange in 6, orange in 21, dark orange in 1, light red in 10 and red in 12 genotypes.

The fruit shapes of the genotypes were determined as 7 round and 4 flat round (Table 1). Karakuş and Bostan (2017) determined 5 of the 9 genotypes as oval, 2 as round, 1 as flat round and 1 as oval in their study on rosehips. Azgın (2017) determined the fruit shapes as flat round in 3 genotypes, round in 16 genotypes, oval in 47 genotypes, truncated conical in 29 genotypes, conical in 9 genotypes and cylindrical in 2 genotypes.In our study, the fruit flesh ratios varied between 80.56-91.44% (Table 1). The genotype with the highest fruit flesh ratio was BAY-9 with 91.44%, followed by BAY-2 with 90.07%, BAY-7 with 90.03%, BAY-10 with 89.12%, BAY-4 with 87.50%, BAY-8 with 85.05%, BAY-1 with 84.55%, BAY-6 with 83.27%, BAY-11 with 82.22%, BAY-3 with 82.00% and BAY-5 with 80.60%, respectively. When the results compared with previous studies, it can be said that the fruit flesh ratio of *Rosa pimpinellifolia* species is above average. Karakuş and Bostan (2017) reported the fruit flesh ratios to be between 63.89-75.01% on rose hips in their study.

Vitamin C, total anthocyanin, total phenolic content and antioxidant capacity (FRAP) values of fruits are given in Table 2. Statistically significant differences were found among genotypes in terms of vitamin C, total anthocyanin, total phenolic content and FRAP value ($p<0.05$).

Table 2. Vitamin C (mg/100 g), total anthocyanin (mg/100 g), total phenolic content (mg GAE/100 g) and antioxidant capacity (FRAP) (µmol Fe (II)/g) in fruits of *Rosa pimpinellifolia* genotypes

Genotypes	Vitamin C	Total anthocyanin	Total phenolic content	FRAP
BAY-1	26.12±3.1ab	4.02±0.1bc	1007±14b	10.45±0.40c
BAY-2	28.34±1.7ab	3.72±0.2cd	986±16bc	10.07±0.35cd
BAY-3	29.44±2.1a	4.11±0.2b	1103±12ab	11.29±0.27b
BAY-4	29.11±3.0ab	3.88±0.3c	1067±11ab	9.86±0.30cd
BAY-5	25.40±2.0b	3.45±0.2e	992±17bc	9.23±0.18d

BAY-6	29.24±1.8ab	3.58±0.3de	971±11c	9.46±0.30cd
BAY-7	23.26±1.1bc	4.29±0.2ab	1122±13ab	10.77±0.45bc
BAY-8	21.12±1.8c	4.23±0.2ab	1022±21ab	11.66±0.61ab
BAY-9	24.44±2.1bc	3.96±0.1bc	1086±18ab	11.87±0.50ab
BAY-10	29.01±1.5ab	3.65±0.1d	997±11bc	9.70±0.33cd
BAY-11	25,87±1.4ab	4.31±0.2a	1138±22a	12.17±0.55a

There is no statistically significant difference at the 5% level between means shown with the same letter in the same column.

In the study, it was determined that the vitamin C content of the genotypes was in the range of 21.12-29.44 mg/100 g (Table 2). The highest vitamin C content was determined in the BAY-3 genotype, and the lowest vitamin C was determined in the BAY-8 genotype. Karakuş and Bostan (2017) reported the vitamin C content of rosehip genotypes naturally grown in the Akıncılar district of Sivas province as 438-766 mg/100 g. Another study was conducted in the foothills of Munzur Mountain in Erzincan province and the vitamin C values were determined as 575-1369 mg/100 g (Savir, 2008). Azgın (2017) found the vitamin C content in the Akkuş region of Ordu province to be between 560-1025 mg/100 g.

Total anthocyanin content of eleven genotypes taken from Bayburt province was found to be in the range of 3.45-4.31 mg cyanidin 3 glucoside equivalent/100 g (Table 2). The highest total anthocyanin in genotypes was obtained in BAY-11 genotype with 4.31 mg cyanidin 3 glucoside equivalent/100 g and the lowest was obtained in BAY-5 genotype with 3.45 mg cyanidin 3 glucoside equivalent/100 g.

Total phenol content of genotypes was found to be in the range of 971-1138 mg GAE/100 g (Table 2). The highest total phenol content in genotypes was in BAY-11 genotype with 1138 mg GAE/100 g and the lowest was in BAY-6 genotype with 971 mg GAE/100 g. Montazeri et al. (2011) reported that the average total phenolic content in *Rosa canina* fruits was 424 mg GAE/100 g. In a study conducted in Hungary, Koczka et al. (2018) determined that the total phenolic content of *Rosa pimpinellifolia* (*R. spinosissima*) fruits were higher than other Rosa species and the species were ranked as *Rosa pimpinellifolia* > *R. canina* > *R. rugosa* > *R. gallica* in terms of total phenolic content.

In this study, which was conducted on eleven genotypes of *Rosa pimpinellifolia* in Bayburt province, fruit FRAP values were found in the range of 9.23-12.17 µmol Fe (II)/g (Table 2).

The highest FRAP value was seen in genotypes BAY-11 with 12.17 µmol Fe (II)/g and the lowest was obtained from BAY-5 with 9.23 µmol Fe (II)/g. Koczka et al. (2018) determined that fruits of *Rosa pimpinellifolia* (*R. spinosissima*) species had higher antioxidant capacity compared to other Rosa species in their study conducted in Hungary. The researchers found a direct high correlation between total phenolic content and antioxidant capacity. These results show that fruits of *R. pimpinellifolia* species can be used as a natural antioxidant source.

References

Altan, D.D., 2014. Kuşburnu meyvesinin geleneksel yöntemle meyve suyuna işlenmesi aşamalarında antioksidan kapasite değişiminin incelenmesi aşamalarında antioksidan kapasite değişiminin incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Tekirdağ.

Azgın, P., 2017. Akkuş (Ordu) yöresinde doğal olarak yetişen kuşburnu genotiplerinin (*Rosa Spp.*) bitki ve meyve özelliklerinin tanımlanması. Yüksek Lisans Tezi. Ordu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı. Ordu.

Benzie, I.F.F, Strain, J.J., 1996. The Ferric Reducing Ability of Plasma (FRAP) as a measure of Antioxidant power: The FRAB assay. Analytical Biochemistry, 239, 70-76.

Duell, P. B., 1996. Prevention of atherosclerosis with dietary antioxidants: Fact or Fiction. Journal of Nutrition, 126S, 1067-1071.

Duman, T., 2014. Kuşburnu (*Rosa canina*) nektarında toplam fenolik madde ve suda çözünen vitaminlerin ısıl parçalanma kinetiği. Yüksek Lisans Tezi. Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı. Denizli.

Ercisli S., 2004. A short review of the fruit germplasm resources of Turkey. Genetic Resources and Crop Evolution, 51, 419-435.

Ercisli, S., 2005. Rose (*Rosa* spp.) germplasm resources of Turkey. Genetic Resources and Crop Evolution, 52, 787-795.

Gil, M.I., García-Viguera, C., Artés, F., Tomás-Barberán, F.A., 1995. Changes in pomegranate juice pigmentation during ripening Journal of the Science Food and Agriculture, 68 :77–81.

Irmak, M.A., 2010. Farklı peyzaj karakter alanlarına göre doğal ve kültürel kaynak değerlerinin görsel analizi: Erzurum Örneği. GOÜ, Ziraat Fakültesi Dergisi, 27(2), 45-55.

Karakuş, S., Bostan, S.Z., 2017. Akıncılar (Sivas) yöresinde doğal olarak yetişen kuşburnu genotiplerinin (*Rosa spp.*) seleksiyon yoluyla ıslahı. Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi Cilt 6 (ICAFOF 2017 Özel Sayı), 215-225.

Kasımoğlu, C., Uysal,H. 2016. Farklı test sistemleri ile somatik hücrelerde profenofos genotoksisitesine karşı kuşburnu (*Rosa canina* L.) ekstrelerinin doğal bir antigenotoksik ajan olarak kullanılması. Cumhuriyet Üniversitesi Fen Fakültesi Fen Bilimleri Dergisi (CFD), 37 (1), 30-40.

Koczka, N., Stefanovits-Bányai, E., Ombódi, A., 2018. Total polyphenol content and antioxidant capacity of rosehips of some rosa species. Medicines, 5, 84.

Korkmaz, M., Özçelik, H. 2015. Türkiye güllerinin (*Rosa* L.) yöresel adları ve yetiştikleri yöreler. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 19 (1), 75-82.

Montazeri, N., Baher, E., Mirzajani, F., Barami Z., Yousefian, S., 2011. Phytochemical contents and biological activities of *Rosa canina* fruit from Iran. Journal of Medicinal Plant Research. 5 (18), 4584-4589.

Murathan, Z.T., Zarifikhosroshahi, M., Kafkas, E., Sevindik, E., 2016. Characterization of bioactive compounds in rosehip species from East Anatolia region of Turkey. Italian Journal of Food Science, 28 (2), 314-325.

Spanos, G.A., Wrolstad, R.E., 1992. Phenolic of apple, pear and white grape juices and their changes with processing and storage. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 40 (9), 1478-1487.

Savir, Z., 2008. Munzur dağı (Erzincan) kuşburnu (*Rosa Spp.*) genetik kaynakları. Yüksek Lisans Tezi. Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı. Van.

BİODİVERSİTY AND İTS İMPORTANCE İN FRUİT BREEDİNG

Sezai ERCİŞLİ
Atatürk University, Agricultural Faculty, Department of Horticulture
Mustafa Kenan GEÇER
Bolu Abant Izzet Baysal University, Faculty of Agriculture, Department of Seed Science and Technology
Mizgin AY
Harran University, Agricultural Faculty, Department of Horticulture

Abstract

Fruit species has distinguished biology and physiology. Most of the fruit species are rich in biodiversity (variability) because they have a heterozygous nature. They have different cultivars, accessions and genotypes. Due to self-incompatibility, foreign pollination is an important source of this richness. Breeding methods used in fruit science such as selection, hybridization breeding, mutation, introduction, polyploidy, gene transfer, CRISPR/Cas9 system are used in fruit science. The success of these methods generally depends on variation (biodiversity) on the germplasm. Therefore, the richness of biodiversity as well as the gene pool in any fruit species is of great importance. Environmental problems strongly affecting biodiversity loss of fruit genetic resources not only in Türkiye but also the entire world. It is of great importance to recognize the importance of biodiversity at an early stage of genotypes belongs to different fruit species. In fruit breeding studies, improving fruit quality traits is among the most basic goals of most of the breeding programs and variation in gene pool is crucial for successful breeding.

Keywords: Breeding, biodiversity, fruits, breeding nethods

Biodiversity

Biodiversity is defined as the diversity of living species in an environment, their genetic characteristics, habitats and ecological relationships in these habitats. According to the national biodiversity monitoring report, the biodiversity that Türkiye has is comparable to the entire European continent. For example, while there are approximately 12.500 plant species found in the entire European continent, this number is expressed as 11.500 in Türkiye alone. In addition, approximately 33% of these plants are endemic species of the country. The leading reasons for this situation are the unique geographical location and climate characteristics. Despite being such a rich country in terms of biodiversity, some of these species are rapidly disappearing in Türkiye; some species are under threat of extinction (Anon., 2022).

Environmental problems affecting not only Türkiye but also the entire world have necessitated various studies and agreements in the international arena. In one of these studies, a summit held in Rio in 1992, an environmental agreement was signed on 3 basic issues: climate change, the

decrease in biological diversity and desertification. The biodiversity agreement, signed by 193 countries, is based on 3 basic goals. While the priority is determined as the protection of biological diversity, the other goals are to take sustainability as a basis in the use of biological resources and to observe justice in the sharing of the benefits provided by biodiversity (Spangenberg, 2023).

Many functions, from natural processes such as soil formation to the production of food and medicine in daily life, are realized thanks to biological diversity. For these reasons, it is of great importance to recognize the importance of biological diversity at an early stage. Again, the extinction of living things that have evolved together in the ecosystem can cause major collapses in ecosystems. All these reasons make the protection of biodiversity and genetic resources necessary for the continuation of humanity (Yilmaz et al., 2009; Shah et al., 2020; Hussein, 2022) (Figure 1)



Figure 1. Different sources of genetic diversity (biodiversity) and their potential utilization in the development of new crop varieties (Salgotra and Chauhan, 2023).

Biodiversity and importance in fruit breeding

Fruits are important source of food. The in-depth research on the genetic diversity of fruit species germplasm resources helps to understand and protect their survival status and evolutionary potential (Taskin and Ercisli, 2025). This is not only beneficial to agricultural production but also crucial for maintaining the stability and diversity of ecosystems (Peduruhewa et al. 2021). Studying the genetic diversity of fruit resources can also identify not only morphology (Figure 2) but also valuable genetic traits, such as disease resistance, stress

tolerance, and high yield. These genes can be introduced into cultivated varieties through traditional or molecular breeding techniques, improving yield and quality (Ercisli et al., 2008).

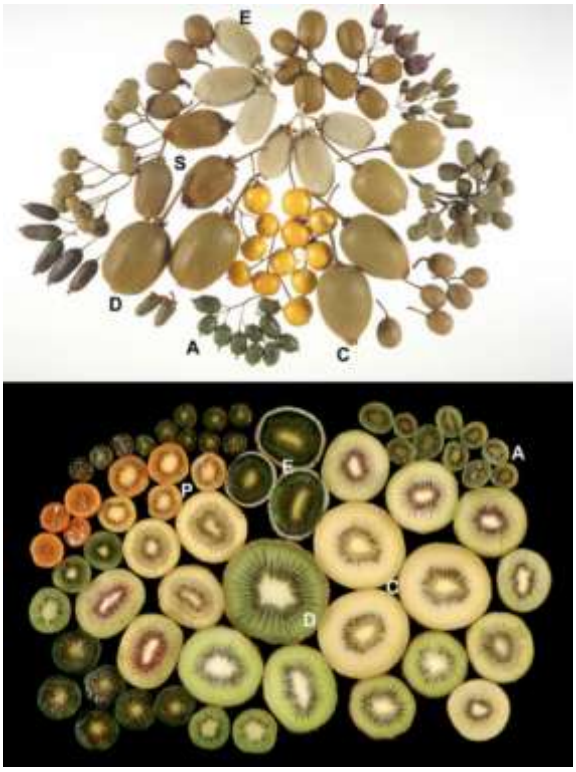


Figure 2. Fruit morphological biodiversity in the genus of Actinidia. A: *A. arguta*, C: *A. chinensis*, D: *A. deliciosa*, E: *A. eriantha*, I: *A. indochinensis*, P. *A. polygama*, S: *A. setosa* (Crowhurst et al., 2008)

For years, fruit appearance, disease and pest resistance have been primarily addressed in terms of quality traits in fruit breeding, and decreases have been observed in the nutritional content of new varieties. However, today, with the increasing interest and knowledge in the consumption of healthy foods in human nutrition, consumers have been directed to pay attention to the nutritional value of the products they buy (Urün et al. 2021). For this reason, breeders have started research on these traits in breeding studies in order to meet the increasing consumer demands. As a result, the use of fruit genetic resources containing wild relatives as plant material has once again come to the agenda. It has been understood again that it is not enough to collect and preserve this valuable material, but to determine some of its characteristics and ensure their use as breeding material. For this purpose, the richness of genetic resources; identification of phenological, pomological and biochemical characters will enable the identification of superior individuals and their use as breeding material, and subsequently the development of new varieties or the improvement of existing varieties (Colak et al. 2019; Ozrenk et al., 2020).

In breeding studies, improving fruit quality traits is among the most basic goals of breeding programs. In particular, sugar and organic acid contents generally affect the sensory characteristics of fruits (Borsani et al. 2009). In breeding studies, many researchers have also aimed to evaluate the antioxidant properties and phenolic contents of local varieties/genotypes in order to evaluate these sought-after traits in terms of pomological and biochemical characters of fruit germplasm and to recover them by using them in breeding studies (Hosseini et al. 2018). Fruit gene pools are of great importance for breeding programs due to the coexistence of traits belonging to cultivated plants and their wild forms. Fruit genetic resources contain the basis of phenotypic variation, which is one of the effective factors in achieving results in variety breeding programs. The rich genetic material diversity creates a great value in terms of fruit breeding studies. There is a high demand for local varieties in the ongoing breeding programs. Factors affecting success in fruit breeding programs include the protection of fruit genetic resources, detailed recording of variety characteristics and the development of these characteristics throughout the breeding process. For this reason, one of the main factors of a successful variety breeding program is the determination of the country's diversity on genetic resources and the demonstration of its current potential.

Local fruit genetic resources, diversity and importance on fruit breeding

Diversity of local fruit genetic resources are important and unique resources for variety breeding programs due to their ability to adapt to different ecologies, resistance to biotic and abiotic stress factors, and high nutritional and quality content. Breeders have achieved significant success in selecting fruit varieties with desired characteristics in terms of adaptation, yield, quality, and resistance or in developing varieties by taking advantage of the existing species and genetic diversity in different fruit species. Genetic diversity has occurred over time in countries where fruit cultivation is carried out, and local varieties with many different characteristics have emerged. Fruit material that arrives in a region through various means adapts to its location and during the time it spends there, significant changes occur in its current genetic structure over time under the influence of the environment.

Morphological variations have great importance in ensuring genetic progress in initial populations in plant breeding studies. Therefore, it is important to determine and accurately know the level of morphological variation and phenotypic diversity in genetic material. Because knowing the levels of variation and phenotypic diversity within the species in the existing population allows for shorter completion of variety breeding programs and earlier acquisition of new varieties. Phenotypic diversity is quite high within different fruit species populations.

Variations that reveal diversity among fruit genotypes mostly stem from traits such as fruit shape, fruit peel color, fruit firmness, harvest time, fruit size etc. In the protection of fruit genetic resources and the more effective use of variety breeding programs, it is related to the determination of diversity on fruit traits, the creation of accessions and their use in breeding programs. Therefore, in order to benefit from genetic resources effectively, it is necessary to first investigate in detail the phenotypic and genotypic diversity within the plant gene pool of a country. Numerous studies have been conducted by different researchers in many countries of the world to collect, characterize and determine the phenotypic diversity levels of fruit genetic resources (Hjalmarsson, 2021; Kellerhals et al., 2021; Vávra et al., 2021)

Molecular markers and determining diversity

Morphological definitions made in fruit breeding studies take a long time and cause misinterpretations due to the low heritability of some morphological characters. In addition, since the characteristics are easily affected by environmental conditions, sometimes accurate and definitive results cannot be obtained due to significant differences between genotypic and phenotypic characteristics over time. In order to overcome this problem and enable the breeder to reach more accurate diagnoses, biotechnological molecular techniques are used today. DNA polymorphism analyses are used as a powerful tool to investigate and reveal the genetic similarities and differences of gene pools. Many different molecular marker techniques have been developed over the last 30 years. Some of these are; RAPD (Random Amplified Polymorphic DNAs), SSR (Simple Sequence Repeats), RFLP (Restriction Fragment Polymorphism), AFLP (Amplified Fragment Length Polymorphism), SRAP (Sequense-related amplified polymorphism) and SNP (Single Nucleotid Polymorphism) techniques. These techniques are easily and successfully used in series in many plant species to determine diversity and genetic relationships. Simple sequence repeats known as SSR (Simple Sequence Repeat) are used very effectively in the investigation of genetic diversity, in the detection of varieties and in the creation of genetic maps in species with low levels of variation (Bora et al., 2018; Ahmad et al., 2020).

REFERENCES

Anonymous. 2022. https://arastirma.tarimorman.gov.tr/beykozbbgam/Menu/37/Teknik-Bilgiler (Accessed: 11.07.2024).

Ahmad, R., Anjum, M.A., Balal, R.M., 2020. From markers to genome-based breeding in horticultural crops: an overview. Phyton, 89 (2), 183.

Bora, L., Singh, A.K., Kumar, A., Metwal, M., 2018. Morphological and microsatellite marker based polymorphic assessment of genetic diversity and relationship of mango (*Mangifera indica* L.). Indian Journal of Biotechnology, 17, 91-100.

Borsani, J., Budde, C.O., Porrini, L., Lauxmann, M.A., Lombardo, V.A., Murray, R., Andreo, C.S., Drincovich, M.F., Lara, M.V., 2009. Carbon metabolism of peach fruit after harvest: changes in enzymes involved in organic acid and sugar level modifications. Journal of Experimental Botany, 60, 1823-1837.
Colak, A.M., Kupe, M., Bozhuyuk, R.M., Ercisli, S., Gundogdu, M., 2019. Identification of some fruit characteristics in wild bilberry (*Vaccinium myrtillus* L.) accessions from Eastern Anatolia. Gesunde Pflanzen, 70, 31-38. https://doi.org/10.1007/s10343-017-0410-z.
Crowhurst, R.N., Gleave, A.P., MacRae, E.A. et al., 2008. Analysis of expressed sequence tags from *Actinidia*: Applications of a cross species EST database for gene discovery in the areas of flavor, health, color and ripening. BMC Genomics, 9, 351. https://doi.org/10.1186/1471-2164-9-351.
Ercisli, S., Orhan, E., Esitken, A., Yildirim, N., Agar, G., 2008. Relationships among some cornelian cherry genotypes (*Cornus mas* L.) based on RAPD analysis. Genetic Resources and Crop Evolution, 55, 613-618. https://doi.org/10.1007/s10722-007-9266-x.
Hjalmarsson, I., 2021. Conservation of fruit genetic resources in Sweden. Acta Horticulturae, 1307, 147-152. https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2021.1307.23
Hussein, A., 2022. Factors of biodiversity loss and conservation difficulties and opportunities in Ethiopia: systematic review. Biodiversity Journal, 13 (1),145-154. https://doi.org/ 10.31396/Biodiv.Jour.2022.13.1.145.154.
Kellerhals, M., Bühlmann-Schütz, S., Andreoli, R., Schierscher, J., Oppliger, J., 2021. Fruit genetic resources and their biodiversity. Acta Horticulturae, 1307, 97-104. https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2021.1307.15.
Ozrenk, K., Ilhan, G., Sagbas, H. I., Karatas, N., Ercisli, S., Colak, A.M., 2020. Characterization of European cranberrybush (*Viburnum opulus* L.) genetic resources in Turkey. Scientia Horticulturae, 273, 109611. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109611.
Peduruhewa, P.S., Jayathunge, K.G.L.R., Liyanage, R., 2021. Potential of underutilized wild edible plants as the food for the future - A review. Journal of Food Security, 9 (4), 136-147. https://doi.org/10.12691/jfs-9-4-1.
Salgotra, R.K., Chauhan, B.S. 2023. Genetic diversity, conservation, and utilization of plant genetic resources. Genes, 14, 174. https://doi.org/10.3390/ genes14010174.
Shah, A.B., Shah, A., Nadeem, M., Rahim, S., 2020. Evaluation of nutritional potential of wild edible fruits consumed by indigenous communities of Central Punjab, Pakistan. Pakistan Journal of Botany, 52 (5), 1-11. https://doi.org/10.30848/PJB2020-5(6).
Spangenberg, J.H., 2023. Supporting the global biodiversity framework monitoring with LUI, the land use intensity indicator. Land, 12, 820. https://doi.org/10.3390/land12040820.
Taskin, S., Ercisli, S. 2025. Pomological, phytochemical, and biochemical diversification of autochthonous plum genotypes preserving under same ecological conditions using multivariate analysis. Genetic Resources and Crop Evolution, https://doi.org/10.1007/s10722-024-02311-w.
Urün, I., Attar, S.H., Sönmez, D.A., Gündeşli, M.A., Ercişli, S., Kafkas, N.E., Bandić, L.M., Duralija, B., 2021. Comparison of polyphenol, sugar, organic acid, volatile compounds, and antioxidant capacity of commercially grown strawberry cultivars in Turkey. Plants, 10 (8), 1654. https://doi.org/10.3390/plants10081654.
Vávra, R., Blažková, J., Danková, V., 2021. Fruit characteristics of sweet cherry cultivars bred in the Czech Republic. Acta Horticulturae, 1307, 91-96. https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2021.1307.14
Yilmaz, K.U., Zengin, Y., Ercisli, S., Orhan, E., Yalcinkaya, E., Taner, O., Erdogan, A. 2009. Biodiversity, ex-situ conservation and characterization of cornelian cherry (*Cornus Mas* L.) genotypes in Turkey. Biotechnology & Biotechnological Equipment, 23 (1), 1143-1149. https://doi.org/10.1080/13102818.2009.10817629.

BÜYÜKBAŞ HAYVAN SAĞLIĞININ İZLENMESİNDE AKILLI KULAK KÜPESİ UYGULAMALARININ KARŞILAŞTIRILMASI VE HAYVANCILIKTA DİJİTAL DÖNÜŞÜMÜN ÖNEMİ

Can ZEYTÜNLÜ
İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü
Equhealth Teknoloji İnovasyon ve Danışmanlık Anonim Şirketi, İstanbul Entertech
ORCID ID: 0009-0004-2951-4010
Ceyhun AKARSU
İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü
ORCID ID: 0000-0002-0168-9941
Nüket SİVRİ
İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü
ORCID ID: 0000-0002-4269-5950

ÖZET

Günümüzde karasal ve sucul ekosistemlerde gözlemlenen ani sıcaklık değişimleri, habitatların yapısını ve türlerin yaşam koşullarını önemli ölçüde etkilemektedir. Doğal ekosistemlerde bu durum, türlerin göç etmesi veya ölümü gibi sonuçlara yol açarken, hayvancılık sektöründe ise çevresel etkenlerin minimize edilmesi, üretim veriminin sürdürülebilir kılınması ve hayvan refahının korunması öncelikli hedefler arasında yer almaktadır. Araştırmalar, ani sıcaklık değişimlerinin hayvanların üreme fizyolojisi, metabolizma ve bağışıklık sistemleri üzerinde olumsuz etkiler oluşturduğunu; özellikle yüksek verimli hayvanların sıcaklık stresine daha duyarlı olduğunu göstermektedir. Bu bağlamda, hayvancılık sektöründe verimlilik, hayvan sağlığı ve refahı gibi konular, çiftçilerin ve endüstri paydaşlarının üzerinde yoğunlaştığı temel meseleler haline gelmiştir. Geleneksel ve Radyo Frekansı ile Tanımlama teknolojisi tabanlı kulak küpeleri yalnızca hayvanların kimliklendirilmesine odaklanmakta, çevresel ve biyometrik verilerin izlenmesi konusunda yetersiz kalmaktadır. Bu eksikliği gidermek amacıyla, büyükbaş hayvanların yaşam kalitesini artırmak ve verimliliği optimize etmek üzere, geleneksel kulak küpelerinin ötesinde çoklu işlevsel özellikler sunan akıllı kulak küpeleri ile ilgili çalışmalar artmıştır.

Bu çalışmada, hayvanların vücut sıcaklığı, hareketleri, çevresel stres ve konum gibi temel parametreleri dikkate alan akıllı kulak küpelerinin güncel durumu, ülkelere ait patentli ürünlerin karşılaştırmalı analizlerinin yapılması ilk amaç olarak belirlenmiştir. Ürünler içerisinde büyükbaş hayvan sağlığının izlenmesinde akıllı kulak küpesi uygulamalarının dijital dönüşümle gelişimine odaklanılmıştır. İhtiyaçların belirlenmesinde gelişen teknolojik unsurlar öncelenerek Nesnelerin interneti teknolojileri ile sürekli izlem, gerçek zamanlı veri takibi olanakları ve uygulamaları araştırılmıştır. Hayvan refahı, beslenme ve çevresel faktörler arasındaki etkileşim, gerçek zamanlı veri takibi ile verimi artıracak bilimsel temelli düzenlemelerin oluşturulmasında dikkate alınan çözümler araştırılmıştır. Bu sayede hayvan refahını artırma amaçlı, sürdürülebilir

ve karlı üretim modellerinin oluşturulmasına da katkı sağlayacak, çevreye duyarlı uygulamaların hayata geçirilmesine dair yenilikçi öneriler sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Hayvan refahı, büyükbaş hayvancılık, sürü sağlığı, akıllı kulak küpesi, sürdürülebilirlik, IoT

COMPARISON OF SMART EAR TAGS APPLICATIONS IN MONITORING CATTLE HEALTH AND THE IMPORTANCE OF DIGITAL TRANSFORMATION FOR LIVESTOCK FARMING

ABSTRACT

In terrestrial and aquatic ecosystems, sudden changes in temperature have a significant impact on habitat structures and the living conditions of species. While such changes in natural ecosystems lead to consequences such as migration or extinction of species, in animal husbandry, minimizing environmental factors, ensuring sustainable production efficiency and protecting animal welfare are among the most important objectives. Studies have shown that sudden changes in temperature have a negative impact on the reproductive physiology, metabolism and immune system of animals, with high-yielding animals being particularly susceptible to heat stress. In this context, issues of productivity, animal health and welfare have become major concerns for farmers and industry. Conventional and Radio-frequency identification-based ear tags focus solely on the identification and remain not suitable for monitoring environmental and biometric data. To address this shortcoming, research on smart ear tags, which have multifunctional features that go beyond conventional ear tags, has been intensified to improve the quality of life and productivity of cattle. This study primarily aims to analyze the current state of smart ear tags that take into account key parameters such as body temperature, movement, environmental stress and location of the animals. A comparative analysis of patented products from different countries was conducted, highlighting the role of digital transformation in the development of smart ear tag applications for cattle health monitoring. The study prioritizes emerging technological elements in the needs analysis and explores the potential of Internet of things technologies for continuous monitoring and real-time data tracking. The interaction between animal welfare, nutrition and environmental factors was explored to create science-based regulations that improve productivity through real-time data tracking. Consequently, innovative proposals were made to promote sustainable and profitable production models that improve animal welfare and facilitate environmentally conscious applications.

Keywords: Animal welfare, cattle breeding, herd health, smart ear tag, sustainability, IoT

1. GİRİŞ

İklim değişikliği, sürdürülebilir kalkınma hedeflerinin gerçekleştirilmesini engelleyen ve mevcut ile gelecek nesillerin yaşam kalitesini tehdit eden küresel bir kriz olarak öne çıkmaktadır (Dellal vd., 2024). Bu krizin etkileri, tarım ve hayvancılık gibi insanlığın temel geçim kaynaklarını doğrudan etkilemekte, özellikle de kırsal ekonomilerdeki kırılganlığı artırmaktadır (Pletsch vd., 2024). Gelişmekte olan coğrafyalarda, hayvancılık yalnızca bir ekonomik faaliyet değil, aynı zamanda kültürel kimliğin de bir parçasıdır. Bu bağlamda hayvansal üretim, özellikle gelişmekte olan ülkelerde, geçimini bu sektöre bağlı olarak sürdüren topluluklar için ekonomik ve sosyal istikrarın temelini oluşturmaktadır (Aydın, 2023). Ancak, sıcaklık dalgaları ve yağış rejimlerindeki düzensizlikler, hayvan beslenmesinde kritik rol oynayan yem kaynaklarının hem kalitatif hem de kantitatif açıdan azalmasına neden olmaktadır (Koyuncu & Nageye, 2020). Bu durum, kuraklık gibi kaçınılmaz çevresel sorunların artışıyla birleştiğinde, hayvancılık sistemlerinin sürdürülebilirliğini riske atmakta ve zincirleme sosyoekonomik sonuçları beraberinde getirmektedir (Lamanna vd., 2025).

Koyuncu ve Nageye (2020), 21. yüzyılın ortalarına kadar ekonomik büyüme ve artan nüfusun etkisiyle hayvancılık sektöründe talep artışının önemli ölçüde gerçekleşebileceğini öne sürerken, iklim değişikliği, doğal kaynakların kısıtlılığı, yem temini ve hayvan sağlığı gibi faktörlerin bu artış potansiyelini sınırlayabileceğini belirtmektedir. Bu artışın, gelişmekte olan ülkelerin ekonomik büyümesine katkı sağlayacağı öngörülse de iklim değişikliğinin tetiklediği doğal kaynak bozulması, yem kaynaklarının kalitesindeki düşüş, hayvan sağlığı sorunları ve biyolojik çeşitlilik kaybı gibi faktörler, sektörün bu potansiyeli gerçekleştirmesini ciddi ölçüde kısıtlamaktadır (Papadopoulos vd., 2025). Dolayısıyla, ekonomik verimlilik, gıda güvencesi ve çevresel sürdürülebilirlik arasında optimal bir dengenin tesis edilmesi, acil bir gereklilik olarak karşımıza çıkmaktadır (Vu vd., 2023) (Kazi, 2024).

Literatürde, iklim değişikliğinin ekosistemlerdeki türlerin varlığını ve hayvancılık üretim sistemlerinin devamlılığını tehdit ettiği vurgulanmaktadır (Koyuncu & Nageye, 2020). Sürdürülebilir hayvancılık paradigması ise ancak çevresel bütünlüğün korunduğu, ekonomik olarak uygulanabilir ve sosyal kabul gören üretim modelleriyle mümkündür (Vu vd., 2023). Bu bağlamda, iklim değişikliğine dirençli hayvancılık sistemlerinin geliştirilmesi, kaynak kullanım etkinliğinin artırılması ve politika yapıcıların stratejik planlamaları, sektörün geleceği için belirleyici rol oynamaktadır.

2. DİJİTAL DÖNÜŞÜMLE HAYVAN SAĞLIĞININ İZLENMESİNE YÖNELİK ANALİZLER

2.1. Hayvancılık sektöründe çevresel ve biyometrik izleme

Günümüz hayvancılık sektöründe, büyükbaş hayvanların verimliliğini ve sağlığını sürdürülebilir kılmak, giderek daha karmaşık hale gelen çevresel ve biyometrik faktörlerin detaylı bir şekilde izlenmesini zorunlu kılmaktadır (Mahato & Neethirajan, 2024). İklim değişikliği ile artan sıcaklık stresine ek olarak, yem kaynaklarındaki azalmalar ve bulaşıcı hastalık riskleri, hayvancılık işletmelerinin modern izleme sistemlerine yönelmesini gerektirmektedir (Kazi, 2024).

Biyometrik ve çevresel izleme, büyükbaş hayvanların fizyolojik tepkilerini analiz ederek üretkenliklerini artırmak ve sağlıklarını korumak adına kritik bir rol oynar (Issa vd., 2024). Vücut sıcaklığı, solunum hızı, aktivite düzeyi gibi biyometrik göstergeler ile ortam sıcaklığı, nem, hava kalitesi gibi çevresel faktörlerin anlık izlenmesi, hayvanların stres seviyelerinin yönetilmesini sağlar (Lamanna vd., 2025). Örneğin, aşırı sıcaklıkların büyükbaş hayvanların metabolizmasını olumsuz etkileyerek yem tüketimini düşürdüğü ve verim kayıplarına neden olduğu bilinmektedir (Leliveld vd., 2023). Bu nedenle, hayvancılık işletmelerinin iklim verileriyle biyometrik verileri entegre eden akıllı sistemlere yönelmesi kaçınılmazdır.

Teknolojik ilerlemeler sayesinde, biyometrik ve çevresel izleme sensörleri büyükbaş hayvancılıkta yaygın olarak kullanılmaktadır (Besler vd., 2024). Akıllı kulak küpeleri, giyilebilir sensörler ve IoT tabanlı sistemler, çiftçilere hayvanlarının sağlık durumu ve çevresel koşullar hakkında gerçek zamanlı bilgi sağlayarak karar alma süreçlerini optimize etmektedir (Bordignon vd., 2025). Bu sistemler sayesinde, örneğin sıcaklık stresine maruz kalan bir hayvanın vücut sıcaklığı ve hareket verileri analiz edilerek erken müdahale edilmesi mümkün hale gelir (Cellat vd., 2020). Bu da hayvan refahını artırırken, aynı zamanda ekonomik kayıpları minimize eder.

Sonuç olarak, büyükbaş hayvancılıkta çevresel ve biyometrik izlemenin önemi her geçen gün artmaktadır. Sıcaklık stresi, yem kaynaklarının azalması ve bulaşıcı hastalıkların yayılma riski gibi faktörler, bu teknolojilerin hayvancılık işletmeleri için bir lüks değil, gereklilik haline gelmesine neden olmaktadır (Leliveld vd., 2023). Gelecekte hayvancılık sektörünün daha sürdürülebilir, verimli ve hayvan refahına duyarlı bir hale gelmesi için, çevresel ve biyometrik izleme teknolojilerinin entegrasyonu büyük bir stratejik avantaj sunacaktır (Lamanna vd., 2025).

2.2. Hayvancılık sektöründe teknolojik yenilikler

Küresel ölçekte gıda talebinin sürekli artış göstermesi, modern hayvancılık sektörünü daha verimli, sürdürülebilir ve hayvan refahını önceleyen teknolojik çözümler geliştirmeye yöneltmektedir (Besler vd., 2024). Geleneksel hayvan izleme ve yönetim sistemleri, genellikle manuel kontroller ve pasif kimliklendirme yöntemlerine dayanmakta olup, bu yöntemler hayvanların sağlık durumları, çevresel faktörlerle etkileşimleri ve davranışsal özellikleri hakkında gerçek zamanlı veri elde etme konusunda yetersiz kalmaktadır (Neethirajan, 2023). Özellikle büyükbaş ve küçükbaş hayvancılıkta, bireysel hayvan takibi, sağlık izleme sistemleri ve verimlilik analizleri gibi kritik alanlarda, mevcut teknolojik altyapının sınırlı işlevselliği, sektörün rekabet gücünü olumsuz yönde etkilemektedir.

Bu bağlamda, hayvan refahını artırmaya yönelik geliştirilen akıllı kulak küpeleri gibi yenilikçi teknolojiler, sektörün dijital dönüşüm sürecine önemli katkılar sağlamaktadır (Papadopoulos vd., 2025). Bu tür teknolojiler, hayvanların sağlık durumlarının sürekli izlenmesi, çevresel koşullara uyum sağlanması ve davranışsal verilerin analiz edilmesi gibi alanlarda etkin bir rol oynayarak hem verimliliği artırmakta hem de sürdürülebilir hayvancılık uygulamalarının geliştirilmesine olanak tanımaktadır (Besler vd., 2024). Dolayısıyla, teknolojik yeniliklerin hayvancılık sektöründe benimsenmesi, sektörün geleceği açısından stratejik bir öneme sahiptir.

2.3. Akıllı kulak küpeleri ve yenilikçi yaklaşım

Akıllı kulak küpeleri, hayvan sağlığı ve refahını iyileştirmeye yönelik geliştirilen yenilikçi bir teknolojik çözüm olarak öne çıkmaktadır. Bu sistemler, sensör teknolojileri, GPS, görüntü işleme entegrasyonu, IoT altyapısı ve ileri düzey veri analitiği yöntemlerini entegre ederek, hayvanların biyometrik ve çevresel verilerini gerçek zamanlı olarak izleme imkânı sunmaktadır (Bordignon vd., 2025). Hayvanların günlük aktiviteleri, vücut sıcaklıkları, beslenme alışkanlıkları ve çevresel stres faktörleri gibi kritik parametreler sürekli olarak takip edilerek, erken uyarı sistemleri ve otomatik raporlama özellikleri sayesinde olası sağlık sorunları önceden tespit edilebilmektedir (Lamanna vd., 2025). Akıllı kulak küpeleri, geleneksel pasif kimliklendirme sistemleri ile karşılaştırıldığında, sektöre çok yönlü avantajlar sunmaktadır. Bu teknolojiler, hayvanların bireysel olarak izlenmesini kolaylaştırarak, sağlık sorunlarının erken teşhis edilmesini, verimliliğin artırılmasını ve sürdürülebilir hayvancılık uygulamalarının geliştirilmesini mümkün kılmaktadır (Besler vd., 2024). Dolayısıyla, dijital tarımsal teknolojiler içerisinde bulunan akıllı kulak küpeleri, modern hayvancılık sektöründe dijital dönüşümün önemli bir bileşeni olarak kabul edilmekte ve sektörün geleceği açısından stratejik bir rol oynamaktadır (Papadopoulos vd., 2025).

2.4. Geleneksel kulak küpesi sistemleri ve sınırları

Hayvan kimliklendirme sistemleri, genellikle RFID teknolojisine dayanmaktadır. Geleneksel plastik kulak küpeleri, hayvanlara özgü kimlik numaraları taşıyan pasif cihazlar olup, temel olarak kayıt altına alma işlevini yerine getirmektedir (Cellat vd., 2020). Bununla birlikte literatürde, bu sistemlerin hayvan sağlığını izleme, erken teşhis ve bireysel sağlık takibi gibi alanlarda yetersiz kaldığı, ayrıca çevresel stres faktörlerinin değerlendirilmesine katkı sağlamadığı belirtilmektedir (Besler vd., 2024). Araştırmalar, hayvan sağlığının etkin bir şekilde izlenebilmesi için biyometrik verilerin ve çevresel parametrelerin entegrasyonunun kritik bir öneme sahip olduğunu ortaya koymaktadır (Mahato & Neethirajan, 2024). Tarım ve Orman Bakanlığı'nın yayımladığı raporlar, çevresel faktörlerin hayvan verimliliği üzerindeki etkisinin genetik faktörlere kıyasla çok daha belirgin olduğunu ve verim artışındaki payının %70'e kadar ulaşabildiğini vurgulamaktadır. Bu bulgular, geleneksel kulak küpelerinin sınırlı işlevselliğini aşmak ve hayvan sağlığı ile verimliliğini artırmak amacıyla daha kapsamlı ve entegre teknolojik çözümlere olan ihtiyacı açık bir şekilde ortaya koymaktadır.

2.5. Sensör teknolojileri ve IoT uygulamaları

IoT, modern tarım ve hayvancılık uygulamalarında yenilikçi yaklaşımlar sunarak sektörün dönüşümüne önemli katkılar sağlamaktadır (Papadopoulos vd., 2025). IoT tabanlı sistemler, sensör teknolojileri aracılığıyla hayvanların çevresel verilerini (sıcaklık, nem, ışık, hareket vb.) sürekli olarak izleyebilmekte ve bu verileri analiz ederek çiftçilere anlık bilgi akışı sağlamaktadır (Bordignon vd., 2025). Hayvan sağlığının izlenmesi amacıyla geliştirilen IoT uygulamaları, erken uyarı sistemleri ve veri analitiği teknikleri ile entegre edilerek, potansiyel sağlık sorunları ve çevresel stres faktörlerinin önceden tespit edilmesine olanak tanımaktadır (Lamanna vd., 2025).

Bu bağlamda, akıllı kulak küpeleri, IoT altyapısı ve sensör teknolojilerinin entegrasyonu sayesinde hayvanların yaşam alanlarındaki çevresel değişiklikleri ve biyometrik verileri sürekli olarak izleyebilme kapasitesine sahiptir. Bu sistem, hayvan refahını artırmanın yanı sıra çiftçilerin operasyonel maliyetlerini düşürerek operasyonel verimlilik artışı sağlamaktadır. IoT tabanlı çözümler, özellikle hayvancılık sektöründe sürdürülebilir ve verimli uygulamaların benimsenmesinde kilit bir rol oynamaktadır (Besler vd., 2024). Bu teknolojiler hem hayvan sağlığını koruma hem de üretim süreçlerini optimize etme açısından büyük bir potansiyel taşımaktadır.

2.6. GPS sistemleri

Teknolojik yenilikler arasında öne çıkan GPS takibi, hayvanların konumlarının belirlenmesi ve davranışsal analizlerinin yapılması açısından büyük önem taşımaktadır (Montalván vd., 2024). GPS sistemleri, hayvanların gerçek zamanlı konum verilerini sağlayarak, özellikle kaybolma veya kaçma gibi durumlarda hızlı müdahale imkânı sunmaktadır (Hofstra vd., 2022). Bu teknoloji, hayvanların hareket alışkanlıklarını ve yaşam alanlarını izlemek için etkili bir araç olarak kullanılmaktadır. GPS tabanlı sistemler, yalnızca konum takibiyle sınırlı kalmayıp, hayvanların davranışsal örüntülerini analiz etmek için de kullanılabilmektedir (Lamanna vd., 2025). Örneğin, hayvanların belirli bir alanda geçirdikleri süre, hareket hızları ve rotaları gibi veriler, sağlık durumları ve stres seviyeleri hakkında dolaylı bilgiler sunabilmektedir. Bu veriler, yapay zekâ destekli analiz algoritmaları ile birleştirildiğinde, hastalık belirtileri veya anormal davranışların erken tespit edilmesine olanak tanımaktadır (Lee & Kim, 2021).

Akıllı kulak küpeleri, GPS teknolojisini entegre ederek hayvanların konum takibi, sağlık durumları ve davranışsal analizlerinin tek bir platform üzerinden yönetilmesini mümkün kılmaktadır (Besler vd., 2024). Bu entegrasyon, hayvan sahipleri ve veteriner hekimler için kritik bilgiler sağlayarak, hayvan refahının optimize edilmesine önemli bir katkıda bulunmaktadır. GPS tabanlı sistemler, özellikle büyükbaş ve küçükbaş hayvancılıkta, sürü yönetimini kolaylaştırmakta ve operasyonel verimliliği artırmaktadır (Lamanna vd., 2025). Bu teknolojiler, hayvanların güvenliği ve sağlığının yanı sıra, çiftçilerin iş süreçlerini de büyük ölçüde iyileştirmektedir.

2.7. Mobil uygulama entegrasyonu ve veri analitiği

Mobil uygulamalar, modern tarım teknolojilerinde kullanıcıların anlık veriye erişimini sağlayan kritik araçlar olarak öne çıkmaktadır (Atasoy, 2024). Hayvanların sağlık verileri, konum bilgileri ve çevresel etkenlerin mobil uygulamalar üzerinden takip edilmesi, çiftçilerin anormal durumları hızlı bir şekilde tespit ederek zamanında müdahale etmesine olanak tanımaktadır (Lamanna vd., 2025). Bu tür uygulamalar, özellikle büyük ölçekli hayvancılık işletmelerinde operasyonel verimliliği artırmakta ve hayvan refahını iyileştirmektedir.

Veri analitiği ise, uzun dönemli veri toplama ve analiz süreçleriyle hayvan refahı, beslenme düzenleri ve çevresel koşullar arasındaki ilişkilerin anlaşılmasına yardımcı olmaktadır. Toplanan veriler, yapay zekâ ve makine öğrenimi algoritmaları ile analiz edilerek, hayvan sağlığı ve performansı üzerinde etkili olan faktörlerin belirlenmesini sağlamaktadır (Bordignon vd., 2025) (Mahato & Neethirajan, 2024). Bu analizler, çiftçilere stratejik kararlar almaları için güçlü bir veri tabanı sunmaktadır.

Akıllı kulak küpesi sistemlerinde yer alan mobil uygulama entegrasyonu, kullanıcıların tüm kritik verilere anında erişimini sağlarken, entegre veri analitiği modülleri sayesinde hayvan sağlığı ve çevresel parametrelerin uzun vadeli izlenmesini mümkün kılmaktadır (Bordignon vd., 2025). Bu entegrasyon, hayvanların bireysel olarak takip edilmesini kolaylaştırarak, olası sağlık sorunlarının önceden tespit edilmesine ve sürdürülebilir üretim modellerinin geliştirilmesine katkıda bulunmaktadır. Bu durum, hayvancılık sektöründe verimliliği artıran ve sürdürülebilirliği destekleyen önemli bir yenilik olarak değerlendirilmektedir (Subach & Shmeleva, 2022). Mobil uygulamalar ve veri analitiği, modern hayvancılıkta dijital dönüşümün temel taşlarından biri haline gelmiştir (Atasoy, 2024).

3. DÜNYADA VE TÜRKİYE'DE KULAK KÜPESİ TEKNOLOJİSİ MEVCUT DURUMU

3.1. Teknolojik yenilik ve mevcut sistemlerin sınırları

Günümüzde büyükbaş ve küçükbaş hayvanlarda kullanılan kulak küpeleri, genellikle polimer yapılı ve üzerinde herhangi bir teknolojik donanım bulunmayan, yalnızca sayısal veri içeren pasif kimliklendirme araçlarıdır. Bu küpelerin temel amacı, hayvanların numaralandırılarak tanımlanması ve kayıt altına alınmasıdır. Ancak, bu tür küpeler, hayvanların sağlık durumu, davranışsal özellikleri veya çevresel koşullar hakkında herhangi bir veri sağlayamamaktadır. Mevcut sarı plastik kulak küpeleri, teknolojik bir altyapıya sahip olmadıkları için pasif bir yapı sergilemekte ve yalnızca kimliklendirme işlevi görmektedir (Cellat vd., 2020). Bu durum, hayvanların fiziksel ve sağlık durumları ile günlük aktiviteleri hakkında gerçek zamanlı bilgi elde edilmesini engellemektedir.

Bu eksiklikler, hayvancılık sektöründe verimlilik ve kontrol açısından önemli zorluklar yaratmaktadır. Örneğin, bir hayvanın hastalanması veya strese girmesi gibi durumlar, yalnızca gözlem yoluyla fark edilebilmekte ve bu da sorunların erken tespitini geciktirerek verimliliği düşürmektedir. Ayrıca, büyük sürülerde her bir hayvanın tek tek izlenmesi oldukça zor ve zaman alıcı bir süreç haline gelmektedir. Mevcut sistemler, yalnızca temel kimliklendirme işlevi sunduğundan, sağlık izleme, performans değerlendirme ve çevresel etkileşimler gibi daha karmaşık ve değerli bilgilerin elde edilmesini zorlaştırmaktadır (Nyamuryekung'e, 2023).

3.2. Türkiye'de kullanılan kulak küpeleri ve mevcut durum

Türkiye'de kullanılan plastik kulak küpeleri, Tarım ve Orman Bakanlığı tarafından onaylanmış olup, internet üzerinden (örneğin, https://hayvanbilgi.tarim.gov.tr/) sorgulanabilmektedir. Bununla birlikte, Bakanlık tarafından onaylanmamış ancak kulak küpesi üretimi yapan firmalar da bulunmaktadır. Bu firmalar arasında Allflex, Kumrular Barkod Ürünleri ve Baltaş Küpe gibi

isimler yer almaktadır. Yapılan araştırmalar, Bakanlık tarafından onaylanan ve kullanımda olan kulak küpeleri ile bu firmaların ürünleri arasında önemli bir fark olmadığını göstermektedir. Her iki durumda da küpeler, yalnızca kimliklendirme amacı taşımakta ve teknolojik bir donanım içermemektedir.

3.3. Akıllı kulak küpelerinin yenilikçi özellikleri ve sürdürülebilir hayvancılığa katkıları

Akıllı kulak küpeleri, geleneksel kimliklendirme sistemlerinin ötesine geçerek IoT tabanlı entegre yazılım sistemleri, biyometrik sensör teknolojileri ve veri analitiği ile hayvan sağlığı ve refahını optimize eden çok fonksiyonlu bir sistemdir (Bordignon vd., 2025). Bu sistemler; sıcaklık stresi izleme, GPS tabanlı konum takibi, mobil uygulama entegrasyonu ve beslenme davranışlarının kantitatif analizi gibi kritik özellikleri bir arada sunarak, sürdürülebilir hayvancılık hedeflerine ulaşmada önemli bir araç haline gelmiştir (Lamanna vd., 2025). Örneğin, sıcaklık sensörleriyle donatılmış küpeler, hastalık riskini gerçek zamanlı izleyerek metabolik stresi önlemekte; Mikro Elektromekanik Sistem tabanlı ivmeölçerler ise hayvan hareketlerini analiz ederek davranışsal sorunları tespit etmektedir (Hu vd., 2024). Ancak, mevcut küresel pazarda çoklu işlevselliği entegre eden yerli ve milli bir ürün henüz geliştirilmemiştir. Bu eksiklik, özellikle Türkiye gibi gelişmekte olan ülkelerde Ar-Ge odaklı çözümleri zorunlu kılmaktadır.

3.4. Yurtdışı ve yerli ürünlerin karşılaştırılması

Akıllı kulak küpeleri pazarı, özellikle gelişmiş ülkelerde hızlı bir büyüme göstermektedir. ABD, Avusturya ve Hollanda gibi ülkeler, bu alanda öncü konumda olup, ürünlerini küresel pazara sunmaktadır. Türkiye gibi gelişmekte olan ülkeler ise yerel üretim ve Ar-Ge çalışmaları ile pazarda yer edinmeye çalışmaktadır. Ancak, yüksek maliyetler ve teknolojik altyapı eksiklikleri, bu ülkelerdeki yaygınlaşmayı sınırlandırmaktadır.

Küresel akıllı kulak küpesi pazarı, ABD, Avusturya ve Hollanda merkezli firmaların (CowManager®, SmartBow®, SenseHub™, CeresTag) geliştirdiği ürünlerle domine edilmektedir. Bu ülkeler, yapay zekâ destekli algoritmalar, uydu tabanlı GPS izleme, NB-IoT ve LoRaWAN iletişim protokolleri gibi ileri teknolojileri kullanarak ürünlerini küresel ölçekte pazarlamaktadır (Zhao vd., 2025). Örneğin, Hollanda menşeili CowManager®, süt sığırlarında yüksek verim artışı sağlarken aynı zamanda da kızgınlık döngüsü tespitinde yüksek doğruluk oranına ulaşmıştır.

Türkiye'de ise Küpsan ve Ayvetsan gibi yerel firmalar, standartlara uygun RFID tabanlı kimliklendirme çözümleri sunmakta (Küpsan, [URL 1]; Ayvetsan, [URL 2]) ancak biyometrik veri izleme veya IoT entegrasyonu gibi özelliklerden yoksundur. Farklı firmalarca üretilen akıllı

kulak küpeleri özellikleri ile karşılaştırılması Tablo 1' de verilmiştir. Yerli ve milli bir ürün olarak geliştirilmesi, Türkiye'nin hayvancılık sektöründe teknolojik bağımsızlığını güçlendirecek ve sektörün küresel rekabet gücünü artıracaktır ancak seri üretim ve pazara erişimde finansman eksikliği, yüksek maliyetler ve kırsal altyapı yetersizliği gibi engellerle karşılaşılmaktadır.

Tablo 1. Farklı firmalar tarafından üretilen akıllı kulak küpelerinin özelliklerine göre karşılaştırılması

Özellikler	**CowManager®**	**SmartBow®**	**SenseHub™**	**CeresTag**	**mOOvement**	**FeverTags™**
Kimliklendirme	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Sıcaklık Stresi Takibi	✗	✗	✗	✗	✗	✗
Kızgınlık Takibi	✓	✓	✓	✗	✗	✓
Beslenme Takibi	✓	✓	✓	✓	✗	✗
Ruminasyon Takibi	✓	✓	✓	✓	✗	✗
GPS ile Konum Takibi	✗	✗	✗	✓	✓	✗
Mobil Uygulama Entegrasyonu	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Küpsan, Ayvetsan ve Allflex gibi şirketler, hayvan kimliklendirme ve izlenebilirlik alanında pasif RFID teknolojisi kullanan geleneksel kulak küpeleri üretmektedir (Küpsan, [URL 1]; Ayvetsan, [URL 2]; Allflex, [URL 3]. Bu sistemler, standartlara uyumlu olarak tasarlanmıştır ve temel işlevi, hayvanların bir kimlik numarası ile işaretlenmesidir. Küpsan ve Ayvetsan, Türkiye pazarında öne çıkan yerli üreticiler olarak, özellikle ulusal hayvan kayıt sistemleri) ve AB uyumlu ihracat gereklilikleri için optimize edilmiş küpeler sunar. Bu küpeler, pasif RFID çipleri içerir ve iletişim sağlar. Okuma mesafesi 1-1.5 metre ile sınırlı olan bu sistemler, sabit okuyucular veya el tipi tarayıcılar aracılığıyla hayvanın kimlik bilgilerini (doğum tarihi, cinsiyet, ırk) merkezi veri tabanlarına aktarır. Allflex ise, küresel bir marka olarak, dayanıklı malzemeden üretilen küpeleriyle öne çıkar. Bu küpeler geniş sıcaklık aralığında bile bozulmadan çalışabilen bir yapıya sahiptir ve özellikle küçükbaş hayvan yetiştiriciliği gibi zorlu çevre koşullarında kullanıma uygundur. Allflex küpeleri, sertifikasyonlarla desteklenmektedir. Ancak, bu sistemlerin en büyük sınırlaması, yalnızca statik veri depolama yeteneğine sahip olmalarıdır; yani sıcaklık, hareket veya sağlık verisi gibi dinamik parametreleri izleyemezler.

Bu üç markanın ortak avantajı, düşük maliyetli ve kolay erişilebilir çözümler sunmalarıdır. Özellikle kırsal bölgelerdeki küçük işletmeler için erişilebilir bir seçenek olarak, hayvan sayım işlemleri ve sürü yönetimi programlarında kritik rol oynarlar. Ancak, akıllı sensör teknolojilerinin eksikliği nedeniyle, hayvan refahı veya verimlilik optimizasyonu gibi konularda veri tabanlı karar destek sistemleri sunamamaktadırlar. Bu nedenle, bu sistemler, temel kimliklendirme ve izleme ihtiyaçlarına odaklanan çiftçiler için ideal olmakla birlikte, sürdürülebilir hayvancılık hedeflerine ulaşmada tek başına yetersiz kalmaktadır.

CowManager®; kimliklendirme, kızgınlık takibi, beslenme takibi ve ruminasyon analizi sağlayan çok yönlü bir sistemdir (Weinert-Nelson vd., 2024). Kulak küpesine entegre edilen RFID teknolojisi ile hayvanların benzersiz kimlik bilgilerini kaydederken, 3D ivmeölçerler ve termal sensörler aracılığıyla yem tüketim sürelerini, çiğneme frekansını ve üreme döngüsünü izler. Kızgınlık dönemlerini, aktivite artışı ve hormonal değişimleri analiz ederek yüksek doğrulukla tespit eder. Mobil uygulama entegrasyonu ile çiftçilere anlık bildirimler gönderir (URL 4).

SmartBow®; kimliklendirme, kızgınlık takibi, beslenme takibi ve ruminasyon izleme özelliklerine sahiptir. Tri-eksen ivmeölçerler ile hayvanların hareket paternlerini kaydeder ve kızgınlık döngüsünü progesteron seviyeleriyle ilişkilendirerek belirler. Beslenme davranışlarını analiz ederek yem verimliliğini artırmaya yönelik stratejiler sunar. İnternet tabanlı iletişim altyapısı ve mobil uygulama desteğiyle verileri gerçek zamanlı paylaşır (Gardaloud vd., 2023).

SenseHub™, kimliklendirme, kızgınlık takibi, beslenme takibi ve ruminasyon izleme fonksiyonlarını entegre eden bir platformdur. MEMS sensörleriyle rumen hareketlerini ve yem alımını takip ederek metabolik asidoz riskini öngörür. Kızgınlık dönemlerini, vücut sıcaklığı ve aktivite verileriyle ilişkilendirir. Mobil uygulama üzerinden süt verimi ve sağlık raporları sunar (URL 5).

CERES TAG, kimliklendirme, beslenme takibi, ruminasyon izleme ve GPS ile konum takibi sağlayan uydu tabanlı bir sistemdir. Uydular aracılığıyla hayvanların otlama alanlarını haritalar ve beslenme davranışlarını analiz eder. Ruminasyon verilerini çevresel parametrelerle (sıcaklık, nem) ilişkilendirerek kaynak kullanımını optimize eder. Mobil uygulama entegrasyonu ile geniş çiftlik alanlarında kullanıma uygundur (URL 6).

mOOvement, kimliklendirme, GPS ile konum takibi ve mobil uygulama entegrasyonu sunan bir IoT çözümüdür. Teknolojisi ile sürünün lokasyonunu ve hareket paternlerini izleyerek otlatma verimliliğini artırır. Beslenme veya ruminasyon takibi yapmaz, ancak toplu aktivite analizi ile stres faktörlerini belirler. Özellikle geniş mera alanlarında kullanılır (URL 7).

FeverTags™, kimliklendirme, kızgınlık takibi ve mobil uygulama entegrasyonu odaklı bir biyosensör sistemidir. Beslenme veya ruminasyon takibi yapmaz, ancak üreme verimliliğini artırmak için kızgınlık verilerini analiz eder. Mobil uygulama üzerinden tohumlama uyarıları sağlar (URL 8).

Son yıllarda dijital tarım uygulamalarının yaygınlaşması, hayvancılık sektöründe de köklü dönüşümlere yol açmıştır (Pletsch vd., 2024). Bu bağlamda, akıllı kulak küpeleri, büyükbaş hayvan sağlığının izlenmesinde veri odaklı ve proaktif yaklaşımlar sunarak sektörde önemli bir rol üstlenmektedir. Bu teknolojiler, geleneksel izleme yöntemlerinin ötesine geçerek, hayvanların fizyolojik ve çevresel parametrelerini gerçek zamanlı olarak değerlendirme imkânı tanımaktadır (Besler vd., 2024).

CowManager®, SmartBow®, SenseHub™, CERES TAG, mOOvement ve FeverTags™ gibi sistemler, öncelikli olarak hayvanların kimliklendirilmesi temelinde konumlanmış olsa da biyometrik sensör teknolojileri, GPS entegrasyonu ve mobil uygulama desteği ile multidünyalı çözümler sunmaktadır. Örneğin, CowManager® ve SenseHub™; ruminasyon aktivitesi, yem tüketim süreleri ve metabolik sağlık parametreleri gibi hayati verileri izleyerek, hastalıkların erken teşhisi açısından önemli veriler sağlamaktadır. Bu sayede, hayvanların sağlık durumunda meydana gelebilecek olumsuzluklar, klinik semptomlar ortaya çıkmadan önce tespit edilerek müdahale imkânı doğurmaktadır.

Diğer yandan, CERES TAG ve mOOvement sistemleri, özellikle geniş mera alanlarında GPS tabanlı konum takibi gerçekleştirerek, otlatma verimliliğinin artırılmasına yönelik çözümler sunmaktadır (CERESTAG, [URL 6]; mOOvement, [URL 7]). Bu yaklaşımlar, hayvanların hareket desenlerinin ve otlatma alanlarındaki davranışlarının analiz edilmesine olanak tanıyarak, çevresel faktörlerin hayvan sağlığı üzerindeki etkilerini optimize etmektedir.

Cowmanager®, FeverTags™ ve SmartBow® ise, sıcaklık verilerinin analizi yoluyla kızgınlık döngüsü takibi yapmaktadır. Bu analiz, üreme yönetiminin optimize edilmesi, doğru zamanda tohumlama yapılması, buzağı kayıplarının azaltılması ve süt veriminin artırılması gibi sonuçlara katkıda bulunarak, hayvancılık işletmelerinin ekonomik performansını iyileştirmektedir (Arago vd., 2022).

Tüm bu sistemlerin ortak avantajı, hayvan refahı ile ekonomik verimlilik arasında etkin bir denge kurmaları ve sürdürülebilir tarım hedeflerine katkı sağlamalarıdır. Ancak, mevcut uygulamalarda yüksek teknoloji maliyetleri ve kırsal alanlarda altyapı eksiklikleri gibi faktörler, bu çözümlerin yaygın olarak benimsenmesini sınırlamaktadır. Özellikle gelişmekte

olan bölgelerde, düşük maliyetli yerel çözümlerle entegrasyon ve devlet destekli projeler, dijital izleme teknolojilerinin yaygınlaşması açısından kritik öneme sahiptir.

Sonuç olarak, akıllı kulak küpesi uygulamaları, hayvancılığın dijital dönüşümünde veri odaklı karar alma süreçlerini güçlendirerek, hem hayvan sağlığının izlenmesinde erken müdahale imkânı sağlamakta hem de küresel gıda güvencesine katkıda bulunan vazgeçilmez bir araç haline gelmektedir (Papadopoulos vd., 2025). Bu teknolojiler, gelecekte hayvancılık sektörünün sürdürülebilirliğini ve verimliliğini artırmada temel rol oynayacak yenilikçi araçlar olarak değerlendirilmektedir.

Geleneksel hayvan izleme sistemleri, genellikle kimliklendirme veya sıcaklık takibi gibi tek boyutlu parametrelerle sınırlı kalmış, hayvanların biyometrik verilerini ve çevresel etkileşimlerini gerçek zamanlı olarak analiz etme becerisinden yoksun olmuştur. Bu sistemler, hayvan refahını bütüncül bir perspektifle değerlendirmek için gereken entegre veri toplama kapasitesini sağlayamamış, özellikle sıcaklık stresi, beslenme düzensizlikleri veya aktivite kayıpları gibi kritik sağlık göstergelerini izlemede yetersiz kalmıştır. Bu eksiklikleri aşmak üzere geliştirilen akıllı kulak küpeleri, çoklu sensör tabanlı algoritmalar aracılığıyla hayvanların fizyolojik durumunu, çevresel parametreleri (sıcaklık, nem) ve davranışsal aktiviteleri (beslenme sıklığı, gezinme) sürekli izleyen yenilikçi bir platform olarak tasarlanmıştır (Bordignon vd., 2025). Bu küpeler, sıcaklık stresinin metabolik etkilerini ölçmekten GPS ile konum takibine, video tabanlı davranış analizinden mobil uygulamalarla veri entegrasyonuna kadar geniş bir fonksiyon yelpazesi sunarak, hayvan sahiplerine risklerin erken tespiti, kaynak optimizasyonu ve refah standartlarının iyileştirilmesi gibi konularda kapsamlı bir denetim imkânı sağlamaktadır (Lamanna vd., 2025). Mevcut ürünlerin aksine, yalnızca RFID tabanlı kimliklendirme veya tek sensörlü izleme ile sınırlı kalmayan bu sistemler, Avrupa Birliği Çiftlik Hayvanları Refahı Konseyi'nin belirlediği "beş temel özgürlük" ilkesinin (açlık-susuzluktan korunma, konfor koşulları, acı-korku-stresten uzaklık, doğal davranış sergileme özgürlüğü, hastalık-yaralanma riskinin önlenmesi) izlenmesini destekleyecek veri çeşitliliğini sunar. Örneğin, geleneksel küpelerin aksine, sıcaklık stresi altındaki bir hayvanın vücut sıcaklığındaki değişimleri analiz ederek erken müdahale olanağı yaratır (Neethirajan, 2023). Dolayısıyla, bu teknoloji, hayvancılık sektöründe verimlilik kayıplarını minimize etmek ve sürdürülebilir üretim modellerini desteklemek adına kritik bir dönüşüm potansiyeli taşımaktadır (Fedorova, 2024).

Akıllı Kulak Küpeleri, hayvanların davranışsal paternlerini, fizyolojik parametrelerini ve çevresel etkileşimlerini multidisipliner bir yaklaşımla analiz ederek, sağlık durumlarına ilişkin

prediktif (önceden tahmine dayalı) veriler sunan ileri teknoloji çözümlerdir (Besler vd., 2024). Bu sistemler, hayvanların aktivite düzeylerindeki anomalileri izleyerek patolojilerin erken evrede teşhis edilmesini mümkün kılmaktadır (Fuentes vd., 2022). Sıcaklık stresinin izlenmesi bağlamında ise, vücut sıcaklığı, solunum frekansı ve su tüketim dinamiklerinin sürekli takibi sayesinde hayvan verimliliği ve refahı üzerindeki etkileri kantitatif olarak değerlendirilebilmekte (Erzurum, 2024); bu veriler, barınak havalandırma optimizasyonu veya besin takviyesi protokolleri gibi müdahale stratejilerinin bilimsel temelde şekillendirilmesine olanak tanımaktadır (Neethirajan, 2020). Bunun yanı sıra, kızgınlık döngüsü takibinde, progesteron seviyeleri ve aktivite artışı (örneğin, adım sayısında yükselme) arasındaki korelasyonun analizi (Mishra vd., 2024), üreme zamanlamasının verilerle senkronize edilmesini sağlayarak gebelik başarı oranlarını optimize etmektedir (Zin vd., 2020). Bu tür biyometrik veri analizleri, yalnızca bireysel hayvan sağlığının izlenmesiyle sınırlı kalmayıp, sürü düzeyinde epidemiyolojik risk haritalarının oluşturulmasına, beslenme rejimlerinin enerji ihtiyacına göre kişiselleştirilmesine ve Avrupa Birliği Hayvan Refahı Direktifleri'nin gerektirdiği "beş özgürlük" kriterlerinin (açlık-susuzluktan korunma, konfor, acı-korku-stresin önlenmesi, doğal davranış sergileme özgürlüğü, hastalık-yaralanmadan korunma) niceliksel olarak izlenmesine katkı sağlamaktadır. Ayrıca, uzun vadeli veri kümelerinin makine öğrenimi algoritmalarıyla işlenmesi, çevresel stresörlerin (örn., ısı-nem indeksi) süt verimi veya döl verimi üzerindeki etkilerinin regresyon analizleriyle modellenmesine imkân vererek, tarımsal üretimde veriye dayalı karar destek sistemlerinin geliştirilmesine yenilikçi bir altyapı sunmaktadır (Himu & Raihan, 2024) (Melak vd., 2024).

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Akıllı kulak küpesi teknolojileri, hayvan sağlığı ve refahı ile sürdürülebilir hayvancılık uygulamalarında devrim niteliğinde yenilikler sunan entegre teknolojik çözümler olarak öne çıkmaktadır. Geleneksel kimliklendirme sistemlerinin sınırlarını aşan bu teknolojiler, biyometrik veri toplama, çevresel etkileşimlerin izlenmesi, GPS ve mobil uygulama desteğinin bütünleşik kullanımı sayesinde, hayvanların sağlık durumları ve davranışları gerçek zamanlı olarak izlenebilmektedir. Böylece, erken uyarı mekanizmaları aracılığıyla olası sağlık problemlerinin önceden tespit edilmesi ve müdahale edilmesi mümkün hale gelmektedir. Bu süreç, yalnızca hayvan refahını iyileştirmekle kalmayıp, aynı zamanda sürdürülebilir kaynak yönetimini destekleyerek iklim değişikliğiyle mücadelede kritik bir rol oynamaktadır. Örneğin, sağlıklı hayvan popülasyonlarının daha verimli yem tüketimi ve optimize edilmiş metabolik süreçleri, sera gazı emisyonlarının azaltılmasına doğrudan katkı sağlamaktadır.

Bu çalışma kapsamında, mevcut kulak küpesi sistemlerinin sınırlamaları, IoT ve sensör teknolojilerinin hayvancılık sektöründeki işlevi ve GPS uygulamalarının sunduğu avantajlar ile akıllı kulak küpesi teknolojisinin bilimsel ve teknik altyapısı detaylı bir şekilde incelenmiştir. Ayrıca, hayvan sağlığı ile üretkenlik arasındaki korelasyon, erken teşhis sistemlerinin risk yönetimindeki rolü ve ekonomik katma değerin artırılmasına yönelik potansiyel değerlendirilmiş; sistemin ulusal ve uluslararası pazarlardaki rekabet avantajlarına vurgu yapılmıştır. Özellikle, hastalıkların erken tespitiyle gereksiz antibiyotik kullanımının önlenmesi hem toprak hem de su kaynaklarının kirlilikten korunmasına yardımcı olarak sürdürülebilir tarım hedefleriyle uyumlu sonuçlar doğurmaktadır.

Gelecek perspektifinde, sürekli gelişen sensör teknolojileri, yapay zekâ algoritmaları ve entegre mobil uygulama altyapısının katkılarıyla akıllı kulak küpesi teknolojisinin, hayvancılık sektöründe verimlilik, sürdürülebilirlik ve çevresel duyarlılık açısından önemli iyileştirmeler sunmaya devam edeceği öngörülmektedir. Bu teknolojinin yaygınlaşması, hayvancılık kaynaklı karbon ayak izinin düşürülmesinde ve biyoçeşitliliğin korunmasında etkili bir araç haline gelebilme potansiyeli taşımaktadır. Ayrıca, hayvanların bireysel sağlık ve davranış verilerinin uzun dönemli analizleri, sektörün dijital dönüşümünü hızlandırarak daha bilinçli ve optimize edilmiş üretim stratejilerinin geliştirilmesine olanak tanıyacaktır.

Sonuç olarak, akıllı kulak küpesi teknolojileri, hayvanların kimliklendirilmesi işlevini aşan; entegre veri analitiği, erken uyarı sistemleri ve mobil uygulama entegrasyonu aracılığıyla hayvancılık sektöründe çığır açan yenilikçi çözümler sunmaktadır. Bu teknolojilerin hayvan sahiplerine, veteriner hekimlere ve sektörün tüm paydaşlarına sunduğu çok yönlü faydalar, gelecekte hayvan sağlığı, refahı ve üretkenlik konularında yeni standartların oluşturulmasına önemli ölçüde katkı sağlayacaktır. Böylelikle, bu ilerlemeler aynı zamanda iklim değişikliğiyle mücadelede ve sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşmada hayvancılık sektörünün dönüştürücü bir aktör olarak konumlanmasını sağlayacaktır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, TÜBİTAK 1812 - Yatırım Tabanlı Girişimcilik Destek Programı (BiGG Yatırım) tarafından desteklenen 2023/2230070 nolu proje kapsamında, dönemsel araştırma ve analizlerin yorumlanması ile oluşturulmuştur.

KAYNAKÇA

Arago, N. M., Alvarez, C. I., Mabale, A. G., Legista, C. G., Repiso, N. E., Amado, T. M., Jorda, R. J. L., Thio-Ac, A. C., Tolentino, L. K. S., & Velasco, J. S. (2022). Smart Dairy Cattle Farming and In-Heat Detection through the Internet of Things (IoT). *International Journal of Integrated Engineering, 14*(1). https://doi.org/10.30880/ijie.2022.14.01.014

Atasoy, Z. D. (2024). An evaluation of the examples of mobile smart agriculture applications in Turkiye. *BIO Web of Conferences*, *85*, 01046. https://doi.org/10.1051/bioconf/20248501046
Aydın, A. (2023, March 31). *Tarım sektöründen kaynaklı sera gazı emisyonlarının hesaplanması; enterik fermantasyon*. https://dergipark.org.tr/tr/pub/ijfaa/issue/76552/1217917#article_cite
Besler, B. C., Mojabi, P., Lasemiimeni, Z., Murphy, J. E., Wang, Z., Baker, R., Pearson, J. M., & Fear, E. C. (2024). Scoping review of precision technologies for cattle monitoring. *Smart Agricultural Technology*, 100596. https://doi.org/10.1016/j.atech.2024.100596
Bordignon, F., Provolo, G., Riva, E., Caria, M., Todde, G., Sara, G., Cesarini, F., Grossi, G., Vitali, A., Lacetera, N., & Pezzuolo, A. (2025). Smart technologies to improve the management and resilience to climate change of livestock housing: a systematic and critical review. *Italian Journal of Animal Science*, *24*(1), 376–392. https://doi.org/10.1080/1828051x.2025.2455500
Cellat, M., Akalin, P. P., İşler, C. T., Güvenç, M., Gökçek, İ., Kazak, F., & Başpinar, N. (2020). Kulak küpesi takılan buzağılarda oksidatif stres değişimleri. *Etlik Veteriner Mikrobiyoloji Dergisi*, *31*(2), 115–120. https://doi.org/10.35864/evmd.763485
Dellal, G., Şen, A. Ö., Şenok, A., & Pehlivan, E. (2024). Türkiye'de iklim değişikliği perspektifinden iç Anadolu Bölgesi hayvancılık sektörü. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, *12*(5), 803–813. https://doi.org/10.24925/turjaf.v12i5.803-813.6269
Erzurum, O. (2024). Küresel İklim Değişiklikleri ve Süt Sığırı Yetiştiriciliği. *Manas Journal of Agriculture Veterinary and Life Sciences*, *14*(1), 92–100. https://doi.org/10.53518/mjavl.1418769
Fuentes, S., Viejo, C. G., Tongson, E., & Dunshea, F. R. (2022). The livestock farming digital transformation: implementation of new and emerging technologies using artificial intelligence. Animal Health Research Reviews, 23(1), 59–71. https://doi.org/10.1017/s1466252321000177
Gardaloud, N. R., Guse, C., Lidauer, L., Steininger, A., Kickinger, F., Öhlschuster, M., Auer, W., Iwersen, M., Drillich, M., & Klein-Jöbstl, D. (2023). Short communications: an ear-attached accelerometer detects effects of regrouping on lying, rumination, and activity times in calves. *Veterinary Research Communications*, *47*(4), 2333–2337. https://doi.org/10.1007/s11259-023-10151-9
Himu, H., & Raihan, A. (2024). Digital transformation of livestock farming for sustainable development. *International Journal of Livestock Research*, *14*, 1–11.
Hofstra, G., Roelofs, J., Rutter, S. M., Van Erp-Van Der Kooij, E., & De Vlieg, J. (2022). Mapping Welfare: Location Determining Techniques and Their Potential For Managing Cattle Welfare—A review. Dairy, 3(4), 776–788. https://doi.org/10.3390/dairy3040053
Hu, S., Reverter, A., Arablouei, R., Bishop-Hurley, G., McNally, J., Alvarenga, F., & Ingham, A. (2024). Analyzing Cattle Activity Patterns with Ear Tag Accelerometer Data. *Animals*, *14*(2), 301. https://doi.org/10.3390/ani14020301
Issa, A. A., Majed, S., Ameer, A., & Al-Jawahry, H. M. (2024). IoT and AI in Livestock Management: A Game Changer for Farmers. E3S Web of Conferences, 491, 02015. https://doi.org/10.1051/e3sconf/20244910201
Kazi, K. S. L. (2024). IoT technologies for the intelligent dairy industry. In *Advances in business information systems and analytics book series* (pp. 321–350). https://doi.org/10.4018/979-8-3693-5498-8.ch012
Koyuncu, M., & Nageye, F. (2020). İklim değişikliğinin sürdürülebilir hayvancılığa etkisi. *Hayvansal Üretim*, *61*(2), 157–167. https://doi.org/10.29185/hayuretim.673145
Lamanna, M., Bovo, M., & Cavallini, D. (2025). Wearable Collar Technologies for Dairy Cows: A Systematized review of the current applications and future innovations in precision livestock farming. *Animals*, *15*(3), 458. https://doi.org/10.3390/ani15030458
Leliveld, L. M., Lovarelli, D., Finzi, A., Riva, E., & Provolo, G. (2023). Effects of cow reproductive status, parity and lactation stage on behaviour and heavy breathing indications of a commercial accelerometer during hot weather conditions. *International Journal of Biometeorology*, *67*(7), 1263–1272. https://doi.org/10.1007/s00484-023-02496-2
Mahato, S., & Neethirajan, S. (2024). Integrating Artificial Intelligence in dairy farm management − biometric facial recognition for cows. *Information Processing in Agriculture*. https://doi.org/10.1016/j.inpa.2024.10.001

Montalván, S., Arcos, P., Sarzosa, P., Rocha, R. A., Yoo, S. G., & Kim, Y. (2024). Technologies and Solutions for Cattle Tracking: A review of the state of the art. Sensors, 24(19), 6486. https://doi.org/10.3390/s24196486
Neethirajan, S. (2020). The role of sensors, big data and machine learning in modern animal farming. *Sensing and Bio-Sensing Research*, *29*, 100367. https://doi.org/10.1016/j.sbsr.2020.100367
Melak, A., Aseged, T., & Shitaw, T. (2024). The influence of artificial intelligence technology on the management of livestock farms. International Journal of Distributed Sensor Networks, 2024, 1–12. https://doi.org/10.1155/2024/8929748
Mishra, A. K., Swarnkar, S. K., & Balasubramanian, S. (2024). Future prospects and challenges of digital transformation in agriculture and dairy industries. In CRC Press eBooks (pp. 21–36). https://doi.org/10.1201/9781003508625-2
Neethirajan, S. (2020). The role of sensors, big data and machine learning in modern animal farming. Sensing and Bio-Sensing Research, 29, 100367. https://doi.org/10.1016/j.sbsr.2020.100367
Neethirajan, S. (2023). Artificial intelligence and sensor technologies in dairy livestock Export: Charting a Digital transformation. Sensors, 23(16), 7045. https://doi.org/10.3390/s23167045
Nyamuryekung'e, S. (2023). Transforming ranching: Precision livestock management in the Internet of Things era. Rangelands, 46(1), 13–22. https://doi.org/10.1016/j.rala.2023.10.002
Papadopoulos, G., Papantonatou, M., Uyar, H., Kriezi, O., Mavrommatis, A., Psiroukis, V., Kasimati, A., Tsiplakou, E., & Fountas, S. (2025). Economic and Environmental Benefits of digital agricultural Technological Solutions in livestock farming: a review. *Smart Agricultural Technology*, 100783. https://doi.org/10.1016/j.atech.2025.100783
Pletsch, A. L. B., Stenger, E. a. F., & Sehnem, S. (2024). The potential of Industry 4.0 technologies in transforming agricultural and livestock practices: a systematic review. International Journal of Pervasive Computing and Communications. https://doi.org/10.1108/ijpcc-05-2024-0178
Subach, T. I., & Shmeleva, Z. N. (2022). Introduction of digital innovations in livestock farming. IOP Conference Series Earth and Environmental Science, 1112(1), 012079. https://doi.org/10.1088/1755-1315/1112/1/012079
Vu, H., Chung, H., Choi, C., & Kim, Y. (2023). ETAG: an Energy-Neutral ear tag for Real-Time Body Temperature Monitoring of dairy cattle. *Proceedings of the 28th Annual International Conference on Mobile Computing and Networking*, 1–15. https://doi.org/10.1145/3570361.3613262
Weinert-Nelson, J. R., Werner, J., Jacobs, A. A., Anderson, L. H., Hamilton, T. A., Williams, C. A., & Davis, B. E. (2024). 137 Impacts of heat stress on the accuracy of an ear-tag sensor for detection of eating and rumination behavior in cattle. *Journal of Animal Science*, *102*(Supplement_1), 64–65. https://doi.org/10.1093/jas/skae019.076
Zhao, A., Wu, H., Fan, D., & Li, K. (2025). Individual cow recognition based on Ultra-Wideband and computer vision. *Animals*, *15*(3), 456. https://doi.org/10.3390/ani15030456
Zin, T. T., Misawa, S., Pwint, M. Z., Thant, S., Seint, P. T., Sumi, K., & Yoshida, K. (2020). Cow Identification System using Ear Tag Recognition. *2020 IEEE 2nd Global Conference on Life Sciences and Technologies (LifeTech)*, 65–66. https://doi.org/10.1109/lifetech48969.2020.1570625232

URL KAYNAKLAR

URL 1. https://www.kupsan.net/en Alıntılama tarihi: 15.02.2025
URL 2. https://ayvetsan.com/tr Alıntılama tarihi: 15.02.2025
URL 3. https://www.allflex.global/ Alıntılama tarihi: 15.02.2025
URL 4. https://www.cowmanager.com/ Alıntılama tarihi: 16.02.2025
URL 5. https://msd.sensehub.com/ Alıntılama tarihi: 16.02.2025
URL 6. https://cerestag.com/ Alıntılama tarihi: 16.02.2025
URL 7. https://www.moovement.com.au/ Alıntılama tarihi: 16.02.2025
URL 8. https://fevertags.com/ Alıntılama tarihi: 16.02.2025

APPLICATION OF Cu(glycinate)$_2$(H_2O) COMPLEX COMPOUND EFFECTING ON INCREASING DEVELOPMENT AND REPRODUCTIVE CAPACITY OF "VSL-2" ROOTSTOCK AT THE INITIATION STAGE

Mahmudov ELGÜN
Azerbaijan State Agricultural University, Specialist of Biotechnology Center
Abbasova GÜNAY
Azerbaijan State Agricultural University, Faculty of Agronomy, Department of Ecology and Forestry
Gurbanov ORKHAN
Azerbaijan State Agricultural University, Specialist of Biotechnology Center
Ramazanova GÜNEL
Azerbaijan State Agricultural University, Faculty of Agronomy, Department of Plant Protection

Abstract

One of the main priority issues facing plant biotechnology is to increase plants at a massive rate in order to provide the growing world population with healthy food. For this, the application of a new biostimulant *in vitro* for easy and quick growth of new types of grafts is among the priority issues. Plant biostimulants are substances applied to plants to increase their reproductive capacity, increase their tolerance to abiotic stresses, and improve the quality characteristics of the product, regardless of the nutrients they contain. Plant biostimulants are used in both agriculture and horticulture for mass plant production. Abiotic factors in the environment include soil composition, salinity, acidity, high and low temperatures, drought, pollution, humidity, rainfall, wind, or ultraviolet radiation. Stress caused by unfavorable environmental conditions can significantly reduce healthy yields, as plants use internal energy reserves to cope with stress instead of maintaining productivity. In plants, internal energy is provided by biostimulants. Biostimulants are mainly obtained from algae or other plant extracts and affect plant growth and stress adaptation. Algae extracts, protein hydrolysates, humic and fulvic acids, and other complex substances have properties beyond basic nutrition and increase growth and stress resistance in plants. Glycine and Cu(II) are examples of the main substances that affect plant development and are part of biostimulants. The difference between the use of glycine in plant production and other biostimulants is the treatment of plant diseases. Therefore, its use as an additional biostimulant and adaptogen has shown promising results on plants from both ecological and economic points of view. Glycine is also used as a biogenic growth stimulator. Glycine is formed as a result of metabolic processes related to respiration in plants. Glycine also plays an exceptional role in the process of formation of fumaric acid in the Krebs cycle in plants. As a result of research studies, it was found that glycine applied to flowering cabbage plants increased their tolerance to drought stress. Another element that regulates reproduction and growth in plants is Cu (II). Significant progress has been made in the mineral

nutrition of plants. One of the main microelements that plants absorb from the soil is the microelement copper (Cu). Copper (Cu) is a key element in the synthesis of cobalamin and vitamin B_{12} and its derivatives, and is a component of various proteins in prokaryotes and animals. Like various other nutrients, Cu microelement affect biochemical processes in plants and, as a result, increase the reproductive capacity of plants. In the microclonal propagation process, the "VSL-2" rootstock, which was increased at the initiation stage, showed positive results in growth and development due to the influence of a new complex compound. The Krymsk®5 (VSL-2) scion is a semi-dwarf cherry rootstock that can adapt to different climate types. Krymsk® 5, or "VSL-2", is a relatively newly produced cherry rootstock of Prunus fruticosa × Prunus lannesiana.

Keywords: Initiation, In Vitro, Biostimulant, Murashige Skoog (MS, 1962), Glycine.

Material and research methods.

A complex compound was synthesized to increase the generative capacity of the "VSL-2" rootstock used for cherry species during the *in vitro* microclonal propagation process, which will play a role of biostimulator in the initiation stage. The main substances taken when synthesizing the complex compound were Glycine and $CuSO_4$ x $5H_2O$. In a 250 ml laboratory beaker, 0.75 g (0.01 mol) Glycine and 1.68 g $NaHCO_3$ were poured into 40 ml of distilled water (40-50 ^{0}C) and mixed with a magnetic stirrer for 2 minutes. Then, 0,249 g of $CuSO_4$ x $5H_2O$ was weighed into a 250 ml chemical beaker (50-60 ^{0}C) and mixed with a magnetic stirrer for 3 minutes. After mixing both solutions, they were cooled in a dark room at a temperature of 20 ^{0}C. After 24 hours, a precipitate formed in the cooled solution. Then, the solution containing the precipitate was filtered through filter paper and the precipitate was separated. The separated precipitate was taken from the filter paper and weighed on an analytical balance in an amount of 1 mg. The residue of the weighed substance was dissolved in 100 ml of ultra-distilled water.

One of the main priorities of plant biotechnology is to increase the rapid and healthy reproductive capacity of plants during the microclonal propagation process *in vitro*. For this reason, the application of a complex compound that will affect both height growth and leaf surface development and play a role as a biostimulator in the development of plant samples planted *in vitro* during the initiation and proliferation stages of plants has begun. During the research work conducted, a modification of Murashige & Skoog (MS, 1962) was made in the standard nutrient medium and a glycine + $CuSO_4$ x $5H_2O$ complex compound was applied,

which will improve the synthesis of folic acid in the leaves and stimulate the growth and reproductive capacity of plants.

The standard Murashige & Skoog (MS, 1962) and the nutrient medium containing the prepared complex compound used during the microclonal propagation process *in vitro* are as follows:

	Reagents	**Weight(mg)**	**Weight(gr)**
Macronutritients	NH_4NO_3	16500	16,5
	KNO_3	1900	1,9
	$MgSO_4$ x $7H_2O$	3700	3,7
	KH_2PO_4	1700	1,7
	CaCl x $2H_2O$	4400	4,4
Iron	$FeSO_4$ x $7H_2O$	557	5,57
	Na_2EDDT x $2H_2O$	745	7,45
Micronutrients	$MnSO_4$ x $4H_2O$	2230	2,20
	$ZnSO_4$ x $7H_2O$	860	0,80
	H_3BO_3	620	0,61
	KJ	83	0,083
	Na_2MoO_4 x $2H_2O$	25	0,025
	$CuSO_4$ x $5H_2O$	2,5	0,0023
	$CoCl_2$ x $6H_2O$	2.5	0,0025

Table 1. Standart MS Medium



Figure 1. Explant grown in standard nutrient medium

During application, $CuSO_4$ x $5H_2O$ was removed from the microelement composition of the standard nutrient medium and 1 mg, 1.5 mg, 2 mg of glycine + $CuSO_4$ x $5H_2O$ complex compound was added instead. The prepared complex compound was weighed on an analytical balance at 1 mg, 1.5 mg, 2 mg and dissolved in 100 ml of distilled water. During preparation of the solutions, the complex compound was mixed for 10 minutes on a magnetic stirrer until it was completely dissolved. 1000 µl of each of the three samples was taken from the prepared stock solutions to prepare 1000 ml of nutrient medium. Plant samples planted in the prepared nutrient medium were placed in artificial climate chambers. For optimal development of the plants, the temperature in the climate chambers was set at 21-25 °C and the humidity was 70-90%. As a result of the application, it was found that the plants developed better than the standard nutrient medium in both the initiation and proliferation stages. As a result of the observations, it was found that the leaf surface of the plants developed better, and their height and reproductive capacity increased. The composition of the modified nutrient medium is as follows:

	Reagents	**Weight (mg)**	**Weight (g)**
Makcronutrients	NH_4NO_3	16500	16,5
	KNO_3	1900	1,9
	$MgSO_4$ x $7H_2O$	3700	3,7
	KH_2PO_4	1700	1,7
	CaCl x $2H_2O$	4400	4,4

Iron	$FeSO_4$ x $7H_2O$	557	5,57
	Na_2EDDT x $2H_2O$	745	7,45
Micronutrient	$MnSO_4$ x $4H_2O$	2230	2,20
	$ZnSO_4$ x $7H_2O$	860	0,80
	H_3BO_3	620	0,61
	KJ	83	0,083
	Na_2MoO_4 x $2H_2O$	25	0,025
	$CoCl_2$ x $6H_2O$	2,5	0,0023
	Glycine + $CuSO_4$ x $5H_2O$	1; 1,5; 2	0,001; 0,0015; 0,002

Table 2. Modified MS medium



Figure 2. Explant grown in modified nutrient medium

The research work conducted has led to the conclusion that the complex compound used in the research process was used in 3 different amounts in the nutrient medium for the initiation stage. The 1 mg, 1.5 mg, 2 mg glycine + $CuSO_4$ x $5H_2O$ complex compound used showed better results in the development and propagation of the “VSL-2” rootstock, which is considered a new rootstock for cherry fruit, in the initiation stage of the *in vitro* microclonal propagation process compared to the standard nutrient medium. The growth of rootstocks, which are considered fast, healthy and tolerant to environmental changes in *in vitro* conditions and are widely used in the development of horticulture, and the application of increased plant samples in the production process are among the priority issues facing modern plant biotechnology science.

REFERENCES

1. Du Jardin, P. (2015). Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation. *Scientia Horticulturae, 196*, 3–14. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.09.021
2.Drobek, M., Frąc, M., & Cybulska, J. (2019). Plant Biostimulants: Importance of the quality and yield of horticultural crops and the improvement of plant tolerance to abiotic Stress—A review. *Agronomy*, *9*(6), 335. https://doi.org/10.3390/agronomy9060335
3.Van Oosten, M. J., Pepe, O., De Pascale, S., Silletti, S., & Maggio, A. (2017). The role of biostimulants and bioeffectors as alleviators of abiotic stress in crop plants. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*, *4*(1). https://doi.org/10.1186/s40538-017-0089-5
4.https://www.researchgate.net/publication/339817470_FEATURES_OF_THE_USE_OF_SUCCINIC_ACID_AS_A_BIOSTIMULATOR_AND_PLANT_ADAPTOGEN
5.Kiliç, T. (2023). Seed treatments with salicylic and succinic acid to mitigate drought stress in flowering kale cv. “Red Pigeon F1.” *Scientia Horticulturae*, *313*, 111939. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2023.111939
6.Hu, X., Wei, X., Ling, J., & Chen, J. (2021c). Cobalt: an essential micronutrient for plant growth? *Frontiers in Plant Science, 12*. https://doi.org/10.3389/fpls.2021.768523
7.Tsafouros, A., & Roussos, P. A. (2018). First Report of Krymsk® 5 (cv. VSL 2) Cherry Rootstock In Vitro Propagation: Studying the Effect of Cytokinins, Auxins and Endogenous Sugars. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, *47*(1), 152–161. https://doi.org/10.15835/nbha47111276

FARKLI GELİŞME DÖNEMLERİNDE BİTKİSEL HORMON UYGULAMALARININ BUĞDAYIN BAZI KALİTE ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ[1]

Cumhur Umut ESEN[2]
Ertuğrul KARAŞ[3]

ÖZET

Türkiye'de, tarımsal üretimin yağışa bağımlı olduğu Orta Anadolu gibi bozkır iklim bölgelerinde, başta buğday olmak üzere tahıl üretimi yapılmaktadır. İklim koşulları nedeniyle artan sıcaklıklar ve kuraklık, yetersiz yağış dönemleriyle birleşince, verim kaybının başlıca nedeni olan abiyotik strese yol açmaktadır. Bitkilerdeki fizyolojik aktivitelerin çoğu hormonlar tarafından kontrol edilmektedir. Hormonların etkileri her zaman dengeli bir şekilde ya birbirini tamamlayarak ya da birbirlerinin etkisini azaltarak gerçekleşir. Bitki büyümesini düzenleyen bu hormonlardan biri olan sitokininler (CK), hücre bölünmesini ve sürgün gelişimini teşvik etmek, yaşlanmayı geciktirmek, uykuda kalmayı kırmak, karbonhidrat transferini hızlandırmak gibi etkilere sahiptir. Bu çalışmada, kuraklık koşullarında yetiştirilen buğdayın (*Triticum aestivum* L.) büyüme dönemlerinde (kardeşleşme [K], sapa kalkma [SK], başaklanma [B] ve tane dolumu [DD]) uygulanan farklı CK dozlarının (0, 5, 10, 20 ve 40 ppm) bazı kalite parametrelerine etkileri araştırılmıştır.

Anahtar kelimeler: Kuraklık, Buğday, bitkisel hormon, verim, kalite

SUMMARY

In Turkey, in steppe climate regions like Central Anatolia, where agricultural production is dependent on rainfall, cereal production, especially wheat, is carried out. Due to climatic conditions, rising temperatures and drought, combined with periods of insufficient rainfall, lead to abiotic stress, which is the primary cause of yield loss. Most of the physiological activities in plants are controlled by hormones. The effects of hormones always occur in a balanced manner, either complementing each other or reducing the effect of one another. One of these hormones, cytokinins (CK), which regulate plant growth, has effects such as promoting cell division and shoot development, delaying aging, breaking dormancy, and accelerating carbohydrate transfer. In this study, the effects of different CK doses (0, 5, 10, 20, and 40 ppm) applied during the growth stages (tillering [T], stem elongation [SE], heading [H], and grain

[1] Bu çalışma ESOGÜ Fen Bilimleri Enstitüsü'nde yürütülen "Kışlık Buğdayda Fenolojik Dönemlerdeki Sitokinin Uygulamalarının Verim ve Kaliteye Etkisi" isimli yayınlanmamış yüksek lisans tezinden kısmen alınmıştır.

[2] Yüksek Lisans Öğrencisi, ESOGÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak ve Bitki Besleme Bölümü
Cumhur Umut ESEN **ORCID ID:** 0009-0000-5310-1073
[3] ESOGÜ Ziraat Fakültesi, Toprak ve Bitki Besleme Bölümü
Ertuğrul Karaş, **ORCID ID:**0000-0003-1480-3720

filling [GF]) of wheat (Triticum aestivum L.) grown under drought conditions on some quality parameters were investigated.

Keywords: Drought, Wheat, Plant hormone, Yield, Quality

GİRİŞ

Küresel ısınma, dünya genelinde sıcaklıkların artmasına ve iklim değişikliklerine yol açarak, tarımsal üretimi olumsuz etkiliyor. Bu durum, özellikle kuraklık gibi hava olaylarının şiddetini artırarak su kaynaklarının azalmasına neden oluyor. Tarımsal kuraklık, ürün verimliliğini düşürüp, gıda üretimini zorlaştırarak gıda güvenliğini tehdit ediyor. Gıda temini, bu değişken koşullar nedeniyle daha az güvenilir hale geliyor. Tarımda sürdürülebilir uygulamalar, su yönetimi ve yenilikçi teknolojiler, bu zorluklara karşı çözüm geliştirmeye yönelik önemli adımlar olarak öne çıkmaktadır. Ancak küresel işbirliği ve uzun vadeli stratejiler de gereklidir. Kurak koşullarda buğday üretimi, suyun yetersizliği nedeniyle ciddi zorluklarla karşı karşıya kalır. Buğday, suya duyarlı bir bitki olduğu için su kaynaklarının azalması, verimliliği düşürür. Kuraklık, buğdayın büyüme aşamalarında strese yol açarak ürünün kalitesini ve miktarını azaltabilir. Bu zorlukları aşmak için kuraklığa dayanıklı buğday çeşitlerinin geliştirilmesi, su verimliliği yüksek sulama tekniklerinin kullanılması ve toprak neminin korunması gibi sürdürülebilir tarım yöntemlerine ihtiyaç vardır. Ayrıca, erken ekim ve hasat gibi stratejilerle buğday üretiminin optimize edilmesi, kurak koşullarda gıda güvenliğini sağlamada önemli rol oynar. Ülkemizde halen yaklaşık 7 milyon hektarda 20 milyon ton buğday üretimi yapılmakta olup, Türkiye kendine yeterlilik oranı bakımından % 90 civarındadır. Fitohormonlar, bitkilerin büyüme, gelişme ve adaptasyon süreçlerini düzenleyen kimyasal bileşiklerdir. Bu hormonlar, bitkilerin çevresel koşullara tepki vermesini, hücre bölünmesini ve uzamasını, kök ve yaprak gelişimini kontrol eder. Ana fitohormonlar arasında gibberellinler, sitokininler, oksinler, etilen ve absisik asit (ABA) bulunur. Oksinler, büyümeyi teşvik ederken, gibberellinler tohum çimlenmesi ve meyve olgunlaşmasını destekler. Sitokininler, hücre bölünmesini artırırken, etilen meyve olgunlaşmasını hızlandırır. ABA ise stres koşullarında bitkilerin su kaybını engellemek için rol oynar. Fitohormonlar, tarımda verimlilik artırma ve bitki sağlığını iyileştirme açısından önemlidir.

Sitokinin hormonu, bitkilerde özellikle hücre bölünmesini teşvik ederek büyüme ve gelişmeye yardımcı olur. Başlıca hücre bölünmesi, yaprak gelişimi, kök gelişimi, meyve gelişimi ve olgunlaşma gibi etkileri olduğu bilinen sitokinin hormonunun ayrıca bitkilerin abiyotik streslere karşı daha dayanıklı olmasına, verimliliğin artmasına ve daha sağlıklı gelişim göstermelerine de yardımcı olduğu bilinmektedir.

Bu çalışma, bitkilerin kardeşlenme (K), Sapa Kalkma (SK), Başaklanma (B) ve Dane Dolum (DD) dönemlerinde sitokinin uygulamalarının (0, 5, 10, 20, 40 ppm) buğdayın bazı verim ve kalite özelliklerine etkisini araştırmak için yürütülmüştür.

2. Materyal ve Metot

2.1. Materyal

Araştırma yeri, Eskişehir'in Mahmudiye ilçesine bağlı Mesudiye köyünde, 39°55' Kuzey enlem ve 30°92' doğu boylamda, 900 m rakımda kuru tarım arazisidir. Araştırma yeri toprakları killi-tınlı bünyeli, hafif alkali karakterde, tuzluluk problemi bulunmayan, kireçli, fosfor bakımından orta, potasyumca zengin, organik maddesi yetersizdir. Bakır hariç diğer mikro elementler az, kalsiyum ve magnezyum yeterlidir.

Çok yıllık ortalama iklim verilerine göre yıllık yağış 355.9 mm, yağışlı gün sayısı 70.3 gün, nispi nem % 63, güneşlenme süresi 7 saattir. Bölgede buğdayın 1 Nisan ile 15 Haziran arası sulama periyodu boyunca ortalama bitki su tüketimi 360 mm, yağış 98 mm'dir.

Araştırmada tane rengi kırmızı Kate A1 ekmeklik buğday çeşidi kullanılmıştır. 1000 tane ağırlığı 35.9 g, hektolitre ağırlığı 80.7 kg, protein oranı %12.6, gluten değeri % 41.5, tane sertliği 54 PSI ve sedimantasyon miktarı 43 ml'dir .

Araştırmada % 99 saflıkta ve kristalize görünümlü ticari ismi Kinetin olan sitokinin hormonu kullanılmıştır.

Parsel verimleri 2x1 m boyutlarındaki parsellerden makasla kesilerek alınan başakların parsel biçerdöverinde harman edildikten sonra hassas terazi ile tartılarak, hektolitre analizleri FOSS marka NIRS (Near-Infrared Spectroscopy/Yakın Kızılötesi Spektroskopisi) kullanılarak, 1000 dane ağırlıkları ise hasat edilen buğdaydan 250 adet sayılıp 0.01 hassasiyette terzi tartıldıktan sonra dört ile çarpılarak elde edilmiştir (Esen, 2025).

2.2. Metot

Araştırma, tesadüf bloklarında bölünmüş parseller deneme desenine göre üç tekrarlamalı olarak yürütülmüştür. Denemede sitokinin dozları çizelge 1'de verildiği gibi 0, 5, 10, 20 ve 40 ppm kardeşlenme (K), sapa kalkma (SK), başaklanma (B) ve dane dolum (DD) dönemlerinde her bir dönem için tek uygulama ve birden fazla ardışık olarak uygulanmıştır. Denemede 23 kg/da tohum ekilmiş, ekimle birlikte 20 kg/da DAP ve azotlu gübreleme 10+10 kg/da üre gübresi olmak üzere iki defada verilmiş, hasat 11 Temmuz 2024'te, kalite analizleri ise 15 Ağustos 2024'te yapılmıştır. Ölçülen verilerin istatistiksel analizleri, Jump bilgisayar paket programı kullanılarak yapılmış ve sitokinin dozlarının uygulama konuları ile buğdayın gelişme dönemlerine göre ortalamalar arasındaki farklar, Tukey testi ile gruplandırılmıştır (Esen, 2025).

Çizelge 1. Sitokinin uygulama konuları

Bitki Gelişme Dönemi	Uygulama Dozları (ppm)
Kardeşlenme	5, 10, 20, 40
Sapa Kalkma	5, 10, 20, 40
Başaklanma	5, 10, 20, 40
Dane Dolum	5, 10, 20, 40
Kardeşlenme+Sapa Kalkma	5, 10, 20, 40
Kardeşlenme+Sapa Kalkma+Başaklanma	5, 10, 20, 40
Kardeşlenme+Sapa Kalkma+Başaklanma+Dane Dolum	5, 10, 20, 40

3. Sonuçlar ve Tartışma

3.1.Gluten Oranı

Araştırmada gelişme dönemlerinde uygulanan sitokinin hormonu dozlarının gluten oranına etkilerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 2'de, uygulama konuları ile sitokinin dozlarının gluten oranına etkileri Çizelge 3'de verilmiştir.

Çizelge 2. Gluten oranına ilişkin varyans analiz sonuçları

Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F değeri
Tekerrür	2	25.95601	12.9780	5.4031**
Uygulama	28	486.49282	17.3747	7.2336**
Hata	56	134.50826	2.4019	0,01
Toplam	86	646.95709		
CV (%)= 7.32				

** istatistik olarak %1 hata sınırları içinde önemli

Tekerrürler arası ve uygulamalar arası farklılıklar %1 hata düzeyinde önemlidir (Çizelge 4.19). En yüksek gluten değeri (%37,37) tüm gelişme dönemlerinde ardışık 5 ppm uygulamasından (K-SK-B-DD-5), En düşük gluten değeri (% 27,88) ile sapa kalkma döneminde 5 ppm uygulamasından (SK-5) elde edilmiştir. Kontrol konusu, sıralamada %34,84 gluten oranı değeri ile tek başına BCDEF grubunda yer almıştır

Çizelge 3. Buğday gelişme dönemleri ve sitokinin dozlarının gluten oranına etkileri

UYGULAMA		**ORT.**
K-SK-B-DD-10	A	37.38
K-SK-B-DD-5	A B	36.92
K-SK-B-DD-40	A B C	36.21
K-SK-B-5	A B C	36.03
K-SK-B-DD-20	A B C	35.63
K-5	A B C D	35.59
K-SK-B-40	A B C D E	34.99
KONTROL	B C D E F	34.84

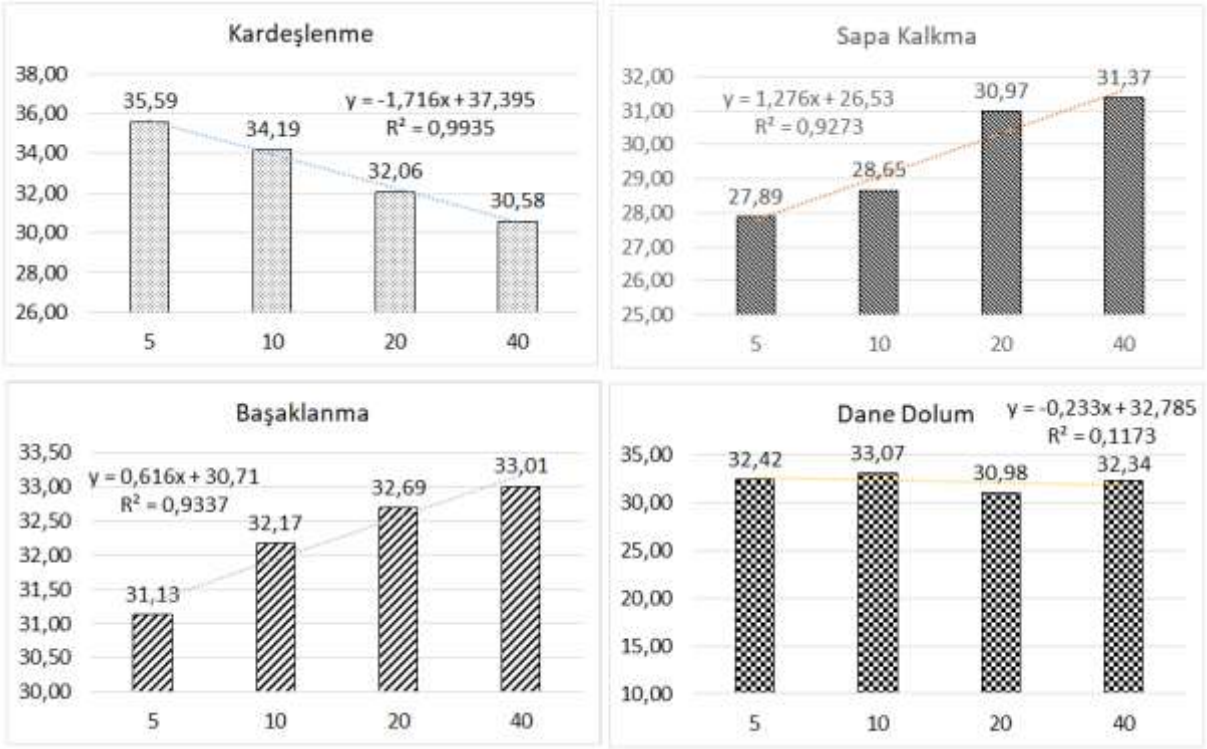
K-SK-B-10	B	C	D	E	F	G						34.52
K-10		C	D	E	F	G						34.19
K-SK-40			D	E	F	G	H					33.08
DD-10			D	E	F	G	H					33.07
B-40				E	F	G	H	I				33.01
K-SK-10				E	F	G	H	I				32.78
B-20				E	F	G	H	I	J			32.69
K-SK-5				E	F	G	H	I	J			32.52
DD-5					F	G	H	I	J			32.42
DD-40					F	G	H	I	J			32.34
B-10						G	H	I	J			32.17
K-SK-20							H	I	J			31.49
SK-40							H	I	J			31.37
B-5							H	I	J	K		31.13
DD-20							H	I	J	K		30.98
SK-20							H	I	J	K		30.97
K-40							H	I	J	K		30.58
K-SK-B-20								I	J	K		30.49
K-20									J	K	L	30.16
SK-10										K	L	28.65
SK-5											L	27.89

* Aynı sütun ve satırda aynı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar, Tukey testine göre istatistiksel olarak aynı grupta yer almaktadır.



Şekil 1. Bitki gelişme dönemlerinde uygulanan sitokinin dozlarına göre zeleny sedimantasyon oranlarındaki değişim

Çalışmada genel olarak üç ve daha fazla yapılan ardışık uygulamalar daha yüksek gluten oranı elde edilmesine yol açtığını göstermektedir.



Şekil 2. Uygulanan sitokinin dozlarıda zeleny sedimantasyon oranlarındaki değişim trendi

Buğdayın ekmeklik kalitesinin önemli göstergelerinden olan yaş öz (gluten), hamurun ekmek yapımına uygunluğunu gösteren elastik proteindir. Hamurun yoğurulması sırasında ağ gibi bir yapı oluşturarak fermantasyon sırasında maya tarafından üretilen CO_2'nin tutulmasını ve iri hacimli ekmek oluşumunu sağlar (Tayyar, 2008). Yaş özün yüksek olması unun ekmeklik kalitesinin iyi olduğunun bir göstergesidir. Yaş öz içeriği proteinde bulunan gluten miktarı ve özelliklerini ifade etmektedir. Bu miktar tane dolum periyodu yağışlı ürün yıllarında protein oranında olduğu gibi düşmekte, buğdayın tane dolum periyodunda kurak geçen yıllarda ise yine protein oranında olduğu gibi artmaktadır (Çağlar et al. 2006; Çağlar et al. 2011). Yine kuraklıkla ilgili olarak yapılan bir çalışmada (Öztürk and Aydın 2004) yaş öz miktarı ile protein oranı arasında pozitif korelasyona (r =0,52) işaret edilmiş ve su stresinin yaş öz oranını artırdığı bildirilmiştir. Buğday çeşitlerinin kalitatif üstünlüğünün ortaya çıkmasında çevre koşulları önemli rol oynamakta ve bulgularımıza benzer şekilde her ürün yılı ve lokasyonda farklı sonuçlar elde edilebilmektedir (Fajersson, 1968). Yaş öz hamurun yoğrulması sırasında ağ gibi bir yapı oluşturarak fermantasyon esnasında maya tarafından üretilen CO_2'in tutulmasını ve iri hacimli ekmek oluşumunu sağlar (Tayyar, 2008). Uluöz (1965) undaki yaş öz içeriğini %27 'nin üzerinde yüksek, %20-22 arası orta, %20'nın altında ise düşük olarak tanımlamıştır. Tarafımızdan yürütülen araştırmalarda kullanılan ve çeşitli ıslah kuruluşlarımız tarafından tescil edilen buğday çeşitleri bu ıskalaya göre değerlendirildiğinde çeşitlerin gluten içeriği

bakımından büyük çoğunlukla yüksek nitelikli sınıfa girdiklerini söylemek mümkündür. Elgün vd (1999), yaş öz miktarının genellikle tanedeki azotlu madde miktarı ile olumlu ilişkili olmakla birlikte, protein miktarından çok, protein kalitesi hakkında fikir verdiğini bildirmişlerdir.

4.2.4. Zeleny Sedimantasyon

Araştırmada gelişme dönemlerinde uygulanan sitokinin hormonu dozlarının sedimantasyona etkilerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4'de, uygulama konuları ile sitokinin dozlarının nişasta oranına etkileri Çizelge 5'de verilmiştir.

Çizelge 4. Sedimantasyona ilişkin varyans analiz sonuçları

Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F değeri
Tekerrür	2	255.1086	127.5543	6.6942**
Uygulama	28	3982.2002	142.2214	7.4640**
Hata	56	1067.0427	19.0543	0,01
Toplam	86	5304.3514		
CV (%)= 11,78				

** istatistik olarak %1 hata sınırları içinde önemli

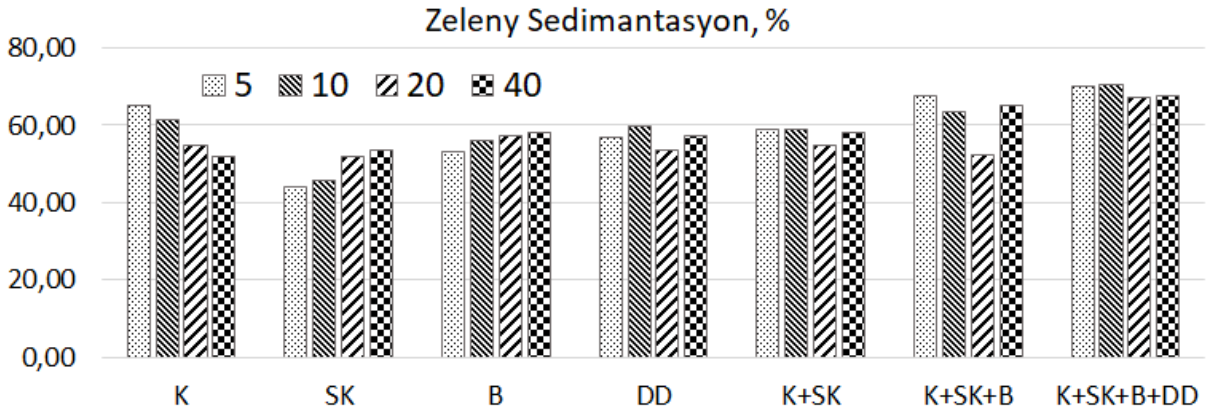
Tekerrürler arası ve uygulamalar arası farklılıklar %1 hata düzeyinde önemlidir. En yüksek sedimentasyon değeri (70,56 ve 70,06 ml) tüm gelişme dönemlerinde ardışık 10 ve 5 ppm uygulamasından [(K- SK-B-DD-5) ve (K-SK-B-DD-10)], en düşük sedimentasyon değeri (43,92 ml) ile sapa kalkma döneminde 5 ppm uygulamasından (SK-5) elde edilmiştir. Kontrol konusu, sıralamada 63.45 ml sedimentasyon değeri ile (K-SK-B-10) ile aynı grupta yer almıştır.

Çizelge 5. Buğday gelişme dönemleri ve sitokinin dozlarının Zeleny Sedimantasyona etkileri

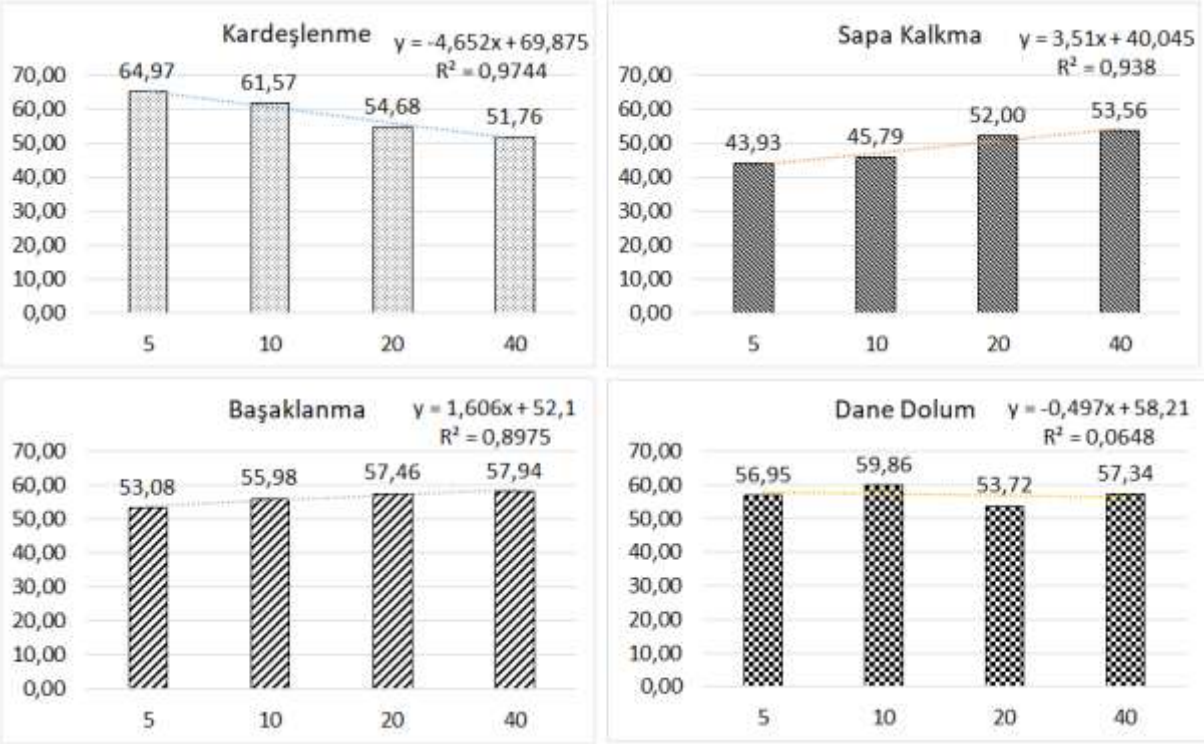
UYGULAMA								**ORT.**
K-SK-B-DD-10	A							70.56
K-SK-B-DD-5	A							70.06
K-SK-B-5	A	B						67.61
K-SK-B-DD-40	A	B						67.59
K-SK-B-DD-20	A	B						67.14
K-5	A	B	C					64.97
K-SK-B-40	A	B	C					64.96
K-SK-B-10	A	B	C	D				63.59
KONTROL	A	B	C	D				63.46
K-10		B	C	D	E			61.57
DD-10			C	D	E	F		59.86
K-SK-5			C	D	E	F	G	59.08
K-SK-10			C	D	E	F	G	59.03
K-SK-40			C	D	E	F	G	H	58.27

B-40	C	D	E	F	G	H				57.94
B-20		D	E	F	G	H	I			57.46
DD-40		D	E	F	G	H	I			57.34
DD-5		D	E	F	G	H	I			56.95
B-10			E	F	G	H	I			55.98
K-SK-20			E	F	G	H	I			54.96
DD-20				F	G	H	I			53.72
SK-40				F	G	H	I			53.56
B-5				F	G	H	I			53.08
K-SK-B-20					G	H	I	J		52.44
SK-20					G	H	I	J		52.00
K-40						H	I	J		51.76
K-20							I	J	K	50.55
SK-10								J	K	45.79
SK-5									K	43.93

* Aynı sütun ve satırda aynı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar, Tukey testine göre istatistiksel olarak aynı grupta yer almaktadır.



Şekil 3. Bitki gelişme dönemlerinde uygulanan sitokinin dozlarına göre nişasta oranlarındaki değişim



Şekil 4. Uygulanan sitokinin dozlarına göre nişasta oranlarındaki değişim trendi

Sedimantasyon değeri gluten miktar ve kalitesini belirttiği gibi, gluten kalitesi aynı olan buğdayların protein miktarının tahmin edilmesinde de kullanın bir yöntemdir. Bu değerin yüksek olması özün (gluten) iyi su tuttuğunu ve bunlardan yapılan ekmeklerin hacimlerinin yüksek olduğunu gösterir (Elgün vd 2001). Fazla miktarda gluten içeren unlar ile gluten kalitesi yüksek unlarda sedimantasyon değeri yüksek olmaktadır (Elgün vd 1999). Zeleny sedimantasyon değeri, un ve laktik asit çözeltisi ile hazırlanan süspansiyon içinde belirli bir süre sonunda çöken un zerrelerinin hacmini ifade eder. TS 2004 buğday standardına göre ekmeklik buğdaylar için zeleny sedimantasyon değerini 36 ml'nin üzerinde çok iyi, 25-36 ml arasında iyi, 16-24 ml arasında zayıf ve 15 ml'nin altında ise kötü olarak tanımlanmıştır. Ülkemizde farklı buğday çeşitlerinin sedimantasyon hacmi 26.0-56.0 ml, arasında değişim göstermektedir (Öztürk ve Gökkuş, 2008; Bayram vd 2008). Sedimantasyon değeri üzerinde iklim faktörlerinin etkisi olduğu bilinmektedir, diğer yandan Atlı ve Koçak (2004) zeleny sedimantasyon değeri kalıtımın etkisi altında olup, farklılıkların daha çok genotipe bağlı olduğuna dikkat çekmektedir.

4. SONUÇ

Araştırma sonuçları, kuraklık stresi altında yetiştirilen buğdayda bitkilerin gelişme dönemleri dikkate alınarak yapılacak sitokinin uygulamalarının etkilerinin olabileceğini ortaya koymaktadır.

Gluten ve Zeleney Sedimantasyon değerleri, kardeşlenme döneminde azalan bir etkiye yol açarken, sapa kalkma döneminden itibaren dane dolum dahil söz konusu etkiler artan bir etkiye dönüşmüştür. Söz konusu kalite kriterlerinin etkisi dane dolum döneminde herhangi bir farklılık göstermemiş, buna karşılık birden fazla (2, 3 ve 4) uygulamalarda gluten ve zeleny sedimentasyon değerleri artmıştır.

NOT: Bu makale, Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme bölümü yüksek lisan öğrencisi Cumhur Umut ESEN'in "Kışlık Buğdayda Fenolojik Dönemlerdeki Sitokinin Uygulamalarının Verim ve Kaliteye Etkisi" isimli yüksek lisans tezinden kısmen alıntı yapılarak yayınlanmıştır.

KAYNAKLAR

Çağlar, Ö., Öztürk A, Bulut S., 2006. Bazı ekmeklik buğday çeşitlerinin Erzurum Ovası koşullarına adaptasyonu. Atatürk Üniv.Ziraat Fakültesi dergisi, 37 (1): 1-7.

Çağlar, O., Karaoglu M.M., Bulut, S., Kotancilar, H.G. and Ozturk, A., 2011. Determination of Some Quality Characteristics in Winter and Facultative Bread Wheat (Triticum aestivum L.) Varieties. Journal of Animal and Veterinary Advances, 10: 3356-3362.

Elgün, A., Ertugay Z., Certel M. ve Kotancılar H.G., 1999. Tahıl ve Ürünlerinde Analitik Kalite Kontrolü ve Laboratuar Uygulama Kılavuzu (2. Baskı). Atatürk Üni. Yay. No: 867, Ziraat Fak. Yay. No: 335, Ders Kitapları Serisi No: 82, 245 s, Erzurum

Elgün, A., Türker S., Bilgiçli N., 2001. Tahıl ve Ürünlerinde Analitik Kalite Kontrolü, Selçuk Üniv.Zir.Fak.Gıda Müh Böl. Yay No.2,Konya, Turkey

Esen, C. U. (2025). Kışlık Buğdayda Fenolojik Dönemlerdeki Sitokinin Uygulamalarının Verim ve Kaliteye Etkisi [Yayınlanmamış yüksek lisans tezi], Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 116 s. Eskişehir.

Fajersson, D.F., 1968. Variation in quality of Swedish proven wheat from the breeders. Vie, W point. Getreide und Mehl 18 (7): 53-56.

Öztürk, İ,. Gökkuş A., 2008. The effects of nitrogen fertilization on grain yield and quality in some bread wheat varieties. Ankara Üniv. Ziraat Fakültesi Tarım Bilimleri Derg., 14 (4):334-340.

Tayyar, Ş., Gül, M.K., 2008. Evaluation of 12 bread wheat varieties for seed yield and some chemical properties grown in Northwestern Turkey. Asian Journal of Chemistry 20(5):3715-3725.

Uluöz, M., 1965. Buğday Un ve Ekmek Analiz Metodları Ege Üniv. Ziraat Fakültesi Yayınları No:29. 91 s, İzmir, Turkey.

ÇAYIRÖZÜ MERALARININ (İSPİR/ERZURUM) BESİN DEĞERİ VE MİNERAL KOMPOZİSYONU

Adil BAKOĞLU
Recep Tayyip Erdoğan University, Pazar Vocational High School, Department of Crop and Animal Production
ORCID ID: 0000-0003-1189-8461
Muhammed İkbal ÇATAL
Recep Tayyip Erdoğan University, Faculty of Agriculture, Department of Field Crops
ORCID ID: 0000-0002-4888-770X

ÖZET

Bu çalışma, Erzurum ili İspir ilçesine bağlı Çayırözü Mahallesi meralarının ot kalitesini ve besin değerini belirlemek amacıyla Temmuz 2020 döneminde yürütülmüştür. Meralardan 12 farklı noktadan 50x50 cm boyutlarındaki kuadratlar kullanılarak bitki örnekleri toplanmıştır. Toplanan örnekler laboratuvarda kurutulmuş, öğütülmüş ve NIRS (Yakın Kızılötesi Spektroskopisi) cihazı ile analiz edilerek kuru madde oranı (KMO), ham protein (HP), asit deterjan lifi (ADF), nötr deterjan lifi (NDF), asit deterjan proteini (ADP), fosfor (P), potasyum (K), kalsiyum (Ca) ve magnezyum (Mg) içerikleri belirlenmiştir. Analiz sonuçlarına göre, meraların ortalama kuru madde oranı %86,82 olarak yüksek bulunmuştur. Ham protein içeriği ortalama %11,51 olarak belirlenmiş olup, bu değer mera otlarının hayvanların protein ihtiyacını karşılama potansiyelinin orta düzeyde olduğunu göstermektedir. Yüksek ADF (%47,84) ve NDF (%65,36) oranları, mera otlarının lif içeriğinin yüksek ve dolayısıyla sindirilebilirliğinin orta düzeyde olduğunu işaret etmektedir. SKM (%51,63), KMT (1,84) ve NYD (73,49) değerleri, mera otlarının besin değerini ve hayvanlar tarafından tüketilebilirliğini göstermesi açısından önemlidir. Mineral madde içerikleri incelendiğinde, Ca ve K düzeylerinin P ve Mg düzeylerinden daha yüksek olduğu görülmüştür. Ca/P oranı ortalama 6,83 ve K/(Ca+Mg) oranı ise ortalama 0,67 olarak hesaplanmıştır. Sonuç olarak, Çayırözü meralarının ot kalitesinin orta düzeyde olduğu, lif içeriğinin yüksek olduğu ve mineral madde dengesinin genellikle uygun olduğu görülmektedir. Bu bulgular, bölgedeki hayvancılık faaliyetleri için mera kullanımının potansiyelini ve rasyon planlamasında dikkate alınması gereken faktörleri ortaya koymaktadır. Mera ıslah çalışmaları ve uygun otlatma yönetimi ile mera kalitesinin artırılması, bölgedeki hayvancılığın sürdürülebilirliği açısından önem taşımaktadır.

Anahtar Kelimeler: Çayırözü, Erzurum, besin değeri, ot kalitesi

NUTRIENT VALUE AND MINERAL COMPOSITION OF ÇAYIRÖZÜ PASTURES (İSPİR/ERZURUM)

ABSTRACT

This study was conducted in July 2020 to determine the herbage quality and nutritional value of the pastures of Çayırözü neighborhood of İspir district of Erzurum province. Plant samples

were collected from 12 different locations using 50x50 cm quadrats. The collected samples were dried, ground and analyzed by NIRS (Near Infrared Spectroscopy) device to determine dry matter content (DM), crude protein (CP), acid detergent fiber (ADF), neutral detergent fiber (NDF), acid detergent protein (ADP), phosphorus (P), potassium (K), calcium (Ca) and magnesium (Mg) contents. According to the results of the analysis, the average dry matter content of the pastures was 86.82%. The average crude protein content was 11.51% and this value shows that the potential of pasture grasses to meet the protein needs of animals is at medium level. High ADF (47.84%) and NDF (65.36%) ratios indicate that the fiber content of pasture grasses is high and therefore the digestibility is at medium level. The values of DDM (51.63), DMI (1.84) and RFV (73.49) are important in terms of showing the nutritional value of pasture grasses and their consumability by animals. When the mineral matter contents were analyzed, it was observed that Ca and K levels were higher than P and Mg levels. Ca/P ratio was calculated as 6.83 and K/(Ca+Mg) ratio as 0.67 on average. As a result, it is seen that the grass quality of Çayırözü pastures is moderate, fiber content is high and mineral matter balance is generally appropriate. These findings reveal the potential of pasture utilization for animal husbandry activities in the region and the factors to be considered in ration planning. Improving pasture quality through pasture improvement studies and appropriate grazing management is important for the sustainability of livestock production in the region.

Keywords: Çayırözü, Erzurum, nutrient value, forage quality

1.GİRİŞ

Hayvancılık sektöründe, yem maliyetleri toplam üretim giderlerinin büyük bir kısmını oluşturmaktadır. Bu nedenle, sürdürülebilir hayvancılık uygulamaları kapsamında çayır ve meralar, en ekonomik ve çevre dostu kaba yem kaynakları olarak kabul edilmektedir. Küresel ölçekte, hayvancılık faaliyetleri için gerekli olan kaba yemin yaklaşık %70'i mera alanlarından karşılanmaktadır (Lund, 2007). Ancak, günümüzde hızla artan nüfus, iklim değişikliğinin yol açtığı ekolojik sorunlar kaliteli kaba yeme olan talebi önemli ölçüde artırmıştır. Bu durum, mera alanlarının korunması ve sürdürülebilir yönetiminin hayati önem taşıdığını ortaya koymaktadır. Özellikle meraların amaç dışı kullanımı ve aşırı otlatma gibi faktörler, bu doğal kaynakların verimliliğini ciddi şekilde azaltmakta ve uzun vadede hayvancılık sektörünü olumsuz etkilemektedir.

Aşırı otlatma, özellikle kurak ve yarı kurak bölgelerdeki mera alanlarında ciddi çevresel sorunlara neden olan önemli bir faktördür (Snyman, 2005; Holechek vd., 2011). Bu durum, mera verimliliğinin azalmasının yanı sıra toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerinde

bozulmalara yol açmaktadır (Beukes ve Cowling, 2003). Toprak yapısının bozulması, meraların erozyona karşı daha savunmasız hale gelmesine ve bitki örtüsünün zayıflamasına neden olmaktadır. Bununla birlikte, aşırı otlatma, meralarda istenmeyen bitki türlerinin yaygınlaşmasına, bitki çeşitliliğinin azalmasına ve biyoçeşitliliğin kaybına da neden olmaktadır (Tongway vd., 2003; Çomaklı vd., 2012). Bu olumsuz etkiler, meraların ekosistem hizmetlerini sağlama kapasitesini önemli ölçüde zayıflatmaktadır. Mera verimliliği ve kalitesi, hayvancılık faaliyetlerinin sürdürülebilirliği açısından temel bir belirleyici rol oynamaktadır (Heitschmidt vd., 1995). Bu nedenle, meraların sürdürülebilir yönetimi, hem çevresel dengenin korunması hem de hayvancılık sektörünün geleceği açısından büyük önem taşımaktadır.

Meraların sürdürülebilir bir şekilde kullanılabilmesi için mera amenajman ilkelerine uygun yönetim stratejilerinin benimsenmesi gerekmektedir. Bu süreçte, mera popülasyonlarının korunması ve özellikle risk altındaki alanlarda ıslah çalışmalarının yürütülmesi büyük önem taşır. Meraların mevcut durumunun doğru bir şekilde analiz edilmesi ve bozulmalara yol açan faktörlerin belirlenmesi, bu hedeflere ulaşmak için kritik bir adımdır. Mera vejetasyonunun detaylı bir şekilde incelenmeden herhangi bir ıslah yönteminin geliştirilmesi veya uygulanması mümkün değildir. Bu nedenle, ıslah çalışmalarına başlamadan önce, vejetasyon yapısının, toprak özelliklerinin, topografik koşulların ve bitki örtüsünün farklılık gösterdiği mera kesimlerinin botanik kompozisyonunun, verimlilik ve kalite durumlarının tam olarak ortaya konulması gerekmektedir. Bu verilere dayalı olarak planlanan ıslah uygulamaları, meraların uzun vadeli kullanımını destekleyecektir (Çınar vd., 2014; Alay vd., 2016). Ayrıca, çayır, mera ve yem bitkileri ekim alanlarından elde edilen yemin besin değeri, otun kalitesiyle doğrudan ilişkilidir. Yemin lezzeti, tüketim oranı, sindirilebilirliği, zararlı madde içeriği, kimyasal ve morfolojik yapısı, enerji ve protein değeri gibi faktörler yem kalitesini belirlemektedir. Bunun yanı sıra, iklim koşulları (sıcaklık, yağış), mevsimsel değişiklikler, bitki örtüsündeki buğdaygil-baklagil oranı, yükselti ve bakı gibi çevresel faktörler de yem kalitesini önemli ölçüde etkilemektedir (Kirilov, 2001; Kaya, 2008).

Bu araştırma, Erzurum'un İspir ilçesinde bulunan Çayırözü Mahallesi'ndeki mera bitki örtüsünün besin değerini ve mineral madde içeriğini detaylı bir şekilde analiz etmeyi amaçlamaktadır. Meraların sürdürülebilir kullanımı ve hayvan beslenmesi açısından, bitki kompozisyonunun ve besin içeriğinin doğru bir şekilde tespit edilmesi büyük önem taşımaktadır. Bu kapsamda, Çayırözü Mahallesi'nden alınan bitki örnekleri üzerinde temel besin maddeleri ve mineral madde analizleri yapılmıştır. Elde edilen bulgular, bölgedeki hayvancılık faaliyetlerinin verimliliğini artırmak ve mera yönetimine yönelik bilimsel temelli

stratejiler geliştirmek amacıyla değerlendirilmiştir. Bu çalışma, literatüre katkı sağlamakla birlikte, benzer ekosistemlerdeki mera yönetimi uygulamalarına da rehberlik edebilecek niteliktedir

2.MATERYAL VE METOD

Bu çalışma, Erzurum ilinin İspir ilçesinde bulunan Çayırözü Mahallesi'nde yer alan meralarda, bitki örtüsünün gelişiminin en üst noktaya (klimaks) ulaştığı Temmuz 2020 tarihinde yürütülmüştür. Seçilen çalışma alanı, deniz seviyesinden ortalama 2100 metre yükseklikte bulunmaktadır ve İspir ilçe merkezine yaklaşık 21 kilometre uzaklıktadır (40° 33' 52" N, 40° 54' 36" E). Çalışma alanının konumu ve çalışma alanından çekilen bazı fotoğraflar Şekil 1'de verilmiştir. 2020 yılında Erzurum ilinde kaydedilen meteorolojik verilere göre, toplam yağış miktarı 295,6 mm, ortalama sıcaklık 5,6 °C ve ortalama bağıl nem %67 olarak ölçülmüştür (Anonim, 2021).



Şekil 1. Çalışma alanının konumu (Google Earth) ve çalışma alanından çekilen bazı fotoğraflar

Bu çalışmada bitki örneklemesi, 2020 yılının Temmuz ayında Çayırözü Mahallesi'ndeki mera alanında 12 farklı noktada gerçekleştirilmiştir. Örnekleme işlemi, her bir noktada 50x50 cm boyutlarında metal kuadratlar kullanılarak, toprak yüzeyine en yakın kısımdan bitkilerin kesilerek toplanması şeklinde yapılmıştır. Toplanan bitki materyali, kimyasal analizlere uygun hale getirilmesi amacıyla ilk olarak 60 °C sıcaklıkta etüvde sabit ağırlığa ulaşıncaya kadar kurutulmuş ve ardından 1 mm elek boyutuna sahip bir laboratuvar değirmeninde öğütülerek homojen bir numune elde edilmiştir. Bu şekilde hazırlanan bitki örneklerinde kuru madde oranı (KMO), ham protein (HP), asit deterjan lifi (ADF), nötr deterjan lifi (NDF), asit deterjan proteini (ADP), fosfor (P), potasyum (K), kalsiyum (Ca) ve magnezyum (Mg) konsantrasyonları, Foss NIRSystems Model 6500 Win ISI II v1.5 model NIRS (Yakın Kızılötesi Spektroskopisi) cihazı kullanılarak belirlenmiştir. Besin madde içeriklerinin yanı sıra, her bir bitki örneği için ADF ve NDF değerleri temel alınarak, ruminant hayvanların beslenmesinde önemli parametreler olan kuru madde tüketimi (KMT), sindirilebilir kuru madde (SKM), nispi yem değeri (NYD), sindirilebilir enerji (SE) ve metabolik enerji (ME) değerleri, ilgili literatürde yer alan ve aşağıda sunulan formüller aracılığıyla hesaplanmıştır:

Sindirilebilir Kuru Madde (SKM) = 88,9 - (0,779 x %ADF) (Oddy vd. 1983)

Kuru Madde Tüketimi (KMT) = 120 / (%NDF) (Sheaffer vd. 1995)

Nispi Yem Değeri (NYD) = (SKM x KMT) / 1,29 (Sheaffer vd. 1995)

Sindirilebilir Enerji (SE) = 0,27 + 0,0428 x (%SKM) (Fonnesbeck vd. 1984)

Metabolik Enerji (ME) = 0,821 x SE (Mcal/kg) (Khalil vd. 1986)

Analiz sonuçlarının değerlendirilmesinde, bitki örneklerindeki makro elementler arasındaki potansiyel etkileşimleri ve dengeleri değerlendirmek amacıyla Ca/P ve K/(Ca+Mg) oranları hesaplanmıştır. Elde edilen tüm verilerin istatistiksel analizleri, JMP 13 istatistik yazılımı kullanılarak tanımlayıcı istatistik yöntemleri (ortalama, standart sapma, minimum ve maksimum) ile gerçekleştirilmiştir.

3.BULGULAR VE TARTIŞMA

Çayırözü Mahallesi mera alanından elde edilen ot örneklerinin kalite özelliklerine ait analiz sonuçları Tablo 1'de ayrıntılı olarak sunulmaktadır. Tablo 1 incelendiğinde, analiz edilen ot örneklerinin kuru madde oranları, ham protein içerikleri, lif fraksiyonları (ADF ve NDF), enerji değerleri (sindirilebilir enerji (SE) ve metabolik enerji (ME)), mineral madde içerikleri (fosfor (P), potasyum (K), kalsiyum (Ca) ve magnezyum (Mg)) ve bu mineraller arasındaki oranlar (Ca/P ve K/(Ca+Mg)) belirlenmiştir.

Tablo 1. Çayırözü Mahallesi merasının besin değerleri

Kalite Özellikleri	**Ortalama±Std sapma (Minimum – Maksimum)**
Kuru Madde Oranı (KM) (%)	86.82±4.97 (83.65 – 92.55)
Ham Protein Oranı (HP) (%)	11.51±2.25 (10.13 – 14.11)
Asit Deterjan Fiber (ADF) (%)	47.84±5.21 44.29 – 53.82)
Nötr Deterjan Fiber (NDF) (%)	65.36±2.41 (63.27 – 68.00)
Asit Deterjan Protein (ADP) (%)	1.44±0.08 (1.39 – 1.53)
Sindirilebilir Kuru Madde (SKM)	51.63±4.06 (46.97 – 54.40)
Kuru Madde Tüketimi (KMT)	1.84±0.07 (1.76 – 1.90)
Nisbi Yem Değeri (NYD)	73.49±8.50 (63.68 – 78.70)
Sindirilebilir Enerji (SE) (Mcal/kg)	2.48±0.17 (2.28 – 2.60)
Metabolik Enerji (ME) (Mcal/kg)	2.04±0.14 (1.87 – 2.13)
Fosfor (P) (%)	0.23±0.04 (0.20 – 0.28)
Potasyum (K) (%)	1.33±0.06 (1.29 – 1.40)
Kalsiyum (Ca) (%)	1.57±0.06 (1.53 – 1.64)
Magnezyum (Mg) (%)	0.43±0.04 (0.40 – 0.48)
Ca/P	6.83±1.16 (5.49 – 7.65)
K/(Ca+Mg)	0.67±0.01 (0.65 – 0.67)

Çayırözü Mahallesi mera alanından toplanan ot örneklerinin besin madde ve mineral içeriklerine ilişkin analiz sonuçları Tablo 1'de detaylı olarak sunulmuştur. Ortalama %86,82 (±4,97) kuru madde içeriği, otların iyi bir şekilde kuruduğunu ve depolamaya uygun olduğunu göstermektedir. Ham protein içeriğinin ortalama %11,51 (±2,25) olması, mera otlarının hayvanların protein ihtiyacını karşılamada orta düzeyde bir potansiyele sahip olduğunu işaret etmektedir. Yüksek ADF (%47,84 ±5,21) ve NDF (%65,36 ±2,41) değerleri, otların lif içeriğinin yüksek olduğunu ve sindirilebilirliğinin orta düzeyde olduğunu göstermektedir. Bu durum, otların ruminant hayvanlar için uygun olduğunu, ancak enerji yoğun bir rasyon için takviye yemlere ihtiyaç duyulabileceğini işaret eder. ADP değeri %1,44 (±0,08) olarak belirlenmiştir. SKM (51,63 ±4,06), KMT (1,84 ±0,07) ve NYD (73,49 ±8,50) değerleri, otların besin değerini ve hayvanlar tarafından tüketilebilirliğini göstermesi açısından önemlidir. Enerji değerleri olan SE (2,48 Mcal/kg ±0,17) ve ME (2,04 Mcal/kg ±0,14), otların enerji içeriği hakkında bilgi vermektedir. Mineral madde kompozisyonu incelendiğinde, Ca (%1,57 ±0,06) ve K (%1,33 ±0,06) düzeylerinin P (%0,23 ±0,04) ve Mg (%0,43 ±0,04) düzeylerinden daha yüksek olduğu görülmektedir. Ca/P oranının 6,83 (±1,16) olması, ruminant hayvanların beslenmesi açısından genellikle uygun aralıkta olsa da, bazı durumlarda dengelenmesi

gerekebilir. K/(Ca+Mg) oranının 0,67 (±0,01) olması, mineral dengesinin genel olarak iyi olduğunu göstermektedir.

Çatal vd. (2024) tarafından 2020 yılında Çayırözü Mahallesi (İspir/Erzurum) meralarında gerçekleştirilen vejetasyon çalışmasında, lup metodu ile toprağı kaplama oranı %67,66 olarak bulunmuş ve mera "Zayıf" olarak sınıflandırılmıştır (mera kalite derecesi 2,98). Bu durum, mera alanının bitki örtüsünün yeterince gelişmemiş olduğunu ve potansiyel veriminin düşük olabileceğini göstermektedir. Botanik kompozisyon incelendiğinde, *Poaceae* (%21,33) ve *Fabaceae* (%19,46) familyalarının yanı sıra diğer familyaların (%59,21) da önemli bir oranda bulunduğu görülmektedir. Bu çeşitlilik, mera ekosisteminin genel yapısı hakkında bilgi vermektedir. Aynı mera alanından toplanan ot örneklerinin besin değerleri ise Tablo 1'de sunulmuştur. Ortalama kuru madde oranı (%86,82 ±4,97) yüksek bulunurken, ham protein içeriği (%11,51 ±2,25) orta düzeydedir. Yüksek ADF ve NDF değerleri (sırasıyla %47,84 ±5,21 ve %65,36 ±2,41), otların lif içeriğinin yüksek olduğunu ve bu durumun mera kalitesini etkileyebileceğini işaret etmektedir. Bu bulgular, "Zayıf" mera durumu ile uyumlu olarak, otların besin değerinin de geliştirilmesi gerektiğini göstermektedir. Özellikle protein içeriğinin artırılması ve lif oranının dengelenmesi, mera ıslah çalışmalarıyla mümkün olabilir.

Bu çalışmada, Çayırözü Mahallesi meralarından elde edilen ot örneklerinin besin madde ve mineral içerikleri incelenmiştir (Tablo 1). Elde edilen bulgular, bölgedeki mera otlarının kalitesi hakkında önemli bilgiler sunmaktadır. Ortalama kuru madde oranı (%86,82 ± 4,97) yüksek bulunmuştur; bu durum, otların iyi bir şekilde kuruduğunu ve depolamaya uygun olduğunu göstermekle birlikte, bölgedeki iklim koşullarının da bu yüksek orana katkıda bulunmuş olabileceğini düşündürmektedir. Ham protein içeriğinin ortalama %11,51 (± 2,25) olması, mera otlarının hayvanların protein ihtiyacını karşılama potansiyelinin orta düzeyde olduğunu göstermektedir. Bu değer, Kılıç (2018)'ın Trabzon'daki çalışmasında (%16,6) ve Şahinoğlu (2010)'nun Samsun'daki çalışmasında (%16,33-18,64) bulduğu değerlerden düşüktür. Nadir (2010)'in Tokat'taki çalışmasında (%16,48-18,81) ve Aydın ve Başbağ (2017)'ın Karacadağ'daki çalışmasında (%19,19) elde edilen değerler de bu çalışmanın bulgularından yüksektir. Güllap (2010)'ın Erzurum'daki çalışmasında ise benzer veya daha düşük (%8,26-13,12) HP oranları bulunmuştur. Bu farklılıklar, bölgeler arasındaki iklim, toprak özellikleri, bitki türleri ve mera yönetim uygulamalarından kaynaklanabilir.

Yüksek ADF (%47,84 ± 5,21) ve NDF (%65,36 ± 2,41) değerleri, Çayırözü meralarındaki otların lif içeriğinin yüksek olduğunu ve sindirilebilirliğinin orta düzeyde olduğunu göstermektedir. Bu durum, otların ruminant hayvanlar için uygun olduğunu, ancak enerji yoğun

bir rasyon için takviye yemlere ihtiyaç duyulabileceğini işaret etmektedir. Bu bulgular, Kılıç (2018), Şahinoğlu (2010), Nadir (2010), Parlak vd. (2015), Aydın ve Başbağ (2017) ve Tutar ve Kökten (2019)'in çalışmalarında bildirilen ADF ve NDF değerleriyle karşılaştırıldığında, Çayırözü meralarındaki otların daha yüksek lif içeriğine sahip olduğu görülmektedir. Bu durum, bölgedeki bitki türlerinin kompozisyonu ve mera yönetim uygulamaları ile ilişkili olabilir.

SKM (%51,63 ± 4,06), KMT (1,84 ± 0,07) ve NYD (73,49 ± 8,50) değerleri, otların besin değerini ve hayvanlar tarafından tüketilebilirliğini göstermesi açısından önemlidir. Bu değerler, Kılıç (2018), Nadir (2010) ve Aydın ve Başbağ (2017)'ın çalışmalarında bildirilen değerlerden düşüktür. Bu farklılıklar, mera kalitesini etkileyen birçok faktörün (bitki türleri, iklim, toprak, yönetim) etkileşiminden kaynaklanabilir.

Mineral madde kompozisyonu incelendiğinde, Ca ve K düzeylerinin P ve Mg düzeylerinden daha yüksek olduğu görülmektedir. Ca/P oranının 6,83 (± 1,16) olması, ruminant hayvanların beslenmesi açısından genellikle uygun aralıkta olsa da, bazı durumlarda dengelenmesi gerekebilir. K/(Ca+Mg) oranının 0,67 (± 0,01) olması, mineral dengesinin genel olarak iyi olduğunu göstermektedir. Şahinoğlu (2010) ve Aydın ve Başbağ (2017)'ın çalışmalarında bildirilen mineral madde içerikleri ile karşılaştırıldığında, Çayırözü meralarındaki otların mineral kompozisyonunda farklılıklar olduğu görülmektedir. Bu farklılıklar, bölgedeki toprak yapısı ve bitki türlerinin mineral alım kapasitesi ile ilişkili olabilir.

4.SONUÇ

Bu çalışmada, Erzurum ili İspir ilçesinde bulunan Çayırözü Mahallesi meralarında Temmuz 2020 döneminde toplanan bitki örneklerinin besin madde ve mineral madde içerikleri detaylı olarak incelenmiştir. 50x50 cm boyutlarındaki kuadratlar kullanılarak 12 farklı noktadan toplanan örneklerin analizleri sonucunda, meraların ortalama kuru madde oranının (%86,82) yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bu durum, bölgedeki iklim koşullarının bitki örtüsünün kuruması üzerindeki etkisini göstermektedir. Ham protein içeriği ortalama %11,51 olarak belirlenmiş olup, bu değer mera otlarının hayvanların protein ihtiyacını karşılama potansiyelinin orta düzeyde olduğunu işaret etmektedir. Yüksek asit deterjan lifi (ADF) (%47,84) ve nötr deterjan lifi (NDF) (%65,36) oranları, mera otlarının lif içeriğinin yüksek ve dolayısıyla sindirilebilirliğinin orta düzeyde olduğunu göstermektedir. Bu durum, ruminant hayvanlar için uygun bir besin kaynağı olduğunu, ancak enerji yoğun bir rasyon için takviye yemlere ihtiyaç duyulabileceğini ortaya koymaktadır. Hesaplanan sindirilebilir kuru madde (SKM) (%51,63), kuru madde tüketimi (KMT) (1,84) ve nispi yem değeri (NYD) (73,49) değerleri, mera otlarının besin değerini ve hayvanlar tarafından tüketilebilirliğini göstermesi

açısından önemlidir. Enerji değerleri olan sindirilebilir enerji (SE) (2,48 Mcal/kg) ve metabolik enerji (ME) (2,04 Mcal/kg) ise otların enerji içeriği hakkında bilgi vermektedir.

Mineral madde içerikleri incelendiğinde, kalsiyum (%1,57) ve potasyum (%1,33) düzeylerinin fosfor (%0,23) ve magnezyum (%0,43) düzeylerinden daha yüksek olduğu görülmüştür. Ca/P oranı ortalama 6,83, K/(Ca+Mg) oranı ise ortalama 0,67 olarak hesaplanmıştır. Bu sonuçlar, Çayırözü Mahallesi meralarının incelenen parametreler açısından genel bir değerlendirmesini sunmaktadır. Mera otlarının besin değerlerinin orta düzeyde olduğu, lif içeriğinin yüksek olduğu ve mineral madde dengesinin genellikle uygun olduğu görülmektedir. Bu bulgular, bölgedeki hayvancılık faaliyetleri için mera kullanımının potansiyelini ve rasyon planlamasında dikkate alınması gereken faktörleri ortaya koymaktadır. Bu çalışmadaki sonuçlar ile bölgenin mera ıslah çalışmaları ve uygun otlatma yönetimi ile mera kalitesinin artırılması, bölgedeki hayvancılığın sürdürülebilirliği açısından önem taşımaktadır.

KAYNAKÇA

Alay F, İspirli K, Uzun F, Çınar S, Aydın İ, Çankaya N. (2016). Uzun süreli serbest otlatmanın doğal meralar üzerine etkileri. Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 33(1): 116 124.

Anonim. (2021). T.C. Başbakanlık Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü, Erzurum İl Müdürlüğü Kayıtları.

Aydın A, Başbağ M. (2017). Karacadağ'ın farklı yükseltilerindeki meraların durumu ve ot kalitesinin belirlenmesi. Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi, 32(1), 74-84.

Beukes PC, Cowling RM. (2003). Non-selective grazing impacts on soil properties of the Nama Karoo. Journal of Range Management, 56, 547-552.

Çatal Mİ, Baykal H, Bakoğlu A. (2024). Çayırözü Mahallesinin (İspir/ERZURUM) Toprağı Kaplama Oranı, Botanik Kompozisyon ve Mera Kalitesinin Belirlenmesi. Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences, 9(4), 697-702.

Çınar S, Hatipoğlu R, Avcı M, İnal İ, Yücel C, Avağ A. (2014). Hatay ili Kırıkhan ilçesi taban meralarının vejetasyon yapısı üzerine bir araştırma. Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 31(2): 52-60.

Çomaklı B, Fayetörbay D, Daşcı M. (2012). Changing of Botanical Composition and Canopy Coverage Ratio in Rangelands at Different Altitudes. Journal of Agricultural Faculty of Atatürk University, 43(1), 17-21.

Fonnesbeck PV, Clark DH, Garret WN, Speth CF. (1984). Predicting energy utilization from alfalfa hay from the Western Region. Proceeding of American Society of Animal Sciences (Western Section), 35: 305-308.

Güllap MK. (2010). Kargapazarı Dağında (Erzurum) farklı otlatma sistemi uygulamalarının mera bitki örtüsüne etkisi. Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi, Erzurum.

Heitschmidt RK, Grings EE, Haferkamp MR, Karl MG. (1995). Herbage dynamics on two northern Great Plains range sites. Journal of Range Management, 48, 211-217.

Holechek JL, Pieper RD, Herbel CH. (2011). Range management principles and practices. Sixth edition. Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey, USA, 444 sy.

Kaya Ş. (2008). Kaba yemlerin değerlendirilmesinde göreceli yem değeri ve göreceli kaba yem kalite indeksi. Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi, 1(1): 59 64.

Khalil JK, Sawaya WN, Hyder SZ. (1986). Nutrient composition of Atriplex leaves grown in Saudi Arabia. Journal of Range Management, 39: 104-107.

Kılıç S. (2018). Trabzon ili Düzköy ilçesi Beypınarı merasında farklı gübre uygulamalarının meranın verim, kalite ve botanik kompozisyonuna etkileri üzerine bir araştırma. Yüksek Lisans Tezi, Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Tokat.

Kirilov A. (2001). Lucerne quality and possibilities for its estimation, In : I. Delgado and J. Lloveras (Eds.), Quality in lucerne and medics for animal production. Zaragoza, CIHEAM, p. 231-234, http://om.ciheam.org/om/pdf/a45/01600089.pdf (Erişim tarihi: 23.10.2016).
Lund HG. (2007). Accounting for the world's rangelands. Rangelands, 29(1), 3-10.
Nadir M. (2010). Tokat ili Yeşilyurt köyü doğal merasının botanik kompozisyon, kuru madde verimi ve kalitesinin belirlenmesi. Yüksek Lisans, Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Tokat.
Oddy VH, Robards GE, Low SG. (1983). Prediction of in vivo dry matter digestibility from the fiber nitrogen content of a feed. In: Feed Information and Animal Production. (ed) Robards, G.E., Packham, R.G., Common wealth Agricultural Bureau, Farnham Royal, UK, 395-398.
Parlak AÖ, Parlak M, Gökkuş A, Demiray HC. (2015). Akdeniz (Çanakkale) meralarının ot verimi ve kalitesi ile botanik kompozisyonu ve bazı toprak özellikleri. Çanakkale On Sekiz Mart Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 3(1), 99-108.
Sheaffer CC, Peterson MA, Mccalin M, Volene JJ, Cherney JH, Johnson KD, Woodward WT, Viands DR. (1995). Acid detergent fiber, neutral detergent fiber concentration and relative feed value. North American Alfalfa Improvement Conference, Minneapolis.
Snyman HA. (2005). Rangeland degradation in a semi-arid South Africa. I: influence on seasonal root distribution, root/shoot ratios, and water-use efficiency. Journal of Arid Environments, 60, 457 481. https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2004.06.006
Şahinoğlu O. (2010). Bafra ilçesi Koşu köyü merasında uygulanan farklı ıslah yöntemlerinin meranın ot verimi, yem kalitesi ve botanik kompozisyonu üzerine etkileri. Doktora Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Samsun.
Tongway DJ, Sparrow AD, Friedel MH. (2003). Degradation and recovery processes in arid grazing lands of central Australia. Part I: Soil and Land Resources. Journal of Arid Environments, 55, 302-326.
Tutar H, Kökten K. (2019). Mera vejetasyon özelliklerinin farklı yöneylere göre değişimi. Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi, 6(3), 312-318.

SUGAR BEET PRODUCTION QUANTITY AND PRICE FORECAST IN TÜRKİYE

Yunus Emre TERZİ
International Agricultural Research and Training Center
ORCID ID: 0000-0002-4354-1232
Osman UYSAL
Malatya Turgut Ozal University, Faculty of Agriculture, Department of Agricultural Economics
ORCID ID: 0000-0002-9010-2988

ABSTRACT

Sugar beet, which is the main raw material of sugar demand in Türkiye, has a great importance for the national economy and agricultural production. Changes in the sugar beet production quantity and prices have a direct impact on sugar supply and this has become a strategic issue for both producers and consumers. Therefore, forecasting how sugar beet production and prices will be shaped in the future is a critical requirement to reduce uncertainties in the sector. In this study, Türkiye's sugar beet production and price changes between 1993 and 2024 are analyzed in detail and future projections are made in the light of these data. Delphi method and Double Exponential Smoothing method were used to create future projections for sugar beet production and price. Sugar beet production is affected by many factors such as climatic conditions, input costs, farmers' planting preferences and market interventions. At the same time, developments in world markets and trade policies directly affect production and price dynamics. According to the results of the research, sugar beet production in Türkiye is projected to be between 20 and 23 million tonnes in 2029. At the same time, sugar prices are estimated to range between 64.46 and 72.45 USD. Forecasting future production and price trends will constitute a critical decision mechanism for both producers and policy makers. In this context, it is of great importance to shape agricultural policies in a way to support sustainable and efficient production.

Keywords: Sugar beet, production, price, Delphi method, Double Exponential Smoothing method.

TÜRKİYE'DE ŞEKER PANCARI ÜRETİM MİKTARI VE FİYATI İÇİN GELECEK ÖNGÖRÜSÜ

ÖZET

Türkiye'de şeker ihtiyacının temel hammaddesi olan şeker pancarı, ülke ekonomisi ve tarımsal üretim açısından büyük bir öneme sahiptir. Şeker pancarı üretim miktarında ve fiyatlarında meydana gelen değişimler, şeker arzı üzerinde doğrudan etkili olup, bu durum hem üreticiler hem de tüketiciler için stratejik bir konu haline gelmiştir. Bu nedenle, şeker pancarı üretim miktarının ve fiyatlarının gelecekte nasıl şekilleneceğini tahmin etmek, sektördeki

belirsizlikleri azaltmak açısından kritik bir gerekliliktir. Bu çalışmada, Türkiye'nin 1993-2024 yılları arasındaki şeker pancarı üretim miktarı ve fiyat değişimleri detaylı bir şekilde incelenmiş ve bu veriler ışığında gelecek projeksiyonları oluşturulmuştur. Şeker pancarı üretim miktarı ve fiyatı için gelecek öngörüleri oluşturmada Delphi metodu Çift Üssel Düzeltme yönteminden yararlanılmıştır. Şeker pancarı üretimi, iklim koşulları, girdi maliyetleri, çiftçilerin ekim tercihleri ve piyasa müdahaleleri gibi birçok faktörden etkilenmektedir. Aynı zamanda, dünya piyasalarındaki gelişmeler ve ticaret politikaları da üretim ve fiyat dinamiklerini doğrudan etkilemektedir. Araştırma sonuçlarına göre, Türkiye'de şeker pancarı üretim miktarının 2029 yılında 20 ila 23 milyon ton arasında gerçekleşeceği öngörülmektedir. Aynı zamanda, şeker fiyatlarının 64,46 ile 72,45 dolar arasında değişeceği tahmin edilmiştir. Gelecekteki üretim ve fiyat eğilimlerinin tahmin edilmesi, hem üreticiler hem de politika yapıcılar için kritik bir karar mekanizması oluşturacaktır. Bu kapsamda, tarım politikalarının sürdürülebilir ve verimli bir üretimi destekleyecek şekilde şekillendirilmesi büyük önem taşımaktadır.

Anahtar Kelimeler: Şeker pancarı, üretim, fiyat, Delphi metodu, Çift Üstel Düzeltme yöntemi.

1. INTRODUCTION

The known history of sugar began with the production of Saccharum robustum, a type of sugar cane which produced in New Guinea approximately ten thousand years ago. Sugar beet is already produced for nutritional purposes, was first used in sugar production in the early 19th century (Hancock, J. 2021). Today, approximately 80% of sugar production on a global scale is obtained from sugar cane and 20% from sugar beet (ISO, 2024). This situation shows that raw material preferences in production processes are shaped by regional climatic conditions, economic factors and agricultural policies. In Türkiye, all sugar production is carried out with sugar beet.

Although some attempts were made in the middle of the 19th century to establish sugar factories during the Ottoman Empire, unfortunately they were not efficient. The first sugar factory in Türkiye was opened in 1926 in Babaeski district of Kırklareli under the name Alpullu Sugar Factory (Turkseker, 2024). Today, there are 33 sugar factories, of which 15 are public, 6 are co-operatives and 12 are private. In addition, in Türkiye, there is a floor price in sugar beet production and sugar prices, and quotas are applied in sugar production.

Since sugar beet production is subject to quota, there is no marketing problem. On the other hand, production inputs can be financed more easily than other agricultural products. These two factors strengthen the tendency of farmers to produce sugar beet more than other crops. In 2024,

23 million tons of sugar beet was produced in Türkiye. Sugar beet production accounts for 16.8% of total agricultural production (TurkStat, 2025).

Like every business, agricultural enterprises make production planning in order to obtain the highest income. Forecasting the price of agricultural products is of great importance in order to achieve the highest income. For sugar factories, the situation is more complicated. The maximum c of sugar beet that sugar factories can process in a day is fixed. However, the quantity of sugar they can produce is variable. There are two reasons for this variability. The first one is the polar ratio of sugar beet. Polar ratio expresses the quantity of sugar in sugar beet. The more this ratio increases, the quantity of sugar to be obtained from a tons of sugar beet increases at the same rate. In other words, sugar beet with high polar ratio can produce more sugar in the same time by using the same inputs. Another factor causing variability is the length of the campaign period. In the sugar industry, the campaign period refers to the time between the beginning and the end of sugar production. The campaign period starts with the first harvest of sugar beet. Although the harvest of sugar beet varies according to the climatic conditions in our country, it starts in mid-September and ends in November. However, due to the fact that the daily beet processing capacity of the factories is fixed, it may take until the middle of March to process the ensiled sugar beet. The prolongation of the campaign period causes losses in sugar beet. This situation causes less sugar to be produced with the available sugar beet. In order for both sugar factories and farmers to make production plans, it is of great importance to know the sugar beet price and production quantity.

In order to make agricultural production planning, it is very important to estimate the variables of agricultural products. For this reason, many studies (Aydoğan et al. 2015; Uysal and Polatöz, 2016; Candemir and Dağtekin, 2019; Aydın, 2022) have been conducted in Türkiye. Some of these studies (Gül et al., 2023; Merdan, 2023; Akan and Uzundumlu, 2024) were conducted for the variables of sugar beet. However, projection studies on sugar beet in Türkiye are few. Some of the few studies belong to local regions. In addition, there are no projection studies on sugar beet price in our country.

This study was conducted to contribute to the production planning of both farmers and sugar factories by making a 5-year projection study by using time series of sugar beet production and price parameters of Türkiye between 1993-2024.

2. MATERIAL AND METHOD

In the study, time series data on sugar beet production and price parameters between 1993 and 2024 are used. Data on the relevant parameters were obtained from the databases of the official

websites of the Turkish Statistical Institute and the Ministry of Agriculture and Forestry. For the conversion of prices into dollars, the average dollar buying price obtained from the official website of the Central Bank was taken into account. Sugar beet harvesting starts in September. In addition, sugar beet purchase price is also announced in September. Considering these reasons, the average dollar selling price of September was taken into consideration in the exchange rate selection of the Central Bank.

The Delphi method was used in the next stage of the study in order to make more accurate forecasts of sugar beet production and price parameters. The Delphi technique has been used extensively in many fields (e.g. Hill and Fowles, 1975; Linstone and Turoff, 1975; Lock, 1987; Parente and Anderson-Parente, 1987; Stewart, 1987; Rowe et al., 1991, Hardaker et al., 2004, Uysal et al., 2016). One effective way of bringing together the views of experts and aggregating group opinion while minimizing these possible problems is to use the Delphi method (Linstone and Turoff,, 2002). Within the scope of the Delphi method, experts first predict future sales based on their individual knowledge and experience. In this process, each expert is unaware of the forecasts of the others. The forecasts obtained in the first stage are summarized and the average results and the distribution of the forecasts are reported back to the experts. Then, the experts are asked to forecast again on the same topic. At this stage, they can keep their previous forecasts or revise them in line with the new data. This process is repeated several times, and in some cases, face-to-face meetings are organized between the managers at the final stage to reach a consensus on a common forecast.

In the Delphi method, a group of five experts was selected for each variable in January 2025 in order to realize Türkiye's sugar beet production and price forecasts and the forecasting process was carried out in two stages. The lowest, average and highest forecast values were obtained from the experts and a consensus was reached at the end of the process. The forecasts obtained by Delphi method were ranked from small to large and point and interval forecasts were formed. Finally, the Subjective Correction Method was applied using the primary data and Delphi method outputs, and a new corrected data series was obtained (Hardaker et al., 2004).

Accordingly, the following equation was used;

$$g(n_{ij}) = E[g(s)_i] + \{g(h)_{ij} - E[g(h)_{ij}]\}\sigma(s)_j/\sigma(h)_j$$

In the formula;

$g\,(n)_{ij}$ = smoothed time series,

$E[g(s)_i]$ = subjective probability distribution,

$g\,(h)_{ij}$ = current time series value,

$E(g(h)_{ij})$ = mean of the time series,

$\sigma\ (s)_i$ = standard deviation of the subjective probability distribution,

$\sigma\ (h)_i$ = represents the standard deviation of the time series.

In order to make predictions with the new series obtained, Double Exponential Smoothing is frequently used in time series analysis of parameters of agricultural products. The double exponential smoothing method mathematically smooths the time series data and gives more weight to the last 2 years in the data set while giving less weight to the previous data when estimating. This method is used for the method that includes a certain trend (Aydoğan et al., 2015; Uysal et al., 2016; Candemir and Dağtekin, 2019). With this method, exponential smoothing is performed by revealing the trend. The following equation is used in this method (Hardaker et al., 2004):

Average: $At = \propto Yt + (1-\propto)(At - 1 + Tt - 1)$

Current Trend: $CTt = At - At - 1$

Average Trend: $Tt = CTt + (1 - \beta)Tt - 1$

Prediction: $\hat{Y}t - 1 = At + Tt$

In the present equations, At: exponentially smoothed mean at time t, CTt : trend at time t, Tt : exponentially smoothed trend at time t, Yt-1: forecast for the future time, $\propto$: It represents the correction factor for the average, which varies between 0 and 1, β : It represents the correction factor for the trend, which varies between 0-1 (Candemir and Dağtekin, 2019).

3. FINDINGS

According to the Turkish Statistical Institute data, although sugar beet production in Türkiye has a fluctuating trend over the years, it generally tends to increase. Sugar beet production was realized as 23 million tons in 2024 (Table 1).

In our country, a base price is applied in sugar beet production . The base price is announced every year by the Sugar Department of the Ministry of Agriculture and Forestry. Sugar prices, like sugar beet production, show a fluctuating trend over the years. The base price of sugar determined for 2024 is 2350 TL/ton, which corresponds to approximately $69.79/ton when the average dollar buying rate of the Central Bank of the Republic of Türkiye in September is taken into account (Table 1).

3.1 Türkiye's Sugar Beet Production Projection

When Türkiye's sugar beet production between 1993 and 2024 is examined, it is observed that it exhibits a fluctuating trend. Türkiye's sugar beet production, which was 15.6 million tons in

1993, showed an average increase of 1.5%. However, in 2024, total production decreased by 8.9% from 25.3 million tons to 23 million tons (Table 1).

In order to make a more accurate projection on sugar beet production, the opinions of 5 experts on sugar beet production were ranked from smallest to largest and range and point estimates were made (Table 2).

Table 1. Sugar beet production and price by year (TUIK, 2025)

Years	Production quantity (tons)	Sugar beet price ($/ton)	Years	Production quantity (tons)	Sugar beet price ($/ton)
1993	15620514	36.78	2009	17274674	73.71
1994	12944223	29.43	2010	17942112	80.21
1995	11170569	52.20	2011	16126489	72.42
1996	14543277	49.40	2012	14919940	72.05
1997	18400734	64.49	2013	16488590	74.23
1998	22282539	59.79	2014	16743045	72.48
1999	17102326	59.41	2015	16022783	63.16
2000	18821033	50.65	2016	19592731	64.07
2001	12632522	33.94	2017	21149020	60.44
2002	16523166	44.82	2018	17436100	37.63
2003	12622934	63.82	2019	18054320	55.91
2004	13517241	65.09	2020	23025738	47.86
2005	15181247	73.85	2021	17767085	48.08
2006	14452162	62.19	2022	19253962	81.90
2007	12414715	75.75	2023	25250213	70.77
2008	15488332	80.93	2024	23000000	69.79

According to experts working on sugar beet production, it is expected that sugar beet production will decrease in the coming periods. Experts state that the main reason for the decrease expectation is the irrigation water constraint. They state the increase in input prices as the second reason.

A new series was obtained with expert opinions. A 5-year projection study was conducted with the new series obtained. It was predicted that sugar beet production would decrease by 7.8% in 2025 to 21.2 million tons. It was also predicted that sugar beet production would show a horizontal trend until 2029 and would be between 20 and 23 million tons in 2029 (Figure 1 and Table 3).

Table 2. Creation of sugar beet production estimate according to the Delphi method (1000 Tons)

Expert (n)	Probability (1/n)	Prediction	Lowest	Highest
1	0.20	18000.00	17000.00	20000.00
2	0.20	19000.00	18000.00	20000.00
3	0.20	23000.00	20000.00	25000.00
4	0.20	20000.00	19000.00	23000.00
5	0.20	20000.00	18000.00	21000.00
Average		20000.00	18400.00	21800.00
Standard deviation		1870.83	1140.18	2167.95
Weighted average*		20000.00	14800.00	17800.00
Median		20000.00	18000.00	21000.00
Expected value**		20000.00	14800.00	17800.00
Point estimate (95% confidence interval)**		20000.00 ± 1639.85	14800.00 ± 999.41	21800.00 ± 1900.29
Interval estimate (95% confidence interval)* **	Lower limit	18360.15	13800.59	19899.71
	Upper limit	21639.85	15799.41	23700.29
Triangular distribution point estimate (95% confidence interval)* ***		20066.67 ± 0.00		
Triangular distribution point estimate (95% confidence interval)* ***	Lower limit	20066.67		
	Upper limit	20066.67		

Table 3. Sugar beet production forecast according to subjective correction method (tons)

Year	Lower limit	Prediction	Upper limit
2025	20240711	21212648	22184585
2026	20180617	21284409	22388201
2027	20106801	21356171	22605540
2028	20023524	21427932	22832340
2029	19933592	21499693	23065794

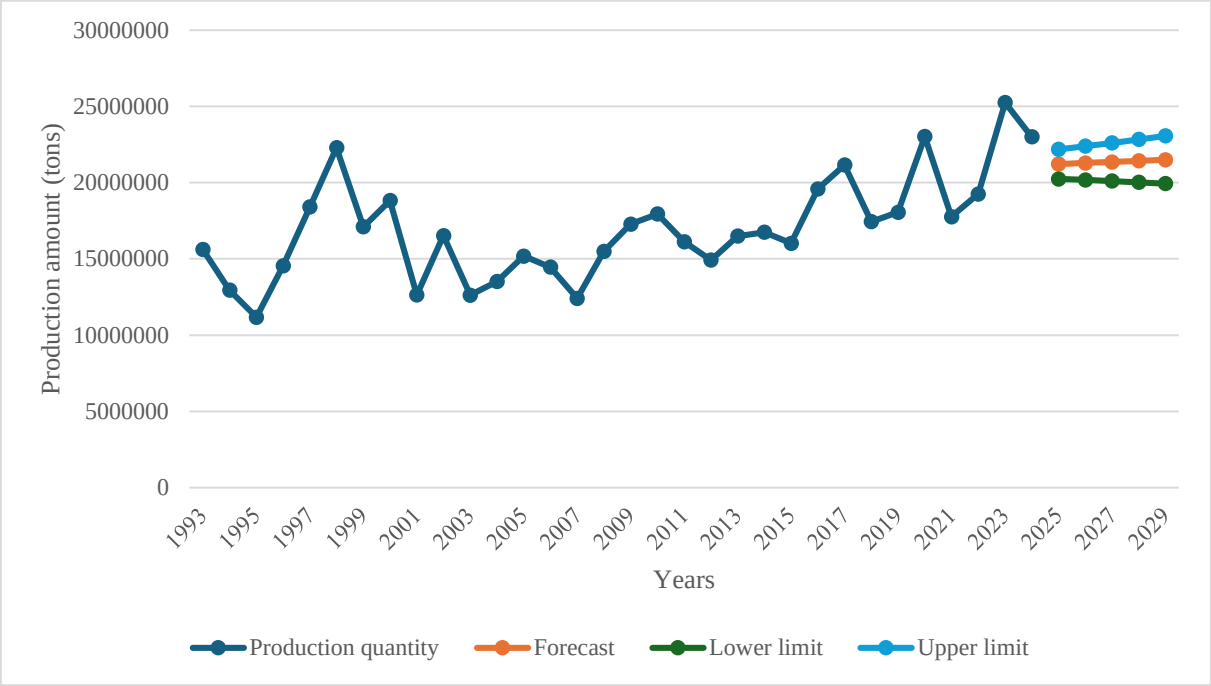


Figure 1. Sugar beet production and forecast by year

3.1 Türkiye's Sugar Beet Production Projection

When Türkiye's sugar prices between 1993 and 2024 are examined, it is observed that it exhibits a fluctuating trend like sugar beet production and is on the rise. The sugar price in Türkiye, which was $36.78/ton in 1993, increased by an average of 2.9% annually to $69.79/ton. The sugar beet price decreased by $0.98/ton in 2024 (Table 1).

In order to make a more accurate projection on the price of sugar beet, the opinions of 5 experts on sugar beet production were ranked from smallest to largest, and interval and point estimates were made. According to experts operating in sugar beet production, it is estimated that the price of sugar beet will decrease by approximately 3.7% in the coming periods and fall to $67.20/ton (Table 4).

A new series was created with expert opinions. A 5-year projection study was conducted with the obtained series. It was predicted that the sugar beet price would decrease by approximately 2.4% in 2025 and fall to $68.14/ton. It was predicted that the sugar beet price would show a more stable trend in the next 4 years and would be between $64.46-72.45/ton in 2029 (Figure 2 and Table 5).

Table 4. Sugar beet price forecast according to Delphi method ($/ton)

Expert (n)	Probability (1/n)	Prediction	Lowest	Highest
1	0.20	68.00	63.00	75.00
2	0.20	71.00	65.00	73.00
3	0.20	64.00	63.00	68.00
4	0.20	68.00	67.00	70.00
5	0.20	65.00	64.00	66.00
Average		67.20	64.40	70.40
Standard deviation		2.77	1.67	3.65
Weighted average*		67.20	63.60	70.40
Median		68.00	64.00	70.00
Expected value**		67.20	63.60	70.40
Point estimate (95% confidence interval)* **		67.20 ± 2.43	63.60 ± 1.47	70.40 ± 3.20
Interval estimate (95% confidence interval)* **	Lower limit	64.77	62.13	67.20
	Upper limit	69.63	65.07	73.60
Triangular distribution point estimate (95% confidence interval)* ***		67.33 ± 0.00		
Triangular distribution point estimate (95% confidence interval)* ***	Lower limit	67.33		
	Upper limit	67.33		

Table 5. Sugar beet price forecast according to subjective correction method ($/ton)

Year	Prediction	Lower limit	Upper limit
2025	68.14	66.43	69.85
2026	68.22	65.98	70.46
2027	68.30	65.49	71.10
2028	68.38	64.98	71.77
2029	68.45	64.46	72.45

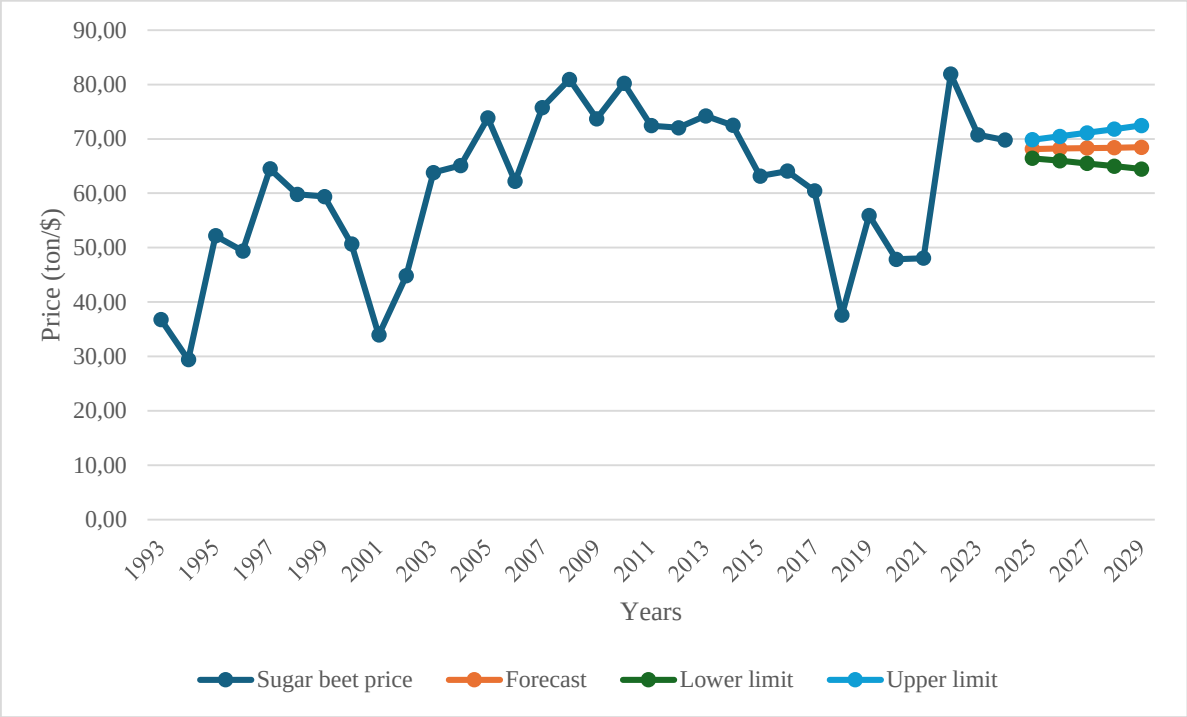


Figure 2. Sugar beet price and forecast by year

4. DISCUSSION

In sectors with high risk and uncertainty, such as the agricultural sector, making predictions based solely on time series analysis may be insufficient to obtain healthy and reliable results. The main reason for this is the difficulties in predicting climate conditions, market dynamics and other variables affecting production. In this context, it is of great importance to include expert opinions in the analysis in the forecasting studies carried out. In fact, the findings obtained in this study reveal that taking expert opinions into account narrows the forecast intervals and makes the predictions more consistent and reliable.

5.CONCLUSION

In this study, Türkiye's sugar beet production and price between 1993-2024 were examined. New series were obtained by adding expert opinions to the relevant variables. A 5-year projection study was conducted with the new series obtained.

Sugar beet production is predicted to decrease by approximately 7.8% to 21.2 million tons in 2025 and increase by an average of 0.3% each year until 2029, reaching 21.5 million tons . Sugar beet production is predicted to be between 19.9-23.1 million tons in 2029.

Sugar beet prices are expected to decrease by approximately 3.71% in 2025 to $68.14/ton and follow a stable trend until 2029. Sugar beet prices are expected to increase by approximately 0.1% each year until 2029 to $68.45/ton. Sugar beet prices are expected to be between $64.46-72.45/ton in 2029.

Projection studies conducted for agricultural products such as sugar beet, where quota and base price policies are applied, provide important findings on sectoral parameters. These findings will guide the production planning of sector stakeholders and contribute to the policy-making processes of decision-makers.

REFERANCES

Akan, Ş., & Uzundumlu, AS (2024). Leading Provinces in Sugar Beet Production and Estimation of Turkey's Production in 2023-2027 Period with Arima Model. Full Text Book , 305.
Aydin, A. (2022). The Structure of Wheat Production Sector in Turkey and Production Estimation Using the Refinery Model. Journal of Business Economics and Management Research, 5(1), 1-18.
Aydoğan, M., Demiryürek , K., & Abacı, N. İ. (2015). Current Status of Dry Bean Production in Turkey and Estimation of Production in Future Periods. Turkish Journal of Agriculture-Food Science And Technol. , 3(12), 962-968.
Candemir, S., & Dağtekin, M. (2019). Estimation of Fisheries Production and Sufficiency Indices in Turkey. Acta Aquatica Turcica , 16(3), 409-415. https://doi.org/10.22392/actaquatr.700858
Gül, K., Karabulut, K., & Taş, H. (2023). Estimation of Sugar Beet Production in Muş Province with Exponential Smoothing Model. Anemon Muş Alparslan University Journal of Social Sciences, 11(2), 279-295. https://doi.org/10.18506/anemon.1219808
Hancock, J. (2021, June 18). Sugar & the Rise of the Plantation System . World History Encyclopedia. Retrieved from https://www.worldhistory.org/article/1784/sugar-- the - rise -of- the - plantation-system
Hardaker, JB, Huirne, RMB, Anderson, JR and Lien, G., (2004). Coping with Risk in Agriculture, 2nd edn. CAB International, Wallingford.
Hill, K. Q., Fowles, J. (1975). The methodological worth of the Delphi forecasting technique. Technological forecasting and social change, 7(2), 179-192.
International Institute for Sustainable Development (IISD). (2023). Global Market Report: Sugar Cane Prices and Sustainability . IISD. Access address: https://www.iisd.org
Linstone, H. A., Turoff, M. (1975). The delphi method (pp. 3-12). Reading, MA: Addison-Wesley.
Linstone, HA., Turoff, M., (2002). Delphi bibliography. Journal Articles, 14(54), 68.
Lock, A. (1987). Integrating group judgments in subjective forecasts. Judgmental forecasting, 109-127.
Merdan, K. (2023). Determination of Future Trends of Sugar in Turkey Based on Time Series Analysis. Hacettepe University Journal of Faculty of Economics and Administrative Sciences, 41(3), 497-532. https://doi.org/10.17065/huniibf.1186497
Parenté, F. J., Anderson-Parenté, J. K. (1987). Delphi inquiry systems. Judgmental forecasting, 2, 23.
Rowe, G., Wright, G., & Bolger, F. (1991). Delphi: a reevaluation of research and theory. Technological forecasting and social change, 39(3), 235-251.
Stewart, T.R. (1987). The Delphi technique and judgmental forecasting. Climatic Change, 11(1), 97-113.
TURKSTAT, (2024). Turkish Statistical Institute. Agricultural Production Statistics. Access date: 13.12.2024. Access address: https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=92&locale=tr
TURKSTAT, 2025. Turkish Statistical Institute, Plant production statistics 2024. Access address: https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Bitkisel-Uretim-Istatistikleri-2024-53447 Access date: 25.01.2024.
Turkseker (2024). Turkseker History. Access Date: 14.12.2024. Access address: https://www.turkseker.gov.tr/?ModulID=3&MenuID=3
Uysal, O., Subaşı, OS, & Yaşar, B., 2016. Estimation of Banana Production and Import in Turkey Using Box-Jenkins and Delphi Methods. [Conference Proceedings]. National Conference, Isparta, Turkey.

KIZILÇAM ORMANLARINDA REÇİNE ÜRETİMİ YÖNTEMLERİNİN ANALİTİK HİYERARŞİ SÜRECİ (AHS) İLE DEĞERLENDİRİLMESİ

İnci ÇAĞLAYAN
İstanbul University-Cerrahpaşa, Faculty of Forestry, Department of Forest Management
ORCID ID: 0000-0002-9539-5273

ÖZET

Bu çalışma, Kızılçam (*Pinus brutia*) ormanlarında reçine üretiminde sıklıkla kullanılan açık yara (bark streak tapping) ve oyma delik (borehole tapping) yöntemlerini, çok kriterli bir karar verme çerçevesinde karşılaştırmayı amaçlamaktadır. Bu kapsamda, ekonomik (ilk kurulum maliyeti, sezonluk yatırım maliyeti, aylık üretim maliyeti, gelirler), ekolojik (ağaç sağlığı ve ölüm riski, orman ekosistemine etki), teknik (ekipman ve uzmanlık gereksinimi, reçine verim ve kalitesi) ve sosyal (yerel istihdam, eğitim ihtiyacı, paydaş kabulü) olmak üzere dört ana kriter seti belirlenmiştir. Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) yöntemiyle, bu kriterler arasındaki göreli önem dereceleri ikili karşılaştırmalar yoluyla puanlanmış ve her bir kriterin ağırlığı duyarlılık analizleriyle birlikte ortaya konmuştur. Bulgular, farklı senaryolarda (örneğin ekonomik önceliklerin baskın olduğu veya ekolojik hassasiyetin arttığı durumlar) karar vericilerin hangi yöntemi seçebileceği konusunda kapsamlı bir rehberlik sunmaktadır. Açık yara yönteminin düşük yatırım maliyeti ve kolay uygulanabilirliği sayesinde kısa vadede ekonomik, teknik ve sosyal açıdan avantaj sağladığı tespit edilirken, oyma delik yönteminin daha yüksek reçine kalitesi ve uzun vadeli ekolojik uyumluluk sunduğu gözlenmiştir. Böylece, kızılçam ormanlarında sürdürülebilir reçine yönetimi hedeflenirken, her iki tekniğin de hangi koşullarda daha uygun olduğu konusunda bilimsel temelli ve yapılandırılmış bir karar desteği elde edilmiş olmaktadır. Bu yaklaşım, hem saha uygulamalarını yönlendirmek hem de ormancılık politikaları için stratejik bir rehber oluşturmak açısından önemli katkılar sağlamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Reçine üretimi, açık yara yöntemi, oyma delik yöntemi, Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS), Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV), kızılçam

EVALUATION OF RESIN PRODUCTION METHODS IN *PINUS BRUTIA* FORESTS USING THE ANALYTIC HIERARCHY PROCESS (AHP)

ABSTRACT

This study aims to compare the two commonly used resin production methods, bark streak tapping and borehole tapping, in *Pinus brutia* forests within a multi-criteria decision-making framework. In this context, four main criteria sets were identified: economic (initial investment cost, seasonal investment cost, monthly production cost, revenues), ecological (tree health and mortality risk, impact on the forest ecosystem), technical (equipment and expertise requirements, resin yield and quality), and social (local employment, training needs, stakeholder acceptance). Using the Analytic Hierarchy Process (AHP), the relative importance of these criteria was evaluated through pairwise comparisons, and the weight of each criterion was determined along with sensitivity analyses. The results provide comprehensive guidance for decision-makers in selecting the appropriate method under different scenarios (e.g., prioritizing economic factors or increasing ecological sensitivity). The findings indicate that the bark streak tapping method offers economic, technical, and social advantages in the short term due to its low investment cost and ease of implementation, while the borehole tapping method provides higher resin quality and long-term ecological compatibility. Thus, while aiming for sustainable resin management in *Pinus brutia* forests, a scientifically structured decision support system is obtained regarding the suitability of both techniques under various conditions. This approach makes significant contributions both to guiding field applications and to forming a strategic framework for forestry policy development.

Keywords: Resin production, bark streak tapping, borehole tapping, Analytic Hierarchy Process (AHP), Multi-Criteria Decision Making (MCDM), *Pinus brutia*

İSVEÇ'TE ÇEVRESEL DÜZENLEMELER: KAĞIT VE KAĞIT HAMURU ENDÜSTRİSİNDEN ÇIKARILAN DERSLER

Hüseyin ÇELİK
Near East University, Faculty of Agriculture, Department of Animal Science
ORCID ID: 0000-0003-0926-104X

ÖZET

Bu çalışma, İsveç kağıt ve kağıt hamuru endüstrisinin çevresel düzenlemelerini, tarihsel olarak önemli bir kirlilik ve çevresel sorun kaynağı olarak ele almaktadır. Yüksek su tüketimi, atık su üretimi, katı atıklar ve hava emisyonları gibi çevresel zorluklara odaklanılarak, bu sorunların çözümüne yönelik İsveç'te uygulanan düzenlemelerin zaman içinde nasıl evrildiği analiz edilmiştir. Araştırma, 1874 tarihli Halk Sağlığı Yasası gibi erken dönem düzenlemelerle başlayarak, 1967'de dünyanın ilk çevre koruma ajansının kurulması, 1969 Çevre Koruma Yasası ve 1999 Çevre Kanunu gibi önemli politika dönüm noktalarını kapsamaktadır. Bunun yanı sıra, Orman Endüstrileri Su ve Hava Kirliliği Araştırma Vakfı'nın kurulması ve ISO 14001 ile EMAS sertifikasyon programlarının benimsenmesi gibi sektör öncülüğündeki gönüllü girişimlerin, Avrupa Birliği'nin Endüstriyel Emisyonlar Direktifi gibi zorunlu düzenlemelerle nasıl tamamlandığı vurgulanmıştır. Tarihsel vaka çalışması metodolojisi kullanılarak yapılan bu inceleme, devlet müdahalesi, gönüllü sektör girişimleri ve uluslararası düzenlemelerin birbiriyle nasıl etkileşime girerek endüstrinin çevresel performansını şekillendirdiğini detaylı bir şekilde incelemektedir. Çalışma, ekonomik büyüme ile çevresel sürdürülebilirliği dengeleme çabalarının önemine dikkat çekerken, politika yapıcılar ve sektör paydaşları için somut öneriler sunmaktadır. Bu bağlamda, İsveç kağıt ve kağıt hamuru endüstrisinden elde edilen bulgular, enerji yoğun endüstrilerde çevresel yönetim süreçlerine yönelik daha geniş bir anlayış geliştirilmesine katkıda bulunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Çevre düzenlemeleri, Kağıt ve kağıt hamuru endüstrisi, Sürdürülebilirlik, Kirlilik kontrolü, İsveç

ENVIRONMENTAL REGULATIONS IN SWEDEN: LESSONS FROM THE PULP AND PAPER INDUSTRY

ABSTRACT

This study examines the environmental regulations of the Swedish pulp and paper industry, historically a significant source of pollution and environmental challenges. Focusing on issues such as high water consumption, wastewater production, solid waste, and air emissions, it analyzes how regulatory frameworks in Sweden have evolved over time to address these problems. The study covers key milestones, starting with early legislation such as the 1874 Public Health Act, the establishment of the world's first environmental protection agency in

1967, the 1969 Environmental Protection Act, and the 1999 Environmental Code. Additionally, it highlights industry-led initiatives, including the establishment of the Forest Industry Water and Air Pollution Research Foundation and the adoption of ISO 14001 and EMAS certification programs, which complemented mandatory regulations such as the EU's Industrial Emissions Directive. Employing a historical case study methodology, the analysis provides a detailed examination of how government interventions, voluntary industry actions, and international regulations have interacted to shape the environmental performance of the industry. The study emphasizes the importance of efforts to balance economic growth with environmental sustainability while offering practical insights for policymakers and industry stakeholders. The findings from the Swedish pulp and paper industry contribute to a broader understanding of environmental governance in energy-intensive industries, offering valuable lessons for managing the interplay between regulatory frameworks, voluntary measures, and technological innovations in achieving sustainable industrial practices.

Keywords: Environmental regulations, Pulp and paper industry, Sustainability, Pollution control, Sweden

1. INTRODUCTION

The pulp and paper industry (PPI), historically recognized as a major global source of pollution (Thompson et al., 2001), remains a serious environmental concern (Ince et al., 2011). It contributes to various environmental issues, including human toxicity, ecotoxicity, photochemical oxidations, acidification, nutrification, solid waste generation, and climate change (Bajpai, 2011). The excessive volume of wastewater, laden with various organic and inorganic chemicals, poses a significant problem (Thompson et al., 2001). Beyond high water consumption, the environmental challenges of the pulp and paper industry encompass issues like wastewater generation, solid waste, including sludge from treatment plants, and air emissions, necessitating effective disposal and treatment approaches (Monte et al., 2009).

Environmental issues are most pronounced in the pulping process stage, historically affecting pulp-producing countries like Sweden, Finland, Canada, and the US. However, even pulp-importing countries such as the United Kingdom and Germany have faced significant challenges (Bajpai, 2015; Bergquist & Söderholm , 2015). For over a century, the Swedish pulp and paper industry has played a pivotal role in the country's economy, though historically contributing to significant pollution. Early in the 1900s, lax regulations allowed for minimal prosecution of polluters (Bergquist & Söderholm, 2011).

Founded in June 1901 by industrialist Carl Sahlin, the Örebro paper mill was established to support the struggling Örebro Electricity Company. Sahlin, also the managing director of the Laxå mill, successfully attracted investors by capitalizing on the confidence in Sweden's growing pulp and paper industry (Söderholm, 2009). In 1911, the Örebro paper mill faced legal action under the 1874 Public Health Act, leading to measures like reducing wastewater fiber content and erecting taller smokestacks (Bergquist & Söderholm, 2011).

This paper provides a detailed review of the Swedish pulp and paper industry's environmental governance. It traces regulatory evolution from the foundational 1874 Public Health Act to contemporary international directives, voluntary certifications, and industry-led initiatives, offering insights for policymakers and stakeholders seeking sustainable industrial practices.

2. METHODOLOGY

This study employs a qualitative research methodology based on the historical case study approach, drawing on a comprehensive review of historical documents, legal frameworks, academic literature, and industry reports. Primary sources include legislative texts and regulatory documents, as well as industry data from the Swedish Environmental Protection Agency and relevant research foundations. The analysis examines the evolution of environmental regulations in the Swedish pulp and paper industry from 1874 to 2013, focusing on key legislative developments, governance models, and industry adaptation over time. Data were systematically reviewed to identify regulatory trends and shifts in compliance practices, providing a historical perspective on the sector's environmental governance.

3. RESULTS

3.1. Early Environmental Regulations and Industry Response

The cornerstone in shaping environmental regulations for the Swedish pulp and paper industry (PPI) was the inaugural Public Health Act of 1874, marking a historic milestone as Sweden's first-ever public health legislation. This landmark case compelled sulfate pulp producers to acknowledge their role in foul odors and recognize the limitations posed by emissions (Söderholm, 2009). In response, the mills collectively funded research to tackle air and water pollution, reflecting an early acknowledgment of environmental responsibility. However, this impetus for research has evolved with changing regulations over the years (Söderholm, 2009; Bergquist & Söderholm, 2010). In the early 1900s, inadequate legislation led to conflicts over industrial pollution in Sweden. A comprehensive 1915 proposal for air and water pollution control was defeated in 1921 during an economic downturn. The 1930s' depression and wartime further delayed stricter regulations (Lundgren, 1999).

3.2. Inter-War and Post-War Developments in Sweden: Toward Structured Governance

In inter-war Sweden, conflicts over industrial pollution, especially from pulp mills, rose, prompting legal reforms. The 1937 establishment of the Fishing Authority aimed to inspect and guide plants on pollution control (Hyden, 1978). Water pollution oversight resumed in the 1940s and 1950s, but air pollution remained loosely regulated until the 1969 Environmental Protection Act (Darpö, 1994). During the 1940s and 1950s, Swedish pulp-and-paper businesses focused on efficient resource use, environmental research, and pollution abatement technology (Bergquist & Söderholm, 2011). The 1942 Water Act introduced a concession system, requiring chemical pulp mills to seek permission from the Water Court. The Fishing Authority was replaced by the State Water Inspection Board in 1956, and a new Health Care Act was enacted in 1958 (Hyden, 1978).

Sweden pioneered global environmental efforts by establishing the world's first environmental protection agency in 1967, followed by the 1972 United Nations Stockholm Conference, and enacted the pivotal 1969 Environmental Protection Act, regulating air and water pollution, and hazardous waste management, marking the genesis of significant environmental changes (Lönnroth, 2010).

In the mid-1960s, as environmental regulations became more stringent, effective collaboration in research and development became imperative. The rising costs and risks associated with environmental adaptation, coupled with structural changes in the industry toward larger units, heightened the potential for significant local environmental damage, which was prohibited by new regulations (Bergquist & Söderholm, 2010).

In response, the industry intensified collaborative efforts, establishing the state industry-funded IVL in 1966 and the Forest Industries' Water and Air Pollution Research Foundation (SSVL) in 1969. Pulp-and-paper producers also recognized the need to address pollutants through internal process measures rather than relying solely on end-of-pipe treatments that address emissions after pollutants have formed (Bergquist & Söderholm, 2010).

The 1979 Forest Act marked a shift towards increased state intervention in ensuring a stable timber supply, emphasizing production and stricter regulations (Holmberg, 2005). In contrast, the 1993 Forestry Act reflected a trend of reduced state intervention, aligning with the 1990s' focus on balancing economic growth and environmental concerns (Mårald & Westholm, 2016). This Act granted the forestry sector autonomy in meeting goals, giving equal weight to production and environmental protection. This shift responded to a growing emphasis on the

environmental impact of forestry and the international movement towards more flexible legal and voluntary models (Appelstrand, 2007).

Figure 1 illustrates the key environmental regulations shaping the Swedish pulp and paper industry over time.



Figure 1. Timeline of Key Environmental Regulations in the Swedish Pulp and Paper Industry (1874-2013)
Source: Author's own elaboration

3.3. From Regulation to Integration: Sweden's Evolving Environmental Governance

In 1999, the Swedish pulp and paper industry experienced a regulatory shift, replacing the mandatory Environmental Protection Act with the Environmental Code. This consolidation of 15 acts, including the Environmental Protection Act, centralized permit issuance authority to the Environmental Courts, fostering a more decentralized system (Michanek & Zetterberg, 2007). The voluntary Swedish Program for Energy Saving (PFE) took effect in 2005, specifically focusing on energy-intensive industries. Participants opting for reduced tax on electricity use were required to implement and obtain certification for standardized energy management, along with conducting energy audits (Henriksson et al., 2012). Subsequently, in 2008, the industry faced mandatory compliance with the IPPC Directive (2008/1/EC), set by the EU, outlining obligations and minimum requirements for industrial and agricultural activities with high pollution potential (Schoenberger, 2009). The Industrial Emissions Directive (IED) came into force in 2011, requiring Member States, including Sweden, to transpose it into national legislation by 7 January 2013, leading to its inclusion in Sweden's Industrial Emission Regulation in the same year (Swedish Environmental Protection Agency,

2016). Additionally, voluntary adherence to ISO 14001 and/or the European EMAS scheme gained prominence, with 97% of pulp and 98% of paper manufactured under certified environmental management systems by 2013 (Bergquist & Keskitalo, 2016).

4. DISCUSSION

The qualitative historical case study method provides valuable insights into how environmental governance and regulatory evolution have influenced the environmental performance of the Swedish pulp and paper industry (PPI). As observed in this study, the industry's transition from being a significant polluter to a more sustainable sector has been driven by a combination of regulatory milestones, voluntary initiatives, and technological innovations.

Early regulatory frameworks, such as the 1874 Public Health Act, laid the foundation for environmental governance in Sweden, while later developments, including the establishment of the Environmental Protection Agency in 1967 and the implementation of the Environmental Code in 1999, reflect the continuous tightening of environmental regulations. These evolving frameworks have not only addressed pressing challenges, such as wastewater generation and air emissions, but also fostered sustainable technological advancements, as seen in the adoption of alternative bleaching technologies and energy-efficient processes.

The industry's proactive role in environmental governance is equally noteworthy. Voluntary measures, such as the adoption of ISO 14001 and EMAS certification schemes, along with the establishment of research foundations like the Forest Industries' Water and Air Pollution Research Foundation, illustrate the sector's commitment to complement regulatory efforts. These initiatives, combined with mandatory EU directives like the Industrial Emissions Directive, have encouraged firms to adopt innovative practices without compromising their economic competitiveness.

The findings of this study resonate with prior research, such as Söderholm et al. (2019), which highlight the importance of well-designed regulatory frameworks and long-term emission reduction targets in fostering technological innovation. Additionally, as Bergquist and Söderholm (2016) demonstrated, the Swedish government's collaborative and proactive strategies during the energy transition of the 1970s and 1980s offer a blueprint for addressing contemporary environmental challenges. The Swedish PPI's shift toward biofuel substitution and increased energy efficiency mirrors the potential of integrated governance approaches that balance state intervention with industry-led innovation. This study also underscores the Swedish government's ability to maintain strict environmental regulations in the PPI while ensuring industrial competitiveness. The divergence between the forestry and PPI sectors, as

reviewed by Bergquist and Keskitalo (2016), reflects how differing regulatory approaches can impact sustainability outcomes. This divergence serves as a case study for examining the role of regulatory paths, technological change, and policy instruments in balancing environmental and economic objectives in other sectors and countries.

Overall, this analysis underscores the critical role of multi-faceted governance strategies in driving sustainable transitions in energy-intensive industries. By examining the historical and contemporary regulatory evolution of the Swedish PPI, this study provides valuable lessons for policymakers and industry stakeholders aiming to achieve environmental sustainability without jeopardizing economic growth.

5. CONCLUSIONS and IMPLICATIONS

The evolution of the Swedish pulp and paper industry illustrates the effectiveness of integrated governance models that blend state intervention, voluntary compliance, and international collaboration. Early regulations, such as the 1874 Public Health Act, laid the foundation for addressing industrial pollution, while subsequent laws, including the 1942 Water Act and the 1969 Environmental Protection Act, introduced stricter oversight of air and water pollution. The 1999 Environmental Code further consolidated environmental regulations, streamlining compliance mechanisms, while EU directives, such as the 2008 IPPC Directive and the 2011 Industrial Emissions Directive (IED), reinforced Sweden's commitment to high environmental standards.

Industry-led initiatives have also played a crucial role in driving sustainability. The establishment of the Forest Industries' Water and Air Pollution Research Foundation (SSVL) in 1969 and the state-industry-funded IVL in 1966 demonstrated early efforts to integrate research and environmental responsibility. The 2005 Swedish Program for Energy Saving (PFE) further highlighted the shift toward proactive energy efficiency measures, linking financial incentives to environmental performance. By embracing technological advancements, such as internal process optimizations rather than relying solely on end-of-pipe solutions, the Swedish pulp and paper industry has significantly reduced emissions and improved resource efficiency.

This historical and contemporary review underscores the importance of adaptive governance in mitigating environmental impacts, particularly in energy-intensive industries. Sweden's approach—balancing mandatory regulations with voluntary industry initiatives—has fostered both regulatory compliance and proactive engagement from businesses. For policymakers, Sweden's experience provides valuable insights into designing regulatory frameworks that

align environmental goals with economic growth, ensuring that industrial sustainability remains a competitive advantage rather than a regulatory burden.

Looking ahead, the lessons from Sweden's pulp and paper industry emphasize the need for continuous innovation and global cooperation. Future policies should prioritize cutting-edge technologies, harmonization of international environmental standards, and circular economy principles to address emerging sustainability challenges. By building on these insights, other nations and industries can develop resilient, sustainable industrial sectors, demonstrating that environmental responsibility and economic progress can go hand in hand.

REFERENCES

Appelstrand, M. (2007). Miljömålet i skogsbruket styrning och frivillighet (Environmental Objective in Forestry, Governance and Voluntariness). Lund University, Lund Academic Dissertation. Lund Studies in Sociology of Law.

Bajpai, P. (2011). Environmentally friendly production of pulp and paper. John Wiley & Sons.

Bajpai, P. (2015). Management of pulp and paper mill waste. 431 ed. Switzerland: Springer International Publishing.

Bergquist, A.-K., Keskitalo, E. C. H. (2016). Regulation versus deregulation. Policy divergence between Swedish forestry and the Swedish pulp and paper industry after the 1990s. Forest Policy and Economics, 73, 10-17.

Bergquist, A.-K., Söderholm, K. (2015). Transition to greener pulp: regulation, industry responses and path dependency. Business History, 57(6), 862-884.

Bergquist, A.-K., Söderholm, K. (2010). R&D collaboration and environmental adaptation: A pilot study of the Swedish pulp-and paper industry 1900-1990. Institutionen för ekonomisk historia.

Bergquist, A.-K., Söderholm, K. (2011). Green Innovation Systems in Swedish Industry, 1960–1989. Business History Review, Volume 85, p. 677–698.

Bergquist, A. K., Söderholm, K. (2016). Sustainable energy transition: the case of the Swedish pulp and paper industry 1973–1990. Energy Efficiency, 9, 1179-1192.

Darpö, J. (1994). Vem har ansvaret? Rättsläget idag och förslag för framtiden Á efterbehandling och sanering (No. 4354). Report.

Henriksson, E., Söderholm, P., Wårell, L. (2012). Industrial electricity demand and energy efficiency policy: the role of price changes in private R&D in the Swedish paper & pulp industry. Energy Policy, 47, 437–446.

Holmberg, L. E. (2005). Skogshistoria år från år 1177-2005. Skogspolitiska beslut och andra viktiga händelser i omvärlden som påverkat Skogsvårdsorganisationens arbete, Skogsstyrelsen Rapport, 5.

Hyden, H. (1978). Rättens samhälleliga funktioner. Lund: Department of Sociology of Law, Lund University.

Ince, B. K., Cetecioglu, Z., Ince, O. (2011). Pollution prevention in the pulp and paper industries. Environmental Management in Practice, 5, 224-246.

Lönnroth, M. (2010). The Organisation of Environmental Policy in Sweden:-A Historical Perspective. Naturvårdsverket.

Lundgren, L. J. (1999). Från Miljöproblem till Miljövård: Ett genombrott med fördröjning. Stockholm: Deadalus, Yearbook of the Technical Museum.

Mårald, E., Westholm, E. (2016). Changing approaches to the future in Swedish forestry, 1850–2010. Nature and Culture, 11(1), 1-21.

Michanek, G., Zetterberg, C. (2007). Den Svenska Miljörätten, Andra Upplagan. Iustus Förlag, Uppsala.

Monte, M. C., Fuente, E., Blanco, A., Negro, C. (2009). Waste management from pulp and paper production in the European Union. Waste management, 29(1), 293-308.

Schoenberger, H. (2009). Integrated pollution prevention and control in large industrial installations on the basis of best available techniques – the Sevilla process. J. Clean. Prod., 17, 1526–1529.
Söderholm, K. (2009). Environmental awakening in the Swedish pulp and paper industry: pollution resistance and firm responses in the early 20th century. Business Strategy and the Environment, 18(1), 32-42.
Söderholm, P., Bergquist, A. K., Söderholm, K. (2019). Environmental regulation in the pulp and paper industry: impacts and challenges. Current Forestry Reports, 5, 185-198.
Swedish Environmental Protection Agency, 2016. Vägledning om industriutsläppsbestämmelser. Report 6702 (Accessed on 22/01/2024).
Thompson, G., Swain, J., Kay, M. & Forster, C. F. (2001). The treatment of pulp and paper mill effluent: a review. Biores Technol, 77, 275–286.

CLOSED HORİZONTAL DRAİNAGE STRUCTURES AND SYSTEMS İN THE DEVELOPMENT OF SALİNE SOİLS

Ayten SARİYEVA
Azerbaycan Devlet Su Kaynakları Ajansı

Summary

The article presents the results of research on the efficiency of various closed drainage designs for reclamation of saline lands from ceramic, asbestos-cement and polyethylene perforated pipes, concrete and expanded clay concrete pipe filters, as well as drains from pottery pipes with connecting-filter couplings.

The protection and water retention capacities of pipe-shaped drains made of artificial fiber filters were investigated. The efficiency of two and three-layer closed pipe drainage systems developed to accelerate the reclamation of heavily saline lands was investigated.

Key words:drainage, closed drainage, drainage flow, drainage pipe, soil, ground, filtration, drainage connection gap, gravel filling, groundwater, groundwater level, salinization, soil washing.

Entrance. One of the reasons that slows down the intensive development of agriculture in the Republic of Azerbaijan is soil salinization. In the conditions of irrigated farming of the Republic, salinization has covered significant areas in different natural zones with different soil and hydrogeological conditions.

In Azerbaijan conditions, land reclamation without drainage and infiltration is not possible. It should be added that the remedial situation is very complex and requires a different approach to the rehabilitation of saline soils.

Since 1946, construction of drainage networks for the reclamation of saline soils has been initiated in the Republic of Azerbaijan on an area of more than 609 thousand hectares. Of these, 295 thousand hectares have been closed. Drainage systems were constructed mainly on saline soils in the Kura-Arax and Caspian lowlands.

The need for drainage of irrigated lands and the parameters of the conditions of these areas are proven in the studies of the Scientific Research Institute of Water and Reclamation of the Republic of Azerbaijan. In modern conditions, an important place is given to closed drainage, which is the most perfect type of horizontal drainage in the reclamation of saline lands.

In its practical activities, the Institute devoted much time to the study of closed horizontal drainage design. Considering that the efficiency and reliability of closed drainage are revealed in the process of operation, the Institute's attention was focused on experimental-experimental

studies. Closed drains made of concrete, pottery, ceramics, asbestos cement, polyethylene pipes with sand-gravel filling filters, fibrous synthetic materials, etc. were studied.

To increase the efficiency of leaching of heavily saline soils and removal of residual salinization in the process of agricultural development, the head of the laboratory "Drainage", Doctor of Technical Sciences, Professor A. M. Ayvazov, developed two- and three-layer horizontal closed drainage systems, their drainage and desalination actions were investigated.

The main objective was to develop and investigate different designs of closed pipe drainage in the conditions of irrigated saline lands and to determine the efficiency of their operation for recommendation in production with the best hydraulic and technical parameters.

Experimental studies to demonstrate the efficiency of drainage design were carried out on different reclamation objects in both laboratory and field conditions. The experiments were carried out in Shirvan, Karabakh, North and South Mugan.

The crux of the matter

In the Republic of Azerbaijan, production reclamation works were mostly carried out on the basis of open horizontal drainage. Experience has shown that closed drainage is necessary in agricultural production conditions for many reasons. Existing and proposed drainage structures, lack of sufficient experience in their implementation led to difficulties in the design of reclamation measures.

Considering this, five closed pipe drains of different designs with 100 m inter-drainage distances were tested in the Karabakh experimental drainage field of the institute in 1962 [3]. The experimental closed drains are located in the north-eastern part of the Karabakh experimental field of the institute, the total area covered by the experimental closed drains is 10.80 ha and the planting area is 9.0 ha.

The soils of the experimental field mostly have heavy granulometric composition and the physical clay content varies between 32-76% in the thickness of 0-5 m. The change character of the granulometric composition of the soils is different with depth. The soils of the field are characterized by sulfate-sodium type salinity. The degree of salinity increases with depth, the initial salinity of groundwater throughout the pilot area is mostly 25-50 g/l.

Five closed drains with the following designs were tested:

Drain No. 4. Drainage made of perforated asbestos cement pipes with a diameter of 279/320 mm with gravel filling. Perforation along the entire perimeter with the calculation of 25 holes every 1 pm. The diameter of the holes is 3-5 mm. The pipes are laid flush. The gaps are closed with 200-degree concrete.

Drain No. 5. Drainage made of large-pore concrete pipes (design of the Institute's construction materials laboratory) with a diameter of 150/210 mm, without gravel filling. The length of the pipes is 330 mm. Pipe connection - socket.

Drain No. 6. It consists of three sections. The first section is 24 m long and made of 180/280 mm diameter large porous concrete pipes; the second section is 57 m long and made of 180/265 mm diameter porous body pot pipes; the third section is 72 m long and made of 180/280 mm diameter large porous concrete pipes. All three sections are constructed with gravel filling. The length of each pipe is 330 mm, the pipe connection is with socket.

Drainage No. 7. Drainage made of pottery pipes with a porous body (construction of the Institute's laboratory of building materials). Diameter of pipes 180/265 mm; length of pipes - 330 mm, pipe connection - socket, without gravel filling.

Drain No. 8. Drainage made of flat pottery pipes, diameter - 150/180 mm, full gravel filling. Pipe length - 330 mm, pipes are laid flush with a gap of 1-2 mm, without jointing.

The closed collector D-6-9 is also constructed of asbestos cement pipes, the first section is 360 m long and 365 mm in diameter, the second section is 237 m long and 576 mm in diameter, built on gravel preparation. The joints of the pipes are closed with 200 grade concrete. The collector plays the role of a transit transport structure to divert water from trenches 3, 4, 5, 6, 7, 8 and 9.

Closed drains of different designs were tested under conditions of maximum loading of the trenches for more than seven months and provided 138908 m3 of water during the flushing period without taking into account precipitation and evaporation.

The drainage flow from the experimental plot is 91507 m3 and is diverted by the collector D-6-9. Of the total drainage flow, 57755 m3 is diverted by closed drains (D-4, D-5, D-6, D-7, D-8), open drains (D-3, D-9) - 10305 m3 and closed collector (D-6-9) - 23447 m3 of water. The latter suggests that the closed collector also partially fulfills the primary drainage function.

During the flushing period, the volume of flushing water was supplied to the paired intermediate drains from 35.6 to 52.7 thousand m3, which is the maximum possible loading of the intermediate drains (Table 1).

Table 1. Feed and drain flow

Closed drains	Water supply with paired intermediate drains		Half of the feed, m^3	Drainages Working lengths,m	Amount of water discharged m^3		% of return from wash water actually provided
	Drainages	Amount of water, m^3			along the entire length of the drain	100 p/m per drain, m^3	
D-4	D-3-D-4-D-5	35593	17796	144.5	13809	9556	8
D-5	D-4-D-5-D-6	44826	22413	145	5825	4015	78
D-6	D-5-D-6-D-7	50567	25283	151	19154	12881	26
D-7	D-6-D-7-D-8	49583	24766	75	4463	5951	77
D-8	D-7-D-8-D-9	52748	26374	142	14204	10000	19

Among the five closed drain constructions tested, the best in terms of hydraulic work in removing drain water are closed drains D-6, D-8 and D-4, which remove 12881 m3, 10000 m3 and 9556 m3 of water, or 78%, 77% and 57% of the actually supplied flushing water, respectively, and drains D-5 and D-7 from unfilled porous pipes - 19-26% water removal.

The highest specific drainage flow rate belongs to drain No. 6 with 1.008 l/sec, followed by drain No. 8 - 0.980 l/sec and finally drain No. 4 - 0.895 l/sec. The maximum flow rates of closed drains No. 5 and No. 7 do not differ from each other and are close to the flow rates of open drains No. 3 and No. 9 in one-sided floods.

The relationship between the specific amount of water (per 100 pm) entering the drain per unit time and the effective head between drains shows that the rate of increase of specific discharge changes as the head increases. Specific discharge increases sharply in drains 4, 6 and 8, while it increases slowly in drains 5 and 7. The increase in drainage water diversion is not only due to the increase in the height and depth of drains and their design.

With the termination of water supply, the groundwater level decreases with different intensity in the areas of influence of drains with different designs (Table 2). Depending on the influence height, the rate of decline in the groundwater level in the areas of influence of drains with different designs is different. The rate of decline increases with the increase in the groundwater height and the decrease in the distance to the drain axis. The highest value of the groundwater table withdrawal rate was observed in the area of influence of drain No. 4 (10.9 cm/day at H=2.5

m), and the lowest value was observed in area No. 5. The rate of decline in the groundwater table in the areas of influence of drains No. 6 and No. 8 is almost the same (12.5 cm/day).

Observations regarding siltation of drainage pipes were also made. During the washing and post-washing periods, no visible siltation occurred in the drainage pipes.

In our experience, drains operate in the case of incomplete overflow, so there is no pressure in the pipe, i.e. drains operate without backflow.

Table 2. The rate of decline of the groundwater table (in cm/day) and the drainage effect

Drainages	**Groundwater height**					
	0.5	**1.0**	**1.5**	**2.0**	**2.5**	**3.0**
5 m away from the drainage axis						
D-4	0.8	7.0	–	–	–	–
D-5	0.2	1.2	3.0	5.8	–	–
D-6	0.3	1.7	4.7	9.7	–	–
D-8	0.5	0.9	4.4	7.8	–	–
15 m away from the drainage axis						
D-4	0.5	2.7	7.6	16.6	–	–
D-5	1.0	2.3	3.8	5.9	7.1	8.8
D-6	0.4	1.7	4.2	7.7	12.5	18.7
D-8	0.4	1.7	4.2	7.7	12.5	18.7
50 m away from drainage axis						
D-4	0.3	1.4	3.8	7.6	10.9	–
D-5	0.2	1.2	2.6	4.7	6.9	11.0
D-8	0.2	1.2	2.8	5.5	9.3	14.6

The experimentally determined groundwater table withdrawal periods were lower (31-34 days) than those determined by theoretical calculation (36-40 days); this can be explained by the significant effect of evaporation during the observation period, which is not taken into account in the formula [8].

The salinity content in the layer considered in separate layers (0-3 m) fluctuated between 0.22 - 2.10% in the dense residue. After leaching these limits decreased to 0.13 - 1.04% in the dense residue. The average salt content in the upper meter layer for the entire drainage area before leaching was in the range of 0.42-1.20% and decreased to 0.16-0.20% after leaching.

As a result of leaching of the trenches, the salt reserves of the groundwater decreased by 34-60% with dense residue and 52-71% with chlorine in all average data. After leaching in all intermediate channels the value of HCO_3' has increased and varies widely from 5% to 95% of the initial stock according to average data. The highest specific salt removal by drains on the dense residue is -194-220 tons per hectare, on chlorine -21-22 tons per hectare, 51 m^3 of water was used to remove 1 ton of salt.

The protective and filtration properties of filters made of artificial fiber materials (basalt fiber, glass fiber and glass fleece) were investigated. The filtration coefficient of fibrous materials is: for basalt fiber - 1658 m/day, glass fiber - 665 m/day, glass fleece - 553 m/day and glass fabric - 34 m/day [1,7]. As a filter, we adopted mainly staple basalt fiber, which is more promising for application for the specified purposes and relatively cheap in production (1 t fiber -210 mana). The weight of basalt fiber per 1 cm2 of the filter area was determined experimentally depending on the compressive specific load and the required thickness of the filter.

The siltability of the filters was investigated on Darcy type units with a diameter of 216 mm and a height of 3.5 m (compressible load of the filters is 0.14 kg/cm2) in contact with fine-grained suffosion (k = 5.2 m/day) and medium-grained (k = 12.0 m/day) sandy soils, as well as with loamy soils (k = 1.8 m/day) at a height of 3 m, with a statistical water height of 0.5 m. The amount of particles carried away through 0.5-1.5 cm thick filters in contact with sandy soil is 227.1÷621.4 g/cm2, and through a 3.0 cm thick filter it is only 3 g. Thus, the basalt fiber with a thickness of 3 cm meets the main requirement for a protective drainage filter: it prevents the penetration of soil particles into the pipes, which can silt them.

The resistance of the filters to water inlet into the drainage pipes was determined in a sector flume. Straight-ended, 33, 66 and 132 cm long, adjacently laid drainage pipes and perforated pipes with 0.14, 0.25 and 0.50% perforation ratio were used. The width of the connection gap between the pipes was 1.5 mm, the diameter of the holes was 5 mm. The diameter of the drainage pipes was 10 cm. The experiments were carried out with sandy soils with fine and medium-grained granulometric composition [6].

According to the experimental results, the dependence of the relative inflow (Q/Qo) on the thickness and length of the drainage pipe was plotted. It was found that the relative inflow increased as the filter thickness increased. When the filter thickness was 3 cm, the relative inflow to the drain was close to unity (pipe thickness was 0.5% and length was 33 cm) and was 1.8-2 times higher than the case of unfiltered drainage. The inflow to the drain was Qo =46 cm3/s per 1pog.m at the soil filtration coefficient k=12 m/day, and Qo =12.9 cm3/s per 1pog.m at k=5.2 m/day.

The percentage of height loss decreases with increasing basalt fiber thickness. When the fiber thickness is 3 cm, even in drains with a pipe length of 66 cm and a borehole of 0.25%, the pressure loss does not exceed 4-8%. This confirms that such a drainage design works as a porous ("ideal") medium.

Field experimental studies were carried out to study the effect of different drainage designs in the Gulabend village of Udjar district. Six closed drains with a distance of 200 m between drains and a depth of 3 m were constructed on the experimental plot of 98 ha [8,9]. The soil filtration coefficient of the experimental drainage plot determined by the pumping method varies from 0.04 to 0.14 m/day and its average is 0.07 m/day. Salinity of the upper meter layer of soil varies from 0.5 to 4.2% according to the dense residue. The type of soil salinity is chloride-sulphate, less often sulphate, groundwater salinity is 20-70 g/l. Hydrogeological conditions of drainage process are characterized by more or less homogeneous soil order with water support at a depth of 20 m. Drainage process was studied under continuous overflow of adjacent intermediate drains. Maximum values of specific drainage flow rates are 1.18-1.17 l/s per 1 pog.km. The highest flow rate (1.77 l/s) was observed in the drainage with full filter filling (D-16) and the flow rates in other drainages were almost the same (1.18 -1.17 l/s per 1 p.km).

It has been established that replacing the loose filter with 3 cm thick basalt fiber reduces capital costs in the construction of closed drainage by 30%. In this case, the required consumption of basalt fiber for 1 pg. m of drainage with a diameter of 150 mm is 3.1 kg. It should be noted that due to the emergence of more reliable and environmentally acceptable filters made of artificial fiber materials (Darnit, Bidim, Siz, etc.), basalt fiber mats are no longer used in the construction of closed drainage.

Closed drain designs with filter connections were investigated to determine the efficiency of drying and desalination effects [13], experimental studies were carried out. Under laboratory conditions (in a sector channel), the water holding capacity of a drain with filter connections was investigated by comparing it with a drain with a continuous filter made of 6 layers of glass fleece. Drainage performance was evaluated using flow data, equal load lines along the drain length and load slopes on the drain. The water holding capacity of the drains was also investigated in a rectangular filtration channel of 500x200x100 cm.

The efficiency of closed drainage with coupling-filter application in production conditions was studied in 20 hectares of pilot drainage area in Bilasuvar area of South Mugan. The soils of this steppe are saline and require capital leaching. It is planned to construct 630 km long closed drainage area in 15 thousand hectares.

The test area consists of three closed drains with a distance of 200 m, a depth of 3 m and a length of 500 m. Considering the characteristics of the semi-mechanized method, which was the most common closed drainage construction method at that time, d = 150 mm pottery pipes connected by coupling-filter were laid on the sand and gravel preparation to maintain the

drainage design slope [13]. The soils of the experimental area are characterized by a mixed lithological structure and are represented by light, medium and heavy loams and clays with a filtration coefficient of 0.4 ... 0.9 m/day. The depth of formation of the conditional water table is 20 m from the ground surface. The salinity of the 4-meter-thick soil is 0.24 ... 2.5% in terms of dense residue and 0.04-0.46% in terms of chloride. Groundwater mineralization varies from 7.36 to 50.6 g/l in dense residue and from 0.67 to 18.74 g/l in chloride. Their depth is 2...2.5 m. The type of salinity of soil and groundwater is sulphate and chloride-sulphate.

In order to investigate the drainage process and the infiltration efficiency of saline soils, 16528 m3 of water per hectare was given to the experimental intervention plots between 22.12.81 - 07.07.82. Water for leaching was given intermittently at a density of 0.6...3.0 cm/day.

Before the start of siphoning, the flow rate of the accounting drain was 0.16 l/s (0.016 l/s·ha), while during the siphoning period it reached 6 l/s (0.6 l/s·ha), i.e. it exceeded the initial flow rate by almost 40 times.

During the experiments, the accounting drain (D-49) diverted 52.2 thousand m3 of water. The total volume of water discharged by closed drains (108234 m3) accounted for 32.7% of the water supply (at the same time, evaporation from the soil surface and groundwater - 44%). The actual values of the drainage flow module were in good agreement with the design values - the differences did not exceed 4...26%. The decrease in the groundwater level after the water supply was carried out with an intensity of 0.33 to 7.40 cm/day, depending on the height of the effect. 30...50 days after the end of the leaching process, the groundwater level in the middle of the drain reached a depth of 1.5 m. The amount of salts contained in the soil of the site before and after leaching with chloride ions and concentrated residue, their removal by washing water in tons and the initial salinity percentage are given in Table 3.

Table 3. Salt content in the soil before and after washing (t/ha) and its value in the 0...300 cm layer.

Name	Availability, %		
	50	**75**	**90**
Salt content before washing	8,19 / 108,96	12,337 / 145,087	17,876 / 159,652
Salt content after washing	6,309 / 70,76	10,09 / 97,952	16,122 / 122,445
Salt excretion amount	1,881 / 38,20	2.247 / 45,115	1,754 / 37,197
As % of initial content	22,97 / 35,07	18,22 / 31,53	9,81 / 23,29

Note. In the numerator the salt content is given by the chloride ion; in the denominator - by the concentrated residue.

Comparison of the leaching efficiency at points located at different distances (20, 60 and 100 m) from the drain axis showed that the highest desalination was observed near the drains. This is explained by the fact that the largest volume of leaching water (90%) comes from the 15 m wide drainage strip. Filtration rate on the closed drain$v$=0.56 k, at 10 m from the drain axis it is 0.06 k, at 25 m - 0.02 k, at 50 m - 0.01 k, at 75 m - 0.003 k and at 100 m it is practically equal to zero [10].

As the experiments showed, as a result of leaching the groundwater mineralization decreased by 24.8...55.4% with dense residue and by 47.7% with chlorine. Before leaching the mineralization of the drainage water in separate closed drains varied from 10.9 to 17.6 g/l with dense residue and from 1.7 to 2.2 g/l with chlorine. At the end of leaching it decreased to 8.79...14.42 g/l with dense residue and to 1.16...1.79 g/l with chlorine.

A total of 76.33 t of salt per 1 ha was removed with drainage water during the leaching period, with accounting drainage (D-49)-76.5 t/ha and 76.5 t/ha. 70.2 m3 of water was required to remove 1 ton of salt. As the analysis of salt balance elements showed, the salt change of the three-meter layer is positive and is 14.85 t/ha.

The efficiency of three-stage drainage in field conditions was investigated in 2-hectare experimental plot in Gulemli village of Shabran district, Caspian plain. The drainage network of the experimental plot consists of two deep (3 m) closed drains with an inter-drainage distance of 200 m, one less deep (1.5 m) closed drain placed in parallel in the middle of the deep drains and shallow (0.5 m) drains placed parallel to other drains (distance between them is 2.5 m) [2,4,5].

Shallow drains are perforated polyvinylchloride pipes (dH = 63 mm) wrapped with glass fleece in four layers. Shallower drains are made of polyethylene perforated pipes (dH = 110 mm) with a filter made of sand and gravel material. Deeper drains are ceramic pipes filled with sand and gravel ($d\ell$= 150mm).

The soils of the experimental site are represented by clayey and loamy fractions with a filtration coefficient of 0.2 m/day. The depth of formation of the conditional water table is 20 m from the ground surface. Salinity of the two-meter-thick soil is 1.5...3.6% with dense residue and 0.12...0.70% with chloride. Groundwater mineralization (depth of formation 2.7...3.0 m) varies from 75.3 to 92.5 g/l for dense residue and from 13.77 to 18.53 g/l for chloride. The type of salinity of soil and groundwater is chloride-sulphate.

Capillary rise of soil water was determined in the laboratory on two monoliths with undisturbed structure of 20x20x50 cm dimensions. Experimental results are given as semi-logarithmic graphs as capillary rise velocity and height. At the beginning of the experiment, capillary rise velocity was 3.70-4.00 mm/min. Rise velocity was 92-110 mm/day on day I, 22-29 mm/min on day II, 17-21 mm/day on day III and 7-14 mm/day on days IV, V and VI. Capillary rise reached 320-390 mm in 38 days.

Intense capillary rise was observed during the first 10-15 days after the beginning of the experiment and its rate varied between 0.004-0.005 and 3.70-4.00 mm/min, almost decreasing after 22-30 days.

To study the drainage work and efficiency of infiltration of saline soils - 20.4 thousand m3 of water or 14.7 m3 of water per hectare were supplied to the experimental plot during three summer months. Water for infiltration was supplied almost every day with a density of 2.3...10 cm/day.

The drainage flow of closed drains varied widely depending on the water source density. The maximum discharge (total discharge) of shallow drains varied from 3.30 to 4.33 l/s (0.15 to 2.16 l/s ha), less deep drains from 0.38 to 0.45 l/s (0.19 to 0.22 l/s ha), and deep drains from 0.60 to 0.96 l/s (0.30 to 0.48 l/s ha). During one month (June), shallow, less deep and deep drains diverted 5776, 1747 and 3507 m3 of water, respectively, which correspond to 27.8, 8.4 and 10.7% of the water supply. The total volume of water withdrawn by the system was 16246 m3 or 55.1% of the water source. As can be seen, the drainage effect of shallow drains is almost twice as low as that of deep drains under equal operating conditions.

The actual drainage discharges were compared with the calculated discharges determined by the EGDA model. It turned out that the difference was small (22.4%) and the smaller value of the actual flow rates is explained by the irregular overflow of the drained area.

Before the supply of water for leaching in the field soil, the groundwater table (GWT) was at a depth of 2.8...3.1 m from the ground surface, during leaching it fluctuated in the range of - 0 to 1.3 m. After the water supply was cut off, the groundwater table decreased in layers at different rates: to the depth of shallow drains - 4...12 cm/day, from shallow drains to less deep drains - 0.5...4.0 cm/day, from the last to deep drains - 0.06...1.2 cm/day. In the middle of the intermediate drain it reached a depth of 1.5 m within 35 days. The given data show that the upper layer of shallow drains (with a distance of 2.5 m between them) provides a sharp increase in the filtration rate during leaching. At the same time, the use of such closely spaced drains is

very expensive. Therefore, the parameters of shallow drains should be adjusted taking into account their use as a humidifier for in-ground irrigation during the operational period.

To estimate the desalination effect of this drainage, based on the analysis data of 22 salt survey points (well depth up to 2 m), the salinization epiphyses on chloride-ion and dense residue of the experimental area were calculated (by mathematical statistics method) before and after leaching for 50; 75 and 90% confidence. The initial salinity profiles (for both chloride-ion and dense residue) were evenly distributed. The leaching resulted in the desalination of the entire two-meter thick soil, with the most intensive desalination being in the upper 1.25-meter thickness.

Under the influence of leaching the content of harmful salts (NaCl, Na2SO4, MqSO4) in the upper meter layer at individual points decreased from 34.17% to 71.4% of the initial stock. The mineralization of drainage water in shallow drainages decreased by 3.6 times (from 20 to 5.54 g/l) within a month after the start of leaching and stabilized at the level of 3...5 g/l. The mineralization of drainage water in shallower and deeper drainages was quite high and increased from 16.3 to 41.7 g/l and from 25.2 to 38 g/l, respectively, during the leaching period. At the end of leaching it decreased to 35 g/l.

To compare the efficiency of closed drains located at different depths, certain indicators of salt removal were determined for the period of their joint operation from April 4 to August 10 (Table 4). Table 4 shows that the greatest amount of salt was carried away by the drainage waters of deep drains. The average water discharge for the removal of one ton of salt was 45 m3. The obtained data allow us to conclude that less deep drainage is a constructive element of the system that intensifies the process of leaching of saline lands. Frequent shallow drainages drain filtered water and salts from the upper soil layer, contributing to the desalination of the upper layer and accelerating the conversion of lands to agricultural turnover.

Table 4. Indicators of desalination by water flowing through different types of closed drains

Drainages	Drainage flow, m3/ha	Desalination, tonnes/ha	Water consumption for removing one ton of salt, m3
Shallow More	2888	29.9	96.58
Little Deep	873	27.8	31.40
Deeper	1753	63.2	27.80
Total:	5514	120.9	45.50

According to the data of pre- and post-leaching salt survey, leaching rate and leaching duration, salt transfer parameter D* values were determined for each well of the experimental field by IP Aydarov's formula [5]. For the three-stage drainage field conditions, D* ranged from 22.96.10-3 to 68.91·10-3 m2/day and the average was 42.28·10-3 m2/day. D* value was determined by

the filtration ratesϑ, pre-leaching salt distribution data Co, active soil porosity and leaching water salinity Cn dependency graph$\theta(xt)$=C-Cn/Co-Cn=$f(Pe*r*)$ predicted (calculated) desalination of soil layers was determined. The results of comparison of calculated and field data on salt distribution in soil layers are given in table 5 and show their satisfactory convergence, which allows practical application of the specified method to ensure the conditions and norms of capital leaching of saline soils by applying the values of the filtration rate in soil layers.

Table 5.Calculated and actual data on salt (chlorine) distribution of soils on the experimental plot of three-layer closed drainage

Horizons, cm	**Filtration rate, m/day**	$P_e^* = \frac{\vartheta_\chi}{D^*}$	$\tau^* = \frac{\vartheta t}{m_o \chi}$	$\theta = \frac{C\text{-}C_n}{C_o\text{-}C_n}$	**Initial salt content, %**	**Salt content after washing**	
						In fact, the truth is, %	**Calculated, %**
Initial data: K=0.05 m/day n =0.5 m, b =2.5 m, mo= 0.30, N= 1.16 m, t =92 days, D* =42.28.10-3 m2/day, Cn =0.02 q/l=0.001%							
0-20	0.011	0.0052	16.86	0.36	0.135	0.048	0.048
20-40	0.010	0.095	7.67	0.34	0.156	0.085	0.053
40-60	0.0090	0.128	4.60	0.46	0.115	0.071	0.053
60-80	0.0075	0.177	2.88	0.50	0.108	0.077	0.054
80-100	0.0043	0.102	1.32	0.72	0.135	0.064	0.097
100-125	0.0031	0.092	0.76	0.74	0.171	0.078	0.120
125-150	0.0028	0.099	0.57	0.82	0.135	0.129	0.111
150-175	0.0012	0.050	0.21	0.94	0.128	0.116	0.109
175-200	0.0010	0.047	0.15	0.96	0.183	0.138	0.175

The economic efficiency of the mentioned remedial system depends on the high quality of saline land reclamation and the increase in crop yields as a result of the application of the phased in-soil irrigation method.

According to the results of research on the work and action efficiency of different designs and closed drainage systems in the filtration of saline soils in different reclamation objects, the following conclusions can be drawn:

1. In the Karabakh region, gravel-filled drainages, regardless of the pipe design, have the best hydraulic indicators: the highest values of drainage flow modulus (0.78-0.85 l/sec. from 1 ha at B=100 m), the lowest values of groundwater outcrop above the drainage (from 0 to 28 cm), the highest rate of groundwater level drop in the drainage zone (from 7.7 to 16.0 cm/day at maximum height).

2. Drainages from unfilled porous pipes turned out to be less effective than drains from gravel-filled pipes. The flow rate of porous pipe drains is only 30-50% of the flow rate of gravel-filled pipe drains (at the same height). The sag height above the bottom of unfilled porous pipe drains was 2-3 times higher than that of gravel-filled pipe drains, and the rate of groundwater level

drop was 1.4-1.8 times lower, respectively. The reason for the low efficiency of drains from unfilled porous pipes is the intensive colmatization of their walls. Due to the residual colmatization of porous pipe walls, the permeability of these pipe materials decreases by 50-61% compared to the initial one.

3. Against the background of horizontal pipe drainages with a distance between drains of 100 m at a leaching rate of about 20-25 thousand m3/ha, desalination of the soil to a depth of 2.5-3.0 m was observed, complete desalination of the upper one-meter thickness, where 69.4% to 83.2% of salt was removed from their initial amount. At the same time, the degree of soil desalination in the areas of influence of different drainage structures is unequal. The highest values of soil desalination were observed in the areas of influence of gravel-filled pipe drainages.

4. A protective cover of basalt fiber and glass wool with a thickness of 3 cm in the form of a wicker at a rate of 7.1 kg per 1 m2 is proposed as a filter for horizontal deep-pipe drainage of irrigated lands in the Shirvan steppe. The filter of the recommended thickness provides reliable protection of the drain from siltation and promotes an increase in the drain flow rate by 1.8-2 times compared to the drain without a filter. The application of the specified filter in connecting pipes allows to increase the length of the pot pipe connections to 80 cm, and in perforated pipes - to reduce the area of the water intake holes per 1 pm of the length of the drain line to 8 cm2. Replacing sand-gravel filters with basalt fiber with a thickness of 3 cm reduces the capital costs of the construction of closed drainage by 30%, while the required consumption of basalt fiber per 1 pm of drainage with a diameter of 150 mm is 3.1 kg.

5. Closed drainage from pot pipes connected by coupling-filters laid on sand and gravel preparation provides drainage of completely filtered wash water. In the conditions of South Mugan, the drainage flow module provides the value of 0.6l/s.ha, corresponding to the design value.

6. Drainage from closed drains located at a distance of 200 m from each other and equipped with coupling filters provides a leaching norm of about 10 thousand m3/ha during one leaching season (with interruptions), ensuring desalination of the soil to a depth of 3 m and significant desalination of the upper one-meter thickness (49.61 t/ha, which is 46% of the initial amount of salt, was desalinated). 70.2 m3 of water was consumed to remove 1 ton of salt.

The economic effect of using couplings-filters in the semi-mechanized closed drainage construction method in South Mugani is 0.85 rub. per 1 m of drainage or 42.5 rub./ha.

The results of studies of drainage work with coupling-filter allow them to be recommended for use in construction practice instead of closed drains from circular sand-gravel filled pottery pipes, which are widely used today.

Experimental studies allow to conclude that drainage from polymer pipes with combined filter application constructed by narrow trench method in water-saturated soils of Northern Mugan meets the requirements of remedial drainage within the design parameters.

7. As the results of the experience show, new drainage pipe filters made of porous pipes operate more or less effectively in hydrogeological conditions typical for the Shirvan steppe. No significant changes in their water intake capacity were observed during the two-year period. During the operation period, the drainage flow modulus in drains from expanded clay concrete pipe filters reached 0.16, in drains from concrete pipe filters - 0.4...0.5 l/s.ha, which corresponds to the maximum design value of the primary drainage modulus. Differences in the drainage efficiency indicators of ceramic pipe drains with sand and gravel filling and pipe filter drains are explained primarily by different hydrogeological conditions in the drainage area. To protect the drains from siltation, it is necessary to connect the pipes with polyethylene couplings or wrap their joints with glass wool. Two-year tests of clay concrete and concrete pipe filters in conditions of salinization of sulfate and sulfate-chloride type showed that corrosion damage to the pipes is insignificant.

8. Shallow closed drainage combined with deep drainage strengthens the drainage and desalination effect of drainage during leaching and agricultural land development. During the leaching period, shallow drains discharged 59% of the total drainage flow volume and 60% of the total salt amount removed by drainage water.

The maximum drainage flow modules of shallow drains during filtration are 0.16...0.6, deep drains - 0.12 l/s.ha, depending on their parameters. The highest efficiency is distinguished by drains from pottery ribbed and polyethylene corrugated pipes with a filter made of sand-gravel material and a mesh made of basalt fiber. The greatest soil desalination is observed in the upper part of the section - to the depth of the shallow drain. Here, relatively greater (5...8 times) slopes of the filtration flow height are provided compared to the lower layers. The distance between the drains can be determined by the formulas proposed by the authors, depending on their design. The depth of shallow drains should not be less than 1.5...2 m from the surface.

9. Drainage consisting of deep closed drains (distance between drains 200 m) supplemented by less deep and frequent small drains (distance between drains 2.5 m) (at a water supply of 10 thousand m3 for 1 hectare of leaching for less than 3 months) provides desalination of the soil

at a depth of 1 m with significant desalination of the upper 1.25...1.5 m layer. Shallow drains, especially in the initial period of leaching, actively participate in the desalination of the upper soil horizon by draining a large part of the filtered leach water. To ensure deeper desalination of the soil, these drains must be closed.

The research results of the three-layer drainage system allow recommending it for desalination of soils characterized by high salinity and further use of upper layer drainages for in-soil irrigation of agricultural crops.

Literature

1. Behbudov Ə.Q. Eyvazov EM Musayev ZS, Zeynalov AQ Üfüqi drainage and its exploitation Azdevlətnəşryati, Bakı, 1978, 19 c.
2. Eyvazov EM The importance of two- and three-lane covered drainage in the meliorrhagia of hardened heavy soils. AzETHvəMİ EİB, Elmi əsərələrərərələr, Bakı, 2007, p.30-36.
3. Айвазов А.М. Drainage and drainage Karabakhsky steppi. Труды АзНИИГиМ, VI, Баку, 1966, с.93–102.
4. Айвазов А.М. Regular use of the system земель. Informatics reports, № 7, М., 1990, pp.16-23.
5. Айвазов А.М. Effective drainage is effective. Почвоведение, №2, 1991, с.82-88.
6. Бехбудов А.К., Айвазов А.М., Мусаев З.С. New contours are removed. ММиВ СССР, АзНИИГиМ. Baku, «Ишыг», 1975, 6 pages.
7. Бехбудов А.К., Айвазов А.М., Мусаев З.С. Isledovanie работы горизонтального дренажа с фильтрами из скуственных materials. Гидротехника и мелиорация, № 12, М., 1977, с.89-94.
8. Бехбудов А.К., Айвазов А.М., Зейналов А.Г. Melki закрытый дренаж при мелиорации тяжелых засоленных земель. In this technology progress. Baku, 1978, № 2, pp.60-65.
9. Бехбудов А.К., Айвазов А.М., Аббасов Г.Д. Применение муфт-фильтров при дренировании засоленных земель. Гидротехника и мелиорация, № 5, М., 1984, с.66-69.
10. Бехбудов А.К., Айvazov А.М., Борисенко Ю.В. Universal orositelna system. Melioracy and vodnoe хозяйство. № 10, М., 1988, pp.34-36.

KARAÇAM (*Pinus nigra* Arnold.) MEŞCERELERİNDE SIKLIK BAKIMININ BÜYÜME ÜZERİNE ETKİLERİ

Mesut ŞEN
Bartın University, Graduate School, Forest Engineering Main Branch of Science
ORCID ID: 0000-0002-8329-5726
Halil Barış ÖZEL
Bartın University, Faculty of Forestry, Department of Forest Engineering
ORCID ID: 0000-0001-9518-3281

ÖZET

Bolu-Mengen yöresindeki doğal karaçam (*Pinus nigra* Arnold.) meşceresinde gerçekleştirilen bu araştırmada üç farklı şiddetteki sıklık bakımı müdahalelerinin (zayıf, mutedil ve kuvvetli) meşcere gelişimi üzerindeki etkileri incelenmiştir. Bu amaçla rastlantı blokları deneme desenine göre üç tekrarlı olarak alınan deneme alanlarında ortalama göğüs yüksekliği çapı, ortalama boy ve ortalama göğüs yüzeyi alanı değişkenleri belirlenmiştir. Müdahalelerden onun yıl sonra yapılan bu araştırmadan elde edilen sonuçlara göre, farklı yoğunlukta yapılan sıklık bakımı alanlarında ortalama çap gelişiminin 8,51-11,26cm, ortalama boyun 4,54-5,35m ve ortalama göğüs yüzeyi alanının da 11,86-17,75m2/ha arasında değiştiği belirlenmiştir. Bu sonuçlar itibarıyla yapılan sıklık bakımı müdahalelerinin meşcerenin çap ve göğüs yüzeyi alanı gelişimi üzerinde çok belirgin etkileri olduğu tespit edilmiştir. Ortalama boy büyümesi yönünden ise sıklık bakımı işlemleri arasında çok yüksek düzeyde farklılıklar ortaya çıkmamıştır.

Anahtar Kelimeler: Karaçam, Meşcere, Silvikültür, Sıklık Bakımı, Büyüme

EFECTS OF PRECOMMERCIAL THINNING IN BLACK PINE (*Pinus nigra* arnold.) STANDS

ABSTRACT

In this study, which was carried out on a natural black pine (*Pinus nigra* Arnold.) stand in the Bolu-Mengen region, the effects of three different intensities of pre-commercial thinning applications (weak, moderate and strong) on stand growth were investigated. For this purpose, mean diameter, mean height and mean basal area variables were determined in the sample plots taken in triplicate according to the randomized blocks experimental design. According to the results of this study, which was carried out ten years after the interventions, the mean diameter growth was 8.51-11.26 cm, the mean height 4.54-5.35 m, and the mean basal area 11.86-17,75 m2/ha in the frequency care areas with different intensities. Based on these results, it has been determined that the density maintenance interventions have very significant effects on the diameter and basal area growth of the stand. In terms of mean height growth, there were not very high differences between the frequency maintenance treatments

Keywords: Black Pine, Forest Stand, Silviculture, Precommercial Thinning, Growth

1.INTRODUCTION

All natural resources on Earth have always had an impact on both individual living conditions and social living standards since the beginning of humanity. During the periods when humans had nomadic living conditions and continued their lives by hunting, and during the first emergence of modern society when they chose a settled life and tried to hold on to life by engaging in agriculture, they have always benefited from all the possibilities and opportunities that nature has offered them and have included all these natural elements in their life cycle in order to increase their living standards and live a more comfortable and relaxed life. However, when all the historical processes and periods in which humanity has developed are examined, it is seen that humans have always exhibited an instinctive behavior such as always taking more advantage of natural ecosystems consisting of many living and non-living elements that continue their lives in perfect balance, especially with the discovery of fire, and not sharing them with other living communities around them by storing them. Having had a long and difficult life adventure, especially when humans adopted a settled life and started to establish rules that governed their social lives, they tended to abandon the primitive way of using natural resources, which all natural elements create, to more modern approaches. However, societies that developed over time and increased in number of individuals still could not give up destroying nature.

The desire and demand to benefit from natural resources more comfortably has become an invincible monument of ambition and greed for the human races that are divided into different communities every passing day, and along with this, people have now tried to fight among themselves and benefit more from natural resources in order to determine the limits of their living conditions or to expand these limits, as is also experienced in today's modern societies. Although these wars have reached levels and intensities that will bring the end of humanity in many time periods and very different terrestrial locations, the ambition to use and the pressure to benefit from natural resources have never lost their effectiveness and have become more and more intense and intense every passing day. Indeed, despite being based on different political and social reasons, after both the two great multinational wars known in the pages of history and the First and Second World Wars, which were effective in the formation of modern social life, humanity did not refrain from testing itself with hunger and misery, and from destroying the natural balance, and did this completely under the name of improving global social and economic orders. Especially with the discovery of electricity, societies that wanted more

comfortable living standards demonstrated different levels of development from each other, and this situation brought about the classification of developed, developing and underdeveloped societies.

Industrialization is not a factor that is effective alone in the pressures on natural resources, and the rapidly increasing population and the increasing demands of this population have been added to this in a very short time, and considering completely economic, political and sociological factors, fossil-based natural energy resources, primarily fossil-based oil, natural gas and coal, which are the basic sources of energy, have been brutally destroyed by human beings until today. The technological developments and innovative product designs that have emerged depending on the energy elements obtained from these sources also have a significant effect on this destruction. Although it seems to be completely energy-based at first, natural resources, where many functional services are provided and many substitute products are obtained, can no longer meet the needs of today's modern societies, and have caused the living conditions they improve to be greatly damaged and deteriorated. In other words, the natural environment has now been damaged and wounded in a way that is very difficult to repair.

The destroyed natural resources can no longer fulfill their functions in every sense today. In other words, the magnificent natural riches of the world have been destroyed, the environment has been polluted and the natural balance has been disrupted. It is suggested that today's world population is approximately 8 billion and it is estimated that this number will increase by approximately 3 billion by 2050 (Coole, 2013). The possible effects of this situation can easily be listed as more pollution of the environment, more destruction of natural resources, deeper destruction of the natural balance, further increase in the excessive use of fossil-based resources used for energy purposes, and the addition of new ones to the negative effects of environmental problems that are difficult to repair, especially global warming, on living things. It has been revealed today by many scientists3 with multi-dimensional decision-making and forecast models applied that the use of energy resources alone will increase 3.5 times, especially as of 2021, and that in this case, many natural fossil energy resources, especially those originating from Europe and Asia, will not be able to meet the needs as of 2047 (Abbasi and Adedoyin, 2021; Iqbal et al., 2021).

In the face of the rapid decrease in fossil-based natural energy resources, the tendency towards determining and researching alternative and especially renewable energy resources in order to meet the needs of modern society and to continue the existence of industrial systems with high energy consumption has increased rapidly in every community in the last 50 years. Depending

on the sectoral analysis results that emerged as a result of these different evaluations, it is striking that the most basic natural resource that has the energy and power to renew itself rapidly under the influence of natural factors is the forests, which are considered as the natural hosts of biomass. Forest resources, which come to the fore with this feature, also emerge in almost different geographies of the world within the framework of different types and organizational characteristics under the influence of different ecological conditions and can reveal themselves in societies with all levels of development. However, the current status of this important resource is not seen as very bright, especially since the beginning of the 1940s, due to its rapid destruction in each passing period and the failure to replace the damaged ones with new ones offering the same services and products. When the reports on the status of the world's forests, especially published annually by FAO, are evaluated, it is reported that the world's forests have been destroyed by approximately 50-55% due to pollution caused by fires, excessive exploitation and industrial waste, and that this situation will increase to 65-70% in at least 20 years (Shiklomanov et al., 2020). Ensuring the continuity of this important natural resource is very important for humanity in terms of reducing the negative effects of many environmental problems, especially global warming. The necessary technical, economic and ecological measures should be taken and implemented in a timely manner for the sustainable management of all forest resources, which have an important effect especially in carbon storage from an early age.

Today, it would not be wrong to say that all natural forest resources, especially our country's natural forest resources, are objects of healthier and more durable forest establishment activities by applying silvicultural maintenance techniques in terms of age and developmental ages (Ma et al., 2019). For this reason, the implementation of necessary maintenance measures in all developmental ages, especially in the youth age, and the establishment of forests consisting of healthy and phenotypically high-quality individuals constitute the first and important stage in terms of the protection and sustainable management of forest 4 resources. In this process, especially since the formation of forests established naturally or artificially begins to emerge in the density age, the technique and intensity of application of density maintenance studies in the form of weeding to be carried out in the density age are also of great importance in terms of the health and quality levels of forests (Dodson et al., 2012).

The implementation of density maintenance interventions, which are quite important and effective in terms of tree development and forest habitat, in accordance with the silvicultural and ecological characteristics of the relevant tree species and in this sense, the determination of

the appropriate density maintenance intensity constitutes a very important silvicultural decision stage. This situation also has an important value on carbon storage and retention as a function effective against today's global warming threat (Gustafsson et al., 2012). In this respect, determining the technical and ecological contents of density maintenance interventions by testing them with appropriate scientific trial designs in particular for the species or species that constitute natural forest resources naturally formed in different ecological units will have a very important effect in terms of sustainable management of forest resources on a national and global scale.

The aim of this research, which was carried out in the pure natural Anatolian Black Pine (Pinus nigra Arnold. subsp. pallasiana (Lmb.) Holmboe) stand in the Bolu-Mengen region, is to determine the effects of the density maintenance interventions applied in 2012 at 3 different intensities (light, moderate and heavy) on stand development and growth at the end of 10 years, to determine the most appropriate density maintenance intensity within the framework of the ecological conditions in the research area for the development of Black Pine forests, which are one of our main species that are very important in terms of wood production and biodiversity, and to produce information that will guide practitioners in this regard.

2.MATERIAL AND METHOD

2.1.Material

This research, which investigated the 10-year effects of density maintenance interventions carried out at three different intensities on the development of natural Anatolian black pine (*Pinus nigra* Arnold. subsp. *pallasiana* Arnold. (Lamb.) Holmboe) stands, was carried out in the Bolu-Mengen region. The Bolu-Mengen region, which constitutes the research area, is located in the Western Black Sea Region due to its geographical location, and the natural black pine forests, which are also researched in terms of phytosociology, are located in the Western Black Sea Lower Euxine section of the Euxine phytogeographic belt. The average altitude of the research area is 875 m and its general aspect is northwest. The Anatolian Black Pine stand where the research was carried out is in medium slope conditions and the average slope varies between 22-26%. The stand has the characteristics of pure, single-layered and same-aged establishment in terms of its actual establishment, and the average closure degree in the area varies between 0.6-0.7 and the average density degree varies between 0.5-0.6 (Anon., 2020).

The characteristic features of the Western Black Sea sub-climate type are seen in the research area, with the average annual temperature being 10.2°C, average annual precipitation being 657.3 mm and the average annual number of rainy days being 133.4. However, early and late

frosts are encountered in the region and the average vegetation period is 6 months (MGM, 2021).

The soil texture in the research area is sandy-clayey and occasionally sandy-clayey-loam, and the soil structure generally has a clastic texture. Although the soil in the area shows deep soil conditions, the current site class of the research area is Site Class III. In addition, the soil reaction in the research area is close to neutral and slightly alkaline. In the natural black pine stand where the research was carried out, the organic matter is at a moderate level, there is no live cover density, and dead cover decomposition occurs at a normal level (Anon., 2021). In the pure Anatolian Black Pine stand where the research was carried out, 3 different intensities of density maintenance applications were carried out in 2012: light (12.3% of the basal surface area was removed), medium (24.6% of the basal surface area was removed) and severe (36.4% of the basal surface area was removed). The current stand type of the stand is Çkb2. As a result of the density maintenance interventions carried out in the area, it is possible to say that a generally homogeneous stand structure prevails, although there are gaps under 0.1 ha in some places. The average age of the stand was determined as 21 with the increment items taken from the individuals in the trial areas.

2.2. Method

The aim of this research, which was carried out in a pure Anatolian Black Pine stand in the Bolu-Mengen region, is to determine the effects of 3 different intensities of light (12.3% of the basal surface area was removed), medium (24.6% of the basal surface area was removed) and severe (36.4% of the basal surface area was removed) density maintenance interventions on oak tree development (average basal height diameter, average height and average basal surface area) at the end of the 10th year in a total area of 8.5 ha in 2012 and to provide some important preliminary information, especially on the intensity of application, for the density maintenance applications to be carried out in black pine stands under current ecological conditions by the technical personnel working in the region. For this purpose, 20x50 m trial areas were taken from the stand parts where 3 different intensities of density maintenance were applied in the area according to the randomized block design with 3 replications. In order to minimize the effects of neighboring relationships between the trial areas, attention was paid to leaving a distance of 50 m. At the same time, a control trial area of 20x50 m was taken from the uninterrupted stand section and comparisons were made. Breast height diameter (d1,30) and average height were measured in all healthy individuals entering the trial areas taken in 3 repetitions according to random blocks and the breast surface was calculated using the volume-

yield tables prepared for black pine by Kalıpsız (1963) using the obtained data. Digital diameter meter was used to measure breast height diameters and digital height meter was used to measure heights. One-way variance analysis was applied at a confidence level of 95% to compare the average breast height diameter, average height and average breast surface area of the density maintenance applications applied at three different intensities with each other and with the control trial areas. In case of a statistically significant difference as a result of the variance analysis applied between the density maintenance intensities and the control trial areas, Duncan Test was used at a confidence level of 95% to make groupings. All statistical analyses were performed using SPSS 20.0 Windows Statistical Package Program (SPSS, 2020).

3.RESULTS AND DISCUSSIONS

Density maintenance interventions have significant effects on the final state of forests, their durability, the continuity of biodiversity, the formation of natural regeneration conditions, the increase in the productivity of habitat conditions, especially edaphic elements, and the reduction of the negative effects of global climate change, especially carbon storage. In this context, the primary criterion examined and taken into consideration in revealing the effects of density maintenance measures, especially on both individual and stand development levels, is the diameter at breast height (DBH) (Yücesan et al., 2015). In this study, where the effects of density maintenance interventions carried out at 3 different intensities in the natural black pine stand of Bolu-Mengen region were examined at the end of the 10th year, the diameter at breast height was measured according to the intervention intensities and compared on the mean values (Table 1).

Table 1. Mean diameter development in different frequency maintenance applications

Density of Silvicultural Application	Mean DBH (cm)	Significance Level
Mild	8,51±0,23**a**	*P<0,01*
Moderate	9,63±0,26**b**	
Severe	11,26±0,29**c**	
Control	7,84±0,19**d**	

P<0.01: Significant at 99% confidence level
a, b, c, d: The same letters indicate similar groups.

When the findings in Table 1 are examined, it was determined that there was a statistically significant difference at the P<0.01 confidence level in terms of diameter development both between the density care interventions applied at different intensities and between these interventions and the control area. Accordingly, the highest diameter development occurred in the density care intervention applied at an intense level with 11.26 cm, followed by the

moderate and light density care interventions with 9.63 cm and 8.51 cm, respectively. The lowest diameter development was determined in the control trial area where no intervention was applied with 7.84 cm. In this context, as a result of the Duncan test applied to create homogeneous groups, four different homogeneous groups were formed at the P<0.05 confidence level, and in this grouping, the diameter development determined at the end of the tenth year in the area where intense density care was applied was in the first group, while the control area was in the last group. In a study conducted with density maintenance interventions applied to black pine in the Burdur region, the average diameter development value in the third development period was determined as 8.30 cm in the area applied with 2-2.5m intervals and 8.67 cm in the area applied with 3-3.5m intervals. In the same study, the average diameter development was determined as 6.88 cm in the control area (Bayar and Deligöz, 2019). The results of the study, which showed similar results with the average diameter value data obtained from this study conducted in the natural black pine stand in the Bolu-Mengen region, also show that; In density maintenance interventions, there is an increase in average diameter development up to a certain point in parallel with the increase in the living space provided to individuals.

In the study, the height growth was also examined in the trial areas taken as random blocks according to the treatment intensity in the natural black pine stand where density maintenance treatments of different intensities were applied, and the average height values determined in the trial areas, including the control trial area, were compared (Table 2).

Tablo 2. Mean height growth in different frequency maintenance treatments

Density of Silvicultural Application	Mean Height (m)	Significance Level
Mild	5,35±0,12^{a}	*P<0,05*
Moderate	5,21±0,12^{a}	
Severe	4,54±0,10^{b}	
Control	6,48±0,14^{c}	

P<0.01: Significant at 99% confidence level
a, b, c, d: The same letters indicate similar groups.

When the data in Table 2 is examined, it is determined that there is a statistically significant difference between the density maintenance operations applied at different intensities and the control trial area at the P<0.05 confidence level. In this respect, as a result of the Duncan test performed at the P<0.05 confidence level in order to create homogeneous groups, it was determined that the individuals in the control trial area were in the first group with an average height growth of 6.84 m. This group was followed by the stand parts where light and moderate density maintenance was applied with average height values of 5.35 m and 5.21 m. The lowest

average height growth was determined as 4.54 m in the stand parts where severe density maintenance interventions were made (Table 2). In the research carried out in the Burdur region on this subject, the average height in the density maintenance area applied at 2-2.5 m intervals in the third development period was determined as 5.00 m, in the areas where density maintenance was applied at 3-3.5 m intervals as 4.88 m and in the control area as the highest value as 5.45 m (Bayar and Deligöz, 2019). As these comparative results indicate, density maintenance interventions applied in different ways and intensities do not have a significant and high degree of effect on height development of black pine individuals, as they do on diameter development. In fact, in two different studies conducted on black pine and Scots pine species by Kaymakçı et al. (2000) and Öncül et al. (2016), it was reported that density maintenance applied at different intensities did not have a high degree of effect on height development, as it did on diameter development. However, in a study conducted on Sitka spruce, it was stated that despite the relatively fast growth ability of the species compared to European spruce, different density maintenance treatments did not have a high degree of effect on height growth, as they did on diameter and breast area development (Brüchert and Gardiner, 2006).

In this study conducted in the Bolu-Mengen region, the effects on the development of the breast surface area in the trial areas taken from the density maintenance areas carried out in different ways and the uninterrupted control point were also tried to be examined and presented. The comparisons were used by converting the average breast surface area values determined for the trial areas and the control area into hectares (Table 3).

Tablo 3. Mean breast surface area in different frequency care practices

Density of Silvicultural Application	Mean Height (m)	Significance Level
Mild	17,75±1,82**a**	*P<0,01*
Moderate	13,67±1,93**b**	
Severe	11,86±1,17**c**	
Control	29,52±2,55**d**	

P<0.01: Significant at 99% confidence level
a, b, c, d: The same letters indicate similar groups.

As a result of the comparison made using one-way analysis of variance, it was determined that there was a statistically significant difference at the P<0.01 confidence level in terms of average chest surface area development between the density care treatments applied at different intensities (Table 3). In this context, as a result of the Duncan test performed at the P<0.05

confidence level to determine homogeneous groups by treatments, the control area was in the first group (29.52 m2/ha), while the area where intensive density care treatments were applied (11.86 m2/ha) was in the last group. The areas where moderate and mild density care measures were applied formed the third and fourth groups, respectively, in terms of average chest surface area development (Table 3). Indeed, in the study conducted by Bayar and Deligöz (2019) on the black pine species, the average breast surface area development at the end of the third development period was determined as 7.39 m2/ha in the trial areas with 3-3.5 m spacing, 12.57 m2/ha in the areas with 2-2.5 m spacing and 27.53 m2/ha in the control area. According to these comparative data, although the breast surface interventions applied at different intensities have a significant effect as in diameter development in black pine forests, the breast surface area decreases due to the high decrease in the number of individuals, especially as the intensity of the breast maintenance increases, and therefore the average breast surface area is high due to the excess number of individuals in the control areas where the breast surface interventions are not carried out (Bayar and Deligöz, 2019; Bayar and Deligöz, 2020). Similar results were obtained as a result of studies on density maintenance in Scots pine and Eastern beech species (Yücesan et al., 2015; Öncül et al., 2016).

4.CONCLUSIONS

In light of the findings obtained from the research, it was determined that different density maintenance operations had significant effects on the average diameter at breast height and the average breast surface area as of the 10th year results. However, it was revealed that the same interventions also had effects on average height growth, but it was observed that this effect did not have as high an effect degree as on diameter and breast surface area. In this context, density maintenance interventions performed at the density age of forest tree species, especially black pine, which is a semi-light tree and constitutes the material of the research study, have very important positive effects on the health, stability, development and productivity of the habitat conditions of the stand. However, in order to ensure these effects, it is of great importance that the density maintenance measures to be applied in the stand are carried out with appropriate intensity and at the appropriate time. For this purpose, it is useful to determine the density maintenance intensity to be applied in the stand, which is shaped by the effect of different ecological conditions and depending on the productivity of the habitat, with preliminary research. Otherwise, especially the density maintenance interventions that will be made with more intensity than necessary will cause the stand to take shape late and will cause unnecessary yield loss and vulnerability to wind and snow damages. In this context, it is thought that

repeating this research in question in a time period of at least half of the rotation period foreseen for the stand and revealing the necessary actual results in terms of yield and silvicultural will be quite useful in terms of healthier planning of the future of the stand.

REFERENCES

Abbasi, K.R., Adedoyin, F.F. (2021). Do energy use and economic policy uncertainty afect CO_2 emissions in China? Empirical evidence from the dynamic ARDL simulation approach. Environmental Science and Pollution Research 28(18):23323–23335.

Agestam, E., Ekö, P.M., Johansson, U. (1998). Timber quality and volume growth in naturally regenerated and planted Scots pine stands in S.W. Sweden. *Studia Forestalia Suecica* 204. 17 p.

Akkemik, U. (2018). Türkiye'nin Dogal-Egzotik Agaç ve Çalilari. TC Orman ve Su Isleri Bakanligi Orman Genel Mudurlugu, Ankara.

Alptekin, Ü. (1986). Anadolu karaçamı (Pinus nigra Arn. ssp. pallasiana(Lamb.) Holmboe)'nın coğrafik varyasyonları. İstanbul Üniversitesi. Orman Fakültesi. Dergisi.

Anonim (2020). Bolu-Mengen Orman İşletme Şefliği Detay Silvikültür Planı, Bolu, 34 s.

Atalay, I., & Efe, R. (2012). Ecological attributes and distribution of Anatolian black pine [Pinus nigra Arnold. subsp. pallasiana Lamb. Holmboe] in Turkey.

Atay, İ. (1984). Orman Bakımı. İ.Ü. Or. Fak. Yayınları No: 3196/356. İstanbul

Bachofen, H., Zingg, A. (2001). Effectiveness of structure improvement thinning on stand structure in subalpine Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) stands. *Forest Ecology and Management* 145: 137-149.

Bayar, E., Deligöz, A. (2019). Three-year results of precommercial thinning in Burdur region natural Anatolian black pine stand. *Artvin Coruh University Journal of Forestry Faculty*, *20*(1), 18–27

Bayar, E., Deligoz, A. (2020). Effects of precommercial thinning on growth parameters in *Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe stand. *Journal of Forestry Research*, *31*(5), 1803–1811.

Brüchert, F., Gardiner, B. (2006). The effect of wind exposure on the tree aerial architecture and biomechanics of Sitka spruce (*Picea sitchensis*, Pinaceae). American Journal of Botany 93 (10): 1512-21.

Cameron, A.D. (2002). Importance of early selective thinning in the development of long- term stand stability and improved log quality: a review. *Forestry* 75 (1): 25-35.

Cantiani, P., Plutino, M., Amorini, E. (2010). Effects of silvicultural treatment on the stability of black pine plantations. *Annals of Silvicultural Research* 36: 49-58.

Coole, D. (2013). Too many bodies? The return and disavowal of the population question. *Environmental Politics*, 22(2), 195–215.

Dodson, E.K., Ares, A., Puettmann, K.J., (2012). Early responses to thinning treatments designed to accelerate late successional forest structure in young coniferous stands of western Oregon. USA. *Canadian Journal of Forest Research* 42 (2), 345–355.

Deligöz, A., Bayar, E., Karatepe, Y., Genç, M. (2019). Photosynthetic capacity, nutrient and water status following precommercial thinning in Anatolian black pine. *Forest Ecology and Management*, *451*.

Eler Ü, Özçelik R, Özdemir İ, Çatal, Y. (2004). Göller yöresinde iki genç doğal Toros sediri (*Cedrus libani* A. Rich.) meşceresinde gecikilmiş sıklık bakımının gelişme üzerine etkileri. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi* 8(1): 1-6.

Erkan N, Aydın AC, Eler Ü (2017) Güney-Batı Anadolu bölgesindeki kızılçam (Pinus brutia Ten.) kültür ormanlarında değişik silvikültürel uygulamalara göre artım ve büyüme ilişkileri. Ormancılık Araştırma Dergisi 4(2):90-99.

Farjon, A. (2010). *A Handbook of the World's Conifers (2 vols.)* (Vol. 1). Brill.

Ferguson, D. E., Byrne, J. C., Wykoff, W. R., Kummet, B., Hensold, T. (2011). Response of ponderosa pine stands to pre-commercial thinning on Nez Perce and Spokane Tribal forests in the Inland Northwest, USA. *Research. Paper RMRS-RP-88*, p.33. Fort Collins, CO: United States Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station.

Gustafsson, L., Baker, S.C., Bauhus, J., Beese, W.J., Brodie, A., Kouki, J., Lindenmayer,

D. B., L˜ohmus, A., Pastur, G.M., Messier, C., Neyland, M., Palik, B., Sverdrup- Thygeson, A., Volney, W.J.A., Wayne, A., Franklin, J.F., (2012). Retention Forestry to Maintain Multifunctional Forests: A World Perspective. *BioScience* 62, 633–645.
Genç, M. (2001). Orman Bakımı:(asli orman ağacı türlerimizin saf ve karışık meşcerelerinin bakımı). Süleyman Demirel Üniversitesi Yayını, No. 14, Isparta.
Genç, M. (2004). Silvikültürün temel esasları. Süleyman Demirel Üniversitesi Yayını, No. 44, Isparta.
Genç, M. (2011). *Orman Bakımı*. Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Yayını, Isparta.
Hinze, W.H.F., Wessels, N.O. (2002). Stand stability in pines: an important silvicultural criterion for the evaluation of thinnings and the development of thinning regimes. *The Southern African Forestry Journal* 196 (1): 37-40.
Iqbal N, Abbasi KR, Shinwari R, Guangcai W, Ahmad M, Tang K (2021) Does exports diversifcation and environmental innovation achieve carbon neutrality target of OECD economies? *Journal of Environmental Management* 291:112648.
Kaymakçı E, Erkuloğlu, Ö.S., Eronat, A.F. (2000). Gördes işletmesinde karaçam (*Pinus nigra* Arnold.)'da gecikilmiş sıklık bakımı üzerine araştırmalar. Orman Bakanlığı Ege Ormancılık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, İzmir.
Kalıpsız, A. (1963). Türkiye'de Karaçam (*Pinus nigra* Arnold) Meçcerelerinin Tabii Bünyesi ve Verim Kudreti Üzerine Araştırmalar, *Orman Genel Müdürlüğü Yayın No 349/8*, 57s. İstanbul.
Kint, V., Geudens, G., Mohren, G.M.J., Lus,t N. (2006). Silvicultural interpretation of natural vegetation dynamics in ageing Scots pine stands for their conversion into mixed broadleaved stands. *Forest Ecology and Management* 223 (1-3): 363-370.
Ma, W., Domke, G.M., Woodall, C.W., D'Amato, A.W., (2019). Land use changes, disturbances, and their interactions on future forest aboveground biomass Dynamics in the Northern US. *Forests* 10 (7), 60-69.
MGM, (2021). Bolu-Mengen Uzun Yıllar Meteorolojik Parametrelere Ait Rasat Değerleri, T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Ankara, 26 s.
OGM, (2013). Orman Atlası. Orman Genel Müdürlüğü Yayını, Ankara.
OGM, (2014). Silvikültürel uygulamaların teknik esasları. Tebliğ No: 298, T. C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Orman Genel Müdürlüğü Silvikültür Daire Başkanlığı, Ankara
OGM, (2020). Türkiye Orman Varlığı. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Orman Genel Müdürlüğü, Ankara.
Öncül, Ö., Uğurlu, Ç., Köse, M., Tilki, F. (2016). Sıklık bakımının doğal sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) meşcerelerinde çap ve göğüs yüzeyi üzerine etkisi. *Ormancılık Araştırma Dergisi* 1(3):29-37.
Özdemir T, Eler Ü, Şırlak U (1987) Antalya bölgesi doğal kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) ormanlarında ayıklama kesimleri (sıklık bakımı) ve etkileri üzerine araştırmalar. Ormancılık Araştırma Enstitüsü. Teknik Bülten No: 184.
Pettersson, N. (1993). The effect of density after precommercial thinning on volume and structures in *Pinus sylvestris* and *Picea abies* stands. *Scandinavian Journal of Forest Research* 8: 528–539.
Piermattei, A., Renzaglia, F., Urbinati, C. (2012). Recent expansion of *Pinus nigra* Arn. above the timberline in the central Apennines, Italy. *Annals of Forest Science* 69(4): 509-517.
Saatçioğlu, F. (1971). Orman Bakımı. İ.Ü. Orm. Fak. Yayınları No: 1636/160. İstanbul.
Shiklomanov, A.N., Bond-Lamberty, B., Atkins, J.W., Gough, C.M., (2020). Structure and parameter uncertainty in centennial projections of forest community structure and carbon cycling. *Global Change Biology* 26 (11), 6080–6096.
SPSS Inc. (2020). SPSS 20.0 guide to data analysis. Prentice Hall Public. New Jersey.
Sullivan, T. P., Sullivan, D. S., Lindgren, P. M. F., Ransome, D. B. (2006). Long-termresponses of ecosystem components to stand thinning in young lodgepole pine forest. III. *Forest Ecology and Management, 228*(1–3), 69–81.
Tolunay. D. (2003) Aladağ'da (Bolu) sıklık çağındaki sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) meşcerelerinde bakımların madde dolaşımına etkileri. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi* 53(1):47-73.
Wang, Y., Titus, S.J., LeMay, V.M. (1998). Relationships between tree slenderness coefficients and tree or stand characteristics for major species in boreal mixedwood forests. *Canadian Journal of Forest Research* 28 (8): 1171-1183.

Yücesan, Z., Özçelik, S., Oktan, E. (2015). Effects of thinning on stand structure and tree stability in an afforested oriental beech (*Fagus orientalis* Lipsky) stand in Northeast Turkey. *Journal of Forestry Research* 36(5):1075-1082.
Zeng, H., Garcia-Gonzalo, J., Peltola, H., Kellomäki, S. (2010). The effects of forest structure on the risk of wind damage at a landscape level in a boreal forest ecosystem. *Annals of Forest Science* 67 (1): 111-111.

BARTIN-KUMLUCA YÖRESİ SAF DOĞU KAYINI (*Fagus orientalis* Lipsky.) DOĞAL GENÇLEŞTİRME ALANLARINDA MEŞCERE KURULUŞLARI VE GENÇLİK DİNAMİKLERİNİN İNCELENMESİ

Bekir DEMİREL
Bartın University, Graduate School, Forest Engineering Main Branch of Science
ORCID ID: 0000-0002-7619-0563
Halil Barış ÖZEL
Bartın University, Faculty of Forestry, Department of Forest Engineering
ORCID ID: 0000-0001-9518-3281

ÖZET

Bartın Kumluca yöresinde saf doğu kayını (*Fagus orientalis* Lipsky.) meşcerelerinde, gençleştirme alanı büyüklüğünün ve bazı fizyolojik faktörlerin doğal gençleştirme başarısı üzerine etkilerinin incelendiği bu tez kapsamında; Kumluca Orman İşletme Şefliği sınırlarında kalan ve 2016 yılında doğal gençleştirme programına alınmış olan 19, 32 ve 33 nolu bölmelerde 9 adet deneme alanı alınarak meşçere kuruluş özellikleri, gençlik gelişimleri ve gençleştirme başarısı incelenmesi amacıyla, hem yaşlı generasyonda hem de genç generasyonda ölçümler yapılmıştır. Yaşlı generasyon olarak değerlendirdiğimiz tohum ağaçları üzerinde; boy ölçümü, çap ölçümü ve tepe çapı ölçümleri gerçekleştirilerek tohum ağaçlarının gençleştirme başarısına etkileri araştırılmıştır. Tohum ağaçları üzerinde yaptığımız ölçümler neticesinde; tohum ağacı olarak seçilen fertlerin meşcerenin verim gücünden en iyi şekilde yararlanmış, idare süresi sonuna gelmiş, düzgün tepe ve gövde yapısında fertler olmasında dolayı bol tohum tutarak gençleştirme çalışmalarının başarısına katkı sağladığı belirlenmiştir. Doğal gençlikler üzerinde yapılan ölçümlerde; gençlik boyu, kök boğaz çapı, son yıl sürgün uzunluğu, yaprak boyu ve genişliği ölçümleri yapılarak değerlendirmeye tabi tutulmuştur. Bu değerlendirmeler sonucunda araştırma alanındaki gençlik dinamiklerinin iyi durumda olduğu söylenebilir.

Anahtar Kelimeler: Doğu Kayını, Silvikültür, Doğal Gençleştirme, Gençlik, Büyüme

THE INVESTIGATION OF STAND STRUCTURE AND JUENILITY DYNAMICS IN NATURAL REGENERATION AREAS OF PURE ORIENTAL BEECH (*Fagus orientalis* Lipsky.) IN THE BARTIN-KUMLUCA REGION

ABSTRACT

In this thesis, the effects of size of regeneration area and some physiological factors on the success of natural regeneration in pure oriental beech (*Fagus orientalis* Lipsky.) stands in the Bartın-Kumluca region. In order to examine stand characteristics, juvenility growth and regeneration success, measurements were made in the juvenility generation in the old generation in 9 sample plots in 19, 32 and 33 number forest divisions, which were within the borders of Kumluca Forest Range Directorate and included in the natural regeneration program in 2016. On the seed trees that we consider as the mature generation; height measurements,

diameter measurements and crown diameter measurements were carried out and the effects of seed trees on the success of natural regeneration were investigated. As a result of the measurements we made on seed trees; It was determined that the individuals selected as seed tree benefited from the yield power of the stand in the best way, the administration period came to an end and it was determined that the individuals holding the seeds in the crown and stem straightness contributed to the success of the regeneration studies. In the measurements made on height, root collar diameter, last year shoot length, leaf length and width natural of juvenilities; measurements were evaluated. As a result of these evaluations, it can be said that the juvenilities dynamics in the research area are in good growth condition

Keywords: Oriental Beech, Silviculture, Natural Regeneration, Juvenility, Growth.

1.INTRODUCTION

With the rapid increase in the world population, the demand for forest products has also increased. Forest ecosystems have been severely damaged as a result of excessive exploitation of forests in order to meet this demand. If the damage seen is to be expressed in numbers; while the existence of forest areas in the world was expressed as 8 billion hectares in 1945, it has decreased rapidly to 3.8 billion hectares by 2000 (FAO, 2001; Boydak, 2003). The natural balance has been disrupted with the decrease in forest areas and the effect of developing industry. Climate changes are occurring as a result of global warming. With the effect of climate change, the natural balance has been rapidly disrupted and many environmental problems such as severe erosion, increases in flood and avalanche disasters and decrease in biological and genetic diversity have begun to be seen (Özel, 2007). The way to combat all these environmental problems will be to increase the world's forest assets.

According to the 2015 forest inventory results, Turkey's forest assets are 22,342,935 hectares, covering 28.6% of the country's total surface area. 19,619,718 hectares (88%) of our country's forests are covered with grove forests, 2,723,217 hectares (12%) are covered with coppice forests. 10,628,833 hectares of our forests consist of coniferous forests (48%), 7,346,851 hectares of deciduous forests (33%), and 4,367,251 hectares of coniferous + deciduous mixed forests (OGM, 2015).

Beech is one of the species with the largest distribution area in the world (OGM, 2006). The eastern beech, one of the most widespread deciduous tree species in the temperate deciduous forests of the northern hemisphere and one of the primary tree species of our country's forests, is the second most widespread deciduous species after oak species, with a total distribution area of 1,899,929 hectares, 1,630,196 hectares of which is normally covered and 269,733 hectares

of which is hollow covered. The share of the eastern beech among the total country forests with this distribution area is 8.5% (OGM, 2015).

The continuous existence of forests, as with every living creature in nature, will be possible by replacing the individuals that have aged or died due to damage due to various reasons with new young individuals. For this reason, the rejuvenation studies implemented in our forests and the success of these studies are very important. A rejuvenation period is generally determined in our country's forests and rejuvenation studies are implemented by considering the abundant seed year in this period. Rejuvenation: “The cutting down of the trees and tree communities that constitute the final product of the forest and have reached the cutting age and the stand in the grove forest with a section (cutting area) for the purpose of benefiting and replacing them with new and young forest generation, that is, the new generation” is called (Odabaşı. et al, 2006).

Especially in old forests, it would be appropriate to rejuvenate areas where tree development slows down, the forest collapses in places or the forest becomes unproductive due to other damages such as snow, storm, insects, fungi, etc. and the productive power of the growing environment cannot be sufficiently utilized. Healthy youth can be obtained by including in a rejuvenation program in areas where the forest mostly consists of young individuals but the number of healthy individuals decreases or the trunk quality decreases due to various natural reasons, as in old forests (Odabaşı. et al, 2006).

This master's thesis titled 'Investigation of Stand Establishments and Juvenile Dynamics in Natural Regeneration Areas of Pure Oriental Beech (*Fagus orientalis* Lipsky.) in Bartın-Kumluca Region' was conducted in Kumluca Forest Management Directorate in 2016, and regeneration success was investigated by taking trial areas in sections numbered 19, 32 and 33 where seed cutting was done and beech natural regeneration works were carried out with 'Large Area Trench Method'. This study aimed to investigate how regeneration works should be implemented in order for beech natural regeneration works carried out in Bartın Kumluca region to yield successful results and to determine the factors causing failure.

2.MATERIAL AND METHOD

2.1.Material

Kumluca Forest Management Directorate is within the borders of Ulus district of Bartın province and is administratively affiliated with Ulus Forest Management Directorate. The lowest point of Kumluca Forest Management Directorate is Kumluca Creek with 74 meters and the highest point is Karakaya Hill with 1528 meters, the average altitude is 801 meters

(Anon. 2011). According to the current management plan (2011-2020) data of Kumluca Forest Management Directorate; 8474.9 ha productive forest, 629.3 ha degraded forest, 84.7 ha forest soil (OT), 5328.3 ha other areas (settlement, agriculture, water, etc.) totaling 14517.4 ha. It consists of 121 sections (Anon. 2011).

Kumluca region is located in the Western Black Sea region. Summers are cool and rainy. Rainfall generally falls heavily in winter, spring and autumn seasons. It is among the centers with low average temperature. The dominant wind direction of the region is north, northwest. Vegetation generally starts in April and ends in October (Anon. 2011). The nearest meteorological station is in Bartın province at an altitude of 32 meters. The precipitation and temperature values of Kumluca Chiefdom were found by interpolating the data of Bartın Meteorological Station, which is at an altitude of 32 meters, to Kumluca Operation Chiefdom, whose average altitude is 801 meters. Accordingly, the monthly and annual precipitation values of Kumluca region are shown in Table 1 (Özel, 2007).

Table 1. Kumluca Forest Management Directorate, monthly and annual precipitation values (Özel, 2007).

Locations	Altitude (m)	Mean Precipitations (mm)												Annual
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Bartın	32	115,4	86,5	72,7	57,8	53,9	69,8	66,5	85,3	85,7	100,7	117,6	128,2	1040,1
Kumluca	801	150,0	121,1	107,3	92,44	88,55	104,4	101,2	119,9	120,3	135,3	152,2	162,8	1455,4

According to the values in Table 1; Kumluca region receives rainfall in all seasons. The highest rainfall is in December, the least rainfall is in May. The average monthly and annual temperature values of Kumluca region are shown in Table 2.

Table 2. Kumluca Forest Management Directorate, monthly and annual temperature values (Özel. 2007).

Locations	Altitude (m)	Mean Temperature (°C)												Annual
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Bartın	32	4,1	4,8	7,2	11,4	18,4	19,7	21,6	21,3	17,6	13,4	9,3	7,4	12,9
Kumluca	801	-0,1	1,1	4,1	8,4	12,3	17,7	19,7	19,6	15,9	11,7	7,3	3,4	10,5

As seen in Table 2; the annual average temperature in the Kumluca region is 10.5°C, the lowest average temperature is January and the highest is July.

When the main rock of the Kumluca region is examined, sedimentary and metamorphic structure is seen (Anon., 2011). Therefore, while limestone, marl and flysch formations are encountered on steep slopes where the slope increases, clay is the dominant rock type in areas where the slope is less. In addition, the soil characteristics of the Kumluca region are fertile brown forest soil (Anon. 2011).

2.2. Method

Of course, one of the necessary conditions for regeneration studies to be successful is the existence of productive seed trees and the abundance of seed that these seed trees hold. The high physical and genetic capacity of the individuals we select as seed trees will directly affect the quality of the youth to be created. For this reason, the selection of seed trees in the areas subject to regeneration is important. While selecting seed trees in the compartments numbered 19, 32, 33, which are our research subject; healthy individuals with a smooth trunk structure, homogeneous crown structure and visibly abundant seed holding were primarily selected. Individual chestnut and linden trees were protected. Care was taken to remove older, monstrous individuals from the field. Considering these issues, examinations were carried out on our selected seed trees in order to examine their effects on regeneration success. Some measurements were made in order to examine the quality and effects on regeneration studies of the individuals selected and used as seed trees in compartments numbered 19, 32, 33 of Kumluca Forestry Enterprise Directorate, which is our research area. These measurements are as follows; 1.30 Diameter measurement is the measurement of tree height and crown diameter width. A total of 30 trees were measured in each section, 10 on the upper slope, middle slope and lower slope. Care was taken to ensure that the trial trees were representative of the stand.

In order to evaluate the characteristics of the youth formed in the sections numbered 19, 32 and 33 of Kumluca Forest Management Directorate, which is our research area, some data were measured by taking trial areas in the sections. In each section, sample areas of 20x20 width were studied on the upper slope, middle slope and lower slope. In each trial area; bottom throat diameter, sapling height, sapling leaf length and width, last year shoot length were measured on 30 saplings and given in the tables below. The aspect, altitude from the sea, and location information of each trial area were determined with the help of GPS and evaluated. Root throat diameters were measured with a digital caliper with mm precision. Leaf length, leaf width, sapling height and last year shoot lengths were evaluated with mm precision.

In the study, one-way variance analysis was performed to determine whether there was a difference between the compartments in terms of juvenile dynamism (growth parameters). If a significant difference was found as a result of this analysis, Duncan test was performed at a confidence level of $P<0.05$ to group the compartments in terms of the relevant parameter. SPSS package program was used for all statistical analyses (SPSS Inc, 2002).

3.RESULTS AND DISCUSSIONS

The measurement results regarding the actual stand establishments of beech natural regeneration areas are explained in detail in the tables below. Accordingly, the measurement results regarding the actual stand establishment characters in the sections 19, 32 and 33 are shown in Table 1, Table 2 and Table 3.

Tablo 1. Measurements made on the older generation in division no 19.

Division No	Sample plots	Height (m)	DBH (cm)	Crown Length (m)
19	1	32	86	9
	2	23	44	5
	3	28	56	7
	4	34	74	10
	5	27	50	7,5
	6	32	54	8
	7	34	54	7
	8	36	58	8,5
	9	31	64	8
	10	36	60	9
	1	34	52	7
	2	32,5	62	9
	3	30	50	8,5
	4	35	88	10
	5	32,5	52	7,5
	6	33	60	8
	7	34	68	9,5
	8	36	70	8,5
	9	32	54	7,5
	10	34	58	8
	1	32	54	8,5
	2	28	48	7
	3	34	57	7,5
	4	30	60	8,5
	5	33	64	9
	6	36	66	10
	7	34	60	9
	8	30	58	8,5
	9	27	52	7,5
	10	38	70	11

Tablo 2. Measurements made on the older generation in division no 32

Division No	Sample plots	Height (m)	DBH (cm)	Crown Length (m)
	1	32	52	7,5
	2	36	58	7,5
	3	30	48	6,5
	4	38	66	8

32	5	38	68	8,5
	6	34	70	9,5
	7	35	72	9,5
	8	32	66	9,5
	9	33	60	9
	10	36	68	8,5
	1	36	64	8
	2	38	66	7,5
	3	30	54	8,5
	4	34	58	7
	5	36	58	8
	6	35	64	8,5
	7	34	66	8,5
	8	35	70	9
	9	36	62	8,5
	10	33	52	7,5
	1	36	60	8,5
	2	35	60	8
	3	35	54	9
	4	34	58	8,5
	5	32	70	8,5
	6	34	72	9
	7	34	68	9,5
	8	32	56	8
	9	35	62	8,5
	10	34	64	7,5

Tablo 3. Measurements made on the older generation in division no 33

Division No	**Sample plots**	**Height (m)**	**DBH (cm)**	**Crown Length (m)**
33	1	32	56	7,5
	2	32	54	7,5
	3	36	52	7
	4	36	56	7,5
	5	35	56	8
	6	34	58	8
	7	36	60	8,5
	8	38	62	8,5
	9	30	60	7,5
	10	32	48	7,5
	1	30	54	8
	2	32	52	8
	3	30	58	8,5
	4	33	56	7,5
	5	35	68	9
	6	35	50	7
	7	34	44	8,5
	8	36	52	8

	9	36	60	8
	10	34	64	8,5
	1	36	64	8,5
	2	37	60	8
	3	38	62	9
	4	37	70	9,5
	5	37	72	9,5
	6	35	64	10
	7	32	60	9,5
	8	35	58	8
	9	34	54	8,5
	10	33	54	8

When the measurement and detection results related to the actual stand establishments were examined, it was determined that the tree height variable varied between 23-38 m in all three compartments. As a result of the variance analysis applied within this scope, it was determined that there was a statistical difference between the compartments in terms of tree height variable at P<0.01 confidence level. As a result of the Duncan test performed at P<0.05 confidence level, compartments 32 and 33 were in the first group, while compartment 19 was in the second group. Accordingly, in another study examining beech natural group regeneration studies in the research area, it was determined that the tree height varied between 22.8 - 35 m under different aspect and altitude conditions (Özel, 2007). According to these evaluations, it is possible to say that the development of the trees in the area is in a good condition in terms of tree height variable. When the measurement and detection results related to the actual stand establishments were examined, it was determined that the d1.30 diameter variable of the seed trees varied between 44-86 cm in all three compartments. In this context, as a result of the variance analysis applied, it was determined that there was a statistical difference between the compartments in terms of tree diameter variable at P<0.01 confidence level. As a result of the Duncan test performed at P<0.05 confidence level, compartment no. 19 was in the first group, while compartments no. 32 and 33 were in the second group. Accordingly, in another study examining beech natural group regeneration studies in the research area, it was determined that the d1.30 diameter of seed trees varied between 28.4 -51.9 cm under different aspect and altitude conditions (Özel, 2007). According to these evaluations, it is possible to say that the seed trees are in good condition in terms of the d1.30 diameter variable. When the measurement and detection results related to the actual stand establishments are examined, it was determined that the crown diameter variable of seed trees varied between 5-11 m in all three compartments. According to these evaluations, it is possible to say that the trees are in good condition in terms of crown diameter.

In compartment 19, sample areas were taken on the upper slope, middle slope and lower slopes; in each area, on 30 seedlings, bottom throat diameter, seedling height, seedling leaf length and width, last year shoot length values were measured and the averages of these values were found and shown in Table 4. In compartment 32, sample areas were taken on the upper slope, middle slope and lower slopes; in each area, on 30 seedlings, bottom throat diameter, seedling height, seedling leaf length and width, last year shoot length values were measured and the averages of these values were found and shown in Table 4. In compartment 33, sample areas were taken on the upper slope, middle slope and lower slopes; in each area, on 30 seedlings, bottom throat diameter, seedling height, seedling leaf length and width, last year shoot length values were measured and the averages of these values were found and shown in Table 4.

Tablo 4. Average data obtained from the trial areas.

Division	Height of Seedling (cm)	Root Collar Diameter (cm)	Height of Last Shoot (cm)	Leaf Length (cm)	Leaf Width (cm)
19	26.9	0.7	13.8	6.3	4.3
32	28.1	0.8	14.6	6.9	4.5
33	27.4	0.8	14.2	6.7	4.4

4.CONCLUSIONS

In order to increase the success in the natural regeneration studies of eastern beech to be carried out in the Kumluca region of Bartın; the following points can be suggested considering the results of the natural regeneration applications carried out with the large area trench method as a result of the findings we have made with this study. Accordingly, it should be ensured that there are individuals in the stand subject to regeneration who can hold abundant seeds in sufficient number and quality and that these individuals consist of individuals who have completed their management periods. Abundant seed years should be determined correctly in the stands to be subject to regeneration. In the sections where abundant seed years are determined, seed cutting works, if any, live cover cleaning and soil processing works should be completed before seed casting and the field should be exited. Youth care measures should be applied without delay as of the arrival of the youth to the field. In low altitude areas where vegetation starts early and ends late, as in our research fields, youth care should be carried out twice a year according to the grazing situation in the field and the biological independence of the youth should be ensured. The growth of the juvenility should be monitored periodically and when there is a need for light, lighting cuttings should be made

and the development of the juvenility should be ensured.

REFERENCES

Anon. (2001). Orman Ağaçları ve Tohumları Islah Araştırma Müdürlüğü, 2000 Yılı Çalışma Raporu, 2001 Yılı Çalışma Programı, Çeşitli Yayınlar Serisi No: 3: Ankara, 32 s.
Anon. (2011). Ulus Orman İşletme Müdürlüğü, Kumluca Orman İşletme Şefliği Model Amenajman Kitabı. 50 s.
Anon. (2016). Kumluca Orman İşletme Şefliği 2016 yılı 35 Nolu Tabloları
Anşin, R. ve Özkan, Z.C. (1993) Tohumlu Bitkiler (Spermatophyta), K.T.Ü Orman Fakültesi, Genel Yayın No: 167, Fakülte Yayın No: 19, Trabzon, s.320-325.
Atalay, İ. ve Efe, R. (2015). Türkiye Biyocoğrafyası (Türkiye Vejetasyon ve Zoocoğrafyası), İzmir. 125s.
Boydak, M. (2003). Problems and Recommondations Related to Plantations of Fast Growing Tree Species in Turkey. In Proceedings of Establishment of Industrial Plantation in Turkey, International Workshop, TEMA and Ministry of Environment and Forestry, Poplar and Fast Growing Forest Tree Research Institute, İzmit, pp. 4- 14.
Bradshaw, R.H.W. ve Mountford, E.P. (2002). Report to accompany maps of past European Fagus Forests, Nature-Based Management of Beech in Europe Project (NAT-MAN), Working Report 4, Denmark, 8 p.
Denk, T., Grimm, G., Stögerer, K., Langer, M. ve Hemleben, V. (2002). The evolutionary history of fagus in western Eurasia: evidence from genes, morphology and the fossil record, Journal of Plant Systematics and Evolution, Vol: 232, pp. 213-236.
FAO (2001). State of The World's Forests, Rome, 169 pp.
Gökmen, H. (1973). Kapalı Tohumlular, Alkan Matbaası, Ankara, s.74-76
Odabaşı, T., Çalışkan, A. ve Bozkuş F. (2006). Silvikültür II Silvikültür Tekniği. İ.Ü. Orman Fakültesi Yayın No: 475: 13s.
OGM, (2006). Orman Varlığımız. Orman Genel Müdürlüğü, Ankara.
OGM, (2015). Türkiye Orman Varlığı. Orman Genel Müdürlüğü, Ankara. 13-23-24s.
Özel, H.B. (2007). Bartın ve Devrek doğu kayını ormanlarında meşcere kuruluşları ve grup gençleştirme uygulamalarının başarısını etkileyen faktörler. Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı Doktora Tezi (yayımlanmamış), 272s.
Peters, R. (1992). Ecology of Beech Forests in The Northern Hemisphere, Wageningen, Nederlands, 125 p.
Saatçioğlu, F. (1971). Orman Ağacı Tohumları, İ.Ü Orman Fakültesi, İ.Ü Yayın No: 1649, O.F Yayın No: 173, 3. Baskı, İstanbul, 226 s.
SPSS Inc, (2002). SPSS 11.0 guide to data analysis, Published by Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ, USA. 637 pp.
URL 1: (https://turkiyedekiagaclar.weebly.com/kayin.html)
Yaltırık, F. (1993). Dendroloji II (Angiospermae), İ.Ü Orman Fakültesi, İ.Ü Yayın No: 3767, O.F. Yayın No: 420, İstanbul, s.109-113

SU TASARRUFU TEKNOLOJİSİ – ECOBOX'LARIN UYGULANMASI

S.M.Şahmaliyeva
Tarım Bilimleri Doktorası, Doçent
"Su ve Islahı Bilimsel Araştırma Enstitüsü"
kamu hukuku tüzel kişiliği
Reclamation Toprak Bilimi Sektörü Başkanı

Özet

Su kıtlığı, tarımsal üretim, ağaçlandırma, gıda güvenliği ve iklim değişikliği arasındaki ilişkiyi kapsamlı bir şekilde ele almak için su kullanım verimliliğini artırabilecek ve tarımsal ürünlerin verimliliğini artırabilecek teknolojilerden biri de Türk yapımı Ekoboks'tur.

Gelecek nesillerin, her türlü arazide, taşlık topraklarda, sulamaya ihtiyaç duymadan, herhangi bir işletme maliyeti olmadan ağaç yetiştirmelerine olanak veren bu teknoloji, ağaç yetiştiriciliği (meyvecilik) ve ormancılık için de uygun koşullar yaratıyor.

Ecobox, tarım ve ormancılığın geliştirilmesi, bozulmuş, erozyona uğramış ve çölleşmiş toprakların onarılması ve su kaynaklarının korunması açısından oldukça avantajlı bir teknolojidir. Ecobox, doğal orman oluşumunu taklit ederek, bitkilerin toprak altındaki mikro gözeneklerdeki suyu kullanarak su ihtiyacını karşıladığı bir sistemdir. İlk kurulumda Ecobox'a 16 litre su konuluyor ve su sirkülasyonu başlıyor. Gündüz ve gece boyunca hazne içi ve dışı sıcaklık farklarından oluşan yoğuşma yoluyla bitkiye su verilir.

Toprağa yerleştirilen fitil sayesinde bitkinin köklerini besler. Fideler için en kritik dönem olan ekim sonrası dönemde Ekoboks, bitkiye düzenli su veriyor ve sınırlı sulama ile bitkinin kök oluşumunu teşvik ederek kök gelişimini olumlu etkiliyor. Ecobox'ın destek bloğu toprak yüzeyini kaplayarak buharlaşmayı, topraktan su kaybını ve bitkinin etrafında gelişebilecek yabancı otların büyümesini engeller.

Ecobox, sulama imkânının kısıtlı olduğu veya hiç olmadığı kayalık, kumlu alanlarda tarımsal üretim yapılmasına olanak sağlıyor. Dengeli su transferi, mevcut sudan maksimum fayda sağlanmasını garanti eder.

Su tasarrufu sağlayan bir teknoloji olan Ecobox'lar üzerindeki deneylerimiz Azerbaycan Cumhuriyeti'nin Guba-Haçmaz bölgesinde ve Abşeron'un çeşitli bölgelerinde gerçekleştirildi. Çalışmanın ilk yılında Ecobox'ları geç teslim aldığımız için deneylerimizden tam sonuç alamadık. Guba-Haçmaz bölgesine geleneksel yöntem ve eko-kutu kullanılarak kiraz ve şeftali fidanları dikildi.

Beklenen Sonuç: Kentsel peyzaj, ormancılık, meyvecilik, fidancılık, sebzecilik (açık alanda ve seralarda), ekosistem restorasyonu, şehirlerarası yollar boyunca ağaçlandırma, madencilik alanlarında ağaçlandırma gibi alanlarda başarıya ulaşan bu yeni su tasarrufu teknolojisi,

Azerbaycan Cumhuriyeti'nin ilgili sorunlarının çözümünde, çeşitli ağaç türlerinin farklı toprak tiplerinde yetiştirilmesinde, cihaz ekipman ve teknolojisinin ağaçlandırma uygulama koşullarına uygun alanlarda geliştirilmesinde başarılı bir aracı olacaktır.

Anahtar kelimeler. Ecobox, teknoloji, yardım, su ihtiyacı, gıda güvenliği, ormancılık, buharlaşma, suyun korunması.

WATER-SAVING TECHNOLOGY – APPLICATION OF ECOBOXES

Abstract

One of the technologies that can improve water use efficiency and increase the productivity of agricultural crops for a comprehensive solution to the relationship between water scarcity, agricultural production, afforestation, food security and climate change is Ecobox.

This technology, which allows trees to be grown without irrigation for future generations in all types of relief conditions, on rocky soils, without any operating costs, creates conditions for tree cultivation (fruit growing), afforestation.

Ecobox is a very convenient technology in terms of the development of agriculture and forestry, as well as the restoration of degraded, eroded and desertified lands, and saving water resources. Ecobox is a system that imitates the formation of natural forests, through which plants meet their water needs by using water in subsoil micropores. During the first installation, 16 liters of water are poured into the Ecobox and the water cycle begins. During the day and night, the plant is supplied with water due to condensation caused by temperature differences inside and outside the chamber.

Thanks to the wick placed in the soil, it nourishes the roots of the plant. During the post-sowing period, which is the most critical period for seedlings, the Ecobox provides the plant with regular water and, with limited irrigation, stimulates the root formation of the plant, has a positive effect on root growth. The support block of the Ecobox covers the soil surface, preventing evaporation, soil water loss and the growth of weeds that may develop around the plant.

The Ecobox allows for the application of agriculture in rocky and sandy areas where irrigation devices are limited or absent. Balanced water transfer ensures maximum benefit from the available water.

Our experiments on the Ecobox, which is a water-saving technology, were conducted in the Guba-Khachmaz region of the Republic of Azerbaijan and in various areas of Absheron. Cherry and peach seedlings were planted in the Guba-Khachmaz area using the traditional method and eco-box. Expected result: This new water-saving technology, which has achieved success in

urban landscape, forestry, fruit growing, seedling cultivation, vegetable growing (in open ground and in greenhouses), ecosystem restoration, afforestation along intercity roads, and afforestation in mining areas, will be a successful mediator in solving the relevant problems of the Republic of Azerbaijan, cultivating various tree species in different soil types, and developing the equipment and technology of the device in areas suitable for application conditions.

Keywords. Ecobox, technology, relief, water need, food security, forestry, evaporation, water saving.

BUĞDAY VE BUĞDAY MAMULLERİ DIŞ TİCARETİNDE AÇIKLANMIŞ KARŞILAŞTIRMALI ÜSTÜNLÜK ANALİZİ: TÜRKİYE ÖRNEĞİ (2013-2023)

Osman Doğan BULUI
Iğdır University, Faculty of Agriculture, Department Agricultural Economics
ORCID ID: 0000-0003-2682-6356

ÖZET

Bu çalışmada, Türkiye'nin 2013-2023 yılları arasındaki buğday ve buğday mamulleri dış ticaret performansı Açıklanmış Karşılaştırmalı Üstünlük (RCA) analizi ile hesaplanmıştır. RCA, uluslararası ticarette önemli bir gösterge olup ülkelerin hangi alanlarda daha rekabetçi olduğunu ortaya koyar. Türkiye'nin buğday ithalatı yıllar içerisinde artış göstermiş olsa da ithal edilen buğdayın işlenmesiyle elde edilen buğday mamulleri ihracatında dünya liderlerinden biri konumundadır. Yapılan bu araştırmada; Türkiye'nin buğday dış ticaretinde karşılaştırmalı üstünlüğe sahip olmadığı hesaplanmıştır (RCA≤1). Fakat, buğdaydan elde edilen mamullerin dış ticaretinde karşılaştırmalı üstünlüğün olduğu ortaya konulmuştur (Nişasta ve malt hariç). Un (güçlü düzeyde karşılaştırmalı üstünlük vardır), bulgur ve irmik (orta veya güçlü düzeyde karşılaştırmalı üstünlük vardır), makarna (orta veya yüksek düzeyde karşılaştırmalı üstünlük vardır) ve bisküvi (orta veya güçlü düzeyde karşılaştırmalı üstünlük vardır) gibi işlenmiş ürünlerde Türkiye'nin rekabet gücü oldukça yüksektir. Özellikle un ihracatı, küresel pazardaki lider konumunu sürdürmektedir. Ancak, Türkiye'nin buğday arzında ithalata bağımlılığı, sektörün sürdürülebilirliği açısından bir risk oluşturmaktadır. Türkiye'nin yerli üretimi artırması, kalite iyileştirmeleri yapması ve tarımsal reformlarla ithalat bağımlılığını azaltması gerekmektedir. Nişasta ve malt ürünlerinde rekabetçiliğin düşük olması, bu alanlarda üretim ve ihracatın teşvik edilmesi gerektiğini göstermektedir. Türkiye'nin mevcut avantajlarını koruyarak ve zayıf alanlarda iyileştirmeler yaparak uluslararası rekabet gücünü artırması mümkündür.

Anahtar Kelimeler: Dış ticaret, rekabetçilik, buğday, buğday mamulleri, Türkiye

ANALYSIS OF REVEALED COMPARATIVE ADVANTAGE IN FOREIGN TRADE OF WHEAT AND WHEAT PRODUCTS: THE CASE OF TÜRKİYE(2013-2023)

ABSTRACT

In this study, Türkiye's foreign trade performance in wheat and wheat products between 2013-2023 was calculated using Revealed Comparative Advantage (RCA) analysis. RCA is an important indicator in international trade and reveals in which areas countries are more competitive. Although Türkiye's wheat imports have increased over the years, it is one of the world leaders in the export of wheat products obtained by processing imported wheat. In this study, it was calculated that Türkiye does not have a comparative advantage in wheat foreign trade (RCA ≤1). However, it was revealed that there is a comparative advantage in the foreign trade of products obtained from wheat (except starch and malt). Türkiye's competitive power is quite high in processed products such as flour (strong level comparative advantage), bulgur/semolina (medium or strong level comparative advantage), pasta (medium or high level comparative advantage) and biscuits (medium or strong level comparative advantage). In particular, flour exports continue to be the leader in the global market. However, Türkiye's dependence on imports in wheat supply poses a risk to the sustainability of the sector. Türkiye needs to increase domestic production, make quality improvements and reduce import dependency through agricultural reforms. The low competitiveness in starch and malt products indicates that production and exports in these areas should be encouraged. It is possible for Türkiye to increase its international competitiveness by preserving its current advantages and making improvements in weak areas.

Keywords: Foreign trade, competitiveness, wheat, wheat products, Türkiye

HAVA KALİTESİNİ İYİLEŞTİRMEYE YÖNELİK PEYZAJ TASARIMLARI VE UYGULAMALARI

Makbulenur ONUR
Department of Landscape Architecture, Forest Faculty, Karadeniz Technical University
ORCID ID: 0000-0003-4511-1284
Demet Ülkü GÜLPINAR SEKBAN
Department of Landscape Architecture, Forest Faculty, Karadeniz Technical University
ORCID ID: 0000-0002-9614-6009

ÖZET

Peyzaj tasarımları, kentsel alanlarda karşılaşılan birçok çevresel soruna çözüm üretme potansiyeline sahiptir. Bu sorunlar arasında, özellikle hava kirliliği, en önemli çözülmesi gereken meselelerden biridir. Yeşil alanların, kentsel ısı adası etkisini azaltma ve bitkilerin karbondioksit ve azot dioksit gibi zararlı gazları doğal olarak filtreleme yetenekleri, bu tür çevresel problemleri çözme konusunda oldukça etkilidir. Ayrıca, yeşil çatılar, dikey bahçeler, çatı bahçeleri ve kent parkları gibi peyzaj tasarımı uygulamaları, hava kalitesinin iyileştirilmesinde önemli rol oynamaktadır. Bu çalışma kapsamında, peyzaj tasarımlarının hava kalitesini iyileştirmek amacıyla nasıl kullanılabileceğine dair çeşitli tasarım önerileri geliştirilmiştir. Bu öneriler, kentsel alanlarda hava kalitesinin artırılması için sürdürülebilir ve etkili çözümler sunmayı hedeflemektedir. Çalışma kapsamında Dünyada yapılan dönüşüm, yenileme, sağlıklaştırma ve benzeri bazı projeleri incelenmiştir. Bu incelemeler doğrultusunda projelerin yeşil alanları, yeşil altyapı çalışmaları incelenmiştir. Bu incelemeler kıyaslanarak hava kalitesine olan etkisi incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Peyzaj tasarımları, peyzaj ve hava kalitesi, hava kalitesi

LANDSCAPE DESIGNS AND APPLICATIONS FOR IMPROVING AIR QUALITY

ABSTRACT

Landscape designs have the potential to provide solutions to many environmental problems encountered in urban areas. Among these issues, air pollution is one of the most critical problems to be addressed. The ability of green spaces to reduce the urban heat island effect and the natural filtration of harmful gases are highly effective in solving such environmental problems. Additionally, landscape design applications such as green roofs, vertical gardens, rooftop gardens, and city parks play a significant role in improving air quality. In this study, various design suggestions have been developed on how landscape designs can be used to improve air quality. These suggestions aim to provide sustainable and effective solutions for enhancing air quality in urban areas. The study also examines recent transformation, renewal, and revitalization projects in the city of Trabzon. Within the scope of the study, some

transformation, renewal, rehabilitation and similar projects carried out in the world were examined. In line with these examinations, the green areas and green infrastructure works of the projects were examined. These examinations were compared and their effects on air quality were examined.

Keywords: Landscape designs, landscape and air quality, air quality

1. INTRODUCTION

Air quality improvement policies are part of the professional discipline of landscape architecture. By exploring the various advantages of green infrastructure, such as reducing air pollution, increasing urban biodiversity and improving public health, this chapter underlines the critical role of green infrastructure in addressing air quality in urban and suburban areas (Thompson et al. 2024). While urbanisation contributes to human welfare in economic, social and environmental terms, it also brings with it significant urban areas face several challenges to their sustainability and livability. Among these, the effects of urban heat islands (UHI) and urban pollution islands (UPI) are particularly prominent. The key impacts of these phenomena include rising surface temperatures and heightened air pollution within cities. (Wu et al. 2024). Planning green infrastructure (GI) can provide significant societal benefits by improving the sustainability, health and general well-being of urban areas (Picone et al. 2024). For instance, tree canopies help lower air temperatures by obstructing short- and long-wave radiation, which results in less heat absorption by nearby concrete structures. However, this effect might be diminished in narrow urban streets. Conversely, evapotranspiration cools the surrounding areas by boosting latent heat flux and decreasing sensible heat flux. The effectiveness of this process is heavily influenced by the selection of suitable plant species and proper irrigation (Azmeer et al. 2024). With the concept of sustainable development gaining more and more importance in global politics, urban planners and decision makers are taking steps to integrate nature into urban areas through green infrastructure. However, the rapid expansion of cities makes it necessary to consider these infrastructures from a new perspective in terms of ecological and urban planning (Vilanova et al. 2024). Although design approaches such as ‘nature conservation’ and ‘respect for nature’ have previously been recognised by the public, these approaches have generally treated nature as a passive element. In contrast, the ‘green infrastructure’ approach attaches great importance to the protection of nature as well as its harmony with man-made elements and artificial systems (Ying et. al. 2024).

For many ecologists, GI symbolises a multi-layered network; it is made up of ecological components that offer different functions and benefits (Benedict, McMahon 2001; Grabowski et al. 2022). Yeşil altyapının benimsenmesi, son on yılda kentsel gelişim ve planlama kararlarındaki trendlerden biri olmuştur (Mell, 2009). Bu, inşa edilmiş 'gri' altyapı içinde, doğal ve yarı doğal yeşil alanların sağlanması ve sürdürülmesi anlamına gelmektedir (Evans et al., 2022).

2. LANDSCAPE APPLICATION FOR AIR QUALITY

In landscape architecture works, using natural barriers that direct the wind can help to remove air pollution from certain areas. Such designs allow polluted air to be removed without passing through an area (Figure 1).

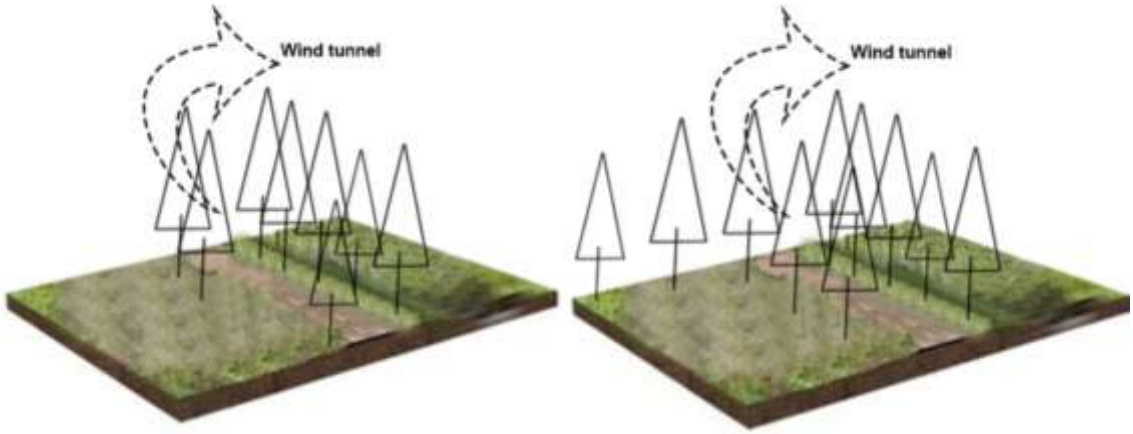


Figure 1. Wind tunnel application

In landscape design, special parking areas and roads for low-emission vehicles can be planned in areas with high vehicle traffic, contributing to the protection of air quality. This practice minimises the release of greenhouse gases and other pollutant emissions into the atmosphere by reducing fossil fuel consumption (Figure 2).

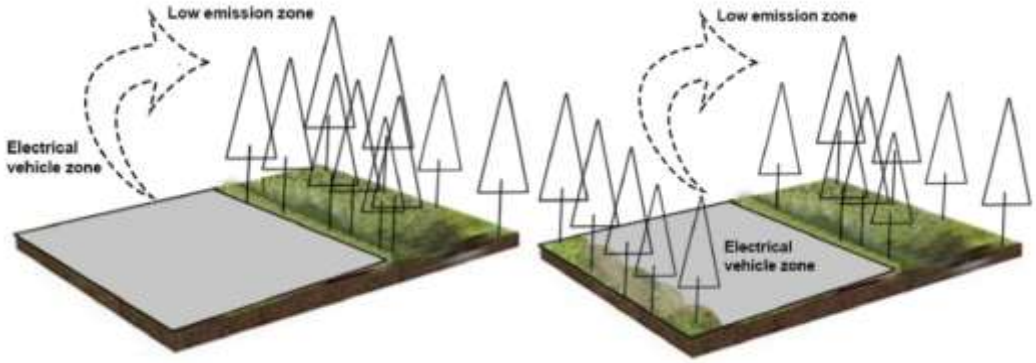


Figure 2. Low emission zone

Car parking areas can contribute positively to air quality by integrating with green infrastructure practices. Covering the car park surfaces with permeable materials and utilising the upper sections with green roof systems can both reduce pollution levels and support carbon sequestration. In addition, the use of plants with biological filtration capacity can increase environmental sustainability by ensuring the retention and breakdown of air pollutants (Figure 3).

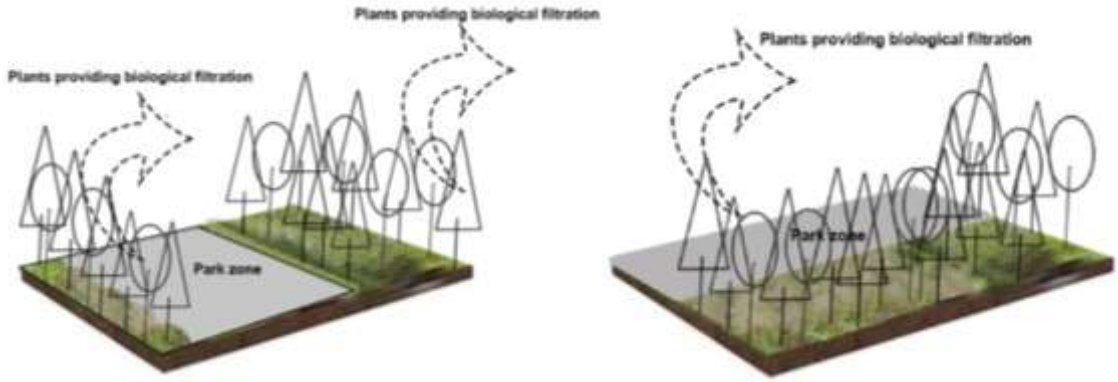


Figure 3. Plants providing biological filtration

Designing gardens that allow rainwater to be cleaned naturally helps to manage water in the landscape and reduce environmental pollution (Figure 4).

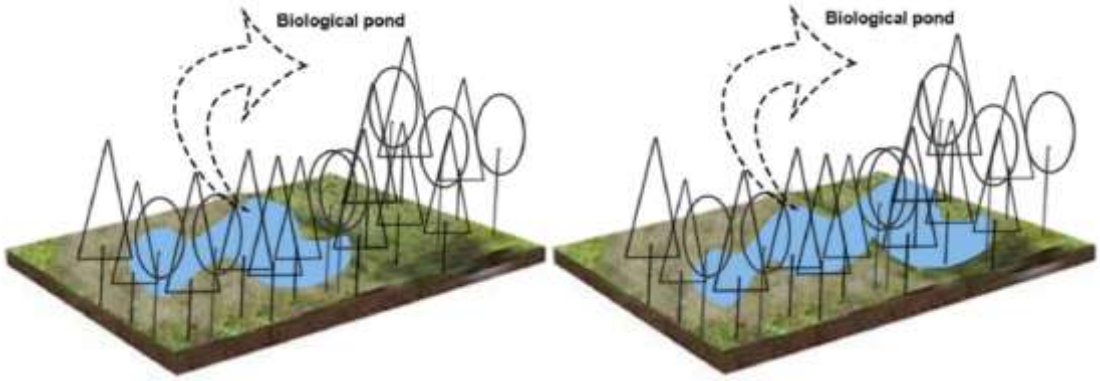


Figure 4. Biological pond

Plants can be used as wind barriers in landscaping works. Thanks to these barriers, air quality can be improved and isolated areas can be created. It both absorbs harmful gases in the air and reduces pollutants in the atmosphere by trapping dust, pollen and heavy metal particles in the air. It combats climate change by storing carbon (Figure 5).

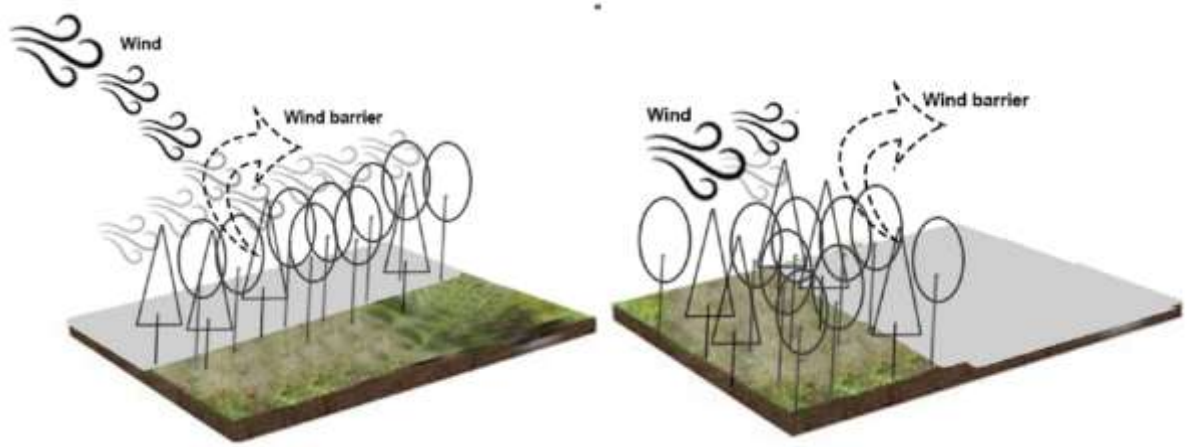


Figure 5. Wind barrier

3. CONCLUSION and RECOMMEDATION

Yapılan araştırmalar, hava kalitesinin iyileştirilmesi ve çevresel sürdürülebilirliğin sağlanmasında peyzaj mimarlığının kilit bir rol oynadığını ortaya koymaktadır. Bu doğrultuda, hava kirliliğiyle mücadelede etkili çözümler geliştirmek ve çevresel planlamayı daha verimli hale getirmek amacıyla peyzaj mimarlığı disiplinine yönelik çeşitli öneriler sunulmuştur. Bu öneriler şu şekildedir:

Plant taxa capable of absorbing air pollutants, harmful gases and particulate matter should be preferred.

The spread of air pollution can be limited by creating green buffer zones supported by vegetative barriers on the edges of motorways and roads with heavy vehicle traffic. Thanks to these barriers, isolated zones can be created.

Carbon sequestration can be increased by expanding green infrastructure practices. In this context, practices that provide ecosystem services such as roof gardens, vertical gardens, biological ponds should be encouraged.

Integrating urban green spaces with ecological connections optimises air flows, dilutes pollutants and increases the effectiveness of green corridors.

Sustainable landscape design elements such as rain gardens and biological ponds should be implemented to support atmospheric particle retention and natural water filtration.

REFERENCES

Azmeer, A., Tahir, F., & Al-Ghamdi, S. G. (2024). Progress on green infrastructure for urban cooling: Evaluating techniques, design strategies, and benefits. Urban Climate, 56, 102077.

Evans, D. L., Falagán, N., Hardman, C. A., Kourmpetli, S., Liu, L., Mead, B. R., & Davies, J. A. C. (2022). Ecosystem service delivery by urban agriculture and green infrastructure–a systematic review. Ecosystem Services, 54, 101405.

Mell, I.C., 2009. Can Green Infrastructure Promote Urban Sustainability. Eng. Sustainab. 162 (1), 23–34.
Grabowski, Z. J., McPhearson, T., Matsler, A. M., Groffman, P., & Pickett, S. T. (2022). What is green infrastructure? A study of definitions in US city planning. Frontiers in Ecology and the Environment, 20(3), 152-160.
Ying, J., Zhang, X., Zhang, Y., & Bilan, S. (2022). Green infrastructure: Systematic literature review. Economic research-Ekonomska istraživanja, 35(1), 343-366.
Picone, N., Esposito, A., Emmanuel, R., & Buccolieri, R. (2024). Potential impacts of green infrastructure on NOx and PM10 in different local climate zones of Brindisi, Italy. Sustainability, 16(1), 229.
Thompson, O. P., Kosoe, E. A., & Xu, J. (2024). Green Infrastructure and Urban Planning for Sustainable Clean Air. In Sustainable Strategies for Air Pollution Mitigation: Development, Economics, and Technologies (pp. 343-375). Cham: Springer Nature Switzerland.
Vilanova, C., Ferran, J. S., & Concepción, E. D. (2024). Integrating landscape ecology in urban green infrastructure planning: A multi-scale approach for sustainable development. Urban Forestry & Urban Greening, 94, 128248.
Wu, Q., Huang, Y., Irga, P., Kumar, P., Li, W., Wei, W., ... & Zhou, J. L. (2024). Synergistic control of urban heat island and urban pollution island effects using green infrastructure. Journal of Environmental Management, 370, 122985.

HAVA KALİTESİNİ İYİLEŞTİRMEYE KARŞI YÖNELİK KÜRESEL MÜCADELE: POLİTİKALAR, TEKNOLOJİLER VE ETKİLERİ

Makbulenur ONUR
Department of Landscape Architecture, Forest Faculty, Karadeniz Technical University
ORCID ID: 0000-0003-4511-1284
Demet Ülkü GÜLPINAR SEKBAN
Department of Landscape Architecture, Forest Faculty, Karadeniz Technical University
ORCID ID: 0000-0002-9614-6009

ÖZET

Küresel ısınma, çevre ve su kirliliği gibi sorunlar, günümüzde tüm dünyayı etkileyen başlıca çevresel problemler arasındadır. Bu sorunlara çözüm bulabilmek için her ülke farklı politikalar, stratejiler ve çözüm önerileri geliştirmektedir. Sanayileşme, şehirleşme ve fosil yakıt kullanımı gibi faktörler, hava kirliliğinin en önemli nedenleri arasında yer almaktadır. Ortak amaca hizmet etmesine rağmen, bu süreç ülkeden ülkeye farklılık göstermektedir. Bu çalışmada, ülkelerin hava kalitesini iyileştirmeye yönelik küresel mücadelesi ele alınmıştır. İnceleme kapsamında, ülkelerin uyguladığı politikalar, kullandıkları teknolojiler ve bu önlemlerin etkileri değerlendirilmiştir. Ayrıca, başarılı hava kirliliği kontrol politikalarının hangi ülkelerde daha etkili olduğu ve bu politikaların yaygınlaştırılabilirliği tartışılmıştır. Tartışmanın sonucunda ise gelecekte yapılan çalışmalar için önerilerde bulunulmuştur. Bu öneriler ileride yapılacak olan çalışmalarda peyzaj mimarlığı meslek disiplini özelinde hangi politikaların geliştirilebileceği, örnek alınabileceği irdelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Küresel ısınma, hava kirliliği, hava kirliliği politikaları

GLOBAL STRUGGLE FOR AIR QUALITY IMPROVEMENT: POLICIES, TECHNOLOGIES, AND THEIR EFFECTS

ABSTRACT

Global warming, environmental pollution, and water pollution are among the major environmental problems affecting the entire world today. To address these issues, each country develops different policies, strategies, and solutions. Factors such as industrialization, urbanization, and fossil fuel consumption are among the leading causes of air pollution. Although they serve a common goal, the approaches to solving these problems vary from country to country.

This study examines the global efforts of countries to improve air quality. Within the scope of the analysis, the policies implemented by different countries, the technologies they use, and the effects of these measures are evaluated. Additionally, the study discusses which air pollution control policies have been more effective in certain countries and the potential for their wider implementation. As a result of this discussion, recommendations are provided for future studies.

These recommendations specifically explore which policies can be developed and adopted within the discipline of landscape architecture in future research.

Keywords: Global warming, air pollution, air pollution policies

1. INTRODUCTION

Global warming is one of the important environmental problems that affect the whole world. Each professional discipline seeks solutions to these environmental problems within itself. Today, global warming is among the most talked about issues in the world (Roy et. al. 2022; Zandalinas et. al. 2021). In the studies conducted, scientists call the global warming process as a system collapse. For this reason, they emphasise the necessity of taking urgent measures for the threshold value of 1.5 C. They emphasise that we need to transform even our food production system by integrating agroforestry, sustainable land management, ecosystem conservation and restoration, livestock reduction, water conservation, energy sectors, transportation, international trade, and consumer culture which are among some landscape or nature practices (Roy et. al. 2022). It is emphasised that if the necessary measures are not taken, serious problems may occur due to problems such as decreasing the amount of water and drought. It will be necessary to face many vital problems such as serious reductions in agricultural and animal production, food shortages, flooding of some coastal settlements and an increase in epidemics (Uysal 2022). Climate change, which is becoming increasingly evident with the impact of weather events such as drought, strong storms, floods and extreme temperatures, adversely affects not only natural ecosystems, but also the living conditions, health and economic activities of people. This situation poses a serious threat on a global scale by causing a decrease in agricultural production, depletion of water resources, increased migration movements and the emergence of various health problems (Kaya, Akçura 2022).

2. POLICIES, STRATEGIES AND DECISIONS TO IMPROVE AIR QUALITY FROM THE WORLD AND TURKEY

Many studies are carried out to improve air quality in the world and in Turkey. Some of these studies are as follows (Figure 1);

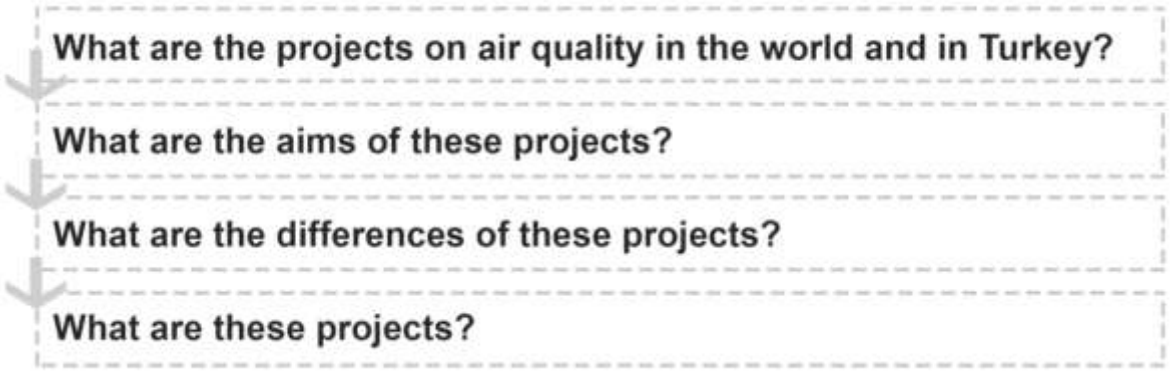


Figure 1. Research methodology

European Green Deal: Within the scope of this plan, which aims to become climate friendly and neutral by 2050, the European Union aims to increase the competitiveness of the industrial sector and support its production capacity. In order to adapt to the environmental transformation process envisaged by the Paris Climate Agreement, the EU has set a roadmap within the scope of the European Green Deal (EGC). Announced on 11 December 2019 by European Commission President Ursula Von Der Leyen, the ECC stands out as a new development plan designed to guarantee that Europe becomes the first continent in the world to become climate-neutral by 2050 by reducing greenhouse gas emissions to net zero. On 11 March 2020, the European Commission announced the 'Circular Economy Action Plan', which aims to implement measures that support circular economy-based processes throughout the life cycle of products focused on environmental protection, encouraging sustainable consumption, and ensuring that resources stay within the EU economy for as long as possible (Presidency of the European Union, 2024).

Clean Air for Europe - CAFE Programme: It aims to protect human health and the environment by developing a comprehensive and long-term strategy against air pollution. Specific targets for air quality should be set to minimise, prevent and control harmful effects on the environment and people. Air quality data should be collected and analysed to monitor long-term changes and improvements to reduce air pollution. Information on ambient air quality should be made publicly available and measures should be taken to improve air quality where necessary. Increasing co-operation between Member States in combating air pollution is also an important objective (URL,1). One of the important projects carried out by the European Union (EU) to improve air quality and protect the environment and public health is the Clean Air for Europe (CAFE) programme. The air quality standards and regulations set by the EU will continue to be implemented under the Air Quality Standards Regulation 2010 after the

United Kingdom leaves the European Union. The CAFE programme, which directly affects the automotive industry, also plays a decisive role on new vehicle orders, production processes and delivery schedules. Therefore, while customers are waiting for new vehicle delivery times, it is important to understand what the CAFE programme means in a broader context and how it affects the sector (URL,2).

Euro Emission Standards: On 10 November 2022, the European Commission made public the draft proposal for Euro 7 emission standards in line with the zero pollution target of the European Green Deal. Reducing emissions from the transport sector is crucial for achieving the 55% target set by 2030 under the European Green Deal. This regulation is the first text agreed upon between the European Commission, the European Parliament and the Council of Europe within the scope of the '55% Package'. With this regulation, it is aimed to implement measures to encourage the spread of zero emission vehicles in the European Union automotive sector. In addition, ensuring that citizens breathe cleaner air and increasing energy efficiency are among the main objectives of the regulation (URL,3).

LEZ - Low Emission Zones: Low Emission Zones (LEZs) are areas where the entry of vehicles that cause high levels of air pollution is restricted. Generally, vehicles with high emission levels are not allowed to enter these zones or are allowed to enter under certain conditions. In some low emission zones, vehicles that emit more pollution are required to pay additional fees if they enter these areas. LEZs are implemented in areas where air pollution levels pose a risk to human health, contributing to improving air quality and making breathing conditions safer (URL-4).

National Action Plan on Climate Change (NAPCC): In India, government policies underpin the country's sustainable development goals. The National Action Plan on Climate Change (NAPCC) provides a comprehensive strategic framework that aims to tackle the challenges posed by climate change through eight different national missions. These missions focus on areas such as the use of solar energy, increasing energy efficiency, developing sustainable living spaces, protecting water resources, ensuring the continuity of the Himalayan ecosystem, greening India, sustainable agricultural practices and strategic information management on climate change.The importance given to sustainable urbanisation is clearly seen in the projects implemented under the Smart Cities Mission. This initiative includes environmentally friendly public transport systems, green building practices and increasing green areas within the city as key components. The central government, working in collaboration with state governments,

continues to create supportive policy environments that will accelerate the spread of green technologies and sustainable practices across the country (URL-5).

Air Quality Assessment and Management Regulation: This regulation, which is in force in Turkey, is implemented to determine the procedures and principles regarding air quality management. The regulation defines air quality objectives and sets out assessment criteria to prevent or minimise the adverse effects of air pollution on human health and the environment. The main purpose of this regulation is to establish specific targets for air quality in order to prevent or minimise the damages caused by air pollution, to analyse air quality in line with the specified methods and criteria, to maintain the current situation in regions with high air quality and to carry out improvement works in other regions, to collect sufficient data on air quality and to inform the public through warning thresholds (URL-6).

National Air Quality Monitoring Network (NAWQMN): The National Air Quality Monitoring Network, established in 2005 in Turkey, aims to provide accurate, reliable and comprehensive air quality data for decision makers and competent authorities to support policies, strategies and action plans to improve air quality. This network, which operates through monitoring stations spread across the country, is continuously being developed; both its operation and management are being improved and the network is being expanded according to the needs. Within the framework of the public's right of access to air quality data, the data published on www.havaizleme.gov.tr are made publicly available. These data are also shared with a classification system called Air Quality Index (AQI) for easy understanding by the public. This system provides easy access to information to the public by grading air quality with categories such as good, moderate, sensitive, unhealthy, poor and hazardous (URL-7).

Project for Determination of Air Quality in 3d Environment (Breath): In determining policies to reduce air pollution, the data of the Air Emission Management (HEY) Portal and NEFES software, which have domestic and national features developed by the Ministry, are utilised. Thanks to the HEY Portal, air quality maps are created at national, regional and local levels based on emissions from transport, industry and residential heating sources. The kilometre-based air quality maps obtained through the HEY Portal provide data input for NEFES software. When NEFES software is activated, air quality data for each square metre will be determined through digital twins in 81 cities (URL-8).

CITYAIR Project: The project, which was realised in Turkey, provided the clean air action plans of 31 provinces to be updated with technical data in a meeting where the technical findings and results obtained were shared with the public over a period of 36 months in total. The CityAir

project was carried out in 31 provinces under four main headings: emission inventory, modelling studies, mitigation measures and public awareness raising. In the project, modelling activities aimed to strengthen administrative and technical capacity, to conduct air quality modelling, to estimate current and future air quality in certain cities and to provide these estimates to the Ministry. In addition, emission inventory for 31 provinces and emission projections for 2025 were calculated. Within the framework of these studies, study visits on air quality assessment and modelling were organised to enable Turkish experts to cooperate with their EU counterparts and to provide opportunities for direct contact and visualisation (URL-9).

The National Air Quality Agenda 2031: In the United Arab Emirates, the National Air Quality Agenda 2031 is implemented to ensure harmonisation between the government and the private sector to protect air quality and reduce air pollution. This agenda is based on three key principles: monitoring, mitigation and management. The agenda sets out the trends, projects and initiatives to be launched to tackle air pollution in the coming years. These initiatives will be concentrated in four main focus areas: outdoor air quality, indoor air quality, environmental odours and environmental noise (URL-10).

3. CONCLUSION

Many policies, strategies and projects on improving air quality are being implemented in almost every region of the world. The common aim of these projects is to develop comprehensive strategies to improve air quality and reduce air pollution, to ensure the effective implementation of these strategies and thus protect human health and the environment. Each of them develops various tools and plans to ensure clean air and healthy living spaces in different countries and regions, focusing on main objectives such as reducing emissions, sustainable development, combating pollution, energy efficiency and raising awareness in society. The main goal of these projects is to increase co-operation and develop common solutions to provide a sustainable living space in line with global goals to combat climate change and protect the environment. This common mission is very important for the whole world. However, there are measures that everyone can take to improve air quality within themselves. some of these and the most basic ones are as follows;

Preferring public transport as much as possible is very important in this process.

Walking and cycling is an effective way to reduce emissions. This both contributes positively to air quality and reduces traffic congestion.

Use of electric vehicles. It is also necessary to use these vehicles and raise awareness about these vehicles.

Using electric vehicles instead of petrol and diesel vehicles helps to reduce carbon emissions. The public should be informed on this issue and the reasons why they should be preferred should be explained.

It is very important to ensure energy efficiency in the heating and cooling system. Attention should be paid to the lighting, heating and cooling consumption inside the houses.

During the construction phase of buildings, choices should be made to reduce heating and cooling energy consumption.

Recycling is among the important decisions in terms of improving air quality. Recycling materials such as plastic, glass, paper prevents the accumulation of wastes that cause air pollution.

Using green energy sources such as solar, wind or hydroelectricity prevents the release of harmful gases in the air. Public awareness should be raised on this issue, as in energy consumption and electric vehicle use.

REFERENCES

Kaya, Y., & Akçura, M. (2022). İklim değişiminin farklı büyüme tabiatına sahip bazı arpa çeşitleri üzerine etkisi. Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi, 9(1), 107-118.

Roy, P. S., Ramachandran, R. M., Paul, O., Thakur, P. K., Ravan, S., Behera, M. D., ... & Kanawade, V. P. (2022). Anthropogenic land use and land cover changes—A review on its environmental consequences and climate change. Journal of the Indian Society of Remote Sensing, 50(8), 1615-1640.

TC Avrupa Birliği Başkanlığı, 2024. https://www.ab.gov.tr/avrupa-yesil-mutabakati_53729.html (Erişim 18.02.2024).

Zandalinas, S. I., Fritschi, F. B., & Mittler, R. (2021). Global warming, climate change, and environmental pollution: Recipe for a multifactorial stress combination disaster. Trends in Plant Science, 26(6), 588–599. https://doi.org/10.1016/j.tplants.2021. 02.011

URL-1. WHAT IS THE CAFE DIRECTIVE? https://www.aaceurovent.co.uk/blog/what-is-the-cafe-directive (Erişim 18.02.2024).

URL-2. Understanding the Clean Air for Europe Program and Its Impact on Your Vehicle Order. https://www.ukcarline.co.uk/news/understanding-the-clean-air-for-europe-program-and-its-impact-on-your-vehicle-order/ (Erişim 18.02.2024).

URL-3. Avrupa Yeşil Mutabakatı Araçlar için Emisyon Standartları. https://yesilbuyume.org/avrupa-yesil-mutabakati-araclar-icin-emisyon-standartlari/ (Erişim 18.02.2024).

URL-4. Urban Access Regulations in Europe https://urbanaccessregulations.eu/low-emission-zones-main (Erişim 18.02.2024).

URL-5. Hindistan'da Sürdürülebilirlik ve Yeşil Girişimler. https://etichotels.com/tr/dergi/Hindistan%27da-s%C3%BCrd%C3%BCr%C3%BClebilirlik-ve-ye%C5%9Fil-giri%C5%9Fimler (Erişim 18.02.2024).

URL-6. Hava Kalitesi Değerlendirme Ve Yönetimi Yönetmeliği https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuat?MevzuatNo=12188&MevzuatTur=7&MevzuatTertip=5 (Erişim 18.02.2024).

URL-7. Ulusal Hava Kalitesi İzleme Ağı (UHKİA)https://sim.csb.gov.tr/?utm_source=chatgpt.com (Erişim 18.02.2024).

URL-8. 3 BOYUTLU ORTAMDA HAVA KALİTESİNİN TESPİTİ PROJESİ (NEFES). https://turkiyeyuzyili.com/proje-3-boyutlu-ortamda-hava-kalitesinin-tespiti-projesi-nefes?utm_source=chatgpt.com (Erişim 18.02.2024).
URL-9. Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü. https://cygm.csb.gov.tr/turkiye-deki-sehirlerde-hava-kalitesinin-iyilestirilmesi-ve-kamuoyu-farkindaliginin-artirilmasi-teknik-destek-cityair-projesi--ulusal-yayginlastirma-konferansi-ve-kapanis-etkinligi-gerceklestirildi.-haber-267967?utm_source=chatgpt.com (Erişim 18.02.2024).
URL-10. The National Air Quality Agenda 2031. https://u.ae/en/about-the-uae/strategies-initiatives-and-awards/strategies-plans-and-visions/environment-and-energy/the-national-air-quality-agenda-2031 (Erişim 18.02.2024).
Uysal, Y. (2022). İklim Değişikliği ve Küresel Isınma ile Mücadelede Yerel Yönetimlerin Rolü: Tespitler ve Öneriler. Kesit Akademi Dergisi, 8(30), 324-354.

FUSARIUM CULMORUM'DA L-ARGININ VE L-METIONIN UYGULAMASINA BAĞLI TRANSKRIPSIYONEL VE EPIGENETIK DEĞIŞIKLIKLER (WG SMITH)

Fatma Berra YÜCESAN, Özlem SEFER, Emre YÖRÜK
İstanbul Yeni Yüzyıl Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümü

Özet

Fusarium culmorum (WG Smith), küçük taneli tahılların dünya çapında fitopatojenik bir mantarıdır. Fungisit uygulaması ve biyokontrol ajanı kullanımı gibi mücadele stratejileri, ekolojik çevre üzerindeki olası olumsuz etkileri ve fungal patojenlerde direnç gelişimi nedeniyle uzun vadeli çözümler değildir. Bu çalışmada, amino asit takviyesinin *F. culmorum üzerindeki potansiyel baskılayıcı etkileri* araştırılmıştır. 1 mg mL $^{-1}$ ve 2 mg mL $^{-1}$ konsantrasyonlarında L-arginin ve L-metionin eklenmiş patates dekstroz agar (PDA) besiyeri deney seti olarak kullanılmıştır. Takviyesiz PDA ve 1 mg mL $^{-1}$ ve 2 mg mL $^{-1}$ konsantrasyonlarında nikotinamid eklenmiş PDA sırasıyla negatif ve pozitif kontrol seti olarak kullanılmıştır. L-arginin uygulaması doğrusal büyüme hızında (LGR) $p<0.01$ ile önemli bir artışa yol açarken, L-metionin LGR değerlerini düşürmüştür ($p<0.001$). İkili Restriksiyon Enzimi Kesimi-Rastgele Amplifikasyon (Coupled Restriction Enzyme Digestion-Random Amplification; CRED-RA) testleri genomik stabilitesi açısından oldukça benzer değişiklikler ortaya koydu. L-arginin ve L-metionin, *F. culmorum genom stabilitesi ile zıt stabilite değerleri gösterdi. UPGMA-dendrogram (aritmetik ortalama ile ağırlıksız çift grup yöntemi), L-metionin ve nikotinamid ile muamele edilen setlerin eş-kümelenmesini ortaya koydu. Metilasyon-spesifik PCR (MSP) analizi, 2 mg mL* $^{-1}$ L-metionin ile muamele edilen setlerde Tip-II ve Tip-III metilasyon bulunduğunu gösterdi. Gen ekspresyon analizi, nikotinamid ve L-metionin tedavisinin *tri6* , *Kmt1* ve *Kmd5* için ekspresyon seviyelerinde azalmaya yol açarken, L-argininin bu genlerde artış regülasyonuna yol açtığını gösterdi. *StuA* geni, L-arginin (yukarı regülasyon) ve L-metionin (aşağı regülasyon) içinde bir kez daha zıt desenler gösterdi. Bulgularımız, L-metionin uygulamasının *F. culmorum'un potansiyel saldırganlığını* fenotipik, epigenetik ve transkripsiyonel düzeylerde baskılayabileceğini göstermiştir .

Anahtar kelimeler: *Fusarium culmorum* (WG Smith), gen ifadesi, CRED-RA, L-arginin, L-metionin

TRANSCRIPTIONAL AND EPIGENETICS ALTERATIONS DUE TO L-ARGININE AND L-METHIONINE TREATMENT IN *FUSARIUM CULMORUM* (WG SMITH)

Abstract

Fusarium culmorum (WG Smith) is a worldwide phytopathogenic fungus of small grain cereals. Struggling strategies such as fungicide treatment and biocontrol agent usage are not long-term solutions due to the potential adverse effects on ecological environment and resistance development in fungal pathogens. In this study, potential suppressive effects of amino acid supplementation on *F. culmorum* was investigated. Potato dextrose agar (PDA) medium amended with 1 mg mL^{-1} and 2 mg mL^{-1} concentrations of L-arginine and L-methionine were used as experimental sets. PDA with no supplement and PDA amended with nicotinamide of 1 mg mL^{-1} and 2 mg mL^{-1} concentrations were used as negative and positive control sets, respectively. While L-arginene treatment led to significant increase in linear growth rate (LGR) with $p<0.01$, L-methionine decreased LGR values ($p<0.001$). Coupled Restriction Enzyme Digestion-Random Amplification (CRED-RA) assays yielded very similar alterations in terms of genomic template stability. L-arginine and L-methionine showed contrast stability values *F. culmorum* genome stability. UPGMA-dendrogram (unweighted pair group method with arithmetic mean) revealed co-clustering of L-methionine and nicotinamide treated sets. Methylation-specific PCR (MSP) analysis showed that there was Type-II and Type-III methylation present in 2mg mL^{-1} L-methionine treated sets. Gene expression analysis showed that nicotinamide and L-methionine treatment led to decrease levels of expression for *tri6*, *Kmt1*, and *Kmd5* while L-arginine led to up-regulation in these genes. *StuA* gene showed contrast patterns in L-arginine (up-regulation) and L-methionine (down-regulation) once again. Our results showed that L-methionine treatment could suppress potential aggressiveness of *F. culmorum* by phenotypic, epigenetics, and transcriptional levels.

Keywords: *Fusarium culmorum* (WG Smith), gene expression, CRED-RA, L-arginine, L-methionine

HIYAR ISLAHI VE GENOMİK

Tuğçe ÖZSAN KILIÇ
Akdeniz University, Faculty of Agriculture, Department of Horticulture
ORCID ID: 0000-0002-3265-6886
Ahmet Naci ONUS
Akdeniz University, Faculty of Agriculture, Department of Horticulture
ORCID ID: 0000-0001-8615-1480

ÖZET

Hıyar (*Cucumis sativus* L.), dünyada olgunlaşmamış meyveleri için yetiştirilen en önemli sebze bitkilerinden biridir. Geleneksel ıslah yöntemleriyle ekonomik açıdan önemli bir dizi özelliğe sahip birçok geliştirilmiş çeşit elde edilmiştir. Son yirmi yılda taslak genom dizilerinin mevcut olması, hıyar ıslahında genomik araçların geniş bir şekilde uygulanmasını kolaylaştırmıştır. Himalayalar'ın kuzey eteklerinde geniş bir dağılıma sahip olan *C. sativus* var. *hardwickii*, günümüz kültürü yapılan hıyarların atasıdır. Geleneksel ıslah yaklaşımlarıyla ticari olarak yetiştirilen çok sayıda çeşit ve hibrit geliştirilmiştir. Hibrit ıslahında, ekonomik olarak daha verimli hibritlerin geliştirilmesinde dişil cinsiyet ifadeleri yaygın bir şekilde kullanılmıştır. Tarımsal-morfolojik, kalite, biyotik ve abiyotik stres toleransı gibi çok sayıda özelliğin genetik kalıtımı ve moleküler karakterizasyonu yapılmıştır. Ayrıca, birçok özellik için aday genler tanımlanmış ve daha sonra transformasyon ve gen susturma yöntemleriyle doğrulanmıştır. Bu bitkide cinsiyet ifadesi geniş ölçüde araştırılmış olup, hıyar, cinsiyet ifadesini incelemek için model bir ürün olarak hizmet etmektedir. Cinsiyet ifadesi ve diğer ekonomik açıdan önemli özellikler için çok sayıda gen karakterize edilmiş ve klonlanmıştır. Gelecekteki hıyar ıslah programlarında, birden fazla hastalık direnci, daha iyi kalite ve abiyotik stres toleransı olan saf hatların geliştirilmesi ana odak noktasıdır.

Anahtar Kelimeler: Hıyar, ıslah yöntemleri, cinsiyet ifadesi, stres toleransı, QTL, aday genler

CUCUMBER BREEDING AND GENOMICS

ABSTRACT

Cucumber (*Cucumis sativus* L.) is one of the most important vegetable crops cultivated for its immature fruits in the world. Many improved cultivars with a number of economically important traits have been obtained by traditional breeding methods. The availability of draft genome sequences in the last two decades has facilitated the widespread application of genomic tools in cucumber breeding. *C. sativus* var. *hardwickii*, which has a wide distribution in the northern foothills of the Himalayas, is the ancestor of today's cultivated cucumbers. A large number of commercially cultivated cultivars and hybrids have been developed by traditional breeding approaches. In hybrid breeding, female sex expressions have been widely used to develop more economically efficient hybrids. Genetic inheritance and molecular

characterization of numerous traits such as agro-morphological, quality, biotic and abiotic stress tolerance have been performed. In addition, candidate genes for many traits have been identified and later validated by transformation and gene silencing methods. Sex expression in this plant has been extensively studied and cucumber serves as a model crop to study sex expression. A large number of genes for sex expression and other economically important traits have been characterized and cloned. Development of pure lines with multiple disease resistance, better quality and abiotic stress tolerance is the main focus in future cucumber breeding programs.

Keywords: Cucumber, breeding methods, gender expression, stress tolerance, QTL, candidate genes

GİRİŞ

Hıyar (*Cucumis sativus* L.), *Cucurbitaceae* familyasının en önemli sebze bitkisi olup, dünya genelinde yetiştirilen en eski kültür sebzelerinden biridir. 5000 yılı aşkın süredir yetiştirilen bu bitki, 2n = 2X = 14 kromozom sayısına sahiptir. Göreceli olarak küçük bir genom boyutuna (367 Mbp) sahip olması nedeniyle, *Cucurbitaceae* sebze bitkileri genomik araştırmalarında odak noktası haline gelmiştir (Dey ve ark. 2022). Hıyarın ana gen merkezi olarak Hindistan kabul edilir ve yabani hıyarın (*Cucumis sativus* var. *hardwickii* R.) modern kültür tiplerinin atası olduğu düşünülmektedir. Yabani hıyar, yüksek cucurbitacin içeriği nedeniyle oldukça acı meyveleri ve kültüre alınmış genotiplerden farklı olarak belirgin bir şekilde çok dallı yapısıyla bilinir. Fideler epigeal bir büyüme alışkanlığı sergiler. Yabani hıyar formları, Himalayalar'ın güney eteklerine yayılmış olup, meyve şekli, boyutu ve renk bakımından önemli çeşitlilik gösterir (Horejsi ve Staub, 2000).

Hıyar, termofilik ve dona duyarlı bir yaz sebze bitkisi olarak, tropikal ve subtropikalden ılıman iklimlere kadar geniş bir iklim aralığında yetişebilir (Bacci ve ark. 2006). Ağırlıklı olarak yumuşak ve yenilebilir meyveleri için yetiştirilen hıyar, salatalarda, turşularda, tatlılarda ve pişmiş yemeklerde yaygın olarak kullanılan önemli bir mutfak bileşenidir. Hıyarın besin içeriği 100 gramda şu şekilde sıralanabilir: %96,3 su, 0.1 g yağ, 0.4 g protein, 0.3 g mineral ve 7 mg C vitamini. *Cucurbitaceae* ailesi içinde hıyar, üretim, ihracat, besin değeri ve tüketici tercihi açısından öne çıkar. Ham meyveleri salata olarak tüketilen, pişirilerek sebze olarak kullanılan veya olgunlaşmamış halde turşusu yapılan hıyar, bu yönüyle oldukça popülerdir (Sumathi ve ark. 2008).

Beyaz etli yaygın hıyar çeşitleri daha düşük karotenoid seviyelerine sahipken, turuncu etli genotipler daha yüksek karotenoid konsantrasyonları içerir (Ranjan ve ark. 2019). Hıyardaki acılık, öncelikle Cucurbitacin C (CuC)'ye atfedilir ve Bitter (Bi) ve Bitter fruit (Bt) gibi genler

tarafından düzenlenir (Shang ve ark. 2020). Hıyarın sert kabuğu, kalsiyum, potasyum ve magnezyum gibi önemli mineraller açısından zengindir. Serinletici etkisi ile bilinen hıyar, sarılık ve ilişkili rahatsızlıklarla mücadelede sıklıkla önerilir ve kabızlığı önlemede etkilidir. Hıyar çekirdekleri, beyin gelişimine faydalı olan yağlar içerir ve ayurvedik preparatlarda kullanılır (Robinson ve Decker-Walters, 1997). Ayrıca, meyve bütünüyle kozmetik ve sabun sanayilerinde de kullanılır.

Çin, dünya hıyar üretiminin %77'sine katkıda bulunarak birinci sırada yer alır; ardından Türkiye, Rusya ve İran gelir. 2019 yılında, dünya genelinde hıyar üretimi yaklaşık 87.805 milyon ton olarak kaydedilmiştir. Çin 70.3 milyon tonla lider konumda yer alırken, Türkiye 1.92 milyon ton üretimle ikinci sırada gelmektedir. Rusya1.62 milyon tonluk üretimiyle önemli katkıda bulunmuştur.

Hıyarın güçlü bir kazık kök sistemi vardır ve kök uzunluğu 1 metreye kadar ulaşabilir. Monoik bir bitki olarak, yaprak koltuklarında uniseks çiçekler bulunur. Dişi çiçekler hem tekil hem de kümelenmiş halde görülebilirken, erkek çiçekler genellikle kümelenmiş halde bulunur (Robinson ve Decker-Walters, 1997). Dişi çiçek bazlı partenokarpik hibritler (gy + Pc), daha yüksek verim sağlayabildiği için örtüaltı tarımda yaygın olarak tercih edilir. Dişi çiçek bazlı saf hatlar, hibrit tohum üretiminde önemli bir rol oynar ve tohum verimini artırır (Behera ve ark. 2011).

Cucurbitaceae familyasında, basit hermafroditlerden gelişmiş dişi çiçek formlarına kadar geniş bir cinsiyet yelpazesi bulunur ve cinsiyet ifadesi çevresel, genetik ve fizyolojik-hormonal faktörlerle yakından ilişkilidir. Bitkinin ana gövdesi üç çiçeklenme evresinden geçer: erkek evresi, karışık erkek-dişi evresi ve ağırlıklı olarak dişi evre. Hıyar çiçeklerinin cinsiyet ifadesi, başlıca F, m, a, gy ve h genleri tarafından belirlenir. Bu anlamda PI 220860 ise dişi çiçekli hatlara sahip dikkate değer bir aksesyondur.

HIYAR ISLAHI

Hıyar, doğal olarak çapraz tozlaşan bir üründür ve dikkate değer bir heterozigot dengesi sergiler. Sık çapraz tozlaşma, popülasyonda yüksek derecede heterozigotluk nedeniyle büyük bir genetik çeşitlilik oluşturma ve sürdürme eğilimindedir. Bu durum, dominant genlerin etkisini artırır ve bu üründe hibrit geliştirme çalışmalarını özendirici hale getirir. Çapraz tozlaşan bir ürün olmasına rağmen, hıyar genetik özellikleri bakımından kendine tozlaşan ürünlere benzer bir yapı gösterir. Hıyar, gün-nötr (day-neutral) bir yıllık bitkidir. *Cucumis sativus* L. üzerinde erkek (staminat), dişi (pistilat) ve hermafrodit çiçekler farklı kombinasyonlarda görülebilir (Peterson ve ark. 1978).

Çapraz tozlaşmayı teşvik etmek amacıyla hıyar, farklı cinsiyet tiplerine sahip bitkiler geliştirmiştir. Mevcut genetik materyalin doğru bir şekilde kullanılması için hıyarın farklı cinsiyet tiplerini anlamak büyük önem taşır. Hıyar genotiplerinin çoğu monoik (monoecious) olmasına rağmen, bu üründe gynoik (gynoecious), androik (androecious), andromonoik (andromonoecious) ve hermafrodit bitkiler gibi diğer cinsiyet formları da bulunur. Bu kadar geniş bir cinsiyet varyasyonu nedeniyle hıyar, cinsiyet belirleme çalışmaları için model bir bitki olarak kullanılmaktadır. Araştırmacılar, bu cinsiyet tiplerinin kalıtım desenlerini ve genetik yapısını çözmüş, birçok mutant tespit etmiş ve birçok gen/QTL haritalamıştır. Hıyarda cinsiyet belirleme esas olarak üç gen olan F, M ve A tarafından yönetilmektedir (Kubicki 1969; Li ve ark. 2012).

Üç gen modeline göre:

- MMffAA: Monoik bitkiler (aynı bitkide farklı konumlarda erkek ve dişi çiçekler),
- MMFFAA/MMFFaa: Gynoik bitkiler (sadece dişi çiçekler),
- MMffaa/mmffaa: Androik bitkiler (sadece erkek çiçekler),
- mmffAA: Andromonoik bitkiler (erkek ve hermafrodit çiçekler),
- mmFFAA/mmFFaa: Hermafrodit bitkiler (erkek ve dişi organlar aynı çiçekte bulunur).

Dişilik, F/f geni tarafından yönetilir; dominant F alleli A/a geninin ekspresyonunu baskılar, ancak ff genotiplerinde resesif a alleli androik cinsiyet özelliğini sergiler (Kubicki 1969). Hermafrodit çiçek ekspresyonu, M/m geni tarafından düzenlenir (Tan ve ark. 2015). Hıyarda cinsiyet belirleme, üç gen modelinden daha karmaşık bir genetik kontrol altındadır. Modifiye edici faktörler veya ek genetik kontrollerin yanı sıra sıcaklık, gün uzunluğu gibi çevresel faktörler de hıyarda cinsiyet ekspresyonunu etkileyebilir. Chen ve ark. (2011), F ve M lokuslarından bağımsız olarak feminenlik yoğunluğunu artıran Mod-F1 ve Mod-F2 adlı iki modifiye edici gen tespit etmiştir. Ayrıca, pistillate (dişi) çiçeklerin miktarını artıran In-F adlı bir intensifier gen ile F veM* genlerinden bağımsız olarak trimonoik (androik, hermafrodit ve gynoik çiçekler) cinsiyet ekspresyonunu yöneten tek bir dominant gen Tr'de tanımlanmıştır (Kubicki 1969).

Hıyar bitkilerinde farklı cinsiyet belirleme modellerini anlamak, verimli yetiştiricilik ve ıslah çalışmaları için büyük önem taşımaktadır.

Çiçek Biyolojisine Dahil Genler ve Fonksiyonları ile Moleküler Mekanizmaları

- F (dişi): Dominant F alleline sahip bitkiler dişi özellikler sergiler (dominant dişilik, dF). Bu genin ifadesi diğer cinsiyet genleri ve çevresel faktörler tarafından düzenlenir. Dominant F alleline homozigot olan hatlar sürekli dişi olur. F lokusu, 1-aminosiklopropan-1-karboksilik asit

sentaz (ACS) enzimini kodlayan CsACS1G geninin ek bir kopyası olarak klonlanmış ve tanımlanmıştır.

- m (andromonoik): Bu resesif allel biseksüel çiçek oluşumunu etkiler. M lokusu klonlanmış ve ACS ailesine ait bir diğer gen olan CsACS2 olarak tanımlanmıştır. m alleli, enzim aktivitesinde azalmaya neden olan korumalı bir bölgede (Gly33Cys) mutasyon taşır.
- a (androik): aagenotipine sahip homozigotlar, erkek özelliklerin yoğunlaşmasını sergiler. Bu gen, F genine göre hipostatik bir yapıya sahiptir ve CsACS11 ile ilişkili olabilir.
- gy (gynoecious): Resesif gy alleli, F geninin sağladığından daha kararlı bir dişilik oluşturur. gy geni, genellikle cinsiyeti dolaylı olarak etkileyen bir genle ilişkilidir ve CsWIP ile bağlantılı olabilir.
- h (andromonoik-2): Bu allel, normal yumurtalıklara sahip biseksüel çiçeklerin üretimine neden olur.
- In-F (dişi cinsiyet ifadesinin artırıcısı): F geninin etkisini güçlendirir.
- Tr (trimonoik): Bu gen, çevresel faktörlere bağlı olarak dişi, erkek ve biseksüel çiçeklerin oluşumunu düzenler.

Hıyar Islah Yöntemleri

Hıyar genetik iyileştirme çalışmaları ıslah hedeflerine dayalı çeşitli yöntemlerle gerçekleştirilmiştir. Yüksek verim, daha iyi meyve kalitesi ve biyotik/abiyotik streslere dayanıklılık, hıyar ıslah programlarının temel hedefleridir. Hıyar iyileştirmede en yaygın kullanılan ıslah yöntemleri şunlardır:

Seleksiyon

Bitki ıslahında seleksiyon, sadece istenen özellikleri gösteren bireylerin seçilip çoğaltıldığı bir süreçtir. Bu yöntem, bir bitki popülasyonu içinde belirli özelliklerin veya niteliklerin iyileştirilmesini amaçlar ve nihayetinde geliştirilmiş özelliklere sahip yeni bitki çeşitlerinin ortaya çıkmasına katkı sağlar. İstenilen özelliklere sahip bireylerin dikkatlice seçilip çoğaltılmasıyla, bu olumlu niteliklerin sonraki nesillerde kalıtılması teşvik edilir ve bitki popülasyonunun genel kalitesi artırılır.

Seleksiyonun etkinliği, iki önemli koşula bağlıdır:

1. Popülasyonda varyasyonun varlığı,
2. Bu varyasyonun kalıtsallığı.

Seleksiyon, çeşitlilik yaratmaz; ancak popülasyonda mevcut olan varyasyonu kullanır. Bu yaklaşım genellikle belirli hastalıklara veya zararlılara karşı dirençli olan veya yüksek verim özellikleri sergileyen bitkilerin tanımlanması için kullanılır.

Melezleme

Hıyarlar hem monoik hem de çapraz tozlaşmaya yatkın bitkiler olarak karakterize edilir ve bu durum hibrit gücünden yararlanmak için önemli bir fırsat sunar. Farklı ebeveyn bitkiler kullanılarak hibrit vigor seviyelerinde önemli bir artış sağlanabilir. Hıyarlarda erken olgunlaşma, yüksek verim ve üstün kalite özellikleri gösteren en uygun heterotik kombinasyonların belirlenmesi mümkündür.

- Gynodioik × Gynodioik ve Gynodioik × Monoik hibrit kombinasyonları, erken olgunlaşma ve bitki başına yüksek verim açısından en yüksek heterozis seviyelerini göstermiştir.
- Monoik × Monoik hibritler, özellikle verim ve erken olgunlaşma açısından bu kombinasyonları takip etmiştir.

Hıyar ıslah programlarında, hibrit verimi artırmak için gynodioik bir hattın ebeveyn hatlardan biri olarak kullanılması önerilmektedir. Hıyar yetiştiriciliğinde, bireysel meyve boyutundan çok toplam meyve sayısını artırmaya odaklanılması gerekir.

Hıyar ıslahında ayrıca türler arası ve cinsler arası melezlemelerden de söz etmek mümkündür ve bunlar aşağıda verilmiştir (Dey ve ark., 2023).

Türler Arası Melezlemeler

Hıyarın diğer türlerle çaprazlanabilirliği genetik özellikleri genişletmek ve istenen özelliklerin aktarılmasını sağlamak için önemli bir stratejidir. İşte, hıyarın çaprazlanabileceği türler ve özellikleri:

- *C. trigonus* (2n=14) (syn: *C. callosus*): Meyve sineğine karşı dayanıklı.
- *C. hardwickii* (2n=14): Hıyarın atası olarak kabul edilir.
- *C. melo* (2n=20, 22, 24): Kavun (muskmelon) ile genetik ilişkisi bulunur.
- *C. anguria* (2n=22): Batı Hint kornişonu (West Indian gherkin).
- *C. metuliferus* (2n=24): Afrika boynuzlu salatalığı (African horned cucumber).
- *C. dispaceus* (2n=24): Kirpi ya da dikenli kabak (Hedgehog veya teasel gourd).
- *C. hirsutus*: Çok yıllık ve iki evcikli bir türdür.

Cinsler Arası Melezlemeler (Intergeneric Crosses):

- *C. sativus* ve *Luffa cylindica*'nın açık tozlaşması kullanılmıştır.
- Düzgün (tüysüz) gövde, yaprak, yaprak sapı, çiçek, sülük ve meyve gibi özellikler sıcak iklimler için uygundur.

Bu türler arası ve cinsler arası çaprazlama çalışmaları, hastalık direncini artırmak, çevresel strese dayanıklılığı geliştirmek ve diğer agronomik özellikleri iyileştirmek için kullanılmaktadır.

Moleküler Islah

Moleküler belirteçler, geleneksel seleksiyon tekniklerinin sınırlamalarını aşma kapasitesine sahiptir. Bu belirteçler, çevresel varyasyonları ortadan kaldırarak hastalık direnci gibi özelliklerin değerlendirilmesine olanak tanır ve aynı anda birden fazla özelliğin incelenmesini mümkün kılar. Moleküler ıslah, ilgilenilen özelliklere odaklanan ayrıştırıcı popülasyonların oluşturulmasını ve belirteçlerin tanımlanması sırasında bu özelliklerin dikkatlice incelenmesini gerektirir.

Gelişmiş teknolojiler arasında şunlar yer alır:

- Genom dizileme,
- Genom çapında ilişki çalışmaları (GWAS)
- Bağlantı dengesizliği (LD) haritalama.

Bu yöntemler, bitkilerdeki önemli kantitatif özellik lokuslarını (QTL) tanımlamak ve analiz etmek için güçlü ve alternatif genetik haritalama yaklaşımlarıdır. GWAS, tarihsel rekombinasyon olaylarından yararlanarak özelliklere bağlı varyantların daha yüksek çözünürlüklü haritalanmasını sağlar. Elde edilen veriler, genotiplerin daha iyi kombinasyonlarının oluşturulmasına katkıda bulunur.

Örtüaltı Tarımı İçin Islah

Örtüaltı tarımı, sıcaklık, nem, ışık, toprak, su ve gübre gibi faktörlerin dikkatlice kontrol edildiği bir ortamda hıyar yetiştirilmesidir. Bu yöntemle, mevsim dışı dönemlerde bile üretim sağlanır. Partenokarpik gynoecious hibritler, örtüaltı tarımı için tercih edilir. Örtüaltı hıyar yetiştiriciliği için özellikle Pc + Gy gen kombinasyonlarına sahip çeşitlerin geliştirilmesi gereklidir.

Bu yöntemler, modern hıyar ıslah programlarında, pazar taleplerine uygun, yüksek verimli ve dayanıklı çeşitler geliştirilmesine katkı sağlamaktadır.

Partenokarpik ve Gynoecious Hıyar

Partenokarpik ve gynoecious (Pc + Gy) temelli hıyar hibritlerinin ıslahı, örtüaltı tarım koşullarında yüksek üretim ve kaliteli mahsul sağlama yetenekleri nedeniyle yaygın olarak tercih edilmektedir. Hıyar üretiminde tozlaşma kritik bir rol oynar ve her tohum gelişimi için bir veya daha fazla polen tanesi gereklidir. Ayrıca, meyvenin düzgün şekil ve büyüklükte olması için her çiçeğe yaklaşık 10 ila 20 arı ziyareti gereklidir. Bu nedenle, bitkilerin yaklaşık %25'inin çiçeklenme aşamasına geçtiği dönemde tarlaya kovanların yerleştirilmesi önemlidir. Yetersiz tohum gelişimi, meyve dökülmesine, şekil bozukluklarına, eğri veya kısa meyve oluşumuna ve zayıf meyve tutumuna neden olabilir. Partenokarpik hıyar genotipleri tozlaşma

olmadan meyve üretebilir, ancak normal tohum oluşumu yalnızca canlı polen taneleri ile başarılı bir tozlaşma gerçekleştiğinde mümkün olur.

Partenokarpik hıyar çeşitleri, geleneksel tohumlu çeşitlere göre birkaç avantaj sunar. İlk meyve inhibisyonu yaşamadan ardışık olarak meyve oluşturabilirler (Sun ve ark., 2006). Partenokarpi ile stabil gynoecious bir yapının birleşimi kritik öneme sahiptir. Çünkü partenokarpik bitkilerin döllenmesinden sonra oluşan meyveler şekil bozuklukları gösterebilir, ekonomik değeri olmayabilir ve dişi çiçeklerin canlı polen alması durumunda verim kaybına yol açabilir.

Hıyarda Partenokarpinin Kalıtımı

Partenokarpi kalıtımıyla ilgili çelişkili kanıtlar rapor edilmiştir (Cao ve ark., 1997). Bazı raporlar, bunun kısmi dominant bir gen (P) tarafından kontrol edildiğini öne sürerken, diğerleri üç bağımsız ana genin katkı ve epistatik etkilerle dahil olduğunu belirtmiştir. Ayrıca, bunun nicel özelliklere özgü bir kalıtım modeli sergilediği de bildirilmiştir. Başka modellerde, iki katkı-dominant-epistatik ana gen tarafından kontrol edilen eksik resesif bir yapı olarak tanımlanmıştır (Yan ve ark., 2008). Özetle, hıyarda partenokarpi, Pc olarak adlandırılan eksik dominant bir gen tarafından kontrol edilmektedir.

Örtüaltı Tarım İçin Hıyarda İdeotip Islahı

- İlk dişi çiçek için boğum sayısı.
- İlk dişi çiçek için geçen gün sayısı.
- Çoklu pistilat çiçeklenme alışkanlığı.
- Örtüaltı tarım için partenokarpik ve gynoecious tabanlı hibritler.
- Kısa boğum aralıkları.
- Daha yüksek dişi: erkek çiçek oranı.
- Daha kalın meyve eti.
- Dikenler olmadan koyu yeşil renk.
- Yerel tercihlere uygun düzgün meyve şekli ve boyu (bükülmüş boyun olmadan).
- Az veya ihmal edilebilir cucurbitacin içeriği.
- Erken ve düzenli meyve verme.
- Agronomik özelliklerinde maksimum heterozis.
- Biyotik (ToLNDV, mildiyö, külleme, beyaz sinek dayanımı) ve abiyotik streslere (sıcaklık ve don toleransı) dayanıklılık.
- Yüksek sıcaklıklarda stabil gynoecious hatlar.

Hıyarda Cinsiyet İfadesi

Hıyar yıllık bir bitkidir ve erkek çiçekleri kümeler halinde, pistilat çiçekleri ise genellikle tek başına üretir. Pistilat çiçekler alt konumlu/epigin bir yumurtalığa sahiptir. Kültür formuna dönüşme sürecinde, hıyar önemli değişikliklere uğramış ve yalnızca dişi bitkiler (gynoecious), yalnızca erkek çiçekler, belirgin ana gövde büyümesine sahip çalı tipi formlar ve kısalmış boğum aralıkları ya da tüysüz görünüme sahip bireyler gibi yeni formlar geliştirmiştir.

Cinsiyet ifadesi genellikle üç aşamalı bir model izler:

1. Erkek çiçek oluşumu (yalnızca erkek çiçekler),
2. Karışık aşama (hem erkek hem dişi çiçekler),
3. Sürekli dişi oluşumu (yalnızca dişi çiçekler)

Bu farklı aşamalar, ıslah ve tarımsal uygulamalarda hıyar verimliliğini artırmak için kritik öneme sahiptir.

Büyüme düzenleyicilerin cinsiyet ifadesindeki rolü

Büyüme düzenleyicilerin kullanımı, çeşitli kabakgillerde cinsiyet ifadesi ve çiçeklenme üzerinde önemli ölçüde etkili olmaktadır. Bitki hormonları, özellikle etilen ve oksin, hıyar bitkilerinde erkekten dişiye çiçek oranını düzenlemede kritik bir rol oynamaktadır. Etilen ve oksin, dişi çiçek oluşumunu teşvik ederken, giberellinler erkek çiçeklerin gelişimini desteklemektedir. Dişi çiçeklerin oluşumunda önemli bir rol oynayan etilen, erkek çiçek üretimi ile ilişkilendirilen bir hormon olan giberellini baskılar. İç etilen seviyesi, cinsiyet fenotiplerinin ifadesini etkiler ve gynoecious (sadece dişi çiçek üreten) hatlar, monoecious (hem erkek hem dişi çiçek üreten) veya andromonoecious (erkek ve hermafrodit çiçekler üreten) hatlara kıyasla iki ila üç kat daha yüksek etilen seviyeleri sergiler. Gibberellik asit (GA_3), etilen biyosentezini engelleyerek etilen üretimini durduran bir engelleyici olarak hareket ederken, gümüş nitrat ($AgNO_3$), etilen etkisini bloke ederek erkek çiçek üretimini teşvik eder.

Hıyar Genomu

Günümüzde üç farklı hıyar genotipi için genom dizileri çözülmüştür: Chinese Long 9930 (Huang ve ark., 2009a), Gy14 (Cavagnaro ve ark., 2010) ve B10 (Wóycicki ve ark., 2011). Hıyar genomunun %94'ünü kapsayan B10 dizisi, bugüne kadarki en kapsamlı versiyon olarak öne çıkmaktadır (Osipowski ve ark., 2016). Hıyar genomu, son dönemde herhangi bir tam genom çoğaltımının ve az sayıda ardışık tekrarın bulunmamasıyla karakterize edilmiştir; bu durum gen sayısının nispeten az olmasına neden olmaktadır. Özellikle, hıyarın yedi kromozomundan beşi, *Cucumis melo*'dan ayrıştıktan sonra on atasal kromozomun birleşiminden türemiştir (Yang ve ark., 2022). Hıyar genomu, üstün çeşitlerin geliştirilmesi için

kritik bir kaynak olarak hizmet etmekte ve bitkinin vasküler sisteminin evrimsel ve işlevsel yönlerinin keşfine olanak tanımaktadır.

Bir genetik haritanın oluşturulması, Gy14 (Kuzey Amerika işleme pazarına yönelik bir hıyar çeşidi) ve PI183967 (*C. sativus* var. *hardwickii*'den bir aksesyon) arasındaki türler arası çaprazlama sonucu elde edilen 77 rekombinant saf hat kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu harita, 581 cM uzunluğunda olup 995 mikrosatellit işaretleyici de dahil olmak üzere 1.885 işaretleyiciyi içermektedir.

Önemli Özelliklerin Moleküler Haritalanması

Hıyarın temel özelliklerinin kalıtım modeli ve genetik mekanizmasını daha iyi anlamak için çeşitli mutantlar tanımlanmış, birçok gen veya kantitatif özellik lokusu (QTL) moleküler işaretleyiciler kullanılarak klonlanmış veya etiketlenmiştir.

Bunun yanı sıra, dünya genelinden toplanan genetik kaynaklar kullanılarak hıyarda birçok biyotik (canlı organizmalardan kaynaklanan) ve abiyotik (çevresel) stres faktörü incelenmiştir. Dayanıklılık kaynağı tanımlandıktan sonra, bu dayanıklılıkla ilişkili genetik kalıtım, moleküler haritalama ve olası aday genlerin tanımlanması gerçekleştirilmiştir. Fungal, bakteriyel ve viral hastalıkların neden olduğu çeşitli hastalıklar için bu süreçler uygulanmıştır.

Hıyarda Gen Düzenlemenin İlerlemesi ve Geleceği

Gen düzenleme, istenen allellerin bitkilere doğrudan aktarılmasına olanak tanıyan güçlü bir araçtır ve bu süreçte geleneksel ıslah yöntemlerinin gerektirdiği uzun geri çaprazlama işlemleri gerektirmez. Ayrıca, gen düzenleme transgenik segmentleri temel almadığı için, transgenik ıslah yöntemleri için belirlenen katı düzenleyici politikalardan muaf tutularak daha kabul edilebilir bir yöntem olarak öne çıkar (Jones, 2015). Gen düzenleme araçları arasında çinko parmak nükleazlar (Zinc-Finger Nucleases, ZFNs), transkripsiyon aktivatörü benzeri efektör nükleazlar (TALENs), meganükleazlar ve düzenli aralıklı kısa palindromik tekrar kümeleri (CRISPR/Cas9) bulunmaktadır.

Bu araçlar arasında CRISPR/Cas9, bitki özelliklerini iyileştirmek ve gen işlevlerini anlamak için en yaygın kullanılan ve en güçlü yöntemdir (Zhang ve ark., 2021). CRISPR/Cas9, RNA tabanlı bir yaklaşım olduğu için, protein tabanlı yöntemlere kıyasla daha kolay ve verimli bir şekilde modifiye edilebilir. Hıyarda gen düzenleme çalışmaları için bazı araştırmacılar CRISPR/Cas9 teknolojisini kullanmıştır. Hıyarda CRISPR-Cas9'un başarılı bir şekilde ilk kez uygulanması, Chandrasekaran ve ark. (2016) tarafından virüs dayanımı için gerçekleştirilmiştir. Cas9/sgRNA yapıları kullanılarak resesif eIF4E (ökaryotik translasyon başlatma faktörü 4E) geninin kesintiye uğratılması, hıyar damar sararma virüsü (Ipomovirus), kabak mozaik virüsü

(Zucchini yellow), ve papaya halka lekesi mozaik virüsü-W'ye karşı geniş bir virüs direnci oluşturmuştur.

Gynoecious (sadece dişi çiçek taşıyan) hıyar hatları, heterosis ıslahında ve yüksek verimde kullanılmaları nedeniyle ticari açıdan değerlidir. CRISPR-Cas9 araçlarıyla yapılan mutagenez, sadece dişi çiçek taşıyan gynoecious hıyar fenotipi sergileyen CsWIP1 geninde mutasyon (Cswip1 T0 mutantları) üretmiştir (Hu ve ark., 2017). Kompakt bitki mimarisi için CRISPR/Cas9 aracılığıyla oluşturulan mutasyonlar, *Arabidopsis*'te internod uzunluğunu kodlayan ERECTA gen ailesinin homologlarına (CsaV3_4G036080) odaklanmıştır (Xin ve ark., 2022).

Hıyarlarda büyüme ve gelişimin sınırlayıcı faktörlerinden biri tuzluluktur. CRISPR/Cas9 yöntemi, CsAKT1 geninin, PNC (poly acrylic acid coated nanoceria) ile geliştirilmiş hıyar tuz toleransında anahtar bir gen olduğunu doğrulamıştır (Peng ve ark., 2022). Kabakgiller ailesinin en yıkıcı hastalıklarından biri külleme hastalığıdır. CRISPR/Cas9 aracılığıyla yapılan mutagenez ile iki transgenik olmayan Csamlo8 CRISPR mutant hattı (Csamlo-cr-1 ve Csamlo-cr-2) elde edilmiştir; bu hatlar, hassas hıyar çeşidi 'Ilan' üzerinde yüksek külleme direnci göstermiştir (Shnaider ve ark., 2022).

CRISPR-Cas9, hedefe yönelik yaklaşımı sayesinde maliyet açısından uygun ve son derece verimli bir gen düzenleme yöntemidir. Ancak bu teknolojinin optimizasyonu ve verimliliğinin artırılması önerilmektedir. Bu iyileştirmeler, hedef genlerin seçimi ve mutasyon türlerinin belirlenmesinde off-target (istenmeyen) etkileri önlemeyi içerir. Ayrıca, çoğu özellik kantitatif olarak kalıtıldığı için, tek bir genin düzenlenmesi istenilen sonuçlara ulaşmak için yeterli olmayabilir. Bu zorluklara ek olarak, sgRNA ve GC miktarı, Cas9 ekspresyon düzeyi de istenilen genotipin başarılı bir şekilde dönüştürülmesini etkileyebilir (Azameti ve Dauda, 2021).

SONUÇ

Islah tekniklerindeki artan zorluklar ve hızlı ilerlemeler, hıyarlarda biyotik streslere karşı dayanıklı ve abiyotik streslere karşı tolerans sağlanmasında önemli bir rol oynamıştır. Hastalıklar ve agronomik özelliklerle ilişkili çeşitli genlerin/QTL'lerin haritalanması ve bu genlerin introgresyonu ile birlikte genom dizilerinin elde edilmesi, hızlı genetik kazanımların sağlanmasına katkı sağlamıştır. Mevcut raporlar ve bugüne kadar kaydedilen ilerlemeler temel alındığında, gelecekte hıyar ıslahını sürdürebilmek için ortaya çıkan birçok soruna yönelik potansiyel genetik kaynakların tanımlanması ve bunların ileri düzey OMICS tabanlı araçlarla detaylı bir şekilde karakterize edilmesi gerektiği açıktır.

KAYNAKÇA

Azameti MK and Dauda WP (2021). Base Editing in Plants: Applications, Challenges, and Future Prospects. Front Plant Sci 27(12):664997. https://doi.org/10.3389/fpls.2021.664997.
Bacci L, Picanço MC, Gonring AHR, Guedes RNC and Crespo ALB (2006). Critical yield components and key loss factors of tropical cucumber crops. Crop Protection, 25(10): 1117-1125.
Behera TK, Staub JE, Behera S, Delannay IY and Chen JF (2011). Marker-assisted backcross selection in an interspecific Cucumis population broadens the genetic base of cucumber (*Cucumis sativus* L.). Euphytica 178: 261-272.
Cao BS, Chen XH, Xu Q and Gu CS (1997). The genetic effects of parthenocarpic generations of cucumber. Acta Hort Sinica 24(1):53-56.
Cavagnaro PF, Senalik DA, Yang L, Simon PW, Harkins TT, Kodira CD and Weng Y (2010). Genome-wide characterization of simple sequence repeats in cucumber (*Cucumis sativus* L.). BMC genomics 11: 1-18.
Chandrasekaran J, Brumin M, Wolf D, Leibman D, Klap C, Pearlsman M, Sherman A, Arazi T and Gal-On A (2016). Development of broad virus resistance in non-transgenic cucumber using CRISPR/Cas9 technology. Molecular Plant Pathology 17: 1140-1153. https://doi.org/10.1111/mpp.12375
Chen HM, Tian Y, Lu XY and Liu XH (2011). The inheritance of two novel subgynoecious genes in cucumber (*Cucumis sativus* L.). Scientia Horticulturae 127: 464–467.
Dey, S. S., Sagar, V., Kujur, S. N., Munshi, A. D., Pandey, S., & Behera, T. K. (2023). Cucumber: Breeding and Genomics. Vegetable Science, 208-220.
Dey SS, Sharma PK, Munshi AD, Jaiswal S, Behera TK, Kumari K and Kumar D (2022). Genome wide identification of lncRNAs and circRNAs having regulatory role in fruit shelf life in health crop cucumber (*Cucumis sativus* L.). Frontiers in Plant Science 13:884476.
Horejsi T, Staub JE and Thomas C (2000). Linkage of random amplified polymorphic DNA markers to downy mildew resistance in cucumber (*Cucumis sativus* L.). Euphytica 115:105–113.
Hu B, Li D, Liu X, Qi J, Gao D and Zhao S (2017). Engineering non-transgenic gynoecious cucumber using an improved transformation protocol and optimized CRISPR/Cas9 system. Mol Plant 10: 1575–1578. https://doi.org/10.1016/j.molp.2017.09.005
Huang S, Li R, Zhang Z, Li L, Gu X, Fan W, Lucas WJ, Wang X, Xie B and Ni P (2009). The genome of the cucumber, Cucumis sativus L. Nat. Genet. 41:1275–1281.
Jones HD (2015). Future of breeding by genome editing is in the hands of regulators. GM crops & food 6(4): 223-232.
Kubicki B (1969). Investigations of sex determination in cucumber (*Cucumis sativus* L.). V. Genes controlling intensity of femaleness. Genetica Polonica 10:69-86.
Li Z, Wang S, Tao QY, Pan JS, Si LT, Gong ZH and Cai R. (2012). A putative positive feedback regulation mechanism in CsACS2 expression suggests a modified model for sex determination in cucumber (*Cucumis sativus* L.). J. Exp. Bot. 63: 4475-4484.
Osipowski P, Pawełkowicz M, Wojcieszek M, Skarzyńska A, Przybecki Z and Pląder W (2020). A high-quality cucumber genome assembly enhances computational comparative genomics. Molecular Genetics and Genomics 295: 177-193.
Peng Y, Chen L, Zhu L, et al. (2022). CsAKT1 is a key gene for CeO2 nanoparticles improved cucumber salt tolerance: a validation from CRISPR-Cas9 lines. Research Square https://doi.org/10.21203/ rs.3.rs-1734803/v1.
Peterson RK, Davis DW, Stucker RE and Breene WM (1978). Inheritance of firmness in raw cucumber (*Cucumis sativus* L.) fruit. Euphytica 27: 233-240.
Ranjan P, Pandey A, Munshi AD, Bhardwaj R, Gangopadhyay KK, Malav PK and Kumar A (2019). Orange-fleshed cucumber (*Cucumis sativus* var. *sativus* L.) germplasm from North-East India: agro-morphological, biochemical and evolutionary studies. Genetic Resources and Crop Evolution 66: 1217-1230. Robinson RW and Decker-Walters DS (1997) Cucurbits. New York: CAB International. Crop Prod Sci Hortic 226.
Shang J, Kong S, Li N, Wang J, Zhou D, Li N and Ma S (2020). Genetic mapping and localization of major QTL for bitterness in melon (*Cucumis melo* L.). Scientia Horticulturae, 266: 109286.

Shnaider Y, Elad Y, Rav David D, Pashkovsky E, Leibman D, Kravchik M, Shtarkman-Cohen M, Gal-On A and Spiegelman Z. (2022). Development of powdery mildew (*Podosphaera xanthii*) resistance in cucumber (*Cucumis sativus*) using CRISPR/ Cas9-mediated mutagenesis of CsaMLO8. Phytopathology. https://doi.org/10.1094/PHYTO-06-22-0193-FI.

Sumathi T and Ponnuswami V (2008). Anatomical changes of cucumber (*Cucumis sativus* L.) leaves and roots as influenced by shade and fertigation. Advances in Natural and Applied Sciences 2(3): 185-193.

Sun Z, Staub JE, Chung SM and Lower RL (2006). Identification and comparative analysis of quantitative trait loci associated with parthenocarpy in processing cucumber. Plant Breeding 125(3): 281-287.

Tan JY, Tao QY, Niu HH, Zhang Z, Li DD, Gong ZH, Weng Y and Li Z (2015). A novel allele of monoecious (m) locus is responsible for elongated fruit shape and perfect flowers in cucumber (*Cucumis sativus* L.). Theor Appl Genet 128: 2483-2493.

Wóycicki R, Witkowicz J, Gawroński P, Dąbrowska J, Lomsadze A, Pawełkowicz M and Przybecki Z (2011). The genome sequence of the North-European cucumber (*Cucumis sativus* L.) unravels evolutionary adaptation mechanisms in plants. PloS one 6(7): e22728.

Xin T, Tian H, Ma Y, Wang S, Yang L, Li X, Zhang M, Chen C, Wang H, Li H, Xu J, Huang S and Yang X (2022). Targeted creating new mutants with compact plant architecture using CRISPR/Cas9 genome editing by an optimized genetic transformation procedure in cucurbit plants. Hortic Res 20;9:uhab086.

Yan LY, Lou LN, Lou QF and Chen JF (2008). Inheritance of parthenocarpy in gynoecious cucumber (*Cucumis sativus* L.). Acta Hort Sinica 35(10):1441-1446.

Yang L and Sagar V (2022). Genome Evaluation of Cucumber in Relation to Cucurbit Family. In: Pandey, S., Weng, Y., Behera, T.K., Bo, K. (eds) The Cucumber Genome. Compendium of Plant Genomes. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978- 3-030-88647-9_9

Zhang D, Zhang Z, Unver T, and Zhang B (2021). CRISPR/ Cas: a powerful tool for gene function study and crop improvement. J Adv Res 29: 207–221.

SEBZE ISLAHI VE HETEROZİS

Tuğçe ÖZSAN KILIÇ
Akdeniz University, Faculty of Agriculture, Department of Horticulture
ORCID ID: 0000-0002-3265-6886
Ahmet Naci ONUS
Akdeniz University, Faculty of Agriculture, Department of Horticulture
ORCID ID: 0000-0001-8615-1480

ÖZET

Heterozis tarihsel olarak uzun yıllardır bitkilerde kullanılıyor olsa da bunun altında yatan genetik mekanizmalar ve moleküler temeller hâlâ tam olarak anlaşılamamıştır. Son yıllarda, genom, transkriptom, proteom ve epigenom düzeylerindeki moleküler biyoteknoloji alanındaki ilerlemeler sayesinde sebzelerde heterozis üzerine yapılan çalışmalar önemli ölçüde ilerleme kaydetmiştir. Bu makalede genlerin heterozisi nasıl düzenlediğini açıklayan altı hipotez özetlenmekte olup, epigenetik tarafından tetiklenen olası bir heterozis modeli üzerinde durulmuş ve sebzelerdeki farklı gen ekspresyonlarına dayalı olarak heterozisle ilişkili kantitatif özellik lokusu etkileri ve gen hareketlerine dair önceki çalışmalar analiz edilmiştir. Ayrıca, çiçek, meyve ve bitki mimarisi özellikleri gibi verimle ilgili özelliklerin sebzelerde (örneğin, lahana, hıyar ve domates) heterozis gelişimi sırasında katkıları da yine bu makalede tartışılmıştır. Son olarak bu makalede günümüzün güncel tarımsal sorunları karşısında sebze ıslahının geleceğinde heterozisin rolüne dair öneriler ve perspektifler sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: sebzeler, ıslah yöntemleri, heterozis

VEGETABLE BREEDING AND HETEROSIS

ABSTRACT

Although heterosis has been used historically in plants for many years, the genetic mechanisms and molecular basis underlying it are still not fully understood. In recent years, thanks to advances in molecular biotechnology at the genome, transcriptome, proteome and epigenome levels, studies on heterosis in vegetables have made significant progress. This article summarizes six hypotheses explaining how genes regulate heterosis, focuses on a possible epigenetic-induced heterosis model, and analyzes previous studies on quantitative trait locus effects and gene movements associated with heterosis based on differential gene expression in vegetables. In addition, the contributions of yield-related traits such as flower, fruit and plant architecture traits during the development of heterosis in vegetables (e.g. cabbage, cucumber and tomato) are also discussed in this article. Finally, this article presents suggestions and perspectives on the role of heterosis in the future of vegetable breeding in the face of current agricultural problems.

Keywords: Vegetables, breeding methods, heterosis

GİRİŞ

Heterozis birçok türde görülmekte olup çeşitli ülkelerde çeşitli araştırıcılar tarafından kapsamlı şekilde araştırılmıştır. 1763 yılında Alman bilim insanı Koelreuter, melez tütün bitkilerinin ebeveynlerinden daha iyi büyüdüğüne dair somut kanıtlar sunan ilk kişi olmuştur. Darwin (1885), mısır bitkilerinde melez ve kendilenmiş bitkilerin boylarını karşılaştırarak, melez nesillerin ortalama boyunun kendilenmiş bitkilerden daha yüksek olduğunu keşfetmiştir. Beal (1880), melez mısır bitkilerinin veriminin her iki ebeveynden de daha yüksek olduğunu gözlemlemiştir. Shull (1908 ve 1914), mısır melezlerinde heterozisi fark etmiş ve bu fenomene "heterozis" adını vermiştir. Heterozis, ilk olarak mısırda genetik ıslah için kullanılmış ve 1930'lardan itibaren birçok mükemmel mısır melezi üretilmiş olup o zamandan günümüze kadar mısır verimi Amerika'da en az sekiz kat artmıştır ve bu artışın büyük kısmı melez çeşitlerin geliştirilmesine bağlanmıştır (Tian ve ark., 2011).

Heterozisin tahıl ürünlerinde uygulanmasıyla birlikte sebzelerde yabancı tozlanma da hızla ilerlemiştir. Doğal ekim koşullarında, üretilen tohumların %40-80'i genellikle diğer bitkilerden gelen polenlerin sebep olduğu tozlanma rekabeti nedeniyle doğal melez oluşturur (Liedl ve Anderson, 1993). Rastgele üretilen melez tohumların özellikleri başlangıçta düzensiz olsa da F_1 melezleri optimum üretim ve gübre koruma yönetimi altında saf hat tohumlarına kıyasla daha yüksek verim, daha iyi adaptasyon ve daha yüksek stres direnci sergiler. Bu nedenle, çiftçiler F_1 hibrit tohum yetiştiriciliğine büyük ilgi göstermiştir (Kumar ve Singh, 2005). İlk patlıcan melezi (*Solanum melongena* L.), 1924 yılında piyasaya sürülmüştür (Nishi, 1967). Daha sonra karpuz (*Citrullus lanatus* L.), hıyar (*Cucumis sativus* L.), turp (*Raphanus sativus* L.), domates (*Solanum lycopersicum* L.) ve lahana (*Brassica oleracea* L.) gibi diğer sebzelerin melezleri de sonraki 20 yıl içinde geliştirilmiştir (Liedl ve Anderson, 1993). Melez sebze çeşitlerinin sayısı her yıl %8-10 oranında hızla artarken, melez olmayan çeşitler giderek ortadan kalkmaktadır (da Silva Dias, 2014).

Sebze yetiştiriciliğinde heterozis kullanımı ilk olarak Hayes ve Jones (1917) tarafından hıyarlarda önerilmiştir. Ancak, hibrit tohum üretimindeki yüksek maliyet nedeniyle, hibrit hıyar tohumları ancak 1930'larda kullanılmaya başlanmıştır (Liedl ve Anderson, 1993). Benzer şekilde, patlıcanın kendilenmesi ve ara sıra dehisens göstermeyen anterlerin varlığı (Daunay, 2008) ve domateste anterlerden daha kısa stilusların bulunması (Singh ve ark., 2005), yüksek derecede kendilenmeye yol açarak hibrit kullanımını sınırlamıştır. Pearson (1933) ve Jones ve Clarke (1943), sırasıyla lahanada kendine kısırlık ve soğanda sitoplazmik erkek kısırlık

mekanizmalarını kullanarak saf hat ve hibrit tohumları geniş ölçekte üretmişlerdir (Kumar ve Singh, 2005). İstenmeyen kendilenmeyi önlemek için genetik ve genetik olmayan mekanizmalar, genetik erkek kısırlık, sitoplazmik erkek kısırlık, kendine uyuşmazlık, dişi hatlar, cinsiyet düzenleyiciler ve kimyasal hibritleştirme ajanları gibi çeşitli yöntemler uygulanmıştır (Kumar ve Singh, 2005; Colombo ve Galmarini, 2017). Verim, erkencilik, büyüme canlılığı ve stres toleransı gibi F_1 melezlerinde gözlemlenen çeşitli özellikler (Kakizaki, 1931; Krieger ve ark., 2010; Zhang ve ark., 2020; Liu ve ark., 2020), sebzelerde araştırmaların ana alanı haline gelmiştir.

Patlıcan melezlerinde yapılan bir deneyde, Makani ve ark. (2013) ve Balwani ve ark. (2017) en uygun F_1 melezi için sırasıyla %125,78 ve %88,88 oranında verim artışı gözlemiştir. Daha verimli bir patlıcan melezi, ilk hasat zamanını etkili bir şekilde kısaltacaktır (Kakizaki, 1931). Bu tip transgresif fenotipler ayrıca diğer *Solanaceae* (Spaldon ve ark., 2015; Tamta ve Singh, 2018), *Cruciferae* (Li ve ark., 2018; Kong ve ark., 2020), ve *Cucurbitaceae* (El-Adl ve ark., 2014; Sharma ve ark., 2016) sebzelerinde de gözlemlenmiştir.

Sebzelerde heterozis tarihsel olarak araştırma ve melezleme çalışmalarında kullanılmış olsa da bunun genetik mekanizması hâlâ belirsizdir. Heterozise dair farklı genetik modeller çeşitli incelemelerde tanımlanmıştır (Qin ve ark., 2013; Fujimoto ve ark., 2018; Kumar ve ark., 2020; Liu ve ark., 2020). Ancak klasik genetik hipotezlerinin heterozisin tüm mekanizmalarını açıklayamadığı açıktır. Aşağıda heterozis üzerinde farklı teknikler kullanılarak yapılan çeşitli araştırmalar ve bu araştırmalardan elde edilen veriler paylaşılmıştır.

HETEROZİSİN GENETİK MEKANİZMALARI ÜZERİNE ARAŞTIRMALAR

Heterozisin Genetik Düzenlenmesi

Heterozis, hibrit döllerde ortaya çıkan performansla kendini gösteren, birçok faktörün kombinasyonundan kaynaklanan karmaşık bir biyogenetik fenomendir. Heterozisin genetik mekanizmalarına ilişkin klasik hipotezler, allelik etkileşimlere dayanan dominansi ve aşırı dominansi (overdominance) hipotezlerini ve allelik olmayan etkileşimlere dayanan epistasi hipotezini içerir. Davenport (1908), ilk kez dominans hipotezini ortaya atmış ve Bruce (1910) ile Jones (1917) bu hipotezi daha da geliştirmiştir. Dominans hipotezine göre, büyüme ve gelişmeyi kontrol eden olumlu genler baskındır, olumsuz genler ise çekinik durumdadır. Hibrit jenerasyonda, iki ebeveynden gelen alleller birbirini tamamlar ve olumsuz çekinik genler, olumlu baskın genler tarafından baskılanır; bu nedenle hibrit jenerasyon heterozis sergiler.

Aşırı dominansi hipotezi ise Shull (1908) ve East (1936) tarafından önerilmiş ve dominansi hipotezinin tersi olarak öne sürülmüştür. Bu hipotez, alleller arasında baskın-çekinik bir ilişki

olmadığını ve heterozisin temel nedeninin ebeveynlerden gelen heterojen allellerin etkileşimi olduğunu savunur. Heterozigot alleller, homozigot allellerden daha güçlü bir etkileşim sergiler; bu nedenle hibritler heterozis gösterir. Dranginis (1990), izoenzim tekniğini kullanarak, heterozigotlarda enzimlerin birçok benzersiz konformasyona sahip olduğunu bulmuştur. Örneğin, heterozigotların düzenleyici proteinleri genleri düzenleyen polimerler olarak sıklıkla bulunur ve heterozigot ile homozigot proteinler sürekli olarak farklı aktivite özellikleri sergiler. Ayrıca, mısırda tek bir lokusun (*pl*) heterozigotluğu nedeniyle meydana gelen antosiyanin içerik heterozisi (Hollick ve Chandler, 1998) ve domateste tek bir lokusun (*sft*) heterozigotluğundan kaynaklanan verim heterozisi (Krieger ve ark., 2010), aşırı dominans hipotezi için deneysel kanıtlar sağlar.

Dominans ve aşırı dominans hipotezleri, heterozisin bireysel allel lokuslarından kaynaklandığını öne sürmektedir. Ancak, çeşitli raporlar, verim ve büyüme gücü gibi bitki özelliklerinin karmaşık kantitatif özellikler olduğunu göstermiştir (Schnable ve Springer, 2013). Wright (1984), popülasyon genotiplerinin ağ yapısını görselleştirmiştir, yani çoğu özelliğin varyasyonları birden fazla lokus tarafından kontrol edilir; bu tür ağlarda herhangi bir genin değiştirilmesi birçok özelliği etkileyebilir. Bu bakış açısına dayanan Sheridan (1981), epistasi kavramını öne sürmüştür. Epistasi, genetikte, bir allelik olmayan genetik etkinin eklemeli etkisinden sapma gösterdiği fenomeni ifade eder. Sao ve Mehta (2010)'nın melezleme deneyinde elde edilen anlamlı özel kombinasyon yeteneği (SCA) etkileri, epistasinin patlıcan heterozisinin genetik kontrolünde baskın bir rol oynadığını göstermiştir. Çeltikte (*Oryza sativa*) yapılan QTL haritalama çalışmaları, çoğu genin etkileşimlerinin tek bir gen lokusu temelinde tespit edilemeyeceğini göstermiştir (Yu ve ark., 1997).

Klasik hipotezlerin yanı sıra başka fikirler de önerilmiştir. Zhong (1994), genomik baskılama ve heterozis arasındaki ilişkiyi karşılaştırarak aktif gen etkisi hipotezini öne sürmüştür. Bu hipotez, heterozisin aktif genler arasındaki eklemeli gen etkilerinden kaynaklandığını öne sürer. Alleller homozigot olduğunda, yalnızca biri aktiftir; heterozigot olduğunda ise tüm genler aktiftir ve hibrit heterozis sergiler.

Epigenetik, heterozis gelişiminde rol oynar

Bitki heterozisinin genetik düzeydeki mekanizmalarını açıklamak için birçok hipotez öne sürülmüş olmasına rağmen, çalışmalar heterozisin genetik mekanizmalarının sadece bir veya birkaç hipotezle tam olarak açıklanamayacağını göstermiştir. Epigenetik üzerine yapılan yoğun çalışmalar sayesinde, DNA metilasyonu, küçük RNA'lar ve histon modifikasyonları gibi epigenetik faktörlerin de bitkilerde heterozisin gelişiminde rol oynadığı tespit edilmiştir

(Shivaprasad ve ark., 2012; Lauss ve ark., 2018; Cerruti ve ark., 2019). Epigenetik modifikasyonlar, gen transkripsiyonunu ve gen ekspresyonunu düzenleyerek bitki fenotiplerinin oluşumunda önemli bir rol oynar (Hagemann, 1969; Gouil ve ark., 2016; Kenchanmane ve Niederhuth, 2018). Bilinen fenotiplerin allelleri, epigenetik modifikasyonların diğer türlerinden ziyade DNA metilasyonu bağlamında daha kapsamlı bir şekilde incelenmiştir (Kenchanmane ve Niederhuth, 2018). RNA-yönlendirmeli de novo metilasyon (RdDM), 24 nt-siRNA tarafından DNA metilasyonunu tetikleyen bir yoldur ve bu süreç *NRPD1* ve *NRPE1* gibi iki anahtar gen tarafından düzenlenir. (Law ve Jacobsen, 2010). Histonların amino terminalinde asetilasyon, fosforilasyon, metilasyon ve ubiquitinasyon gibi farklı modifikasyonlar meydana gelir. Bu histon modifikasyonları, ilgili proteinlerin kromatine bağlanmasını etkileyebilir ve böylece genlerin transkripsiyonel aktivitesini etkiler. Aynı zamanda, histonların amino terminalindeki modifikasyonların kombinasyonu, bireyin genetik bilgisini genişletir ve fenotipini değiştirir (Jenuwein ve Allis, 2001). Histon modifikasyonları heterozisin stabilitesi ile ilişkilidir. Çalışmalar, histon deasetilazların hibritlerde bazı genlerin eklemeli olmayan gen ekspresyonuna neden olduğunu göstermiştir (He ve ark., 2010). Ayrıca, histon asetilasyonu ve metilasyonu, F_1 hibritlerinde düzenleyici (sirkadiyen düzenlenmiş) genlerin aktivasyonu ile ilişkilidir (Jenuwein ve Allis, 2001). Biyolojik saat, bitkilerin fizyolojik aktivitelerini, fizyolojik ve biyokimyasal maddelerin sentezi dahil olmak üzere kontrol eder. Bu nedenle, histon modifikasyonları bitki biyokütle heterozisini etkileyebilir. Ebeveynlerden gelen genetik bilginin yeniden kombinasyonu, F_1 neslinde yeni epigenetik modifikasyon kombinasyonlarına yol açabilir. Epigenetik modifikasyonlar esasen genlerin ekspresyonunu etkileyerek, genlerin aşırı ifade edilmesine veya sessizleştirilmesine neden olur. Bu nedenle, epigenetik modifikasyonlar, gen ekspresyonu modeli üzerine etki yaparak F_1'de heterozisin gelişimini dolaylı olarak etkileyebilir.

Moleküler Düzeyde Heterozis Üzerine Çalışmalar

QTL Analizine Dayalı Heterozis Araştırmalarındaki İlerlemeler

Genom, bir türün tüm genetik bilgisini içerir ve bireysel bir genin ifade edilip edilmediğini ve aynı zamanda ifade derecesini belirler. Heterozis genellikle, hibrit jenerasyonun nicel özellikler açısından ebeveynlerden üstün olmasıyla ifade edilir. Bu nedenle, heterozisin genetik analizini tüm genom perspektifinden ele almak önemlidir. Genom dizileme teknolojisinin hızla gelişmesiyle birlikte, genom çapında ilişkilendirme çalışmaları (GWAS) yoluyla heterozis ile ilgili gen lokuslarını tanımlamak mümkün hale gelmiştir (Huang ve Han, 2014).

Yapılan bir değerlendirmede 6 temel tarım ve sebze ürününü (çeltik (*Oryza sativa*), mısır (*Zea mays*), pamuk (*Gossypium hirsutum*), kolza (*Brassica campestris*), sorgum (*Sorghum vulgare*) ve domatesi (*Solanum lycopersicum*)) ele alan 35 çalışma özetlenerek QTL'nin heterozis üzerindeki etkileri analiz edilmiştir. Elde edilen sonuçlar ortaya koymuştur ki altı farklı QTL etkisi arasında, dominansi (baskınlık) ve epistasi etkileri eşit oranlara sahiptir (sırasıyla %19 ve %23). İlginç bir şekilde, overdominansi (aşırı baskınlık) etkisi tüm etkiler arasında en büyük oranı (%42) oluşturmuştur. Bu durum, bitki genomunda birçok gen lokusu olmasına rağmen, bu lokusların etkileşim yoluyla karmaşık etkiler oluşturduğunu ve heterozisle sonuçlandığını göstermektedir. Bu etkiler arasında, overdominansi etkileri sürekli olarak ortaya çıkmış ve heterozise önemli ölçüde katkıda bulunmuştur.

Ayrıca, overdominansi etkisi, yapay ıslah için kolaylıkla kullanılabilir bir yöntemdir ve bu durum domates üzerinde yapılan çalışmalarda net bir şekilde gösterilmiştir (Krieger ve ark., 2010). Ancak, bu etkinin kullanılabilmesi için overdominansi etkisi sağlayan gen lokuslarını doğru bir şekilde tespit etmek gereklidir. Heterozis, birden fazla özelliğin sonucu olabilir. Ayrıca, QTL haritalama sonuçları türler arasında ve hatta aynı türün farklı grupları içinde bile değişiklik gösterebilir (Huang ve ark., 2016). Bu nedenle, analiz için heterozis gösteren bitkilerin genetik arka planına dayalı olarak uygun bir genetik popülasyon seçmek gereklidir.

Heterozis ile İlişkili Gen Aksiyonunda Diferansiyel Gen Ekspresyonu Analizine Dayalı İlerlemeler

Genom, biyolojik bir fenotipin oluşumunu genlerin diferansiyel ekspresyonunu düzenleyerek kontrol eder (Song ve ark., 2010; Groszmann ve ark., 2015). Moleküler tabanlı ekspresyon analizleri, allel-spesifik ekspresyon, DNA mikroarray, ekspresyon kantitatif özellik lokusları (eQTL), RNA-seq, kantitatif SNP tabanlı Sequenom teknolojisi ve allel-spesifik RT-PCR gibi yöntemler, diferansiyel gen ekspresyonunu tespit etmeyi mümkün kılmıştır.

Transkriptom ve diferansiyel gen ekspresyon analizleri, heterozis genlerinin etkilerinin çoğunlukla additive (eklemeli) (F_1 = MPV), overdominansi (aşırı baskınlık) (F_1 > HPV) ve underdominance (düşük dominansi) (F_1 < LPV) olduğunu ortaya koymuştur (Baranwal ve ark., 2012). Hibrit hattında diferansiyel olarak eksprese edilen bir genin ekspresyon değeri ebeveyninkinden daha yüksek veya daha düşük olduğunda, gen aksiyonu desenleri sırasıyla yüksek ebeveyn baskınlığı ($F_1 \approx$ HPV) ve düşük ebeveyn baskınlığı ($F_1 \approx$ LPV) olarak sınıflandırılmıştır (Baranwal ve ark., 2012).

Li ve ark. (2018), hibrit brokolideki genlerin çoğunun eklemeli ekspresyon desenleri sergilediğini ve nonadditive (eklemeli olmayan) aksiyonun ağırlıklı olarak heterozis ile ilişkili

ışık ve hormon sinyal yollarını içerdiğini bildirmiştir ki benzer bir bulgu, Çin lahanasında (*Brassica campestris* ssp. *pekinensis* cv. spring flavor) da rapor edilmiştir (Kong ve ark., 2020). Bu gen ekspresyon desenleri, hibrit F_1 genlerinin epigenetik modifikasyonu ile seçici inhibisyon veya aktivasyondan kaynaklanmış olabilir (Chen, 1980; Preuss ve ark., 2008); inaktif saf hatlardaki genler, aktif saf hatların genleri veya düzenleyici faktörleri tarafından aktive edilebilir (Paschold ve ark., 2012; Wang ve ark., 2015).

Epigenetik modifikasyonlar ve heterojen faktörlerin etkileşimleri yalnızca birkaç gen üzerinde gerçekleşir ve F_1 hibritlerde ve ebeveynlerde diferansiyel ekspresyon üreten genom, toplam genomun yalnızca küçük bir kısmını oluşturur (Li ve ark., 2016).

Sebzelerde Verim Heterozisine Katkıda Bulunan Özellikler

Heterozis gösteren hibritler, genellikle ağırlıkla ölçülen karmaşık bir özellik olan verimde önemli bir heterobeltiyozis sergiler. Hibritlerde verim artış mekanizmalarını net bir şekilde incelemek için, verimi daha basit özelliklere bölmek önemlidir. Çoğu bitki için verimin kaynağı meyvelerdir ve verime katkı sağlayan meyve özellikleri genellikle meyve sayısı, meyve boyutu ve meyve ağırlığını içerir; erken olgunlaşma da genellikle dikkate alınır.

Lahanagiller ailesine ait tipik bir baş oluşturan yapraklı sebze olan lahana için, ana verim özellikleri baş ağırlığı ve baş büyüklüğüdür. Baş oluşturmayan yapraklı sebzelerde ise verime katkıda bulunan temel özellikler yaprak sayısı ve yaprak büyüklüğüdür. Lahanagillerden farklı olarak, kabakgiller ve patlıcangiller ailelerine ait sebzelerde, her bitkiden birden fazla hasat ve birden fazla meyve elde edilir. Bu nedenle, tek bir meyvenin ortalama ağırlığı ve bitki başına meyve verimi de göz önünde bulundurulmalıdır.

Patlıcangillerde çiçekler genellikle bileşik salkım şeklindedir, bu nedenle salkım başına çiçek sayısı ve meyve sayısı üretime önemli ölçüde katkıda bulunur (Barboza ve ark., 2016). Kabakgillerde ise tekli salkım yapısı görülür. Dişi çiçeklerin ilk düğüm pozisyonu ve cinsiyet oranı (E/K) bitkinin ilk hasat günlerini ve bitki başına meyve sayısını etkiler. Hangi özellik dikkate alınırsa alınsın, toplam verim yalnızca verimle ilişkili özelliklerdeki değişikliklerle etkilenebilir. Bu nedenle, verime katkıda bulunan özelliklerin düzenlenme mekanizmalarını analiz etmek gereklidir.

Verim Heterozisi ile Bitki Mimarisi Arasındaki İlişki

"Yeşil Devrim"den bu yana, belirli bitki mimarileri için ıslah çalışmaları büyük ilgi görmüş ve heterozis ıslahını bitki mimarisi ıslahıyla birleştirme fikri önerilmiştir (Khush, 2000). Donald (1968), yarı bodur bitki mimarisi üzerine araştırmalar yapmış ve bu konsepti ideotip kavramına

dönüştürmüştür. İdeotip, popülasyon ıslahında minimum rekabet yoğunluğuna yol açan bitki mimarisi formunu ifade eder.

İlk olarak çeltikte önemli ilerlemeler kaydedilen ideotip araştırmalarında, *IPA1* olarak bilinen bir anahtar gen, hibrit pirinç grubu kullanılarak heterozis açısından önemli genleri etkileyen bir gen olarak tanımlanmıştır (Huang ve ark., 2016).

Benzer şekilde, domateste heterozis ve ideotip çalışmaları etkili bir şekilde birleştirilmiştir. "Self-pruning" (*sp*) geni, domateslerde belirsiz büyümeyi desteklerken, "*sft*" geni *sp* genini baskılayarak belirsiz büyümeyi belirli bir büyüme şekline dönüştürür (Yeager, 1927). "*Sft*" geni, domateslerde heterozis geliştirilmesine katkıda bulunur (Krieger ve ark., 2010) ve bitki mimarisini değiştirerek, domatesin tekli salkımlar yerine bileşik salkımlar üretmesini sağlar (Jiang ve ark., 2013). F_1 hibritlerinin erken olgunlaşması, ebeveynlerinden daha yüksektir ve bu da domates verimini artırır.

Domates dışında diğer sebzelerde de ideotipler bulunabilir ve bitki mimarisini kontrol eden anahtar genler, heterozis gelişiminde önemli bir rol oynayabilir. Heterozisle ilişkili genetik mekanizmaların araştırılması, bu nedenle, oldukça önemlidir. Heterozisle ilişkili önemli genler belirlenerek, bitki ideotiplerini kontrol eden anahtar genler karakterize edilebilir.

Sebzelerde Heterozis Kullanımı ve Biyoteknoloji Alanındaki Gelişmeler

Bitkilerde heterozis ıslahı kapsamlı bir şekilde incelenmiş olup, sebzelerde hibrit döllerin heterobeltiyozis üzerine yapılan araştırmalar ağırlıklı olarak verim (Khan ve Jindal, 2016) ve hastalıklara dayanıklılık (Kumar ve ark., 2018) konularına odaklanmıştır. Wellington (1912) ve Tschermak (1918), domates hibritlerinin erken olgunlaşma ve verim üretiminde heterozis gösterdiğini ortaya koymuştur. Krieger ve ark. (2010), IL ve TC popülasyonlarını kullanarak, domateslerde dişi çiçek verimliliğini etkileyen *sft* genini klonlamış ve bu genin heterozigot olduğu durumlarda domates veriminin heterozis gösterdiğini saptamıştır. Çalışmaya göre, verim heterozisi gösteren domatesler aynı zamanda biyotik ve abiyotik streslere karşı direnç göstermiştir.

Tütün Mozayik Virüsü Dayanımı ve Sıcaklık Stresine Tolerans

Tm ve *Tm22* genlerinin heterozigot durumu, tütün mozaik virüsüne direnç (Soost, 1959) ve yüksek sıcaklık stresine tolerans (Lapushner ve Frankel, 1979) sağlamaktadır. Naresh ve ark. (2014), heterozisin eklemeli olmayan gen etkilerinin bir sonucu olduğunu ve bu etkinin tarlada patlıcanda yaprak leke hastalığına karşı direnci artırmada önemli bir rol oynadığını belirtmiştir.

Kabakgillerde Heterozis Araştırmaları

Diğer sebzelerde olduğu gibi, kabakgiller familyasında heterozis üzerine yapılan araştırmalar da çoğunlukla verim ve hastalık dayanımı üzerine odaklanmıştır. Pandey ve ark. (2005), 77 hıyar hibrit nesli ve ebeveynlerini inceleyerek, farklı hibrit çeşitlerinin verim heterozisini ve katkı sağlayan özelliklerini araştırmış ve DC–1 × B–159 ile VRC–11–2 × Bihar–10 kombinasyonlarının verim ve erken olgunluk açısından en iyi hibrit kombinasyonları olduğunu tespit etmiştir.

Gen Haritalama ve Moleküler Markörler

Hastalık ve zararlılara karşı gen etkilerini incelemek için 48 F_1 hibrit ve ebeveynleri kullanılmış ve doğal koşullarda hastalık ve zararlılarla ilgili gen etkileri araştırılmıştır (Kumar ve ark., 2018). Çalışma, Drosophila kaynaklı hastalık dışında, eklemeli olmayan gen etkilerinin hıyarda diğer özellikler üzerinde önemli bir düzenleyici etkisi olduğunu ortaya koymuştur. Moleküler markörler (SSRs, ISSRs, AFLPs, RAPDs ve SRAPs) gen haritaları oluşturmak ve önemli özellik genlerini haritalandırmak için bir temel sağlamıştır.

Tüm Genom Stratejileri ve Hibrit Tohum Üretimi

Tüm genom dizileme teknolojilerindeki ilerlemeler, germplazm kaynaklarının tam dizilerini elde etme, moleküler markör kapsamını artırma ve genetik haritaların doğruluğunu yükseltme olanaklarını sunmuştur (Xu ve ark., 2012). Genetik mesafeyi belirlemek ve heterozis gruplarını sınıflandırmak için moleküler markörler yaygın olarak kullanılmaktadır. Örneğin, lahana ıslahında hibrit kombinasyonları hazırlamak için lahana çeşitleri genetik mesafe ve heterozis gruplarına ayrılmıştır.

Hibrit Tohum Üretim Sistemleri

Çin lahanasında hibritler (Xiao ve ark, 2019), genellikle kendine uyumsuzluk ve erkek kısır hatlar kullanılarak üretilmektedir. Domates hibrit tohumları üretmek için polen kısır tipler ve işlevsel kısır hatlar sıklıkla kullanılır (Georgiev, 1991; Atanassova ve Georgiev, 2000; Dhall, 2010). Kabakgillerde dişilik hatları yaygındır (Kumar, 2013). Ayrıca, bitki büyüme düzenleyiciler (etilen, oksinler ve brassinosteroidler) (Shannon ve Guardia, 1969; Papadopoulou ve Grumet, 2005) dişi çiçek sayısını artırabilir; bu özellik, hibrit tohum üretiminde kolaylık sağlamaktadır.

Sebzelerde Heterozis Islahı Stratejileri (Domates Örneği)

Heterozis Tahminine Dayalı Heterozis Gösteren F_1 Hibritlerinin Elde Edilmesi

Heterozis gösteren F_1 hibrit hatlarının elde edilmesinde kapsamlı melezleme testleri yapmak önerilmez, çünkü bu yöntem hem ciddi kaynak ve zaman gerektirir hem de çoğu zaman

güvenilir sonuçlar vermez (Singh, 2005). Melchinger ve Gumber (1998), heterozis gruplarını melezleme için temel olarak kullanmayı önermiştir. Heterozis grupları, ıslah gereksinimlerine göre sınıflandırılan, geniş genetik çeşitliliğe sahip ve yüksek kombinasyon yeteneği gösteren popülasyonlardır.

Chen ve ark. (2019), çeltikte verim özellikleri, genel kombinasyon yeteneği (GCA) ve özel kombinasyon yeteneği (SCA) üzerinde genom çapında bir ilişkilendirme çalışması (GWAS) yapmıştır. Bu çalışma, sebzelerde kombinasyon yeteneğini değerlendirmek ve heterozis gruplarını belirlemek için bir referans sağlamıştır.

Genel kombinasyon yeteneği (GCA), hibritlerin ortalama performansını ifade eder ve genellikle eklemeli gen etkilerinin bir sonucudur. Özel kombinasyon yeteneği (SCA) ise belirli hibritlerin performansını değerlendirir ve baskınlık, epistatik sapma ve çevresel etkileşimlerin bir sonucudur (Sharma ve ark., 2013). Yüksek GCA etkisine sahip ebeveynler, çevresel faktörlere daha az duyarlı ve daha iyi adaptasyon kapasitesine sahiptir (Fasahat ve ark., 2016). Ancak, üstün özelliklere sahip ebeveynler her zaman bu özellikleri döllerine aktaramaz (Sharma ve ark., 2013). Bu nedenle, kombinasyon yeteneğinin değerlendirilmesi ebeveyn hatlarının bireysel performansından daha güvenilir bir yöntemdir.

Genetik mesafe, ebeveynler arasındaki genetik farklılıkları ölçen bir araçtır (Arunachalam ve Bandyopadhyay, 1984; Zhong-hu, 1991) ve genetik olarak daha uzak olan ebeveynlerin, güçlü üstünlük sergileyen hibritler üretme olasılığı daha yüksektir (Poehlman ve Sleper, 1995; Kaeppler, 2012). Moleküler markörler (örneğin RAPD, AFLP), genetik mesafeyi değerlendirmek ve heterozis gruplarını sınıflandırmak için başarıyla kullanılmaktadır (Xiao ve ark., 1996; Jagosz, 2011; Tomkowiak ve ark., 2020).

Bazı çalışmalarda, hibrit verim tahmininde omik yaklaşımların (genomik, transkriptomik, metabolomik) kullanımı önerilmiştir. Genomik ve metabolomik veriler, hibrit verimini tahmin etmede etkili araçlar olabilir ve bu yaklaşım, sebze heterozisini daha doğru bir şekilde tahmin etme potansiyeline sahiptir.

Moleküler Biyoteknolojiye Dayalı Elit Hatların Elde Edilmesi

GWAS (Genom Çapında İlişkilendirme Çalışması), bir popülasyondaki belirli özellikleri kontrol eden gen lokuslarını fenotiplerle genotipleri ilişkilendirerek tanımlamak için kullanılan bir yöntemdir. Hıyarda yeşil et rengi veya termotolerans gibi belirli özelliklerin tanımlanmasında sıklıkla kullanılan GWAS (Bo ve ark., 2019; WEI ve ark., 2019), aynı zamanda verim ve biyokütle gibi karmaşık özelliklerin analizinde de kullanılabilir (Guo ve ark., 2013; Huang ve ark., 2015; Yang ve ark., 2017; Tian ve ark., 2019). Çeşitli sebzelerin tüm

genom dizilemesi, GWAS çalışmaları için temel sağlar. Heterozisin benzersiz fenotipi ve genetik arka plan kaynakları nedeniyle, genetik popülasyonlar farklı popülasyonlardan veya ekotip hibrit popülasyonlardan oluşturulabilir. Güçlü üstünlük gösteren bir F_1 popülasyonundan üretilen bir F_2 popülasyonu, heterozis çalışmalarında en iyi popülasyon olarak kabul edilir (Liu ve ark., 2020). Bu tür bir F_2 popülasyonu, heterozigot ve homozigot genotiplerin dengeli bir oranına sahip olmasının yanı sıra her bir lokusta eşit şekilde dağıtılmış alel kombinasyonlarını içerir (Liu ve ark., 2020).

DeVicente ve Tanksley (1993), güçlü bir F_1 kendileme popülasyonundan elde edilen bir RIL popülasyonunu rastgele eşleştirerek yeni bir popülasyon oluşturmuştur. Bu popülasyon, RIL popülasyonunun genotipini korumakla kalmaz, aynı zamanda F_2 popülasyonunu yeniden üretir ve bu nedenle IF_2 popülasyonu olarak adlandırılır. Günümüzde, IF_2 popülasyonları çeltik (Luo ve ark., 2009; Zhou ve ark., 2012), mısır (Tang ve ark., 2010; Song ve ark., 2011; Liu ve ark., 2020), pamuk (Liu ve ark., 2011) gibi ürünlerde ve diğer bitkilerde oluşturulmuştur. Bunun yanı sıra, heterozis çalışmalarında kullanılabilecek F_1 (Yang ve ark., 2017), IL (Larièpe ve ark., 2012; Li ve ark., 2015; Zhang ve ark., 2017), $BILF_1$ (Yu ve ark., 2020; Liu ve ark., 2020) ve SSSL (Xu ve ark., 2020) gibi popülasyon çeşitleri de mevcuttur. Ancak, domatesle ilgili iki çalışma dışında, sebzelerde bu tür popülasyonları kullanarak heterozis üzerine yapılan çalışmalar sınırlıdır.

Genom düzenleme teknikleriyle istenmeyen genlerin susturulması veya faydalı genlerin aşırı eksprese edilmesi, sıradan hatların güçlü üstünlük gösteren hatlara dönüştürülmesini sağlayabilir. Örneğin, mısır *GLK* genlerini eksprese eden çeltikte biyokütle, bitki boyu ve yaprak fotosentetik pigment içerikleri yabani tip çeltikten daha yüksek bulunmuştur (Li ve ark., 2020). Dominansi ve aşırı dominansi etkileri, heterozis üretiminde önemli bir orana sahiptir ve kolayca taklit edilebilir. Heterozis mekanizmalarının anlaşılması, ıslahçıların mevcut çeşitleri iyileştirmelerine ve yeni çeşitler geliştirmelerine yardımcı olabilir (Liu ve ark., 2020).

SONUÇ

Sebze heterozisi üzerine yapılan araştırmalar esas olarak heterozis ıslahındaki uygulamalarına odaklanmıştır. Genetik mekanizması üzerine yapılan çalışmalar sınırlıdır ve bu da kullanımını engellemektedir. Çeltik ve mısır gibi tahıl ürünlerinde heterozis çalışmalarında kapsamlı ilerlemeler kaydedilmiştir. Sebzelerde hem melez üretim sistemleri (erkek kısırlık hatları, kendi kendine uyumsuzluk hatları ve jinekolojik hatlar) hem de moleküler biyolojik teknikler (gen düzenleme, transgenoz ve eşeysiz üreme) kullanılmıştır. Bu nedenle, bu makalede heterozisin genetik mekanizmalarını incelemek için önerilen yöntemler ve stratejiler sebze ıslahına

uygulanabilir. Yakın gelecekte, sebzelerde heterozis oluşumunun moleküler genetiğini ve mekanizmasını anlamak ve sebzelerin verimini, kalitesini ve güvenliğini iyileştirmede yeni atılımlar yapmak için sebzelerde heterozisle ilgili belirli gen lokuslarını belirlenebileceği düşünülmektedir. Yukarıda verilen tüm araştırmalar aşağıdaki önemli noktaları ortaya koymaktadır: (1) Sebze ürünlerinde heterozisin uygulanması verim ve kalitede iyileştirmelere olanak tanır ve bitkinin biyolojik ve çevresel streslere karşı direncini artırır. (2) Gelecekte, heterozisin gelişiminde rol oynayan önemli genleri belirlemek ve sebze heterozisini etkileyen anahtar genlerin düzenlenmesini ve aktivite modlarını anlamak için sebze heterozisinin genetik mekanizmalarının incelenmesine daha fazla dikkat edilmelidir. (3) Tahıl grubu heterozis çalışmalarında kullanılan stratejilere tam olarak atıfta bulunarak ve bunları uyarlayarak, ekzojen genler farklı türlerde aynı işlevi üretmek için uygulanabilir. Bu nedenle, transgenik ve genomik düzenleme teknolojileri sebzelerde heterozis gen tanımlaması üzerine yapılan araştırmaların verimliliğini önemli ölçüde artırabilir. (4) Sebze heterozisi hakkında belirli bir temel moleküler bilgi elde edilmiş olsa da tahıl bitkilerinden elde edilen bilginin sebzelere uygulanması sebze üretimini ve kalitesini artıracaktır. Ayrıca, sebze üretiminde daha fazla atılım elde etmek için steril hat tohum üretiminin optimize edilmiş transgenik sistemlerle karşılaştırılması da yararlı olacaktır. (5) Heterozis çalışması, sebze ıslahında ideal bitki mimarisinin incelenmesini teşvik edebilir. Heterozis ideal bitki mimarisiyle birleştiren bir ıslah stratejisi, sebze veriminde ve kalitesinde önemli kazanımlar sağlayabilir. (6) Heterozisin yaygın kullanımının temel faktörü heterozisin sürdürülmesidir ve esas olarak F_1 melez tohum üretiminde yansıtılmıştır. Gen düzenleme teknolojisinin gelişmesiyle birlikte steril hat gen düzenleme sistemleri, MiMe (Cas9) sistemleri ve hatta yeni biyoteknoloji yaklaşımları yaygın olarak uygulanma fırsatlarına sahip olacaktır; bu melez tohum üretimi için büyük önem taşıyacaktır.

KAYNAKÇA

Arunachalam, V. and Bandyopadhyay, A. (1984). Limits to genetic divergence for occurrence of heterosis Experimental evidence from crop plants. Indian J. Genet. Plant Breed. (India) 44, 548–554

Atanassova, B. and Georgiev, H. (2000). Using genic male sterility in improving hybrid seed production in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). Acta Hortic 579, 185–188

Balwani, A., Patel, J., Acharya, R., Gohil, D., Dhruve, J. (2017). Heterosis for fruit yield and its component traits in brinjal (*Solanum melongena* L.). J. Pharmacogn. Phytochem. 6, 187–190

Baranwal, V. K., Mikkilineni, V., Zehr, U. B., Tyagi, A. K. & Kapoor, S. (2012). Heterosis: emerging ideas about hybrid vigour. J. Exp. Bot. 63, 6309–6314

Barboza, G. E. et al. (2016). *Solanaceae* in Flowering plants. Eudicots 295–357, Springer

Beal, W. Re. (1880). Michigan Board Agric. P 287-288. Cited in Hallauer, AR and J. B. Miranda (1988). Quantitative genetics in maize breeding. (IOWA State Univ. Press Ames)

Bo, K. et al. (2019). QTL mapping and genome-wide association study reveal two novel loci associated with green flesh color in cucumber. BMC Plant Biol. 19, 1–13

Bruce, A. (1910). The Mendelian theory of heredity and the augmentation of vigor. Science 32, 627–628.
Chen, J. et al. (2019). Genome-wide association analyses reveal the genetic basis of combining ability in rice. Plant Biotechnol. J. 17, 2211–2222
Chen, S. R. (1980). Vegetable Breeding. Agricultural Press
Cerruti, E. et al. (2019). Epigenetic bases of grafting-induced vigour in eggplant. bioRxiv https://doi.org/10.1101/831719
Colombo, N. and Galmarini, C. R. (2017). The use of genetic, manual and chemical methods to control pollination in vegetable hybrid seed production: a review. Plant Breed. 136, 287–299
da Silva Dias, J. C. (2014). Guiding strategies for breeding vegetable cultivars. Agric. Sci. 5, 9
Darwin, C. (1885). The Effects of Cross and Self Fertilisation in the Vegetable Kingdom (D. Appleton)
Daunay, M. C. (2008). Eggplant in Vegetables II 163–220, Springer
Davenport, C. B. (1908). Degeneration, albinism and inbreeding. Science 28, 454–455
DeVicente, M. and Tanksley, S. (1993). QTL analysis of transgressive segregation in an interspecific tomato cross. Genetics 134, 585–596
Dhall, R. (2010). Status of male sterility in vegetables for hybrid development. A review. Adv. Hortic. Sci. 24, 263–279
Donald, C. T. (1968). The breeding of crop ideotypes. Euphytica 17, 385–403
Dranginis, A. (1990). Binding of yeast al and α2 as a heterodimer to the operatör DNA of a haploid-specific gene. Nature 347, 682–685
East, E. M. (1936). Heterosis. Genetics 21, 375
El-Adl, A., Abd El-Hadi, A., Fathy, H. M. and Abdein, M. (2014). Heterosis, Heritability and Combining Abilities for some Earliness Traits in Squash (*Cucurbita pepo* L.). Alex. Sci. Exch. J. 35, 203–214
Fasahat, P., Rajabi, A., Rad, J. & Derera, J. (2016). Principles and utilization of combining ability in plant breeding. Biom. Biostat. Int J. 4, 1–24
Fujimoto, R. et al. (2018). Recent research on the mechanism of heterosis is important for crop and vegetable breeding systems. Breed. Sci. 68, 145–158
Georgiev, H. (1991). Heterosis in tomato breeding in Genetic improvement of tomato 83–98, Springer
Gouil, Q., Novák, O., Baulcombe, D.C. (2016). SLTAB2 is the paramutated SULFUREA locus in tomato. J. Exp. Bot. 67, 2655–2664
Groszmann, M. et al. (2015). Hormone-regulated defense and stress response networks contribute to heterosis in Arabidopsis F_1 hybrids. Proc. Natl Acad. Sci. USA. 112, E6397–E6406
Guo, X. et al. (2013). Mapping heterotic loci for yield and agronomic traits using chromosome segment introgression lines in cotton. J. Integr. Plant Biol. 55, 759–774
Hayes, H. K. and Jones, D. (1917). First generation crosses in cucumbers. Conn. Storrs. Agric. Exp. Stn. Res. Rpt. 40, 319–322
Hagemann, R. (1969). Somatische Konversion (Paramutation) am sulfurea Locus von *Lycopersicon esculentum* Mill. Theor. Appl. Genet. 39, 295–305
He, G. *et al.* (2010). Global epigenetic and transcriptional trends among two rice subspecies and their reciprocal hybrids. Plant Cell 22, 17–33
Hollick, J. B. and Chandler, V. L. (1998). Epigenetic allelic states of a maize transcriptional regulatory locus exhibit overdominant gene action. Genetics 150, 891–897
Huang, X. and Han, B. (2014). Natural variations and genome-wide association studies in crop plants. Annu. Rev. Plant Biol. 65, 531–551
Huang, X. et al. (2016). Genomic architecture of heterosis for yield traits in rice. Nature 537, 629–633
Huang, X. et al. (2015). Genomic analysis of hybrid rice varieties reveals numerous superior alleles that contribute to heterosis. Nat. Commun. 6, 1–9
Jagosz, B. (2011). The relationship between heterosis and genetic distances based on RAPD and AFLP markers in carrot. Plant Breed. 130, 574–579
Jenuwein, T. and Allis, C. D. (2001). Translating the histone code. Science 293, 1074–1080

Jiang, K., Liberatore, K. L., Park, S. J., Alvarez, J. P. & Lippman, Z. B. (2013). Tomato yield heterosis is triggered by a dosage sensitivity of the florigen pathway that fine-tunes shoot architecture. PLoS Genet. 9, e1004043
Jones, D. F. (1917). Dominance of linked factors as a means of accounting for heterosis. Genetics 2, 466
Kaeppler, S. (2012). Heterosis: many genes, many mechanisms—end the search for an undiscovered unifying theory. Int. Sch. Res. Not. 2012, 1–12
Kakizaki, Y. (1931). Hybrid vigor in egg-plants and its practical utilization. Genetics 16, 1
Kenchanmane, R.S.K. and Niederhuth, C.E. (2018). Epigenetic diversity and application to breeding. Adv. Bot. Res. 88, 49–86
Khan, A. and Jindal, S. (2016). Exploiting yield potential in tomato (*Solanum lycopersicum* L.) through heterosis breeding. Plant Gene Trait 7, 1–7
Khush, G. S. (2000). Rice germplasm enhancement at IRRI. Phillipp. J. Crop Sci. 25, 45–51
Krieger, U., Lippman, Z. B. and Zamir, D. (2010). The flowering gene SINGLE FLOWER TRUSS drives heterosis for yield in tomato. Nat. Genet. 42, 459
Koelreuter, J. (1763). In Methods of Plant Breeding (eds. Hayes, H. K. & Immer, F. R. & Smith, B. C.) (Mcgraw Hill Book Co. Inc.)
Kong, X. et al. (2020). Transcriptome analysis of biological pathways associated with heterosis in Chinese cabbage. Genomics 112, 4732–4741
Kumar, A., Sharma, V., Jain, B. T., Kaushik, P. (2020). Heterosis breeding in eggplant (*Solanum melongena* L.): Gains and provocations. Plants 9, 403
Kumar, R., Kumar, S., Kumar, D., Kansal, S. (2018). Heterosis, combining ability and gene action studies for insect-pest and disease resistance in cucumber. Electron. J. Plant Breed. 9, 815–828
Kumar, S. (2013). Male sterility in vegetables. Olericulture Fundam. Veg. Prod. 1, 431–439
Kumar, S. and Singh, P. (2005). Mechanisms for hybrid development in vegetables. J. N. Seeds 6, 381–407
Lapushner, D. and Frankel, R. (1979). Rationale and practice of tomato F_1 hybrid breeding and seed production. Monographic di Genetica Agraria IV. Roma 259–273
Larièpe, A. et al. (2012). The genetic basis of heterosis: multiparental quantitative trait loci mapping reveals contrasted levels of apparent overdominance among traits of agronomical interest in maize (*Zea mays* L.). Genetics 190, 795–811
Lauss, K. et al. (2018). Parental DNA methylation states are associated with heterosis in epigenetic hybrids. Plant Physiol. 176, 1627–1645
Law, J.A. and Jacobsen, S.E. (2010). Establishing, maintaining and modifying DNA methylation patterns in plants and animals. Nat. Rev. Genet. 11, 204–220
Li, D. et al. (2016). Integrated analysis of phenome, genome, and transcriptome of hybrid rice uncovered multiple heterosis-related loci for yield increase. Proc Natl Acad. Sci. USA. 113, E6026–E6035
Li, H. et al. (2018). Transcriptome and DNA methylome reveal insights into yield heterosis in the curds of broccoli (*Brassica oleracea* L. var. *italic*). BMC Plant Biol. 18, 1–17
Li, Q. et al. (2015). The identification of *Cucumis sativus* Glabrous 1 (CsGL1) required for the formation of trichomes uncovers a novel function for the homeodomain-leucine zipper I gene. J. Exp. Bot. 66, 2515–2526
Li, X. et al. (2020). Maize GOLDEN2-LIKE genes enhance biomass and grain yields in rice by improving photosynthesis and reducing photoinhibition. Commun. Biol. 3, 1–12
Liedl, B. E. and Anderson, N. O. (1993). Reproductive barriers: identification, uses and circumvention. Plant Breed. Rev. 11, 11–154
Liu, H. et al. (2020). Genome-wide identification and analysis of heterotic loci in three maize hybrids. Plant Biotechnol. J. 18, 185–194
Liu, J., Li, M., Zhang, Q., Wei, X. & Huang, X. (2020). Exploring the molecular basis of heterosis for plant breeding. J. Integr. Plant Biol. 62, 287–298
Liu, R., Wang, B., Guo, W., Wang, L. & Zhang, T. (2011). Differential gene expression and associated QTL mapping for cotton yield based on a cDNA-AFLP transcriptome map in an immortalized F_2. Theor. Appl. Genet. 123, 439–454

Liu, T. et al. (2020). Enhanced photosynthetic activity in pak choi hybrids is associated with increased grana thylakoids in chloroplasts. Plant J. 103, 2211–2224
Liu, Y. et al. (2020). Identification of quantitative trait loci for kernel-related traits and the heterosis for these traits in maize (*Zea mays* L.). Mol. Genet. Genom. 295, 121–133
Luo, X. et al. (2009). Additive and over-dominant effects resulting from epistatic loci are the primary genetic basis of heterosis in rice. J. Integr. Plant Biol. 51, 393–408
Makani, A., Patel, A., Bhatt, M. and Patel, P. (2013). Heterosis for yield and its contributing attributes in brinjal (*Solanum melongena* L.). Bioscan 8, 1369–1371
Melchinger, A. E. & Gumber, R. K. (1998). Overview of heterosis and heterotic groups in agronomic crops. Concepts Breed. Heterosis Crop Plants 25, 29–44
Naresh, B. V., Dubey, A., Tiwari, P. and Dabbas, M. (2014). Line x Tester analysis for yield components and cercospora leaf spot resistance in brinjal (*Solanum melongena* L.). Electron. J. Plant Breed. 5, 230–235
Nishi, S. (1967). F_1 seed production in Japan. Proc. XVIII Int. Hort. Cong. 3, 231–257
Pandey, S., Singh, B., Singh, M. and Rai, M. (2005). Heterosis in cucumber (*Cucumis sativus* L.). Veg. Sci. 32, 143–145
Papadopoulou, E. and Grumet, R. (2005). Brassinosteriod-induced femaleness in cucumber and relationship to ethylene production. HortScience 40, 1763–1767
Paschold, A. et al. (2012). Complementation contributes to transcriptome complexity in maize (*Zea mays* L.) hybrids relative to their inbred parents. Genome Res. 22, 2445–2454
Poehlman, J. and Sleper, D. (1995). Breeding Field Crops (Iowa State University Press)
Preuss, S. B. et al. (2008). Multimegabase silencing in nucleolar dominance involves siRNA-directed DNA methylation and specific methylcytosine-binding proteins. Mol. Cell 32, 673–684
Qin, J. et al. (2013). Identification and characterization of a repertoire of genes differentially expressed in developing top ear shoots between a superior hybrid and its parental inbreds in *Zea mays* L. Mol. Genet. Genom. 288, 691–705
Sao, A. and Mehta, N. (2010). Heterosis in relation to combining ability for yield and quality attributes in brinjal (*Solanum melongena* L.). Electron. J. Plant Breed. 1, 783–788
Schnable, P. S. and Springer, N. M. (2013). Progress toward understanding heterosis in crop plants. Annu. Rev. Plant Biol. 64, 71–88
Shannon, S. and Guardia, deLa M. D. (1969). Sex expression and the production of ethylene induced by auxin in the cucumber (*Cucumis sativum* L.). Nature 223, 186–186
Sharma, B. B., Sharma, V. K., Dhakar, M. K. and Punetha, S. (2013). Combining ability and gene action studies for horticultural traits in garden pea: A review. Afr. J. Agric. Res. 8, 4718–4725
Sharma, M., Singh, Y., Singh, S. K. and Dhangrah, V. (2016). Exploitation of gynoecious lines in cucumber (*Cucumis sativus* L.) for heterosis breeding. Int. J. Bio-Resour. Stress Manag. 7, 184–190
Sheridan, A. (1981). Cross breeding and heterosis Animal Breeding. Anim. Breed. Abst. 49, 131–144
Shivaprasad, P.V., Dunn, R.M., Santos, B.A., Bassett, A. and Baulcombe, D.C. (2012). Extraordinary transgressive phenotypes of hybrid tomato are influenced by epigenetics and small silencing RNAs. EMBO J. 31, 257–266
Shull, G. H. (1908). The composition of a field of maize. J. Hered. 4, 296–301
Shull, G. H. (1914). Duplicate genes for capsule-form in Bursa bursa-pastoris. Z. Indukt. Abstamm. Vererbungsl. 12, 97–149
Singh, P. K., Dasgupta, S. K., Tripathi, S. K. (2005). Hybrid Vegetable Development, CRC Press
Song, F. et al. (2011). Heterosis for plant height and ear position in maize revealed by quantitative trait loci analysis with triple testcross design. Acta Agronomica Sin. 37, 1186–1195
Song, G. S. et al. (2010). Comparative transcriptional profiling and preliminary study on heterosis mechanism of super-hybrid rice. Mol. Plant 3, 1012–1025
Soost, R. (1959). Tobacco mosaic resistance. TGC Rep. 9, 46
Spaldon, S., Hussain, S., Jabeen, N. and Lay, P. (2015). Heterosis studies for earliness, fruit yield and yield attributing traits in chilli (*Capsicum annum* L.). Bioscan 10, 813–818
Tamta, S. and Singh, J. (2018). Heterosis in tomato for growth and yield traits. Int. J. Veg. Sci. 24, 169–179

Tang, J. et al. (2010). Dissection of the genetic basis of heterosis in an elite maize hybrid by QTL mapping in an immortalized F_2 population. Theor. Appl. Genet. 120, 333–340
Tian, F. et al. (2011). Genome-wide association study of leaf architecture in the maize nested association mapping population. Nat. Genet. 43, 159–162
Tian, S. et al. (2019). Overdominance is the major genetic basis of lint yield heterosis in interspecific hybrids between G. hirsutum and G. barbadense. Heredity 123, 384–394
Tomkowiak, A., Bocianowski, J., Kwiatek, M. & Kowalczewski, P. Ł. (2020). Dependence of the heterosis effect on genetic distance, determined using various molecular markers. Open Life Sci. 15, 1–11
Tschermak, E. V. (1918). Steigerung der Ertragsfähigkeit der Tomaten durch Bastardierung in der F_1 Generation. Nachr. Dtseh. Landwirtsch. Ges. Öst. 51
Wang, L. et al. (2015). Hybrid mimics and hybrid vigor in Arabidopsis. Proc. Natl Acad. Sci. USA. 112, E4959–E4967
WEI, S. et al. (2019). Evaluation and Genome-wide Association Study (GWAS) of seedling thermotolerance in cucumber core germplasm. J. Plant Genet. Resour. 23, 1223–1231
Wellington, R. (1912). Influence of Crossing in Increasing the Yield of the Tomato, New York Agricultural Experiment Station
Wright, S. (1984). Evolution and the Genetics of Populations, volume 1: Genetic and Biometric Foundations, University of Chicago press
Xiao, J., Li, J., Yuan, L., McCouch, S. and Tanksley, S. (1996). Genetic diversity and its relationship to hybrid performance and heterosis in rice as revealed by PCRbased markers. Theor. Appl. Genet. 92, 637–643
Xiao, Z. et al. (2019). Overcoming cabbage crossing incompatibility by the development and application of self-compatibility-QTL-specific markers and genome-wide background analysis. Front. Plant Sci. 10, 189
Xu, M. et al. (2020). Heterotic loci analysis for root traits of maize seedlings using an SSSL test population under different nitrogen conditions. Mol. Breed. 40, 1–12
Xu, Y. et al. (2012). Whole-genome strategies for marker-assisted plant breeding. Mol. Breed. 29, 833–854
Yang, M. et al. (2017). Genomic architecture of biomass heterosis in Arabidopsis. Proc. Natl Acad. Sci. USA. 114, 8101–8106
Yeager, A. (1927). Determinate growth in the tomato. J. Hered. 18, 263–265
Yu, S. et al. (1997). Importance of epistasis as the genetic basis of heterosis in an elite rice hybrid. P. Natl Acad. Sci. USA. 94, 9226–9231
Yu, Y. et al. (2020). Genome sequence and QTL analyses using backcross recombinant inbred lines (BILs) and BILF1 lines uncover multiple heterosis-related loci. Int. J. Mol. Sci. 21, 780
Zhang, L. et al. (2017). A natural tandem array alleviates epigenetic repression of IPA1 and leads to superior yielding rice. Nat. Commun. 8, 1–10
Zhang, W. L. et al. (2020). Cloning and sequence analysis of CsMYB108 gene in cucumber (*Cucumis sativa* L.). Mol. Plant Breed. 18, 4555–4561
Zhong, J. C. (1994). Active gene effect hypothesis. J. Southwest Nationalities Nat. Sci. Ed. 20, 2
Zhong-hu, H. (1991). An investigation of the relationship between the F_1 potential and the measures of genetic distance among wheat lines. Euphytica 58, 165–170
Zhou, G. et al. (2012). Genetic composition of yield heterosis in an elite rice hybrid. Proc. Natl Acad. Sci. USA. 109, 15847–15852

DİYARBAKIR KOŞULLARINDA BUĞDAY ÜRETİMİ: FARKLI GENOTİPLERİN VERİM VE KALİTE PERFORMANSLARI

Merve BAYHAN
Dicle Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü
ORCID ID: 0000-0002-3220-4548
Remzi ÖZKAN
Dicle Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü
ORCID ID: 0000-0002-6457-5802
Önder ALBAYRAK
Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü
ORCID ID: 0000-0003-2440-7748
Cuma AKINCI
Dicle Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü
ORCID ID: 0000-0002-3514-1052
Mehmet YILDIRIM
Dicle Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü
ORCID ID: 0000-0002-6953-4479

ÖZET

Son yıllarda iklim anormalliklerinin sıklığı ve değişim şiddetindeki artışın tahıl verimini ve tahıl kalitesini önemli oranda etkileyeceği öngörülmektedir. Bu nedenle tahıl verimini ve kalitesini artırmak için iklim değişkenliğinin ürün üzerindeki doğrudan ve dolaylı etkisini azaltacak agronomik ve genetik çalışmaların hızlanması gerekmektedir. Bu çalışmada Diyarbakır ekolojisinde geç ekim yapılarak yağışa dayalı koşullarda bazı ekmeklik buğday genotiplerinde verim ile ilişkili kalite özelliklerinin belirlenmesi ve hem verim hem de kalite değerleri yönünden yüksek performans gösteren genotiplerin ıslah programlarına aktarılması amaçlanmıştır. Araştırma, 2018-2019 buğday yetiştirme sezonunda Diyarbakır'da Dicle Üniversitesi Ziraat Fakültesi araştırma ve uygulama sahasında yürütülmüştür. Bitki materyali olarak 8 adet ileri kademe ekmeklik buğday hattı kullanılmıştır. Çalışma, tesadüf blokları deneme desenine göre 3 tekerrürlü olarak kurulmuştur. Çalışmada incelenen verim (169,53-284,52 kg da^{-1}) bin tane ağırlığı (24,47-28,66 g), nişasta oranı (%62,24-63,49), hektolitre ağırlığı (74,72-82,82 kg hl^{-1}), yaş glüten oranı (%29,73-31,40) ve zeleny sedimantasyon değeri (47,32-52,12 ml) özellikleri bakımından genotiplerin geniş varyasyon gösterdiği, ancak protein oranı (%14,86-15.70) bakımından farklılık oluşmadığı tespit edilmiştir. Ayrıca bin tane ağırlığı ve hektolitre ağırlığının tane verimi ile pozitif ve önemli bir korelasyon ilişkisi oluşturdukları belirlenmiştir. Sonuç olarak; DZE-1, DZE-4, DZE-5 ve DZE-6 genotiplerinin Diyarbakır ekolojisinde özellikle geç ekim faktörü ile birlikte yaşanan stres koşullarına adaptasyon yönünden uyum gösterdikleri sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Ekmeklik buğday, Diyarbakır, geç ekim, verim, kalite

WHEAT PRODUCTION UNDER DYARBAKIR CONDITIONS: YIELD AND QUALITY PERFORMANCE OF DIFFERENT GENOTYPES

ABSTRACT

The increase in the frequency and severity of climate anomalies in recent years is expected to significantly affect grain yield and grain quality. Therefore, in order to increase grain yield and quality, agronomic and genetic studies should be increased to reduce the direct and indirect effects of climate variability on crops. In this study, it was aimed to determine the yield and related quality traits of some bread wheat genotypes under rain-fed conditions with late sowing in Diyarbakır ecology and to transfer the genotypes with high performance in terms of both yield and quality values to breeding programmes. The research was carried out in the research and application area of Dicle University Faculty of Agriculture in Diyarbakır during the 2018-2019 wheat growing season. Eight advanced bread wheat lines were used as plant material. The study was established according to the randomised blocks experimental design with 3 replications. It was determined that the genotypes showed wide variation in terms of yield (169,53-284,52 kg da^{-1}), thousand kernel weight (24,47-28,66 g), starch content (62,24-63,49%), hectolitre weight (74,72-82,82 kg hl^{-1}), wet gluten content (29,73-31,40%) and zeleny sedimentation value (47,32-52,12 ml), but not in terms of protein content (14,86-15,70%). It was also determined that thousand kernel weight and hectolitre weight had a positive and significant correlation with grain yield. As a result, it was concluded that DZE-1, DZE-4, DZE-5 and DZE-6 genotypes showed adaptation to the stress conditions in Diyarbakır ecology, especially with the late sowing factor.

Keywords: Bread wheat, Diyarbakır, late sowing, yield, quality

1. GİRİŞ

Kuraklık ve sıcaklık stresi, büyüme ve gelişme dönemlerinde buğday verimini ve kalitesini etkileyen en önemli faktörlerdir. Son yıllarda iklim değişim sıklığı ve şiddetindeki artışın tahıl verimini ve tahıl kalitesini önemli oranda etkileyeceği öngörülmektedir (Thornton ve ark., 2014). Bu nedenle tahıl verimini ve kalitesini artırmak için iklim değişkenliğinin ürün üzerindeki doğrudan ve dolaylı etkisini azaltacak agronomik ve genetik çalışmaların hızlanması gerekmektedir. Buğday, tane doldurma aşamalarında yağış miktarı ve sıklığının değiştiği ve bunun da tane kalitesinde değişikliğe yol açtığı yarı kurak bölgelerin yağmurla beslenen koşullarında yaygın olarak yetiştirilen bir üründür. Buğdayda çiçeklenme ve tane doldurma dönemlerinin, olumsuz çevre koşullarının tane kalitesi üzerinde negatif etkiye yol açtığı kritik büyüme aşamaları olduğu belirlenmiştir (Jiang ve ark., 2009). Ancak Motzo ve ark. (2007)'na

göre uygun çevre, uygun genotip ve ekim zamanında yapılacak değişiklik ile bu etkinin en aza indirilebilecektir.

Ekim zamanı, tane doldurma dönemindeki iklim koşullarını belirlemesi yoluyla tane kalitesini etkiler, çünkü geç ekilen genotipler genellikle geç çiçek açar ve böylece tane doldurma döneminin yüksek sıcaklık ve su stresiyle çakışmasını zorlar. Tane doldurma döneminde artan sıcaklık ve kuraklık stresi genotiplerin erken olgunlaşmasına ve glüten sentezinin gerçekleşme süresinin kısalmasına neden olarak hamur mukavemetini azaltmaktadır (Labuschagne ve ark., 2009). Tahıllarda tane dolumu döneminde yaşanan sıcaklık stresi ve su eksikliği, tahıl verimindeki dalgalanmanın yanı sıra protein içeriği ve bileşiminden de sorumludur. Farklı araştırmacılar su stresi altında buğday tanelerinde protein içeriğinin arttığını bildirmişlerdir (Deng ve ark., 2006; Zhao ve ark., 2007). Tahıl proteini ve glüten kalitesi, ekim zamanındaki değişiklikten önemli ölçüde etkilenen iki en önemli parametredir.

Buğdayın tane kalitesi üzerindeki çevresel etki, ekim zamanının uygun seçimi ve değişken iklim konumları ile değiştirilebilir. Ekim zamanı, değişken konumlar ve fotoperiyot, çiçeklenme zamanını belirler ve bu da nihayetinde tane dolum döneminde ve öncesinde hâkim olan çevre koşullarını değiştirir. Geç ekilen materyallerin çiçeklenme sırasında sıcaklık stresine maruz kaldığı, bunun da tane boyutunun küçülmesine ancak nişastaya kıyasla protein birikiminin artmasına ve bunun tersinin olmasına neden olduğu belirlenmiştir (Wardlaw ve Moncur, 1995). Bu çalışmada da Diyarbakır ekolojisinde geç ekim yapılarak yağışa dayalı koşullarda bazı ekmeklik buğday genotiplerinde verim ile ilişkili kalite özelliklerinin belirlenmesi ve hem verim hem de kalite değerleri yönünden yüksek performans gösteren genotiplerin ıslah programlarına aktarılması amaçlanmıştır.

2. MATERYAL VE METOT

Bu çalışma, 2018-2019 buğday yetiştirme sezonunda Diyarbakır'da Dicle Üniversitesi Ziraat Fakültesi araştırma ve uygulama sahasında yağışa dayalı şartlarda yürütülmüştür. Araştırmada bitki materyali olarak 8 adet ileri kademe ekmeklik buğday hattı kullanılmıştır. Çalışmanın yürütüldüğü 2018-2019 sezonu ve uzun yıllara ait bazı iklim verileri Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Araştırma yılına ve uzun yıllara ait bazı iklim verileri

		Ortalama Sıcaklık (ºC)		Yağış (mm)	
Dönem	**Aylar**	**2018-2019**	**Uzun Yıllar**	**2018-2019**	**Uzun Yıllar**
Ekim öncesi dönem	Eylül	31,2	24,8	4,15	3,9
	Ekim	18,86	17,3	35,0	32,2
	Kasım	10,17	9,5	59,0	54,2
	Aralık	6,31	3,9	78,0	71,4
	Ocak	3,8	1,7	67,6	70,3
Ortalama/Toplam		**14,06**	**11,44**	**243,75**	**232,0**
Ekim sonrası dönem	Şubat	5,4	3,6	77,4	68,0
	Mart	8,2	8,4	135,2	65,1
	Nisan	11,8	13,8	152,6	68,3
	Mayıs	20,1	19,2	45,8	44,1
	Haziran	28,3	26,2	1,0	8,1
Ortalama/Toplam		**14,76**	**14,24**	**412,0**	**253,6**

2018/2019 yılı yetiştirme periyodunda uzun yıllar yağış toplamı 485,6 mm iken, yetiştirme sezonunda bu oran 655,75 mm'dir. Ekim öncesi dönemi kapsayan Eylül-Ocak ayları arasında düşen toplam yağış miktarı düşük iken, araştırmanın gerçekleştiği Şubat-Haziran ayları arasında mevsim yağışlı geçmiştir. Bu nedenle topraktaki su içeriğinin yüksek olduğu kabul edilmiştir. Bitki çıkışından sapa kalkma dönemine kadar geçen süreyi kapsayan Şubat-Nisan aylarında düşen toplam yağış miktarı (365,2 mm) uzun yıllar ortalamasının (201,4 mm) üzerinde olmuştur. Başaklanmanın gerçekleştiği Mayıs ayında ise diğer aylara nazaran yağış kuraklığı ve yüksek sıcaklık etkili olmuştur. Her ne kadar başaklanma öncesi dönem yağışlı kabul edilse de başaklanma ve sonrası dönemin stresli olduğu görülmüştür. Ayrıca yetiştirme dönemi boyunca gerçekleşen aylık ortalama sıcaklık değeri (14,41 ^{0}C) uzun yıllar ortalamasından (12,84 ^{0}C) yüksek olmuştur (Tablo 1). Deneme alanı topraklarının pH değerinin hafif alkali olduğu, tuz stresinin bulunmadığı, kireç içeriğinin orta düzeyde olduğu ve organik madde içeriğinin düşük olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca deneme alanındaki toprakların azot ve fosfor bakımından noksan, potasyum bakımından ise zengin olduğu belirlenmiştir (Bayhan ve ark., 2022).

Deneme tesadüf blokları deneme desenine göre 4 tekerrürlü olarak kurulmuş ve her bir parsel 4,8 m^2 (1,2 m x 4 m) olacak şekilde ayarlanmıştır. Ekim işlemi metrekareye 500 tohum hesabıyla 5 Şubat tarihinde deneme ekim mibzeri ile yapılmıştır. Ekimle birlikte, taban gübresi olarak 6 kg da^{-1} saf azot (N) ve 6 kgda^{-1} saf fosfor (P_2O_5) uygulanırken, 6 kg da^{-1} saf azot (N) ise sapa kalkma periyodunda üst gübre olarak verilmiştir. Yabancı otlarla mücadelede herbisit kullanılmıştır. Hasat işlemi parsel biçerdöveri ile 3,8 m^2'lik alana denk gelecek şekilde 17 Temmuz 2019 tarihinde gerçekleştirilmiştir. Araştırmada verim (kg da^{-1}) ile bazı kalite parametreleri (bin tane ağırlığı (g), protein oranı (%), nişasta oranı (%), hektolitre ağırlığı (kg

hl^{-1}), yaş glüten oranı (%) ve zeleny sedimantasyon (ml) değeri) incelenmiştir. Çalışma sonunda elde edilen değerler JMP17 istatistik paket programı yardımıyla varyans analizine tabi tutulmuş ve ortalamalar arasındaki istatistiki farklılıklar LSD testi ile ortaya konmuştur.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1. Tane verimi (kg da^{-1})

Ekmeklik buğday hatlarının ortalama tane verimine ait değerler Tablo 2'de verilmiştir. Genotipler arasındaki farklılık tane verimi bakımından $p<0.01$ seviyesinde önemli bulunmuştur. Araştırmada yağışa koşullarda yetiştirilen genotiplerin tane verimi 169,53-284,52 kg da^{-1} arasında değişmiştir. Genel olarak incelediğimizde DZE-1, DZE-4, DZE-5, DZE-6 ve DZE-7 hatlarından deneme ortalamasının üzerinde tane verimi elde edilmiştir (Tablo 2). Denemede yer alan genotiplerin tane verimlerinin düşük olmasının geç ekim nedeniyle başaklanma ve tane dolum sürecinin denk geldiği aylarda yaşanan yağış kuraklığı ile birlikte yüksek sıcaklık stresinin etkili olmasından kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Normal ekime göre geç ekimde başaklanma için gereken sürenin kısalmasının yanında genotiplerin erkenci ya da geçci olmasının da tane verimini etkilediği düşünülmektedir. Diyarbakır koşullarında yapılan benzer çalışmalarda tane verimi değerinin; 66,19-172,60 kg da^{-1} (Bayhan ve ark., 2019), 380,4-562,2 kg da^{-1} (Karaman ve Aktaş, 2020), 379,17-555,53 kg da^{-1} (Albayrak ve ark., 2022), 110,46-252,91 kg da^{-1} (Bayhan ve ark., 2022), 114,30-260,39 kg da^{-1} (Özkan, 2022) ve 89,43-375,74 kg da^{-1} (Yorulmaz ve Akıncı, 2022) arasında değiştiği belirlenmiştir. Araştırmadan elde ettiğimiz sonuçların daha önce bölgede yapılan çalışmalarla kısmen benzerlik veya farklılık göstermesinin, başta genotipik farklılık olmak üzere ekim zamanı, iklim etkisi ve lokasyon gibi faktörlerden kaynaklandığı düşünülmektedir. Farklı araştırmacılarda tane veriminin genotipik özellikte olmakla birlikte yıl, çevre ve yağış miktarı gibi birçok faktörden etkilendiğini bildirmişlerdir (Aktaş ve ark., 2017; Karaman ve Aktaş, 2020). Ayrıca buğdayda çiçeklenme ve tane doldurma dönemlerinin, olumsuz çevre koşullarının tane kalitesi üzerinde negatif etkiye yol açtığı kritik büyüme aşamaları olduğu belirlenmiştir (Jiang ve ark., 2009).

Tane verimi genetik yapı, ekolojik faktörler ve agronomik (gübreleme, toprak işleme vs.) uygulamaların etkisi altında olduğundan dolayı farklı çevrelerde farklı sonuçlar elde edilebilmektedir. Araştırmacılar ekmeklik buğday genotiplerinden elde edilen tane veriminin çeşidin verim potansiyeli, iklim koşulları, kışa dayanıklılık, kuraga dayanıklılık ve hastalıklara dayanıklılık gibi çok sayıda faktör tarafından etkilendiğini bildirmişlerdir (Öztürk ve ark., 2011). Buğdayda verim ile ilgili yapılan çalışmalarda verim ve kalite unsurlarının seçilen genotipe, yetiştiricilik yapılacak bölgenin iklim ve toprak özelliklerine ve yapılacak kültürel

yöntemlere göre değişiklik gösterebileceği bildirilmiştir (Aydın ve ark., 2005; Aydoğan ve Soylu, 2017).

3.2. Bin tane ağırlığı (g)

Ekmeklik buğday hatlarının ortalama bin tane ağırlığına ait değerler Tablo 2'de verilmiştir. Genotipler arasındaki farklılık bin tane ağırlığı bakımından $p<0.01$ seviyesinde önemli bulunmuştur. Araştırmada yağışa dayalı koşullarda yetiştirilen genotiplerin bin tane ağırlığı değeri 24,47-28,66 g arasında değişmiştir. Genel olarak incelediğimizde DZE-1, DZE-4, DZE-5 ve DZE-6 hatlarından deneme ortalamasının üzerinde tane verimi elde edilmiştir (Tablo 2). Çalışmada tane verimini etkileyen en önemli kalite parametrelerinden olan bin tane ağırlığı değerleri düşük bulunmuştur. Bu durum tane dolum döneminde sıcaklığın yüksek ve yağışın yetersiz olması ile birlikte zayıf ve cılız tane oluşumuyla açıklanabilmektedir. Yüksek sıcaklık ve su yetersizliğinin bin tane ağırlığını azalttığı farklı araştırmacılar tarafından da bildirilmiştir. Buğdayda bin tane ağırlığı kalite ve verimle ilişkili bir özellik olmakla birlikte, genetik yapı ve çevre şartlarından da etkilenmektedir (Mut ve ark., 2017). Yapılan benzer çalışmalarda araştırmacılar bin tane ağırlığı değerinin; 30,9-41,6 g (Doğan ve ark., 2014), 32,8-44,1 g (Özen ve Akman, 2015), 27,15-35,19 g (Bayhan ve ark., 2019), 28,38-46,12 g (Karaman, 2020), 30,59-39,89 g (Albayrak ve ark., 2022), 21,59-43,15 g (Bayhan ve ark., 2022) ve 24,82-50,16 g (Yorulmaz ve Akıncı, 2022) arasında değiştiği belirlenmiştir.

3.3. Protein oranı (%)

Ekmeklik buğday hatlarının ortalama protein oranına ait değerler Tablo 2'de verilmiştir. Genotipler arasındaki farklılık protein oranı bakımından istatistiki olarak önemli bulunmamıştır. Araştırmada yağışa dayalı koşullarda yetiştirilen genotiplerin protein oranı %14,86-15,70 arasında değişmiştir. Genel olarak incelediğimizde DZE-1, DZE-3, DZE-4 ve DZE-8 hatlarından deneme ortalamasının üzerinde protein oranı elde edilmiştir (Tablo 2). Çalışmadan elde edilen protein oranı değerleri, Aydoğan ve Soylu (2017)'nun %11,93-13,44 olarak bildirdikleri değerlerden yüksek, Bayhan ve ark. (2021)'nın %13,73-18,43, Albayrak ve ark. (2022)'nın %13,57-17,12 ve Yorulmaz ve Akıncı (2022)'nın %13,13-19,37 olarak bildirdikleri değerlerle benzer bulunmuştur. Araştırmadan elde ettiğimiz protein oranı değerleri ekmeklik buğdayda %12 ve üzeri protein içeriğini iyi olarak değerlendiren ve bu buğdaylardan yapılan ekmeğin kalitesinin de yüksek olduğunu bildiren araştırmacılarla (Olgun ve ark., 2013; Anjum and Walker, 2000) uyum göstermektedir. Protein oranı çeşit, çevre koşulları, agronomik uygulamalar, hastalık ve zararlı gibi faktörlerin etkisi altındadır (Güngör ve Dumlupınar, 2019). Birçok araştırmacı, protein değerinin bitkinin gelişim dönemi boyunca çevresel koşullara ve

çeşide bağlı olarak farklılık gösterebileceğini belirtmişlerdir (Zhu et al., 2005; Özen ve Akman 2014; Erdemci ve ark., 2021).

Tablo 2. Araştırmada incelenen özelliklere ait ortalama değerler ve oluşan gruplar

Genotip	TV (kg da^{-1})	BTA (g)	PO (%)	NO (%)	HLA (kg hl^{-1})	YGO (%)	ZSD (ml)
DZE-1	263,09 ab	28,65 a	15,37	63,40 a	80,84 ab	30,60 bc	48,27 e
DZE-2	217,86 cd	25,80 b	15,05	63,41 a	74,72 d	30,91 ab	47,32 f
DZE-3	195,38 de	26,25 b	15,32	62,91 b	78,60 bc	29,79 d	50,81 bc
DZE-4	258,12 ab	25,81 b	15,70	62,58 bc	79,35 bc	31,40 a	51,62 ab
DZE-5	284,52 a	28,66 a	14,87	62,24 c	79,63 bc	30,42 b-d	50,35 c
DZE-6	260,02 ab	28,21 a	15,16	62,57 bc	82,82 a	30,77 ab	52,12 a
DZE-7	238,13 bc	24,98 b	14,86	63,41 a	80,05 a-c	29,95 cd	49,27 d
DZE-8	169,53 e	24,47 b	15,51	63,49 a	77,72 c	30,70 b	50,99 bc
Ort.	235,83	26,60	15,23	63,00	79,22	30,57	50,09
DK. (%)	11,53	4,69	2,49	0,36	2,51	1,50	1,18
AÖF	1,82**	1,82**	0,56öd.	0,33**	2,91**	0,68**	0,87**

**: %1 düzeyinde önemli, öd: Önemli değil, Ort: Ortalama, DK: Düzeltme Katsayısı, AÖF: Asgari Önemli Farklılık: TV: Tane Verimi, BTA: Bin Tane Ağırlığı, PO: Protein Oranı, NO: Nişasta Oranı, HLA: Hektolitre Ağırlığı, YGO: Yaş Glüten Oranı, ZSD: Zeleny Sedimantasyon Değeri.

3.4. Nişasta oranı (%)

Ekmeklik buğday hatlarının ortalama nişasta oranına ait değerler Tablo 2'de verilmiştir. Genotipler arasındaki farklılık nişasta oranı bakımından $p<0.01$ seviyesinde önemli bulunmuştur. Araştırmada yağışa dayalı koşullarda yetiştirilen genotiplerin nişasta oranı %62,24-63,49 arasında değişmiştir. Genel olarak incelediğimizde DZE-1, DZE-2, DZE-7 ve DZE-8 hatlarından deneme ortalamasının üzerinde nişasta oranı elde edilmiştir (Tablo 2). Ekmeklik buğdayda nişasta içeriğini belirlemek için yapılan çalışmalarda; Mut ve ark. (2017) %61,6-65,0, Bayhan ve ark. (2021) %61,36-63,73 ve Albayrak ve ark. (2022) %62,32-64,84 arasında değişim gösterdiğini bildirmişlerdir. Nişasta oranı buğday tanesinin kuru ağırlığının %70-75'ini oluşturmakta ve buğday ununun yapısal özelliğinde önemli bir rol oynamaktadır (Pena ve ark., 2002). Buğday tanesinin nişasta içeriğinin çeşide ve yetiştirme koşullarına göre farklılık gösterdiği bir çok araştırmacı tarafından bildirilmiştir (Šramková ve ark., 2009; Mahla ve ark., 2015).

3.5. Hektolitre ağırlığı (kg hl^{-1})

Ekmeklik buğday hatlarının ortalama hektolitre ağırlığına ait değerler Tablo 2'de verilmiştir. Genotipler arasındaki farklılık hektolitre ağırlığı bakımından $p<0.01$ seviyesinde önemli bulunmuştur. Araştırmada yağışa dayalı koşullarda yetiştirilen genotiplerin hektolitre ağırlığı 74,72-82,82 kg hl^{-1} arasında değişmiştir. Genel olarak incelediğimizde DZE-1, DZE-4, DZE-5, DZE-6 ve DZE-7 hatlarından deneme ortalamasının üzerinde hektolitre ağırlığı elde edilmiştir (Tablo 2). Diyarbakır koşullarında yapılan benzer çalışmalarda hektolitre ağırlığı değerinin; 77,85-86,30 kg hl^{-1} (Karaman, 2020), 75,93-83,25 kg hl^{-1} (Bayhan ve ark., 2021) ve 79,68-

85,17 kg hl^{-1} (Albayrak ve ark., 2022) arasında değiştiği bildirilmiştir. Ekmeklik buğdayda hektolitre ağırlığı, çeşidin genetik yapısı, tanenin şekli, tane dolum döneminde sıcaklık ve kuraklık stresi ile, kültürel yöntemler gibi faktörler etkilemektedir (Akgün ve ark., 2011; Yıldırım ve ark., 2018). Hektolitre ağırlığının buğday yoğunluğunun bir ölçüsü olduğu, çevre faktörlerine, çeşit özelliklerine ve tane özelliklerine göre değiştiği bildirilmiştir (Kendal ve ark., 2012).

3.5. Yaş glüten oranı (%)

Ekmeklik buğday hatlarının ortalama yaş glüten oranına ait değerler Tablo 2'de verilmiştir. Genotipler arasındaki farklılık yaş glüten oranı bakımından $p<0.01$ seviyesinde önemli bulunmuştur. Araştırmada yağışa dayalı koşullarda yetiştirilen genotiplerin yaş glüten oranı %29,79-31,40 arasında değişmiştir. Genel olarak incelediğimizde DZE-1, DZE-2, DZE-4, DZE-6 ve DZE-8 hatlarından deneme ortalamasının üzerinde yaş glüten oranı elde edilmiştir (Tablo 2). Çalışmamızdan elde edilen yaş glüten oranı % 20-27'nin orta, %28-35'in iyi ve %35 ve üstünü yüksek olarak gruplandıran Ünal (2003) ve Özen ve Akman (2014)'a göre iyi grubunda yer almışlardır. Diyarbakır koşullarında yapılan benzer çalışmalarda yaş glüten oranı değerlerinin; %24,35-34,10 (Karaman, 2020), %28,24-36,64 (Bayhan ve ark., 2021) ve %26,53-31,30 (Albayrak ve ark., 2022) arasında değiştiği belirlenmiştir. Ekmeklik veya diğer unlarda glüten önemli bir kalite kriteri olup çeşitlerde glüten oranının yüksek ve bölgelere göre istikrarlı olması istenmektedir (Güngör ve Dumlupınar, 2019; Liu ve ark. 2022). Ancak araştırmacılar protein oranının dolaylı olarak bir göstergesi olan glüten oranının, iklim koşullarından etkilenen bir özellik olduğunu ve glüten miktarlarının çeşit ve çevre koşullarına göre önemli derecede değişkenlik gösterdiğini bildirmişlerdir (Šimić ve ark., 2006; Ulucan ve Atak, 2020).

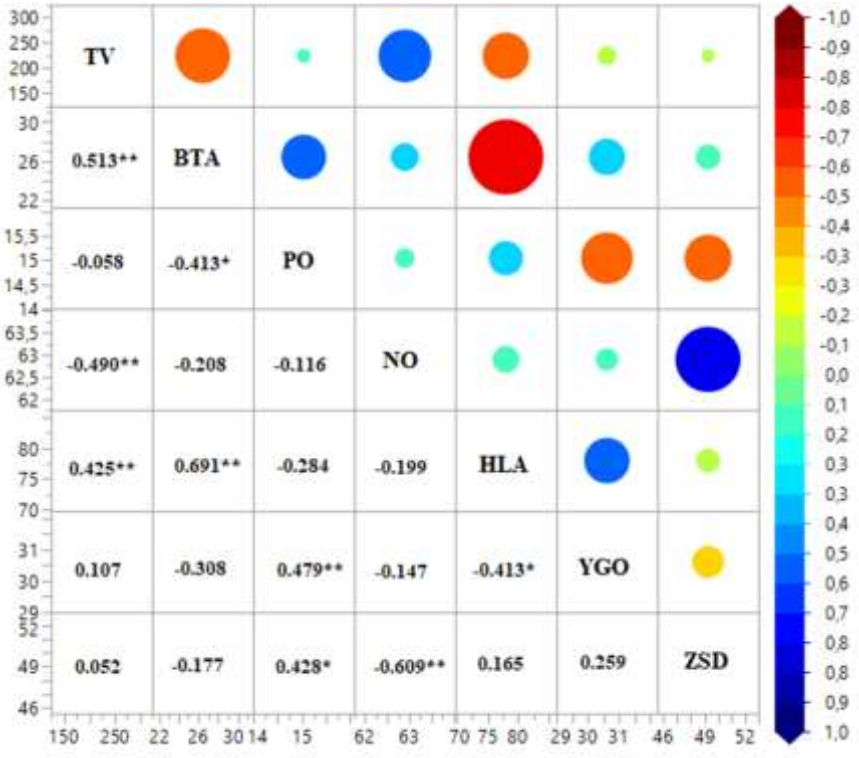
3.6. Zeleny sedimantasyon değeri (ml)

Ekmeklik buğday hatlarının zeleny sedimantasyon değerine ait ortalama değerler Tablo 2'de verilmiştir. Genotipler arasındaki farklılık zeleny sedimantasyon değeri bakımından $p<0.01$ seviyesinde önemli bulunmuştur. Araştırmada yağışa koşullarda yetiştirilen genotiplerin zeleny sedimantasyon değeri 47,32-52,12 ml arasında değişmiştir. Genel olarak incelediğimizde DZE-3, DZE-4, DZE-5, DZE-6 ve DZE-8 hatlarından deneme ortalamasının üzerinde zeleny sedimantasyon değeri elde edilmiştir (Tablo 2). Çalışmamızdan elde edilen değerler 25-36 ml arasında olanların iyi, 36 ml'den fazla olanların ise çok iyi olduğunu bildiren Elgün ve ark. (2001)'na göre çok iyi grubunda yer almışlardır. Ayrıca çalışmadan elde edilen zeleny sedimantasyon değerlerinin Karaman ve Aktaş (2020)'ın 22-37 ml olarak belirttikleri

değerlerden yüksek olduğu, Bayhan ve ark. (2021)'nın 39,11-52,22 ml ve Albayrak ve ark. (2022)'nın 42,90-51,85 ml olarak belirttikleri değerlerle uyumlu oldukları belirlenmiştir. Zeleny sedimantasyon miktarının yüksek olması arzu edilen bir sonuçtur. Bu durum buğdaydan elde edilen unun kaliteli ve hacminin yüksek olduğunu göstermektedir (Elgün ve ark., 2001). Araştırmacılar zeleny sedimantasyon değerinin çeşide, iklim özelliklerine ve yetiştirme tekniklerine göre farklılık gösterdiğini de bildirmişlerdir (Oktay ve ark., 2013).

3.7. Scatterplot Matrix korelasyon analizi

Buğdayda tane verimi ile ilişkili kalite parametrelerinin korelasyon analizi, yüksek verimli ve kaliteli genotiplerin seçiminde önemli bir rol oynamaktadır. Çalışmada incelenen özelliklere ait Scatterplot Matrix korelasyon analizi Şekil 1'de verilmiştir. Tane verimi ile bin tane ağırlığı ve hektolitre ağırlığı arasında pozitif yönde ve önemli, tane verimi ile nişasta oranı arasında da negatif yönde ve önemli bir korelasyon ilişkisi olduğu belirlenmiştir. Ayrıca tane verimi ile protein oranı arasında negatif yönde, tane verimi ile yaş glüten oranı ve zeleney sedimantasyon değeri arasında da pozitif yönde ama önemli olmayan korelasyon ilişkisi saptanmıştır. Bin tane ağırlığı ile hektolitre ağırlığı arasında da güçlü bir ilişki olduğu belirlenmiştir (Şekil 1).



Şekil 1. Araştırmada incelenen özelliklere ait Scatterplot Matrix korelasyon analizi (TV: Tane Verimi, BTA: Bin Tane Ağırlığı, PO: Protein Oranı, NO: Nişasta Oranı, HLA: Hektolitre Ağırlığı, YGO: Yaş Glüten Oranı, ZSD: Zeleny Sedimantasyon Değeri)

Araştırmacılar geç ekimden kaynaklı olarak kalite özelliklerinde iklim koşullarının etkisinin baskın olduğunu ve bazı kalite özellikleri ile tane verimi arasında ters ilişki oluşabileceğini bildirmişlerdir (Ahmed ve Hassan, 2015). Albayrak ve ark. (2022), tane verimi ile nişasta oranı arasında, sonuçlarımızın aksine önemli ve pozitif yönde ilişki olduğunu, ancak sonuçlarımıza benzer olarak protein oranı ile yaş glüten değeri ve zeleny sedimentasyon miktarı arasında önemli ve pozitif yönde ilişki olduğunu bildirmişlerdir. Ayrıca Aydoğan ve Soylu (2017)'nunda tane verimi ile hektolitre ağırlığı, ve hektolitre ağırlığı ile bin tane ağırlığı arasında önemli ve pozitif ilişki ve tane verimi ile protein oranı arasında da negatif ve önemli ilişki bulunduğunu bildiren sonuçları çalışmamızla uyum göstermektedir.

4. SONUÇ

Diyarbakır ekolojisinde geç ekim yapılarak yağışa dayalı koşullarda bazı ekmeklik buğday genotiplerinde verim ile ilişkili kalite özelliklerinin belirlenmesi ve hem verim hem de kalite değerleri yönünden yüksek performans gösteren genotiplerin ıslah programlarına aktarılması amacıyla yürütülen bu çalışmada; elde edilen değerlere ve korelasyon analizi sonuçlarına göre DZE-1, DZE-4, DZE-5 ve DZE-6 genotiplerinin ön plana çıktığı ve incelenen özellikler bakımından genotiplerin geniş bir varyasyon gösterdiği belirlenmiştir. Bu genotiplerin Diyarbakır ekolojisinde özellikle geç ekim faktörü ile birlikte yaşanan stres koşullarına adaptasyon yönünden uyum gösterdikleri sonucuna varılmıştır.

KAYNAKLAR

Ahmed, M., Hassan, F. (2015). Response of spring wheat (*Triticum aestivum* L.) quality traits and yield to sowing date. Plos One, 10(4): e0126097.

Akgün, İ., Altındal, D., Kara, B. (2011). Isparta ekolojik koşullarında ekmeklik ve makarnalık bazı buğday çeşitlerinin uygun ekim zamanlarının belirlenmesi. Tarım Bilimleri Dergisi, 17(4): 300-309.

Aktaş, H., Karaman, M., Erdemci, İ., Kendal, E., Tekdal, S., Kılıç, H., Oral, E. (2017). Comparasion grain yield and quality traits of synthetic and modern wheat genotypes (*Triticum aestivum* L.). International Journal of Agriculture and Wildlife Science, 3(1): 25-32.

Albayrak, Ö., Kızılgeçi, F., Akıncı, C., Yıldırım, M. (2022). Ekmeklik buğday genotiplerinin verim ve kalite özellikleri bakımından değerlendirilmesi. Anadolu 10. Uluslararası Uygulamalı Bilimler Kongresi, 15-16 Ekim, Diyarbakır, s: 65-66.

Anjum, F. M., Walker, C. E. (2000). Grain, flour and bread-making properties of eight Pakistani hard white spring wheat cultivars grown at three different locations for 2 years. International Journal of Food Science and Technology, 35(4): 407-416.

Aydın, N., Bayramoğlu, H.O., Mut, Z., Özcan, H. (2005). Ekmeklik buğday (*Triticum aestivum* L.) çeşit ve hatlarının Karadeniz koşullarında verim ve kalite özelliklerinin belirlenmesi. AÜZF Tarım Bilimleri Dergisi, 11(3): 257-262.

Aydoğan, S., Soylu, S. (2017). Ekmeklik buğday çeşitlerinin verim ve verim öğeleri ile bazı kalite özelliklerinin belirlenmesi. Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Ens. Derg., 26(1): 24-30.

Bayhan M., Özkan R., Albayrak Ö., Yıldırım, M., Akıncı C. (2022). Evaluation of performance of bread wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes under heat stress. Proccedings of International Congress and Workshop on Agricultural Structures and Irrigation, 12-15 Mayıs, Diyarbakır, s: 268-279.

Bayhan M., Özkan R., Albayrak, Ö., Yıldırım, M., Akıncı C. (2019). Testing performance of bread wheat genotypes in extremely dry season. 2. Uluslararası Mardin Artuklu Bilimsel Araştırmalar Kongresi, 23-25 Ağustos, Mardin, s: 162-169.
Bayhan, M., Albayrak, Ö., Özkan, R., Akıncı, C., Yıldırım, M. (2021). Bazı ekmeklik buğday (*Triticum aestivum* L.) çeşit ve hatlarında SPAD metre ve NDVI ölçümlerinin kalite özellikleriyle ilişkilerinin biplot analiz yöntemi ile değerlendirilmesi. BŞEÜ Fen Bilimleri Dergisi, 8(1): 32-41.
Deng, Z. Y., Tian, J. C., Hu, R. B., Zhou, X. F., Yong-xiang, Z. (2006). Effect of genotype and environment on wheat main quality characteristics. Acta Ecologica Sincia, 26: 2757-63.
Doğan, Y., Toğay, Y., Toğay, N. (2014). Türkiye'de tescil edilmiş bazı ekmeklik buğday (*Triticum aestivum* L.) çeşitlerinin Mardin-Kızıltepe koşullarında verim ve bazı verim özelliklerinin belirlenmesi. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bil. Derg., 24(3): 241- 47.
Elgün, A., Türker, S., Bilgiçli, N. (2001). Tahıl ve ürünlerinde analitik kalite kontrolü. Selçuk Üniv.Zir. Fak.Gıda Müh Böl. Yay. No.2, Konya.
Erdemci, İ., Aktaş, H., Karaman, M. (2021). Bazı Fakültatif buğday genotiplerinin farklı çevrelere tepkileri. Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg., 58(3): 421-430.
Güngör, H., Dumlupınar, Z. (2019). Bolu koşullarında bazı ekmeklik buğday (*Triticum aestivum* L.) çeşitlerinin verim, verim unsurları ve kalite yönünden değerlendirilmesi. Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi, 6(1): 44-51.
Jiang, D., Yue, H., Wollenweber, B., Tan, W., Mu, H., Bo, Y., et al. (2009). Effects of post-anthesis drought and waterlogging on accumulation of high-molecular-weight glutenin subunits and glutenin macropolymers content in wheat grain. Journal of Agronomy and Crop Science. 195: 89-97.
Karaman, M. (2020). Evaluation of yield and quality performance of some spring bread wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes under rainfall conditions. Int. J. Agric. Environ. Food Sci., 4(1): 19-26.
Karaman, M., Aktas, H. (2020). Comparison of the agricultural characteristics of bread wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes based on irrigated conditions in different locations. Manas Journal of Agriculture Veterinary and Life Sciences, 10(1): 33-42.
Kendal, E., Tekdal, S., Aktaş, H., Karaman, M. (2012). Bazı makarnalık buğday çeşitlerinin diyarbakır ve adıyaman sulu koşullarında verim ve kalite parametreleri yönünden karşılaştırılması. Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 26 (2): 1-14.
Labuschagne, M. T., Elago, O., Koen, E. (2009). Influence of extreme temperatures during grain filling on protein fractions, and its relationship to some quality characteristics in bread, biscuit, and durum wheat. Cereal Chemistry Journal, 86: 61-66.
Liu, Q., Zhang, W., Zhang, B., Du, C., Wei, N., et al. (2022). Determination of total protein and wet gluten in wheat flour by fourier transform infrared photoacoustic spectroscopy with multivariate analysis. Journal of Food Composition and Analysis, 106: 1-9.
Mahla, R., Madan, S., Munjal, R. ve Hasija, R. J. (2015). Drought stress induced changes in quality and yield parameters and their association in wheat genotypes. Environment and Ecology, 33(4): 1639-43.
Motzo, R., Fois, S., Giunta, F. (2007). Protein content and gluten quality of durum wheat (*Triticum turgidum* subsp. *durum*) as affected by sowing date. Journal of the Science of Food and Agriculture, 87: 1480-1488.
Mut, Z., Erbaş Köse, Ö. D., Akay, H. (2017). Bazı ekmeklik buğday (*Triticum aestivum* L.) çeşitlerinin tane verimi ve kalite özelliklerinin belirlenmesi. Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi, 32: 85-95.
Oktay, E., Sezer İ., Akay, H. (2013). Orta Karadeniz geçit bölümünde yetiştirilebilecek ekmeklik buğday (*Triticum aestivum* L.) çeşitlerinde verim, verim unsurları ve kalite kriterlerinin belirlenmesi üzerine bir araştırma. Türkiye 10. Tarla Bitkileri Kongresi, 10-13 Eylül, Konya, s: 252-259.
Olgun, M., Başçiftçi, Z. B., Ayter, N. G., Kutlu, İ., Akın, A., Karaduman, Y. (2013). Ekmeklik buğday (*Triticum aestivum* L.) çeşitlerinde protein oranının üç farklı analiz yöntemine göre karşılaştırılması üzerine bir araştırma. SDÜ Ziraat Fakültesi Dergisi, 4: 80-87.
Özen, S., Akman, Z. (2014). Yozgat ekolojik koşullarında bazı ekmeklik buğday çeşitlerinin verim ve kalite özelliklerinin belirlenmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 10(1): 35-43.

Özkan, R. (2022). Diyarbakır'da yağışa dayalı koşullarda yetiştirilen ileri kademe ekmeklik buğday hatlarının değerlendirilmesi. ISPEC Tarım Bilimleri Dergisi, 6(3): 583-590.
Öztürk, A., Çağlar, Ö., Aydın, M. Bayram, S. (2011). Ekmeklik buğday genotiplerinin erken gelişme dönemlerindeki kuraklığa dayanıklılık yönünden karakterizasyonu. TÜBİTAK Tovag Proje No: 108 O 511, Sonuç Raporu, 57 s, Erzurum.
Pena, R. J., Trethowan, R., Pfeiffer, W. H., Ginkel, M. V. (2002). Quality (end-use) improvement in wheat: compositional, genetic, and environmental factors. Journal of Crop Production, 5(1-2): 1-37.
Šimić, G., Horvat, D., Jurković, Z., Drezner, G., Novoselović, D., Dvojković, K. (2006). The genotype effect on the ratio of wet gluten content to total wheat grain protein. Journal of Central European Agriculture, 7(1): 13-18.
Šramková, Z., Gregová, E., Šturdík, E. (2009). Chemical composition and nutritional quality of wheat grain. Acta Chimica Slovaca, 2(1): 115-38.
Thornton, P. K., Ericksen, P. J., Herrero, M., Challinor, A. J. (2014). Climate variability and vulnerability to climate change: a review. Global Change Biology. 20: 3313-28.
Ulucan, İ., Atak, M. (2020). Ekim sıklığının ekmeklik buğday çeşitlerinde (triticum aestivum l.) verim ve bazı kalite özelliklerine etkisi. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi 30(4): 31-12.
Ünal, S. S. (2003). Buğday un ve kalitesinin belirlenmesinde uygulanan yöntemler, Nevşehir ekonomisinin sorunları ve çözüm önerileri. Nevşehir Ekonomisi Sempozyumu, 27-28 Haziran, Nevşehir, s: 15-29.
Wardlaw, I., Moncur, L. (1995). The response of wheat to high temperature following anthesis. I. the rate and duration of kernel filling. Functional Plant Biology, 22: 391-97.
Yıldırım, M., Barutçular, C., Koç, M., Dizlek, H., EL Sabagh, A., Hossain, A., Islam, M. S., Yorulmaz, L., Akıncı, C. (2022). Bazı ekmeklik buğday (*Triticum aestivum* L.) genotiplerinin sırta ekim sisteminde morfolojik, fizyolojik, verim ve kalite yönünden incelenmesi. MAS Journal of Applied Sciences, 7(2): 326-36.
Zhao, H., Jing, Q., Dai, T., Jiang, D., Cao, W. (2007). Effects of post-anthesis high temperature and water stress on activities of key regulatory enzymes involved in protein formation in two wheat cultivars. Acta Agronomica Sinica, 33: 2021.
Zhu, X., Zhou, J., Feng, C., Guo, W., Peng, Y. (2005). Differences of protein and its component accumulation in wheat for different end uses. Zuo Wu Xue Bao, 31(3): 342-47.

SICAKLIK STRESİNİN EKMEKLİK BUĞDAYIN (*Triticum aestivum* L.) KLOROFİL İÇERİĞİNE ETKİSİ

Remzi ÖZKAN
Dicle Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü
ORCID ID: 0000-0002-6457-5802
Merve BAYHAN
Dicle Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü
ORCID ID: 0000-0002-3220-4548
Levent YORULMAZ
Dicle Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü
ORCID ID: 0000-0002-2880-1462
Mehmet YILDIRIM
Dicle Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü
ORCID ID: 0000-0002-6953-4479
Cuma AKINCI
Dicle Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü
ORCID ID: 0000-0002-3514-1052

ÖZET

Bu çalışma ekmeklik buğday genotiplerinin farklı gelişim dönemlerinde ölçülen klorofil içeriği (SPAD) üzerine sıcaklık stresinin etkisinin belirlenmesi amacıyla Diyarbakır'da Dicle Üniversitesi Ziraat Fakültesinde yarı kontrollü sera ortamında gerçekleştirilmiştir. Araştırmada çeşit ve hatlardan oluşan 17 adet ekmeklik buğday genotipi 2 farklı ekim zamanında 4 farklı dönemde (başaklanma (B), çiçeklenme (Ç), tane dolum başlangıcı (TD) ve tane dolumunun 15. günü (TD15)) SPAD metre ile klorofil içeriği yönünden değerlendirilmiştir. Çalışma 4 tekerrürlü ve her saksı bir tekerrür olacak şekilde iki faktörlü tesadüf bloklarında bölünmüş parseller deneme desenine göre yürütülmüştür. Araştırmada farklı dönemlerde ölçülen klorofil içeriği bakımından yapılan varyans analizinde genotip, ekim zamanı ve ekim zamanının genotip üzerindeki etkisinin istatistiki olarak önemli farklılıklar oluşturduğu saptanmıştır. Her dört dönemde de normal ekim koşullarında ölçülen SPAD değeri, sıcaklık stres faktörünün etkili olduğu geç ekime oranla yüksek bulunmuştur. En yüksek ve en düşük SPAD değeri sırasıyla TD15 dönemi kontrol ve sıcak stresli koşullarda elde edilmiştir. Başaklanma, çiçeklenme dönemlerinde kontrol ve sıcak stresli koşullarda SPAD değeri yönünden farklılık oluşmazken, TD ve TD15 dönemlerinde sıcak stresli koşullarda klorofil miktarında azalma meydana gelmiştir. Sıcak stresli koşullar TD dönemi ölçümlerinde bazı genotiplerde artışa neden olmuştur. Genel olarak tüm ölçüm dönemlerinde en yüksek ve en düşük SPAD değerine sahip genotiplerin sıralaması benzerlik göstermiştir. Alada, Empire ve Sagittario çeşitlerinde kontrol koşullarına kıyasla sıcak stresli koşullarda SPAD değerinin arttığı ve stabil yapıya sahip oldukları belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Buğday, klorofil içeriği, sıcaklık stresi, başaklanma, çiçeklenme

EFFECT OF HEAT STRESS ON CHLOROPHYLL CONTENT OF BREAD WHEAT (*Triticum aestivum* L.)

ABSTRACT

This study was carried out to determine the effect of heat stress on chlorophyll content (SPAD) measured at different developmental stages of bread wheat genotypes in a semi-controlled greenhouse environment at Dicle University Faculty of Agriculture in Diyarbakır. In the study, 17 bread wheat genotypes consisting of varieties and lines were evaluated in terms of chlorophyll content by SPAD metre at 4 different periods (spike (B), flowering (Ç), beginning of grain filling (TD) and 15th day of grain filling (TD15)) at 2 different sowing times. The study was carried out according to a two-factor randomised block split plots experimental design with 4 replications and each pot as one replicate. In the analysis of variance in terms of chlorophyll content measured in different periods, it was found that genotype, sowing time and the effect of sowing time on genotype formed statistically significant differences. In all four periods, SPAD value measured under normal sowing conditions was found to be higher than late sowing when temperature stress factor was effective. The highest and lowest SPAD values were obtained at TD15 period under control and heat stress conditions, respectively. While there was no difference in SPAD value between control and heat stressed conditions in spike and flowering periods, chlorophyll content decreased in heat stressed conditions in TD and TD15 periods. Heat stress conditions caused an increase in some genotypes in TD period measurements. In general, the order of the genotypes with the highest and lowest SPAD values was similar in all measurement periods. It was determined that SPAD value increased in Alada, Empire and Sagittario cultivars under heat stress conditions compared to control conditions and they had a stable structure.

Keywords: Wheat, chlorophyll content, heat stress, spike, flowering

1. GİRİŞ

Buğday, dünyada ekili alanın %17'sini kaplamakta ve insan beslenmesindeki toplam kalorinin yaklaşık %20'sini sağlamaktadır (Shiferaw ve ark., 2013). Dünya nüfusunun %40'ı için buğday temel bir tahıl ürünüdür (Shewry ve Hey, 2015). Buğday üretimi üzerindeki en büyük kısıtlamalar, düşük toprak verimliliği, besin eksikliği, nem açığı, tuzluluk stresi, kuraklık stresi ve sıcaklık stresi gibi abiyotik streslerdir (Mantri ve ark., 2012). Sıcaklık stresi, buğday verimini önemli ölçüde etkileyen en büyük zorluklardan biridir ve yetiştirme dönemi boyunca farklı dönemlerde tekrar tekrar ortaya çıkabilmektedir (Ni ve ark., 2018). Mevcut iklim koşullarında, artan sıcaklıklar buğday üretiminde önemli düşüşlere neden olabilecek ciddi bir tarımsal

tehdittir (Yadav ve ark., 2022). Sıcaklık stresinden kaynaklanan kayıpların üstesinden gelmek için izlenebilecek en önemli yol, yüksek sıcaklığa daha iyi adapte olabilen sıcaklığa dayanıklı genotiplerin seçilmesi ve böylece istenen verimin korunmasıdır (Yang ve ark., 2002).

Kritik büyüme aşamalarında (çiçeklenme ve tane dolum aşaması gibi) aşırı sıcaklık dalgalanmaları, buğday üretim alanlarının çoğunda ciddi verim kayıplarına neden olmaktadır (Balla ve ark., 2019). Özellikle geç ekim koşullarında terminal sıcaklık stresinin buğdayda ~%45'e varan verim düşüşüne neden olduğu bildirilmiştir (Joshi ve ark., 2007). Yüksek sıcaklık stresi bitkide çeşitli morfolojik ve fizyolojik değişikliklere neden olur. Sıcaklık stresi doğrudan fotosistem II'yi ve Rubisco'nun enzimatik aktivitesini etkileyerek yapraklardaki fotosentetik aktiviteyi azaltır. Artan fotosentetik aktivite, artan biyokütle üretimi ve tahıl verimi ile ilişkilidir (Brestic ve ark., 2018). Sıcaklık stresi yaprak yaşlanmasını hızlandırır, tane dolum süresini kısaltır, biyokütle, bin tane ağırlığı ve tane veriminde azalmaya yol açar (Reynolds ve ark., 2000; Kumari ve ark., 2013). Sıcaklık stresi altında yaprak klorofil içeriği ve tane verimi arasında güçlü bir korelasyon olduğu ve bunun da sıcaklık stresi altında genotipleri taramak için yaprak klorofil içeriğinin bir kriter olarak kullanılabileceğini gösterdiği bildirilmiştir (Reynolds ve ark., 2000; Rosyara ve ark., 2010; Lopes ve ark., 2012).

Yaprak alanı başına toplam klorofil içeriği, SPAD-502 (Soil Plant Analysis Development) gibi taşınabilir bir klorofil ölçer kullanılarak hızlı, tek bitkide ve tahribatsız bir şekilde tahmin edilebilir. Klorofil ölçer (veya SPAD metre) yaprak yeşilliğini, yani yapraklardaki göreceli klorofil konsantrasyonunu ölçen basit, taşınabilir bir teşhis aracıdır. Yaprak koparmaya dayanan geleneksel yöntemlerle karşılaştırıldığında, bu yöntem zaman, alan ve kaynaklardan önemli ölçüde tasarruf sağlar (Netto ve ark., 2005). Yaprak SPAD birimleri, yaprak klorofil içeriği ve fotosentetik oran ile doğrusal bir korelasyon göstermiştir (Netto ve ark., 2005). SPAD değerinin optimum ve sıcaklık stresi koşulları altında tane verimi ile pozitif bir korelasyonu gözlenmiştir (Narendra ve ark., 2021). Çoğu durumda, bayrak yaprağı SPAD okuması, fotosentetik aktiviteyi ve stoma iletkenliğini belirlemek için kullanılmıştır (Paliwal ve ark., 2012; Kumari ve ark., 2013; Islam ve ark., 2014). Bayrak yaprağının buğdayda tane asimilatlarının ~%30-50'sine katkıda bulunduğu bildirilmiştir (Sylvester-Bradley ve ark., 1990). Önceki çalışmalarda, kışlık buğdayda başaklanma ve tane dolum döneminin ortalarında SPAD değerleri ile tane verimi arasında önemli ilişkiler tespit edilmiştir (Bavec ve Bavec, 2001; Jiang ve ark., 2004). Başaklanma ve süt olum dönemi aşamalarında SPAD değerleri ile tane verimi arasında pozitif korelasyonlar bulunmuştur (Yıldırım ve ark., 2011; Yıldırım ve ark., 2013). Araştırmacılar SPAD ölçümlerinde ilişkinin gücünün ölçülen ortama ve fenolojik

aşamaya bağlı olarak değiştiğini bildirmiştir (Reynolds ve ark., 1997). Yapılan bu çalışmada normal ve geç ekim yapılarak sıcaklık stres faktörü oluşturulmuş ve ekmeklik buğday genotiplerinin farklı gelişim dönemlerinde ölçülen klorofil içeriği üzerine sıcaklık stresinin etkisinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

2. MATERYAL VE METOT

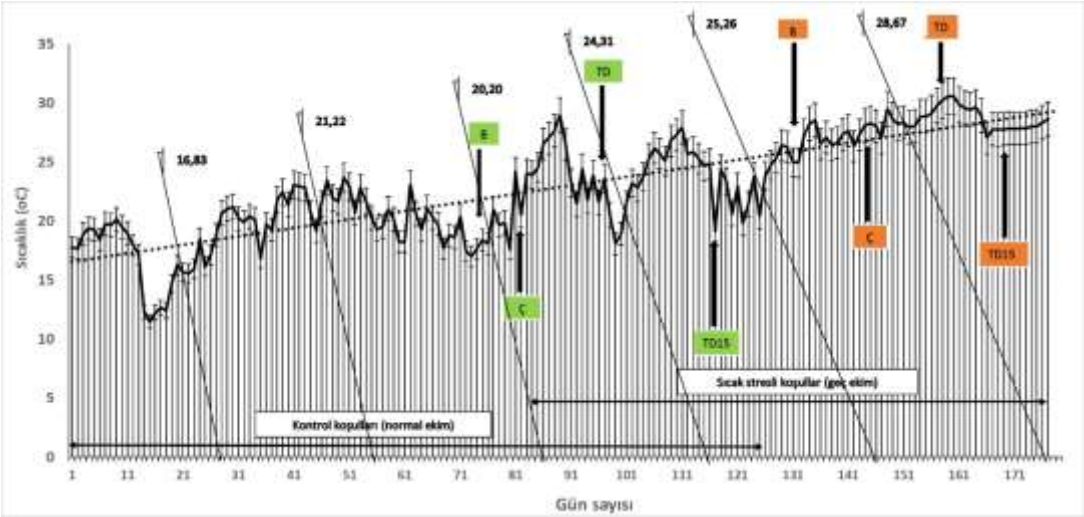
Araştırma Diyarbakır'da Dicle Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü'ne ait yarı kontrollü sera ortamında gerçekleştirilmiştir. Bitki materyali olarak çeşit ve hatlardan oluşan 17 adet ekmeklik buğday genotipi kullanılmıştır (Tablo 1). Araştırmaya ait toprak materyalinin pH değerinin hafif alkali, tuz stresi olmayan, kireç içeriği bakımından orta, organik maddece düşük, azot ve fosfor bakımından yetersiz ve potasyum açısından zengin olduğu belirlenmiştir (Bayhan ve ark., 2022). Çalışmanın yürütüldüğü döneme ait sera ortamının sıcaklık değerleri Trotec BL30 Data Logger cihazı ile günlük olarak kayıt altına alınmıştır (Şekil 1).

Tablo 1. Araştırmada kullanılan bitki materyaline ait bilgiler

Sıra No	Genotip	Location
1	Adana-99	Doğu Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü, Adana
2	Alada	Mısır Araştırma Enstitüsü, Sakarya
3	Cemre	Gap Uluslararası Tarımsal. Araştırma ve Eğitim Merkezi Müdürlüğü, Diyarbakır
4	Ceyhan-99	Doğu Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü, Adana
5	Cham-6	Uluslararası Kurak Alanlar Tarımsal Araştırma Merkezi (ICARDA), Suriye
6	Dinç	Gap Uluslararası Tarımsal. Araştırma ve Eğitim Merkezi Müdürlüğü, Diyarbakır
7	Empire	Teknobiltar A.Ş., Diyarbakır
8	Lucilla	Progen Tohum A.Ş., Hatay
9	LOK-1	Hindistan Menşeli Hat, Hindistan
10	Sagitario	Tasaco Tarım Sanayi ve Ticaret Ltd. Şti., Mersin
11	Toros-1003	Toros Tarım Sanayi ve Ticaret A.Ş, İstanbul
12	Wafia	Caso Tohum Sanayi ve Ticaret Ltd. Şti., Diyarbakır
13	6DZT-03-01	Dicle Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Diyarbakır
14	DZ17-1	Dicle Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Diyarbakır
15	TBT16-3	Dicle Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Diyarbakır
16	TBT16-5	Dicle Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Diyarbakır
17	YE-71	Dicle Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Diyarbakır

Araştırma 4 tekerrürlü ve her saksı bir tekerrür olacak şekilde iki faktörlü tesadüf bloklarında bölünmüş parseller deneme desenine göre yürütülmüştür. Denemede normal ve geç ekim ana faktör olarak belirlenmiştir. Normal ekim (kontrol koşulları) 5 Ocak 2022 tarihinde ve geç ekim (sıcak stresli koşullar) 31 Mart 2022 tarihinde gerçekleştirilmiştir. Her saksıda 4 bitki olacak şekilde tohumlar 5 litrelik tarla toprağı içeren saksılarda yetiştirilmiş ve saksılarda su düzeyi sınırlı olmayacak şekilde (tarla kapasitesi düzeyindeki yarayışlı su %75'in altına düşürülmemiştir) sağlanmıştır. Bitkilere ekimde, saksı yüzey alanı üzerinden dekara 6'şar kg N-P-K (15-15-15) gübresi uygulanmış, azotun diğer uygulamaları ise kardeşlenme ve sapa kalkma döneminde dekara 3'er kg olarak (%33 Amonyum nitrat) uygulanmıştır. Hasat tarihi

normal ekim (kontrol koşulları) için 10 Mayıs 2022 ve geç ekim (sıcak stresli koşullar) için 31 Haziran 2022 olarak gerçekleştirilmiştir.



Şekil 1. Araştırma dönemine ait sera ortamının sıcaklık değerleri (^{0}C) (B: Başaklanma dönemi, Ç: Çiçeklenme dönemi, TD: Tane dolum başlangıcı dönemi, TD15: Tane dolumunun 15. gününde SPAD ölçümü)

Araştırmada bayrak yaprak klorofil içeriği ölçümleri SPAD 502 Chlorophyll-Meter (Minolta, Osaka, Japan) aleti kullanılarak, sabah 10.00-12.00 saatleri arasında yapılmıştır. Ölçüm bitkilerin başaklanma (B), çiçeklenme (Ç), tane dolum başlangıcı (TD) ve tane dolumunun 15. günü (TD15) olmak üzere 4 farklı dönemde yapılmıştır. Ölçüm işlemi her saksıdaki 4 bitkiye ait bayrak yaprağı kullanılarak, bayrak yaprağın orta noktasından 5 okuma gerçekleştirilmiş ve yapılan okumaların ortalaması alınmıştır. Araştırma neticesinde elde edilen değerler JMP17 (SAS İnstitute Inc., US) istatistik paket programı yardımıyla varyans analizine tabi tutulmuş ve ortalamalar arasındaki istatistiki farklılıklar AÖF testi ile ortaya konmuştur.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Araştırmada farklı dönemlerde ölçülen SPAD değerleri bakımından genotip, ekim zamanı ve ekim zamanı*genotip interaksiyonu değerlendirilmiş ve oluşan farklılıklar Tablo 2 ve 3'te verilmiştir. Başaklanma ve çiçeklenme dönemi SPAD (B ve Ç) ölçümlerinde genotipler arasındaki fark önemli bulunmuş, ancak ortamlar arasında fark oluşmamış ve ekim zamanının genotip üzerindeki etkisi önemsiz bulunmuştur. Alada çeşidi her iki ölçüm döneminde ve her iki ortamda de en yüksek klorofil içeriğine sahip çeşit olmuş ve diğer genotiplere oranla önemli bir fark oluşturmuştur. Ayrıca Alada çeşidinin kontrol koşullarına kıyasla stres koşullarında SPAD değerini arttırdığı gözlenmiştir (Tablo 2).

Tablo 2. Farklı ekim zamanlarında yetiştirilen ekmeklik buğday genotiplerinin başaklanma ve çiçeklenme dönemi SPAD ölçümlerine ait ortalama değerler ve oluşan gruplar

	Başaklanma				Çiçeklenme			
Genotip	**KK**	**SSK**	**Ort.**		**KK**	**SSK**	**Ort.**	
Adana-99	49,85	45,55	47,70	fg	51,40	48,65	50,03	fg
Alada	56,63	61,83	59,23	a	57,95	63,60	60,78	a
Cemre	48,90	48,65	48,78	fg	50,83	48,93	49,88	fg
Ceyhan-99	49,78	46,65	48,21	c-f	53,53	49,75	51,64	c-f
Cham-6	52,50	56,93	54,71	b	55,60	56,75	56,18	b
Dinç	47,60	44,60	46,10	d-g	50,48	50,90	50,69	d-g
Empire	52,43	53,85	53,14	bc	51,30	57,88	54,59	bc
Lucilla	53,40	47,83	50,61	b-e	55,45	52,13	53,79	b-e
Sagitario	53,73	54,93	54,33	b-d	53,73	54,57	54,15	b-d
Toros-1003	47,73	49,98	48,85	c-f	52,95	51,88	52,41	c-f
Wafia	52,03	48,28	50,15	c-f	51,98	51,50	51,74	c-f
LOK-1	50,00	49,68	49,84	e-g	50,18	50,90	50,54	e-g
6DZT-03-01	52,13	50,18	51,15	c-f	52,45	50,68	51,56	c-f
DZ17-1	46,78	46,25	46,51	g	49,58	45,30	47,44	g
TBT16-3	51,85	48,00	49,93	b-f	54,03	52,75	53,39	b-f
TBT16-5	53,15	51,25	52,20	b-d	57,30	51,15	54,23	b-d
YE-71	52,20	50,58	51,39	d-g	50,25	51,30	50,78	d-g
Ort.	51,21	50,29	50,75		52,87	52,27	52,57	
DK (%)	7,52				6,88			
AÖF	G: 3,78*, E: öd., ExG: öd.				G: 3,58**, E: öd., ExG: öd.			

*: %5 düzeyinde önemli, **: %1 düzeyinde önemli, öd: önemli değil, Ort: Ortalama, DK: Düzeltme Katsayısı, AÖF: Asgari Önemli Farklılık, G: Genotip, E: Ekim Zamanı, E*G: Ekim Zamanı ve Genotip İnteraksiyonu, KK: Kontrol Koşulları (normal ekim), SSK: Sıcak Stresli Koşullar (geç ekim)

Tane dolum başlangıcında yapılan SPAD (TD) ölçümlerinde hem genotipler ve ortamlar arasındaki fark önemli bulunmuş hem de ekim zamanının genotip üzerindeki etkisi önemli bulunmuştur. Alada çeşidi her iki ortamda de en yüksek klorofil içeriğine sahip çeşit olurken, kontrol koşullarına kıyasla stres koşullarında yine SPAD değerini de arttırdığı gözlenmiştir (Tablo 3). Tane dolumunun 15. gününde yapılan SPAD (TD15) ölçümlerinde ise genotipler ve ortamlar arasındaki fark önemli bulunurken, ekim zamanının genotip üzerindeki etkisi yine önemsiz bulunmuştur. Ortalama değerlere bakıldığında Alada çeşidi en yüksek klorofil içeriğine sahip çeşit olurken, Lucilla çeşidinin ise dönem içerisinde ölçülen en yüksek klorofil içeriğine sahip çeşit olduğu belirlenmiştir (Tablo 3). Klorofil içeriği bakımından genotipler arasında geniş varyasyonun oluşması, her genotipin klorofil içeriğinin gelişim dönemlerine göre değişebilmesi, düşük klorofil içeriğine sahip bir genotipin bitkinin ileri yaşlarında klorofil içeriğinin artması, genotip sıralamasının da değişebileceğini ortaya koymaktadır. Bu nedenle SPAD ölçümlerinin tek ölçüm döneminde değil de birden fazla dönemde yapılmasının yararlı olacağı düşünülmektedir. Araştırmacılar başaklanma döneminde yapılan ölçümde SPAD değeri bakımından genotipler arasında önemli farklılık bulunduğunu, ancak başaklanma dönemine göre erken hamur olum döneminde yapılan ölçümlerde SPAD değerlerinde artış meydana geldiğini bildirmişlerdir (Yıldırım ve ark., 2009).

Tablo 3. Farklı ekim zamanlarında yetiştirilen ekmeklik buğday genotiplerinin tane dolum başlangıcı ve tane dolumunun 15. günü SPAD ölçümlerine ait ortalama değerler ve oluşan gruplar

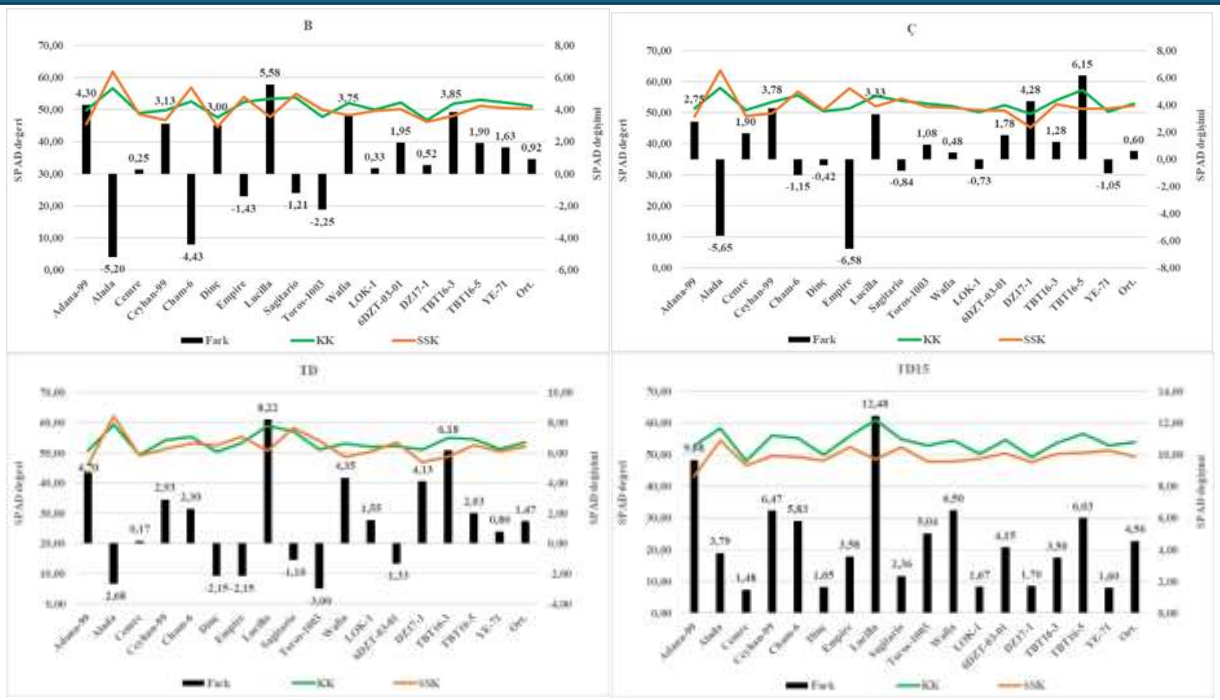
	Tane dolum başlangıcı						Tane dolumunun 15. günü					
Genotip	**KK**		**SSK**		**Ort.**		**KK**		**SSK**		**Ort.**	
Adana-99	50,80	f-k	46,10	k	48,45	f	52,78		43,10		47,94	g
Alada	59,45	ab	62,13	a	60,79	a	58,35		54,57		56,46	a
Cemre	49,25	h-k	49,08	h-k	49,16	f	48,13		46,65		47,39	g
Ceyhan-99	54,20	c-g	51,28	f-j	52,74	c-e	56,18		49,70		52,94	a-e
Cham-6	55,40	b-f	53,10	e-ı	54,25	c-e	55,15		49,33		52,24	b-f
Dinç	50,40	g-k	52,55	e-ı	51,48	c-f	49,95		48,30		49,13	e-g
Empire	53,25	e-ı	55,40	b-f	54,33	b-d	56,00		52,43		54,21	a-c
Lucilla	58,93	a-c	50,70	f-k	54,81	bc	60,98		48,50		54,74	ab
Sagitario	57,10	b-e	58,20	a-d	57,65	ab	54,83		52,47		53,65	a-d
Toros-1003	51,10	f-j	54,10	d-g	52,60	c-e	52,90		47,87		50,38	c-g
Wafia	53,08	e-ı	48,73	ı-k	50,90	ef	54,45		47,95		51,20	b-g
LOK-1	51,98	f-ı	50,43	g-k	51,20	d-f	50,40		48,73		49,57	d-g
6DZT-03-01	52,23	f-ı	53,55	d-h	52,89	c-e	54,68		50,53		52,60	a-e
DZ17-1	51,08	f-j	46,95	jk	49,01	f	49,33		47,63		48,48	fg
TBT16-3	54,93	b-g	48,75	ı-k	51,84	c-f	53,83		50,33		52,08	b-f
TBT16-5	54,58	c-g	52,55	e-ı	53,56	c-e	56,70		50,68		53,69	a-c
YE-71	51,30	f-j	50,50	g-k	50,90	ef	52,93		51,33		52,13	b-f
Ort.	53,47	a	52,00	b	52,74		53,97	a	49,41	b	51,69	
DK (%)	6,48						8,02					
AÖF	G: 3,38**, E: 1,14*, ExG: 4,77*						G: 4,09**, E: 1,40**, ExG: öd.					

*: %5 düzeyinde önemli, **: %1 düzeyinde önemli, öd: önemli değil, Ort: Ortalama, DK: Düzeltme Katsayısı, AÖF: Asgari Önemli Farklılık, G: Genotip, E: Ekim Zamanı, E*G: Ekim Zamanı ve Genotip İnteraksiyonu, KK: Kontrol Koşulları (normal ekim), SSK: Sıcak Stresli Koşullar (geç ekim)

Her dört dönemde de normal ekim koşullarında ölçülen SPAD değeri, sıcaklık stres faktörünün etkili olduğu geç ekime oranla yüksek bulunmuştur (Şekil 2). Bu durumda sıcaklık stresinin etkili olduğu ortamlarda bitkinin yaşadığı stres sebebiyle klorofil miktarını düşürdüğü, ancak genotip bazında farklılıklar olabileceği söylenebilmektedir. Genel ortalamaya göre hem kontrol hem de sıcak stresli koşullarda en yüksek ve en düşük SPAD değerinin tane dolumunun 15. gününde yapılan ölçümlerden elde edildiği saptanmıştır. Başaklanma, çiçeklenme ve tane dolum başlangıcı dönemlerinde genotiplerin ortamlar arasındaki SPAD değeri değişimi artış veya azalış gösterirken, tane dolumunun 15. gününde yapılan ölçümlerde tüm genotiplerde sıcak stresli koşullar klorofil miktarını doğrudan azaltmıştır (Şekil 2). Bu durum sıcaklık stresi altındaki bitkilerin bayrak yapraklarındaki yaşlanmanın hızlanması ve yaprak yüzey alanının küçülmesi sonucu kontrol koşullarına oranla daha düşük klorofil miktarı elde edilmesiyle açıklanabilmektedir. Yüksek sıcaklık koşulları altında buğdayda net fotosentez oranı için önemli genetik çeşitlilik olduğu bildirilmiştir (Yang ve ark., 2002). Kloroplastların yapı ve işlevlerindeki bozulmalar, klorofil içeriğindeki azalma ve kloroplast enzimlerinin inaktivasyonu, yüksek sıcaklık stresi altında buğdayda fotosentezin azalmasının başlıca nedenleri olarak tanımlanmıştır (Reynolds ve ark., 2000). Tane dolum döneminde yüksek

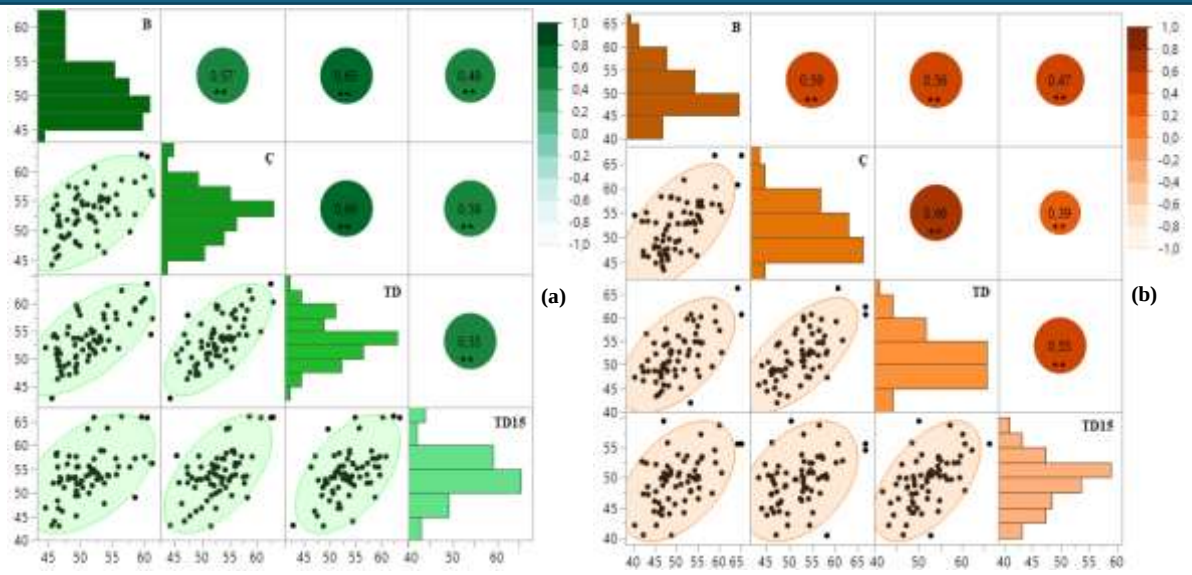
sıcaklık stresi altında net fotosentez oranındaki azalmanın, klorofil kaybı ve erken yaprak yaşlanması nedeniyle klorofil a ile klorofil b arasındaki orandaki değişimle yakından ilişkili olduğu bildirilmiştir (Reynolds ve ark., 2000; Farooq ve ark., 2011).

Sıcaklık stresi altında SPAD ölçümü kullanılarak yapılan genotip sınıflandırılmasında, çalışılan genotiplerin %21'inin bayrak yaprağında ve %4'ünün ise sondan bir önceki yaprakta daha yüksek klorofil içeriği taşıdığını ortaya koymuştur. Bayrak yaprağı ve sondan bir önceki yapraktaki SPAD ile tane verimi arasında önemli korelasyon ilişkisi olduğu ve sondan bir önceki yapraktaki SPAD ölçümünün de stres altındaki genotiplerin taranmasında önemli bir belirleyici olabileceği belirlenmiştir (Roy ve ark., 2021). Ekmeklik buğday genotiplerinde SPAD değerlerinin serin ortamda azaldığı, sıcak ortamda ise arttığı bildirilmiştir (Delgado ve ark., 1994; Yıldırım ve ark., 2013; Bayhan ve ark., 2022). Buna karşılık Prasad ve ark. (2011)'da çalışmamıza benzer olarak SPAD değerlerinin yüksek sıcaklık koşullarında azaldığını bildirmişlerdir. Jangid ve Srivastava (2018), sıcaklık stresi koşulları altında buğday bitkisine ait klorofil içeriğinin ekim tarihi geciktikçe azaldığını, Barutçular ve ark. (2016) ise SPAD değerinin kuraklık ve sıcaklık streslerine karşı farklı tepkiler gösterdiğini ve SPAD değerleri üzerinde en güçlü etkiye sahip stres faktörünün de sıcaklık olduğunu belirlemişlerdir. Farklı sıcaklık ve azotlu gübre rejimleri altında yetiştirilen buğday ve arpada ise başaklanmadan tane dolumuna kadar SPAD değerlerinde önemli bir düşüş olduğu bildirilmiştir (Spaner ve ark., 2005).



Şekil 2. Kontrol (KK-normal ekim) ve sıcak stresli koşullarda (SSK-geç ekim) yetiştirilen ekmeklik buğday genotiplerinin farklı dönemlerde ölçülen SPAD değerleri ve değişim farkı (KK-SSK) (B: Başaklanma dönemi, Ç: Çiçeklenme dönemi, TD: Tane dolum başlangıcı dönemi, TD15: Tane dolumunun 15. gününde SPAD ölçümü).

Araştırmada normal ve geç ekim koşullarında yetiştirilen ekmeklik buğday genotiplerinin 4 farklı gelişim döneminde ölçülen SPAD değerlerine ait Scatterplot Matrix korelasyon analizi sonuçları Şekil 3'te verilmiştir. Bu sonuçlara göre, hem normal ekimde hem de geç ekimde dönemler bakımından ölçülen SPAD değerleri arasında doğrusal bir ilişki olduğu belirlenmiştir. Çalışmada korelasyon ilişkilerinin ortamlar ve dönemler arasında benzerlik gösterdiği belirlenirken, en güçlü ilişki her iki ortamda da çiçeklenme dönemi SPAD ile tane dolum başlangıcı SPAD ölçümünde tespit edilmiştir. Daha önce yapılan benzer çalışmalarda araştırmacılar SPAD ölçümlerinde ilişkinin gücünün ölçülen ortama ve fenolojik aşamaya bağlı olarak değiştiğini bildirmiştir (Reynolds ve ark., 1997). Yaprakların toplam klorofil miktarını temsil eden SPAD değerinin ekmeklik buğday çeşitlerinde çevre ve çeşitlere göre değişkenlik gösterdiği belirlenmiştir (Yıldırım ve ark., 2009). Kışlık buğdaylarda tane verimi ile SPAD değerleri arasında hem başaklanma (Bavec ve Bavec, 2001) hem de tane dolum döneminde (Jiang ve ark., 2004) önemli ve olumlu ilişkiler bulunduğu bildirilmiştir.



Şekil 3. Kontrol (a: normal ekim) ve sıcak stresli koşullarda (b: geç ekim) yetiştirilen ekmeklik buğday genotiplerinin farklı dönemlerde ölçülen SPAD değerlerinin Scatterplot Matrix korelasyon analizi (B: Başaklanma dönemi, Ç: Çiçeklenme dönemi, TD: Tane dolum başlangıcı dönemi, TD15: Tane dolumunun 15. gününde SPAD ölçümü)

SONUÇ

Normal ve geç ekim koşullarında ekmeklik buğday genotiplerinin farklı gelişim dönemlerinde ölçülen klorofil içeriği üzerine sıcaklık stresinin etkisinin belirlenmesi amacıyla yürütülen bu çalışmada; sıcaklık stresinin etkili olduğu geç ekim koşulları bitkinin klorofil içeriğini azaltmıştır. SPAD değeri bakımından sıcaklık stresinin etkili olduğu en belirleyici dönem tane dolumunun 15. günü olarak belirlenmiştir. Ölçüm dönemleri ve ekim zamanları değişkenlik göstermesine rağmen en yüksek ve en düşük SPAD değerine sahip genotiplerin sıralaması benzerlik göstermiştir. Alada, Empire ve Sagittario çeşitlerinin kontrol koşullarına kıyasla sıcak stresli koşullarda SPAD değerinin arttığı ve bu çeşitlerin stabil yapıya sahip oldukları belirlenmiştir.

KAYNAKLAR

Balla, K., Karsai, I., Bónis, P., Kiss, T., Berki, Z., Horváth, Á., Mayer, M., Bencze, S., Veisz, O. (2019). Heat stress responses in a large set of winter wheat cultivars (*Triticum aestivum* L.) depend on the timing and duration of stress. PLoS One, 14: e0222639.

Barutçular, C., Yıldırım, M., Koç, M., Akıncı, C., Toptaş, I., Albayrak, Ö., Tanrıkulu, A. (2016). Evaluatıon of spad chlorophyll in sprıng wheat genotypes under dıfferent envıronments. Fresenius Environmental Bulletin, 25(4): 1258-66.

Bavec, F., Bavec, M. (2001). Chlorophyll meter readings of winter wheat cultivars and grain yield prediction. Commun. Soil Sci. Plant Anal., 32: 2709-2719.
Bayhan, M., Özkan, R., Yorulmaz, L., Yıldırım, M., Akıncı, C. (2022). Sıcaklık stresine bağlı olarak gelişim hızı ve klorofil miktarı bakımından ekmeklik buğday genotiplerindeki farklılıkların belirlenmesi. Anadolu 9. Uluslararası Uygulamalı Bilimler Kongresi, 11-12 Haziran, Diyarbakır, s: 149-164.
Brestic, M., Zivcak, M., Hauptvogel, P., Misheva, S., Kocheva, K., Yang, X., Li, X., Allakhverdiev, S. I. (2018). Wheat plant selection for high yields entailed improvement of leaf anatomical and biochemical traits including tolerance to non-optimal temperature conditions. Photosynthesis Research, 136: 245-55.
Delgado, E., Mitchell, R. A. C., Parry, M. A. J., Driscoll, S. P., Mitchell, V. J., Lawlor, D. W. (1994). Interacting effects of CO2 concentration, temperature and nitrogen supply on the photosynthesis and composition of winter wheat leaves. Plant Cell Environ., 17: 1205-13.
Farooq, M., Bramley, H., Palta, J. A., et al. (2011). High temperature stress in wheat during reproductive and grain-filling phases. Crit Rev Plant Sci., 30: 491-507.
Islam, R. M., Haque, S. K. M., Akter, N., Karim, N. A. (2014). Leaf chlorophyll dynamics in wheat based on SPAD meter reading and its relationship with grain yield. Scientia Agriculturae, 8: 13-18.
Jangid, K. K., Srivastava, J. P. (2018). Canopy temperature depression and stay green: mojor component for identifying terminal heat stress resistant genotypes of wheat. Int. J. Pure App. Biosci., 6(3): 374-81.
Jiang, D., Dai, T., Jing, Q., Cao, W., Zhou, Q., Zhao, H., Fan, X. (2004). Effects of long term fertilization on leaf photosynthetic characteristics and grain yield in winter wheat. Photosynthetica, 42: 439-446.
Joshi, A. K., Mishra, B., Chatrath, R., Ortiz, F. G., Singh, R. P. (2007). Wheat improvement in India: present status, emerging challenges and future prospects. Euphytica, 157: 431-446.
Kumari, M., Pukade, R. N., Singh, V. P., Joshi, A. K. (2013). Association of stay-green trait with canopy temperature depression and yield traits under terminal heat stress in wheat (*Triticum aestivum* L.). Euphytica, 190: 87-97.
Lopes, M. S., Reynolds, M. P., Jalal-Kamali, M. R., Moussa, M., Feltaous, Y., Tahir, I. S. A., Barma, N., Vargas, M., Mannes, Y., Baum, M. (2012). The yield correlations of selectable physiological traits in a population of advanced spring wheat lines grown in warm and drought environments. Field Crops Research, 128: 129-136.
Mantri, N., Patade, V., Penna, S., Ford, R., Pang, E. (2012). Abiotic stress responses in plants: present and future. In Abiotic Stress Responses in Plants; Springer, New York, USA, pp.1-19.
Narendra, M. C., Roy, C., Kumar, S., Virk, P., De, N. (2021). Effect of terminal heat stress on physiological traits, grain zinc and iron content in wheat (*Triticum aestivum* L.). Czech Journal of Genetics and Plant Breeding, 57: 43-50.
Netto, A. T., Campostrini, E., de Oliveira, J. G., Bressan- Smith, R. E. (2005). Photosynthetic pigments, nitrogen, chlorophyll a fluorescence and SPAD-502 readings in coffee leaves. Scientia Horticulturae-Amsterdam, 104: 2199-209.
Ni, Z., Li, H., Zhao, Y., Peng, H., Hu, Z., Xin, M., Sun, Q. (2018). Genetic improvement of heat tolerance in wheat: Recent progress in understanding the underlying molecular mechanisms. Crop Journal, 6: 32-41.
Paliwal, R., Roder, M. S., Kumar, U., Srivastava, J. P., Joshi, A. K. (2012). QTL mapping of terminal heattolerance in hexaploid wheat (T. *aestivum* L). Theoretical and Applied Genetics, 125: 561-75.
Prasad, P. V. V., Pisipati, S. R., Momčilović, I., Ristic, Z. (2011). independent and combined effects of high temperature and drought stress during grain filling on plant yield and chloroplast EF-Tu expression in spring wheat. J. Agronomy and Crop Science, 197: 430-41.
Reynolds, M. P. Ageeb, O. A. A., Nagarajan, S., Razzaque, M. A., Rajaram, S. (1997). Analysis of the relationship between physiological traits and international yield data. In: Using canopy temperature depression to select for yield potential of wheat in heat-stressed environments. Wheat Special Report No. 42. Mexico, D.F.: CIMMYT, pp. 6-18.

Reynolds, M. P., Delgado, M. I., Gutierrez, R. M., Larque-Saavedra, A. (2000). Photosynthesis of wheat in a warm, irrigated environment. I. genetic diversity and crop productivity. Field Crops Research, 66: 37-50.
Rosyara, U., Subedi, S., Duveiller, E., Sharma, R. C. (2010). Photochemical efficiency and SPAD value as indirect selection criteria for combined selection of spot blotch and terminal heat stress in wheat. Journal of Phytopathology, 158: 813-21.
Roy, C., Chattopadhyay, T., Ranjan, R. D., Ul Hasan, W., Kumar, A., De, N. (2021). Association of leaf chlorophyll content with the stay-green trait and grain yield in wheat grown under heat stress conditions. Czech J. Genet. Plant Breed., 57(4): 140-148.
Shewry, P. R., Hey, S. J. (2015). The contribution of wheat to human diet and health. Food Energy Secur., 4: 178-202.
Shiferaw, B., Smale, M., Braun, H. J., Duveiller, E., Reynolds, M., Muricho, G. (2013). Crops that feed the world 10. Past successes and future challenges to the role played by wheat in global food security. Food Secur., 5: 291-317.
Spaner, D., Todd, A. G., Navabi, A., McKenzie, D. B., Goonewardene, L. A. (2005). Can leaf chlorophyll measures at differing growth stages be used as an indicator of winter wheat and spring barley nitrogen requirements in eastern Canada? Journal of Agronomy and Crop Science, 191: 393-399.
Sylvester-Bradley, R., Scott, R. K., Wright, C. E. (1990). Physiology in the production and improvement of cereals. HGCA Research Review No. 18, Cambridge, Soil Science Department.
Yadav, M. R., Choudhary, M., Singh, J., Lal, M. K., Jha, P. K., Udawat, P., Gupta, N. K., Rajput, V. D., Garg, N. K., Maheshwari, C. (2022). Impacts, tolerance, adaptation, and mitigation of heat stress on wheat under changing climates. Int. J. Mol. Sci., 23: 2838.
Yang, J., Sears, R., Gill, B., Paulsen, G. (2002). Genotypic differences in utilization of assimilate sources during maturation of wheat under chronic heat and heat shock stresses. Euphytica, 125: 179-88.
Yıldırım, M., Akıncı, C., Koç, M., Barutçular, C. (2009). Bitki örtüsü serinliği ve klorofil miktarının makarnalık buğday ıslahında kullanım olanakları. Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi, 24(3): 158-66.
Yıldırım, M., Kılıç, H., Kendal. E., Karahan, T. (2011). Applicability of chlorophyll meter readings as yield predictor in durum wheat. J. Plant Nutr., 34(2): 151-164.
Yıldırım, M., Koç, M., Akıncı, C., Barutçular, C. (2013). Variations in morphological and physiological traits of bread wheat diallel crosses under timely and late sowing conditions. Field Crops Research, 140: 9-17.

MAVİ KART: ADİL KARBON MODELİ MİKROALGLERİN KARBON PİYASASINDAKİ KRİTİK ROLÜ

Betül GÜROY
Yalova Üniversitesi Su Ürünleri Bölümü
ORCID ID: 0000-0002-4298-6256

ÖZET

Mikroalgler, atmosferdeki karbondioksiti fotosentez yoluyla yakalayıp depolayan yüksek verimli organizmalardır ve mevcut karbon piyasalarında en yüksek karbon kredisi potansiyelini sunan sekestrasyon süreçleri arasında yer almaktadır. Ancak, mevcut karbon piyasalarının yapısal eksiklikleri, büyük ölçekli kirleticilere karbon kredisi satın alarak gerçek emisyon azaltımı gerçekleştirmeden çevreci bir imaj oluşturma olanağı tanımaktadır. Örneğin, yüksek emisyon üreten bir şirket, fiili azaltım sağlamaksızın karbon kredisi satın alarak "karbon nötr" olduğunu iddia edebilir. Bu tür uygulamalar, “yeşil yıkama” (greenwashing) olarak nitelendirilmekte ve karbon piyasalarının güvenilirliğini zedelemektedir.

Bu çalışmada, karbon piyasalarının daha adil ve etkin yönetilmesini sağlamak amacıyla “Mavi Kart: Adil Karbon Modeli” önerilmektedir. Model, yalnızca büyük ölçekli şirketlerin değil, bireylerin ve küçük ölçekli işletmelerin de karbon dengeleme süreçlerine katılımını teşvik etmektedir. “Üreticiden tüketiciye” karbon yönetimi anlayışıyla piyasa kapsayıcılığını artırmayı hedefleyen model, karbon kredilerinin şeffaf ve dengeli kullanımını sağlamak amacıyla kota sistemini benimsemekte ve önceden alınan kredilerin yalnızca işlem şartı olarak kullanılmasını öngörmektedir. Ayrıca, karbon piyasalarındaki manipülasyonları önlemek adına en az dört farklı karbon yakalama yönteminin zorunlu hale getirilmesi önerilmektedir.

Mavi Kart Modeli, karbon piyasalarında gerçek ve ölçülebilir emisyon azaltımını teşvik eden yenilikçi bir yaklaşımdır. Modelin uygulanabilirliğine yönelik “uygulanamaz, maliyetli ve karmaşık” gibi eleştiriler, sıklıkla mevcut sistemin dönüşümüne karşı direnç göstergesi olarak değerlendirilmektedir. Bu çalışma, modelin tüm yönlerini kapsamamakla birlikte, karbon piyasalarında yapısal bir paradigma değişimi başlatmayı amaçlamaktadır. Modelin hayata geçirilmesi, büyük sanayi kuruluşları ve karbon kredisi ticaretinden ekonomik kazanç sağlayan aktörler açısından mevcut esnekliklerin ortadan kalkmasını ve doğrudan emisyon azaltımına yönelik somut adımlar atılmasını zorunlu kılacaktır. Küresel iklim değişikliğinin uzun vadeli ekonomik ve çevresel maliyetleri göz önüne alındığında, finansal kaygılar ikincil öneme sahiptir.

Mikroalglerin yüksek karbon sekestrasyon kapasitesi, biyoteknoloji, gıda, enerji ve çevresel sürdürülebilirlik alanlarında önemli ekonomik değer yaratmaktadır. Model, mikroalg bazlı

çözümleri teşvik ederek sanayide yaygınlaştırmayı, istihdamı artırmayı ve sürdürülebilir üretimi hızlandırmayı amaçlamaktadır. Modelin etkinliğini sağlamak adına düzenleyici çerçeveler oluşturulmalı, teşvik mekanizmaları geliştirilerek karbon piyasalarındaki spekülasyon önlenmeli ve yalnızca doğrulanabilir emisyon azaltımına dayalı karbon kredileri desteklenmelidir.

Anahtar Kelimeler: Mavi Karbon, Mikroalg Tabanlı Karbon Yakalama, Karbon Kredileri ve Piyasaları, Yeşil Yıkama ve Karbon Adaleti, Mavi Kart Modeli ve Karbon Kredisi Reformu

BLUE CARD: FAİR CARBON MODEL
THE CRITICAL ROLE OF MICROALGAE IN THE CARBON MARKET

ABSTRACT

Microalgae are highly efficient organisms that capture and store atmospheric carbon dioxide through photosynthesis, offering one of the highest carbon credit potentials among existing sequestration processes in carbon markets. However, structural deficiencies in current carbon markets enable large-scale polluters to purchase carbon credits without actual emission reductions, thereby fostering a misleading perception of environmental responsibility. For instance, a high-emission company may claim "carbon neutrality" simply by acquiring credits without implementing tangible mitigation measures. Such practices, commonly referred to as "greenwashing," undermine the credibility and effectiveness of carbon markets.

This study introduces the Blue Card: Fair Carbon Model, aimed at ensuring a more equitable and effective management of carbon markets. The model seeks to expand participation beyond large corporations, encouraging individuals and small enterprises to engage in carbon offset mechanisms. By adopting a "producer-to-consumer" carbon management approach, the model enhances market inclusivity. It promotes transparency and balance by introducing a quota system for carbon credit utilization and requiring pre-purchased credits to be used solely as transactional conditions rather than as a substitute for actual reductions. Additionally, to prevent market manipulation, the model mandates the adoption of at least four distinct carbon capture methods, thereby ensuring a diversified and verifiable approach to carbon offsetting.

The Blue Card Model represents an innovative approach designed to prevent market distortions and promote genuine, quantifiable emission reductions. Criticism labeling the model as "impractical, costly, or overly complex" often reflects resistance to systemic change rather than an inherent flaw in the framework. While this study does not encompass all aspects of the model, it aims to catalyze a paradigm shift within carbon markets. Implementing the model

would necessitate the elimination of current flexibilities that allow large-scale industrial entities and carbon credit traders to avoid direct emission reductions, compelling them to undertake tangible mitigation actions. Given the long-term economic and environmental costs of climate change, financial concerns should be considered secondary to effective climate action.

With their high carbon sequestration capacity, microalgae generate economic value across biotechnology, food, energy, and environmental sustainability sectors. The model advocates for the widespread adoption of microalgae-based solutions, aiming to foster industrial integration, enhance employment opportunities, and accelerate the transition toward sustainable production. To ensure its effectiveness, regulatory frameworks and incentive mechanisms must be established, while speculation in carbon markets should be curtailed by exclusively supporting verifiable emission reduction initiatives.

Keywords: Blue Carbon, Microalgae-Based Carbon Capture, Carbon Credits and Markets, Greenwashing, Fair Carbon Governance, Blue Card Model, Carbon Credit Reform

1. GİRİŞ

İklim değişikliği, sanayi devriminden bu yana hızla artan sera gazı emisyonları nedeniyle günümüzün en büyük çevresel tehditlerinden biri haline gelmiştir. 2019 yılı itibarıyla küresel sera gazı emisyonları yıllık 37 milyar metrik tona ulaşmış, özellikle karbondioksit (CO_2), metan (CH_4) ve diazot monoksit (N_2O) gibi gazların atmosferdeki konsantrasyonu sanayi öncesi döneme kıyasla önemli ölçüde artmıştır (Friedlingstein ve diğ, 2022; Saunois ve diğ, 2020). Sanayi öncesi dönemde 280 ppm seviyesinde olan atmosferik CO_2 konsantrasyonu günümüzde 420 ppm'e yükselmiş, bu artış küresel sıcaklıkların ortalama 1,1°C yükselmesine neden olmuştur (NOAA, 2023; IPCC, 2023). Bunun sonucunda, aşırı hava olaylarının sıklığı artmış, ekosistemler ve insan toplulukları üzerinde ciddi etkiler ortaya çıkmıştır (IPCC, 2023).

CO_2, küresel sera gazı emisyonlarının %76'sını oluşturarak iklim değişikliğinin temel belirleyicisi konumundadır. Buna karşılık metan (CH_4) %16, diazot monoksit (N_2O) %6 ve florlu gazlar (HFC'ler, PFC'ler, SF_6) %2 oranında küresel emisyonlara katkıda bulunmaktadır (IPCC, 2021). CO_2'nin iklim değişikliği üzerindeki etkisi yalnızca yüksek emisyon oranına bağlı değildir; aynı zamanda atmosferde kalma süresi 100 ila 1000 yıl arasında değişerek uzun vadeli ısınmayı sürdüren en önemli sera gazı olma özelliğini taşımaktadır (NASA Earth Observatory, 2023).

Metan, CO_2'ye kıyasla kısa vadede 28 kat daha güçlü bir sera etkisi yaratsa da, atmosferde yalnızca 12 yıl kalması nedeniyle uzun vadeli ısınma üzerindeki etkisi daha sınırlıdır. Öte yandan diazot monoksit (N_2O), atmosferde 114 yıl kalmasına rağmen düşük konsantrasyonu nedeniyle CO_2 kadar belirleyici bir faktör olmamaktadır. Bu bağlamda, karbon emisyonlarının azaltılması, iklim değişikliğiyle mücadelede birincil hedef olarak ele alınmaktadır (IPCC, 2023).

Kyoto Protokolü, 1997'de kabul edilip 2005'te yürürlüğe girerek küresel ısınmayla mücadelede önemli bir dönüm noktası olmuştur. Protokol, sera gazı emisyonlarını belirlenen seviyelere çekerek küresel sıcaklık artışını sınırlandırmayı hedeflemiş ve çevresel risk taşıyan sektörler üzerindeki düzenleyici baskıyı artırmıştır. Bu doğrultuda, 2000 yılında Karbon Açıklama Projesi (CDP) kurulmuş, şirketlerin sera gazı emisyonlarını ve iklim değişikliği stratejilerini gönüllü olarak raporlamaları için küresel bir çerçeve sunmuştur. 2002'den itibaren yürütülen anketler, büyük ölçekli şirketlerin çevresel performanslarını yatırımcılarla paylaşmalarını teşvik etmektedir. Türkiye, 2009'da Kyoto Protokolü'nü imzalayarak iklim değişikliğiyle mücadele taahhüdünde bulunmuş, 2012'de sera gazı emisyonlarının izlenmesi ve raporlanmasını zorunlu kılan yönetmeliği yürürlüğe koymuştur (MoEU, 2012). İlk etapta belirli sanayi tesisleri için 2016'ya kadar tamamlanması öngörülen bu süreç, 2014'te yapılan düzenlemeyle 2017'ye ertelenmiştir. Türkiye, 2016'da Paris Anlaşması'nı imzalamış ancak onay süreci halen devam etmektedir. Anlaşmanın onaylanması, Türkiye'nin çevre düzenlemeleri, karbon piyasalarına entegrasyonu ve sürdürülebilir kalkınma politikaları açısından önemli etkiler yaratacaktır. Türkiye'nin AB adaylığı, karbon politikalarına uyum sürecini de kritik bir hale getirmektedir (Kılıç ve Kuzey, 2018).

IPCC, küresel sıcaklık artışını 1,5°C ile sınırlamak için kişi başına karbon emisyonlarının 2050'ye kadar 2 ton CO_2 seviyesine düşmesi gerektiğini belirtmektedir (IPCC, 2021). Ancak mevcut küresel ortalama 4-5 ton olup, bazı ülkelerde bu oran çok daha yüksek seviyelerdedir (World Bank, 2023). Bu durum, karbon emisyonlarının yönetimini ve sürdürülebilir azaltım politikalarının hızla uygulanmasını zorunlu kılmaktadır.

Tablo 1, farklı ülkelerde kişi başına düşen mevcut karbon emisyonlarını ve hedeflenen seviyeleri göstermektedir. Özellikle gelişmiş ekonomilerde mevcut emisyon seviyelerinin belirlenen sınırların oldukça üzerinde olduğu görülmektedir. Bu fark, karbon azaltım politikalarının küresel düzeyde daha sıkı hale getirilmesini ve sanayi ile enerji sektörlerinde etkili sürdürülebilirlik politikalarının hayata geçirilmesini gerekli kılmaktadır.

Tablo 1. Ülkelere Göre Mevcut ve Olması Gereken Kişi Başına CO_2 Emisyonları

Ülke	Mevcut Kişi Başına Emisyon (ton CO_2)	Olması Gereken (ton CO_2)	Fark (%)	Kaynaklar
Katar	31.0	2	+1450%	Global Carbon Project, 2024; World Bank, 2023
ABD	13.0	2	+550%	Global Carbon Project, 2024; World Bank, 2023
Avustralya	15.0	2	+650%	Global Carbon Project, 2024; World Bank, 2023
Kanada	14.0	2	+600%	Global Carbon Project, 2024; World Bank, 2023
Almanya	8.4	2	+320%	Global Carbon Project, 2024; World Bank, 2023
Güney Kore	11.5	2	+475%	Global Carbon Project, 2024; World Bank, 2023
Türkiye	6.7	2	+235%	TÜİK, 2021; Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, 2021
Hindistan	1.9	2	Uygun	Global Carbon Project, 2024; World Bank, 2023

Tablo 1'de görüldüğü üzere, gelişmiş ekonomilerde karbon emisyon seviyeleri belirlenen hedeflerin oldukça üzerindedir. Özellikle enerji yoğun sektörlerde faaliyet gösteren ülkelerde karbon salımlarını düşürmek için kapsamlı düzenlemeler ve yenilenebilir enerjiye geçişi hızlandıran teşvikler gerekmektedir.

İklim değişikliğiyle etkin mücadele edebilmek için karbon emisyonlarının küresel ölçekte azaltılması gereklidir. Kyoto Protokolü, CDP girişimleri ve Paris Anlaşması gibi uluslararası düzenlemeler, bu sürecin yönlendirilmesinde önemli rol oynamaktadır. Ancak, ülkelerin karbon azaltım hedeflerine ulaşabilmesi için teknolojik yeniliklerin desteklenmesi, enerji dönüşümüne yatırım yapılması ve sıkı karbon politikalarının benimsenmesi gerekmektedir.

Özellikle gelişmekte olan ülkeler için sürdürülebilir finansman mekanizmalarının oluşturulması, düşük karbonlu üretim modellerine geçişi hızlandırabilecek önemli bir araç olarak değerlendirilmektedir. Bu çerçevede, sanayi sektörlerinde karbon salımını azaltmaya yönelik yenilikçi çözümler geliştirilerek ve karbon piyasalarının etkin işleyişi sağlanarak küresel emisyon azaltım hedeflerine ulaşılması mümkün olabilir.

2023 yılında, küresel fosil yakıt kaynaklı CO_2 emisyonlarının %31'i Çin, %13'ü Amerika Birleşik Devletleri, %8'i Hindistan ve %7'si Avrupa Birliği'nin 27 üyesi tarafından gerçekleştirilmiştir. Bu dört bölge, toplam fosil CO_2 emisyonlarının %59'unu oluştururken, geri kalan dünya ve uluslararası havacılık ile deniz taşımacılığı %41'lik bir paya sahiptir (Global Carbon Project, 2024). Sanayi sektörü, küresel karbon emisyonlarının yaklaşık %70'inden sorumlu olup, enerji, çimento, çelik ve kimya endüstrileri bu emisyonların en büyük kaynaklarını oluşturmaktadır (International Energy Agency [IEA], 2022). Bu nedenle, karbon piyasaları ve emisyon ticaret sistemleri (ETS), sanayi sektörünü karbon emisyonlarını azaltmaya teşvik etmek için geliştirilen en önemli piyasa tabanlı mekanizmalardan biri olarak görülmektedir (United Nations Framework Convention on Climate Change [UNFCCC], 2023). Ancak, mevcut karbon piyasaları, büyük sanayi kuruluşlarının gerçek emisyon azaltımı

yapmaksızın, karbon kredisi satın alarak "karbon nötr" statüsü elde etmelerine olanak tanımaktadır (World Bank, 2023).

Karbon nötrlük, bir kurum, ülke veya bireyin saldığı karbon miktarını, eşdeğer miktarda karbon giderimi sağlayarak dengelemesi anlamına gelir. Bu dengeleme süreci genellikle yenilenebilir enerji yatırımları, orman karbon projeleri veya karbon yakalama teknolojileri yoluyla gerçekleştirilmektedir (IPCC, 2023; UNFCCC, 2022). Ancak, karbon nötrlük iddiası, çoğu zaman doğrudan emisyon azaltımı yerine finansal mekanizmalar üzerinden sağlandığı için eleştirilmektedir. Bu durum, sanayi sektöründe düşük karbonlu üretim modellerine geçişi geciktirirken, karbon piyasalarının çevresel etkinliğini de sınırlamaktadır (Bachram, 2004; Kollmuss ve diğ, 2008; Green, 2021). Bu noktada, emisyon azaltımı için geleneksel yöntemlerin sınırlamaları dikkate alındığında, yenilikçi ve biyolojik çözümler önem kazanmaktadır. Özellikle mikroalglerin atmosferdeki karbondioksiti biyolojik yollarla yüksek verimlilikle yakalama ve depolama kapasitesi, karbon yönetimi açısından sürdürülebilir bir alternatif sunmaktadır. Mikroalgler, yalnızca CO_2 yakalamakla kalmaz, aynı zamanda biyoyakıt, biyoplastik ve biyokimyasal üretimi gibi endüstriyel süreçlerde kullanılabilecek düşük karbonlu ürünlerin sürdürülebilir şekilde üretilmesine olanak tanır (Chisti, 2007; Wijffels & Barbosa, 2010). Böylece, mikroalg tabanlı üretim sistemleri hem fosil yakıt bazlı hammaddelere bağımlılığı azaltmakta hem de sanayi kaynaklı emisyonların döngüsel bir yaklaşımla yönetilmesine katkı sağlamaktadır (Cheah ve diğ, 2020). Ancak, karbon piyasalarının etkinliği yalnızca biyolojik veya teknolojik çözümlerle değil, aynı zamanda sistemin bütünsel güvenilirliği ile de doğrudan ilişkilidir.

Karbon piyasalarının yapısal eksikliklerinden biri, büyük ölçekli emisyon kaynaklarının karbon kredisi satın alarak sürdürülebilirlik hedeflerine ulaştıklarını iddia etmeleridir. Ancak bu mekanizma, çoğu durumda gerçek emisyon azaltımı sağlamaktan ziyade, finansal araçlar üzerinden sürdürülebilirlik algısı yaratmaktadır. Bu tür uygulamalar, "yeşil yıkama" (greenwashing) olarak adlandırılmakta ve karbon kredisi sisteminin çevresel güvenilirliğini ciddi şekilde zedelemektedir (Delmas & Burbano, 2011). Örneğin, 2022 yılında yapılan bir analiz, Avrupa Karbon Piyasası'nda satılan karbon kredilerinin %60'ının sahte veya şişirilmiş karbon azaltımı içerdiğini ortaya koymuştur (Integrity Council for the Voluntary Carbon Market [ICVCM], 2023). Bu durum, karbon piyasalarının çevresel fayda sağlama kapasitesini düşürmekte ve gerçek emisyon azaltım hedeflerine ulaşılmasını engellemektedir. Ayrıca, piyasaların uzun vadeli güvenilirliğini zayıflatarak, düşük karbonlu teknolojilere olan yatırımları erteleyen bir etki yaratmaktadır. Bu noktada, doğrudan emisyon azaltımını

hedefleyen karbon yakalama ve depolama yöntemleri önemli bir alternatif olarak görülmektedir. Ancak, geleneksel karbon yakalama ve depolama teknolojileri yüksek maliyetleri, enerji yoğunlukları ve sınırlı kapasiteleri nedeniyle sanayi sektörü için sürdürülebilir bir çözüm sunamamaktadır. Karbon Yakalama ve Depolama (CCS) sistemleri, büyük sanayi tesislerinde doğrudan baca gazlarından CO_2 yakalamayı amaçlasa da, yüksek yatırım maliyetleri ve coğrafi kısıtlamalar nedeniyle yaygın kullanım alanı bulamamaktadır (Mac Dowell ve diğ., 2017). Bununla birlikte, sanayi kaynaklı karbon emisyonlarının yönetilmesine yönelik bir diğer yaklaşım, baca gazlarından yakalanan CO_2'nin endüstriyel süreçlerde yeniden değerlendirilmesidir. Bu yöntem, karbon döngüsünü kapatmaya yönelik alternatif bir strateji olarak öne çıkmaktadır. Yakalanan CO_2, çeşitli sektörlerde değerli bir hammadde olarak kullanılabilmektedir. Örneğin, çimento ve beton üretiminde karbon mineralleştirme süreçleri yoluyla CO_2, betonun sertleşme aşamasında kullanılmakta ve atmosferdeki karbonun uzun vadeli olarak depolanması sağlanmaktadır (Li ve diğ, 2024). Kimya endüstrisinde ise CO_2, metanol, üre ve polimer bazlı ürünlerin üretiminde hammadde olarak değerlendirilmektedir (Aresta ve diğ. 2013). Ayrıca, karbon bazlı yakıtların sentezinde kullanılarak enerji sektöründe karbon-nötr yakıt üretimi sağlanabilmektedir (Hepburn ve diğ, 2019). Bu tür yaklaşımlar, sanayi sektöründe karbon emisyonlarının azaltılmasına katkı sağlarken, döngüsel ekonomi ilkeleri doğrultusunda karbon bazlı hammaddelerin geri kazanımını teşvik etmektedir. Ancak, baca gazlarından yakalanan CO_2'nin sanayide kullanımının yaygınlaşması için maliyet etkinliği, altyapı gereksinimleri ve enerji tüketimi gibi faktörlerin dikkate alınması gerekmektedir.

Yüksek maliyetli karbon yakalama teknolojileri ve sınırlı pazar talebi, sanayinin bu tür uygulamalara geçişini zorlaştırmaktadır (Garcia-Herrero ve diğ, 2021). Ayrıca, baca gazı CO_2'sinin beton, kimyasal sentez veya yakıt üretimi gibi süreçlerde kullanılması, karbonu yalnızca geçici olarak geri kazandırmakta ve çoğu durumda atmosferden tamamen uzaklaştırmamaktadır. Örneğin, CO_2 bazlı yakıtlar kullanıldığında, yakıt yanmasıyla birlikte karbon tekrar atmosfere salınmaktadır. Dolayısıyla, karbonun kalıcı olarak sekestre edilebileceği alternatif çözümler büyük önem taşımaktadır. Bu noktada, karbon sekestrasyonu sağlayan hem doğal hem de teknolojik yöntemler arasında mikroalgler, atmosferdeki CO_2'yi biyolojik yollarla yakalama kapasitesi açısından en verimli seçeneklerden biri olarak öne çıkmaktadır.

Mikroalgler, yalnızca CO_2 tutmakla kalmayıp, fotosentetik süreçler aracılığıyla biyokütle üretimine dönüştürerek karbonu organik formlara entegre edebilmekte ve böylece uzun vadeli

karbon depolama potansiyeli sunmaktadır (Wijffels & Barbosa, 2010). Endüstriyel ölçekli biyoreaktörlerde gerçekleştirilen çalışmalarda, Chlorella sp., *Spirulina (Arthrospira)* sp. ve *Nannochloropsis* sp. gibi türlerin %90'a varan CO_2 yakalama oranlarına ulaşabildiği gösterilmiştir (Ho ve diğ, 2011). Bu türler, hektar başına CO_2 sekestrasyon kapasitesi açısından değerlendirildiğinde, geleneksel karasal bitkilere kıyasla oldukça yüksek bir verimlilik sunmaktadır. Örneğin, *Spirulina (Arthrospira) platensis* yılda hektar başına yaklaşık 56 ton CO_2 sekestre edebilirken (Chaumont, 1993), *Chlorella vulgaris* türü bu değeri 38-60 ton CO_2/ha/yıl aralığında gerçekleştirebilmektedir (Beal ve diğ, 2012). *Nannochloropsis* sp. türleri ise özellikle açık havuz sistemlerinde yıllık 60-80 ton CO_2/ha sekestre edebilme kapasitesine sahiptir (Ketheesan & Nirmalakhandan, 2012). Bu değerler, karasal biyokütle sistemlerine kıyasla yaklaşık 10 kat daha yüksek karbon yakalama potansiyeline işaret etmektedir.

Diğer baca gazı CO_2 kullanan sanayi süreçleri karbonu tekrar atmosfere salarken, mikroalgler karbonu biyokütleye dönüştürerek biyoyakıt, biyoplastik ve biyo-gübre üretimi gibi alanlarda kullanılmasını sağlamaktadır (Udaypal ve diğ, 2024). Kimyasal üretim süreçleri çoğunlukla karbonun atmosfere geri dönmesine neden olurken, mikroalg tabanlı biyokütle üretimi, karbonun biyolojik süreçlerde uzun vadeli depolanmasına olanak tanımaktadır. Bu yönüyle mikroalgler, çimento, kimya ve enerji sektörlerinde CO_2'nin geçici kullanımına kıyasla daha kalıcı bir karbon sekestrasyon stratejisi sunmaktadır. Bu bağlamda, mikroalglerin baca gazı CO_2'sinin sürdürülebilir şekilde değerlendirilmesi açısından diğer sanayi tabanlı çözümlere kıyasla daha avantajlı olduğu görülmektedir. Mikroalg tabanlı karbon yönetimi, hem karbon emisyonlarının azaltılmasına katkı sağlamakta hem de düşük karbonlu endüstriyel süreçlerin geliştirilmesine olanak tanımaktadır.

Bu çalışmada, farklı karbon yakalama sistemlerinin karbon sekestrasyon kapasitesi, su ve karbon ayak izleri, pazar hacmi ve karbon kredisi potansiyeli açısından karşılaştırılması Tablo 2'de detaylandırılmaktadır. Mikroalgler, fotosentez yoluyla atmosferdeki karbondioksiti (CO_2) biyokütleye dönüştürerek en verimli doğal karbon sekestrasyon mekanizmalarından birini oluşturur (Khan ve diğ., 2018; Gao ve diğ., 2021). Geleneksel kara bitkilerine kıyasla 10 kata kadar daha fazla karbon yakalama kapasitesine sahip olmaları, mikroalgleri sürdürülebilir karbon yönetimi açısından stratejik bir çözüm haline getirmektedir (Cheah ve diğ., 2020). Bununla birlikte, yüksek sekestrasyon kapasiteleri, mikroalgleri yalnızca çevresel sürdürülebilirlik açısından değil, aynı zamanda karbon piyasalarında etkin bir araç olarak değerlendirme potansiyeline sahip hale getirmektedir (Guo & Murphy, 2022). Ancak, mevcut

karbon piyasalarının adil bir yapı oluşturamaması, yüksek sekestrasyon kapasitesine sahip projelerin finansal sistemlere entegrasyonunu sınırlamaktadır.

Mavi Kart Modeli, bu sorunu çözmek amacıyla karbon piyasalarında şeffaflık, adalet ve etkinliği artırmayı hedeflemektedir. Bu bağlamda, yeşil finans politikalarının işletmeler üzerindeki etkisini inceleyen çalışmalar (Liao ve diğ, 2024; Wang & Zhou, 2024), finans sektörünün çevresel sürdürülebilirlikte oynadığı kritik rolü ortaya koymaktadır. Özellikle, Çevresel, Sosyal ve Yönetişim (Environmental, Social, and Governance – ESG) performansı, şirketlerin sürdürülebilirlik politikalarına ne kadar uyum sağladığını değerlendiren önemli bir kriter olarak öne çıkmaktadır. Liao ve diğ (2024), yeşil kredi politikalarının firmaların ESG performansı üzerindeki etkisini analiz ederek, çevresel sorumluluk bilinci yüksek şirketlerin finansal avantajlar elde edebileceğini göstermektedir. Bu bulgu, Mavi Kart Modeli'nin şeffaf karbon kredisi mekanizmasını destekleyebilecek bir finansal altyapıyı oluşturma hedefine katkı sağlamaktadır. Ancak, mevcut yeşil kredi politikalarının karbon piyasalarındaki spekülatif hareketleri önlemede yeterince etkili olup olmadığı tartışmalıdır ve bu noktada Mavi Kart Modeli'nin sunduğu düzenleyici mekanizmalar önemli bir boşluğu doldurmaktadır.

Finans sektörünün çevresel faktörleri nasıl entegre ettiğini inceleyen farklı bir yaklaşım ise Johnson & Kim (2023) çalışmasıdır. Bu çalışma, çevresel risklerin finansal mekanizmalara dahil edilmesinin kredi sözleşmelerine nasıl yansıdığını göstermektedir. Sonuçlar, şirketlerin çevresel risklerine dayalı olarak kredi koşullarının belirlendiğini ve çevresel sorumluluk kriterlerini yerine getiren firmaların daha avantajlı finansal olanaklara erişebildiğini ortaya koymaktadır. Bu durum, Mavi Kart Modeli'nin yalnızca doğrulanmış emisyon azaltım projelerinin karbon piyasalarında işlem görebilmesi gerektiği yönündeki temel ilkesiyle örtüşmektedir. Ancak, Xu & Lin (2023) çalışması, yeşil kredi politikalarının kirletici sanayilerin finansal erişimini nasıl etkilediğini inceleyerek, karbon kredilerinin sanayi sektörüne tahsis edilmesinde yeni düzenlemelerin gerekliliğini vurgulamaktadır. Bu noktada, Mavi Kart Modeli'nin karbon kredisi kullanımına getirdiği sınırlamalar, sanayi kaynaklı karbon kaçağını önlemek ve spekülatif işlemleri engellemek açısından önemli bir düzenleyici araç olarak değerlendirilebilir.

Tablo 2. Karbon sekestrasyon kapasitesi olan bazı uygulamalar ve sürdürülebilirlik ilişkisi

Tür	Karbon Sekestrasyon Kapasitesi (ton CO_2/ha/yıl)	Su Ayak İzi (m^3/ton üretim)	Karbon Ayak İzi (kg CO_2eq/ton üretim)	Pazar Hacmi (Milyar USD/yıl)	Karbon Kredisi (USD/ha/yıl)	Bulunduğu Yerler	Tahmin Edilen Kaynaklar
Kappaphycus alvarezii	220-250	8-12	1.2-1.8	10-15	8,800 - 15,000	Endonezya, Filipinler, Hint Okyanusu	FAO (2021), García-Poza ve diğ (2020)
Eucheuma spp.	250-280	9-14	1.5-2.0	12-16	10,000 - 18,000	Güneydoğu Asya, Karayipler	FAO (2021), IPCC (2023)
*Spirulina (Arthrospira)*spp.	180-220	6-10	1.8-2.5	5-7	7,200 - 13,200	Tatlı su gölleri, biyoreaktörler	Chisti (2007), Santos-Merino ve diğ (2023)
Ulva spp.	150-180	7-11	2.0-2.5	0.5-1	6,000 - 10,800	Akdeniz, Avrupa kıyıları	Neveux ve diğ (2014), Holdt & Kraan (2011)
Şeker Kamışı	30	1,500	40	70	750	Brezilya, Hindistan, ABD	World Sugar Market Report, 2023
Bambu	250	1,200	10	60	6,250	Çin, Hindistan, Güney Amerika	International Bamboo Organization, 2022
Soya	6	2,000	30	200	150	ABD, Brezilya, Arjantin	USDA, 2023
Mısır	8	1,800	50	200	200	ABD, Çin, Avrupa	Corn Production Reports, 2023
Domates	4	160	60	200	100	İtalya, İspanya, Türkiye	European Horticulture Review, 2022
Marul	3	130	20	30	75	Hollanda, Almanya, Türkiye	FAO Vegetable Report, 2023

Tablo 2'ye göre farklı biyokütle kaynaklarının karbon sekestrasyon kapasiteleri büyük ölçüde değişmektedir. Bambu, hızlı büyümesi ve yüksek biyokütlesi sayesinde yılda yaklaşık 250 ton CO_2/ha sekestre edebilir (Luo ve diğ, 2020). Buna karşılık, şeker kamışı bu değerin oldukça altında olup 30 ton CO_2/ha/yıl karbon depolayabilir (FAO, 2021). Soya ve mısır gibi tarım ürünlerinin karbon tutma kapasitesi daha sınırlıdır (sırasıyla 6 ve 8 ton CO_2/ha/yıl) (Searle & Malins, 2014). Domates ve marul gibi sebzelerde bu oran oldukça düşük olup 3-4 ton CO_2/ha/yıl seviyelerindedir (Neveux ve diğ, 2014).

Ancak, karbon sekestrasyon kapasitesinin yanı sıra su tüketimi ve karbon ayak izi de önemli faktörlerdir. Bambu ve şeker kamışı, üretim sırasında yüksek su tüketimine sahiptir (1,200-1,500 m^3/ton) (Choudhury ve diğ, 2022). Soya ve mısır ise daha fazla su kullanarak 1,800-2,000

m^3/ton seviyelerine ulaşmaktadır (FAO, 2021). Buna karşılık, domates ve marul gibi sebzeler çok daha düşük su tüketimiyle 130-160 m^3/ton seviyelerinde kalmaktadır (FAO, 2023).

Karbon kredisi açısından bakıldığında, bambu yüksek karbon sekestrasyon kapasitesiyle 6,250 USD/ha/yıl gelir potansiyeline sahiptir (Xu ve diğ, 2021). Şeker kamışı daha düşük olup 750 USD/ha/yıl seviyelerindedir (World Bank, 2022). Soya ve mısır, 150-200 USD/ha/yıl arasında değişen karbon kredisi sağlayabilirken, domates ve marul en düşük karbon kredisi potansiyeline sahiptir (75-100 USD/ha/yıl) (ICAP, 2023).

Yenilenebilir enerji santralleri, doğrudan karbon sekestrasyonu sağlamasa da, fosil yakıt tüketimini azaltarak net karbon emisyonlarını düşürmektedir (IEA, 2022). Bu nedenle, büyük ölçekli yenilenebilir enerji projeleri, Gold Standard, VCS (Verified Carbon Standard) ve CDM (Clean Development Mechanism) gibi karbon kredilendirme programları kapsamında değerlendirilebilir (Verra, 2023; UNFCCC, 2022). Bu mekanizmalar, fosil yakıt kullanımını azaltarak karbon emisyonlarını düşüren projelere karbon kredisi tahsis edilmesini sağlar. Yenilenebilir enerji projelerinin karbon piyasalarına entegrasyonu aşağıdaki prensiplere dayanır:

Rüzgar enerjisi, en yüksek karbon kredisi değerine sahiptir, çünkü doğrudan sera gazı emisyonlarını azaltarak net sıfır karbon emisyonu sağlar (GWEC, 2022).

Güneş enerjisi, temiz enerji üretimi sağladığı için karbon dengeleme projeleri kapsamında kredilendirilebilir (IEA, 2023).

Hidroelektrik santralleri, yenilenebilir enerji kaynağı olmasına rağmen, inşaat sürecinde ve rezervuar alanlarında karbon salımı yarattığı için nispeten daha az karbon kredisi elde eder (IHA, 2023).

Bu bağlamda, yenilenebilir enerji projeleri sürdürülebilir finansman açısından önemli bir fırsat sunmaktadır. Ancak, karbon kredisi mekanizmalarının etkinliği, projenin sera gazı azaltım potansiyeli, ek finansal desteğe olan ihtiyacı ve karbon piyasalarının dinamiklerine bağlıdır (World Bank, 2022).

Tablo 3. Yenilenebilir enerji santrallerinin karbon azaltımı ve tahmini karbon kredisi değerleri

Tür	Yıllık Karbon Azaltımı (ton CO_2/MW/yıl)	Tahmini Karbon Kredisi (USD/MW/yıl)	Referanslar
Güneş Enerjisi (1 MW)	500 - 700	10,000 - 15,000	IEA (2023); UNFCCC (2022)
Rüzgar Enerjisi (1 MW)	800 - 1,200	15,000 - 22,000	GWEC (2022); Verra (2023)
Hidroelektrik (1 MW)	300 - 600	7,000 - 12,000	IHA (2023); World Bank (2021)

Karbon kredileri, sera gazı emisyonlarını azaltan projelere sağlanan finansal teşviklerdir ve karbon fiyatlandırmasına bağlı olarak değişkenlik gösterebilir. Tablo 3'te sunulan tahminler,

karbon kredisi fiyatlarının 20-25 USD/ton CO_2 olduğu varsayımıyla hesaplanmıştır. Karbon kredisi hesaplaması şu şekilde formüle edilebilir:

Karbon Kredisi = Yıllık Karbon Azaltımı × Karbon Kredisi Fiyatı (20-60 USD/ton CO_2)

Bu formül, belirli bir projeden sağlanan karbon azaltım miktarı ile mevcut piyasa fiyatı çarpılarak karbon kredisi değerinin hesaplanmasını sağlar. Karbon kredisi fiyatları, piyasa koşulları, bölgesel regülasyonlar ve karbon azaltım talebine bağlı olarak farklılık gösterebilir (World Bank, 2022; ICAP, 2023). Rüzgar enerjisi, en yüksek karbon kredisi değerine sahiptir çünkü doğrudan sera gazı emisyonlarını önler (GWEC, 2022).

Hidroelektrik santralleri, baraj inşaatı sırasında büyük miktarda karbon salımına neden olabileceğinden, karbon kredisi getirisi rüzgar ve güneş enerjisine kıyasla daha düşük olabilir (IHA, 2023). Güneş enerjisi sistemleri, düşük karbon ayak izi ve temiz enerji üretimi sağladıkları için karbon dengeleme projeleri kapsamında değerlendirilebilir (IEA, 2023). Bu nedenle, yenilenebilir enerji projeleri sürdürülebilir finansman açısından önemli bir fırsat sunarken, karbon kredilerinin etkili tahsis edilmesi, enerji türüne ve ilgili piyasa dinamiklerine bağlıdır (World Bank, 2022).

Yeşil finansman, çevresel sürdürülebilirliği teşvik eden projelerin finansal destek mekanizmalarını kapsar. Liu diğ (2024) çalışması, çevresel performansı yüksek firmaların finansmana daha kolay erişebildiğini, ancak karbon kredilerinin finansal sürdürülebilirlik açısından daha etkin hale getirilmesi için ek düzenlemelere ihtiyaç duyulduğunu ortaya koymaktadır. Mavi Kart Modeli, karbon piyasalarındaki spekülasyonu azaltarak yatırımcıların gerçekten çevresel fayda sağlayan projelere yönlendirilmesini hedeflemektedir. Ancak, karbon kredilerinin tahsisi ve sürdürülebilir finans açısından nasıl daha etkin hale getirilebileceği, halen detaylandırılması gereken önemli bir konudur (Busch, 2015).

Rüzgar enerjisi santralleri (RES) ve güneş enerjisi sistemleri, düşük karbon ayak izi ve minimum su tüketimi ile en sürdürülebilir enerji kaynakları arasında yer almaktadır. RES sistemleri, doğrudan fosil yakıt tüketmeden enerji üretse de, montaj ve bakım süreçlerinde dolaylı emisyonlara neden olabilir. Ancak, 1 MWh başına yalnızca 3-10 g CO_2/kWh seviyesinde karbon emisyonu üretirken, kömür santralleri için bu değer 900 g CO_2/kWh, doğal gaz santralleri için ise 450 g CO_2/kWh seviyelerindedir (FAO, 2021; IEA, 2022).

Rüzgar enerjisi, işletme sırasında neredeyse sıfır su tüketimi gerektirir, ancak bakım ve temizlik süreçlerinde 1-2 litre su kullanımı olabilir. Güneş enerjisi sistemleri, 300-400 litre/MWh su tüketirken,

Hidroelektrik santralleri 50.000 litre/MWh seviyesinde su kullanımı ile çok daha yüksek bir tüketim gerektirir (García-Poza ve diğ, 2020). Bu bağlamda, rüzgar ve güneş enerjisi, düşük karbon ve su ayak izine sahip olmaları nedeniyle sürdürülebilir enerji kaynakları arasında öne çıkmaktadır.

Mikroalgler, fotosentez yoluyla atmosferdeki CO_2'yi yakalayarak biyolojik karbon sekestrasyonu sağlayan önemli organizmalardır. Spirulina, özellikle karbon yakalama kapasitesi yüksek türlerden biridir. 1 kg kuru Spirulina, yaklaşık 2 kg CO_2 absorbe edebilir ve biyokütle üretimi ile karbon döngüsünü dengeleyebilir (Maneerung ve diğ, 2019; Kjellin & Langton, 2020). Bununla birlikte fotobiyoreaktörler veya açık havuzlar, su pompalama, havalandırma ve karıştırma gibi süreçlerde enerji tüketimi yapar. Sprey kurutma veya dondurarak kurutma işlemleri, karbon ayak izini artırabilir. *Spirulina (Arthrospira)* üretiminin karbon ayak izi, 1 kg kuru *Spirulina (Arthrospira)* başına 2-10 kg CO_2eq arasında değişebilir (López-Mas ve diğ, 2021). Su tüketimi açısından, 1 kg kuru *Spirulina (Arthrospira)*üretimi için 3.000-4.000 litre su kullanımı gerektiği bildirilmiştir (FAO, 2021).

Avrupa Birliği'nin Sınırda Karbon Düzenleme Mekanizması (CBAM), karbon yoğun sektörlerde emisyonları azaltmayı ve karbon kaçağını önlemeyi amaçlayan bir politika aracıdır. 2026 itibarıyla, demir-çelik, çimento, alüminyum, elektrik üretimi ve gübre sektörlerinde faaliyet gösteren ithalatçılar, gömülü karbon emisyonlarını raporlamak ve CBAM sertifikalarını satın almakla yükümlü olacaktır (European Commission, 2023; OECD, 2022). Bu düzenleme, küresel karbon fiyatlandırma sistemlerini güçlendirmeyi ve düşük karbonlu üretimi teşvik etmeyi hedeflemektedir.

Rüzgar ve güneş enerjisi gibi karbon-nötr enerji kaynakları, CBAM kapsamında herhangi bir ek maliyetle karşılaşmazken, biyolojik karbon yakalama yöntemleri karbon dengeleme mekanizmaları açısından önemli fırsatlar sunmaktadır. Mikroalg bazlı karbon yakalama sistemleri, özellikle *Spirulina (Arthrospira)*üretimi, atmosferdeki CO_2'yi fotosentez yoluyla yakalayarak biyolojik karbon sekestrasyonu sağlamaktadır. Araştırmalara göre 1 kg kuru Spirulina, yaklaşık 1,8 kg CO_2 absorbe edebilir (Chisti, 2007; Mata ve diğ, 2010). Ancak, *Spirulina (Arthrospira)* üretiminin karbon kredisi mekanizmalarına entegrasyonu henüz küresel ölçekte tam anlamıyla tanımlanmamıştır. Bu nedenle, *Spirulina (Arthrospira)* üretiminin karbon piyasalarına dahil edilmesi ve sağladığı çevresel faydaların belirlenmesi için daha fazla araştırmaya ihtiyaç duyulmaktadır (IPCC, 2023).

Deniz yosunu yetiştiriciliği, özellikle Eucheuma spp. gibi türler, karbon sekestrasyonu ve su tüketimi açısından sürdürülebilir bir biyokütle kaynağı olarak öne çıkmaktadır. FAO (2021) ve

Bach ve diğ (2021) raporlarına göre, Eucheuma spp. hektar başına yaklaşık 250 ton CO_2 absorbe edebilmekte ve üretimi sırasında yalnızca 12 m^3/ton su tüketmektedir.

Deniz yosunlarının karbon ayak izi, geleneksel tarım ürünlerine kıyasla oldukça düşüktür. *Eucheuma* spp. üretiminin karbon ayak izi 1,8 kg CO_2eq/ton olarak hesaplanırken, bu türün ekonomik potansiyeli de oldukça yüksektir. Küresel karagenan endüstrisinin pazar büyüklüğünün 10-15 milyar USD arasında değiştiği ve *Eucheuma* spp.'nin bu pazarın yaklaşık %80'ini oluşturduğu raporlanmaktadır (FAO, 2021; Garnier ve diğ, 2020). *Eucheuma* spp. yetiştiriciliği hektar başına yaklaşık 6,250 USD karbon kredisi sağlayabilir. Bu özellikleriyle deniz yosunları, sürdürülebilir karbon sekestrasyon projeleri için önemli bir aday haline gelmektedir (Bach ve diğ, 2021).

Sonuç olarak, düşük karbonlu üretim politikaları doğrultusunda rüzgar ve güneş enerjisi sistemleri, *Spirulina (Arthrospira)* ve deniz yosunu gibi biyolojik karbon yakalama çözümleri ile entegre edilerek, karbon-nötr üretim süreçlerinin geliştirilmesi mümkün hale gelebilir.

Karbon kredisi piyasaları, küresel emisyon azaltım hedeflerine ulaşmada önemli bir finansal araç olarak kabul edilmektedir. Ancak, mevcut sistemler spekülatif işlemler nedeniyle finansal sürdürülebilirlik sorunlarıyla karşı karşıyadır (Wang & Zhou, 2024). Mavi Kart Modeli, yalnızca bilimsel olarak doğrulanmış ve sürdürülebilir projelere kredi tahsis edilmesini öngörerek bu spekülasyonu engellemeyi hedeflemektedir.

Tablo 4. Farklı Karbon Yutakları

Tür	Karbon Sekestrasyon Kapasitesi (ton CO_2/ha/yıl)	Su Ayak İzi (m^3/ton üretim)	Karbon Ayak İzi (kg CO_2eq/ton üretim)	Pazar Hacmi (Milyar USD/yıl)	Karbon Kredisi (USD/ha/yıl)	Bulunduğu Yerler	Referanslar
Karbon Enjeksiyonu (Deniz Tabanı)	1000	50	5	10	15,000	Norveç, Kuzey Denizi, Kanada	IPCC Carbon Capture Report (2022)
Deniz Çayırı Restorasyonu	100	20	8	5	8,000	Akdeniz, Avustralya, ABD kıyıları	Global Seagrass Restoration Network (2023)
Mangrov Ormanları	300	50	6	15	12,000	Brezilya, Endonezya, Afrika	Mangrove Action Project (2023)
Torf Bataklıkları	400	30	4	8	14,000	Kanada, Rusya, Endonezya	Peatland Restoration Agency (2023)
Kıyı Sulak Alanları	250	40	7	6	9,000	ABD, Avrupa, Asya kıyıları	Ramsar Convention on Wetlands (2023)
Deniz Yosunu Çiftlikleri	500	15	3	25	16,000	Japonya, Avrupa, ABD	Global Seaweed Network (2023)
Orman Restorasyonu	200	100	5	50	7,000	Amazon, Afrika, Türkiye	World Forest Restoration Report (2023)
Toprak Karbon Yönetimi	100	10	2	10	5,000	ABD, Avrupa, Çin	FAO Soil Carbon Reports (2023)
Çöl Ağaçlandırması	150	60	8	12	8,000	Orta Doğu, Afrika, Çin	Desert Greening Initiatives (2023)

Tür	Karbon Sekestrasyon Kapasitesi (ton CO_2/ha/yıl)	Su Ayak İzi (m^3/ton üretim)	Karbon Ayak İzi (kg CO_2eq/ton üretim)	Pazar Hacmi (Milyar USD/yıl)	Karbon Kredisi (USD/ha/yıl)	Bulunduğu Yerler	Referanslar
Mikroalg Biyoreaktörleri	600	5	1	30	20,000	ABD, Avrupa, Japonya	European Algae Biomass Association (2023)

Mikroalg biyoreaktörleri ve deniz yosunu çiftlikleri, yüksek karbon sekestrasyon kapasiteleri ve biyoteknoloji yatırımlarıyla yüksek karbon kredisi getirisi sağlayan projeler arasında yer alırken, orman restorasyonu ve çöl ağaçlandırması gibi uzun vadeli projeler, nispeten daha düşük ekonomik teşviklere sahiptir. Bu farklılık, karbon kredisi piyasasında kısa ve uzun vadeli yaklaşımlar arasındaki dengeyi sağlamaya yönelik yeni modellerin gerekliliğini ortaya koymaktadır.

Deniz çayırları ve deniz yosunu yetiştiriciliği, mavi karbon ekonomisinin iki temel bileşeni olarak öne çıkmaktadır. Karbon sekestrasyonu, ekolojik sürdürülebilirlik ve ekonomik potansiyel açısından farklı avantajlara sahip olan bu ekosistemler, birbirini tamamlayan stratejiler sunmaktadır. Deniz çayırları, karbonu uzun vadeli olarak okyanus tabanında depolarken, deniz yosunu çiftlikleri hızlı büyüme kapasiteleriyle karbon yakalama sürecini hızlandırmakta ve biyoteknolojik uygulamalara geniş bir kullanım alanı sunmaktadır (Global Seagrass Restoration Network, 2023; Global Seaweed Network, 2023).

Mavi karbon ekosistemleri, küresel karbon döngüsünün önemli aktörlerinden biri olup, atmosferdeki karbonun uzun vadeli depolanmasını sağlayan kıyısal ve denizel ekosistemlerden oluşmaktadır. Deniz çayırları, mangrov ormanları, tuz bataklıkları ve deniz yosunları, karbon sekestrasyon süreçlerinde kritik roller üstlenirken, aynı zamanda kıyı koruma, su kalitesinin iyileştirilmesi ve biyoçeşitliliğin korunması gibi ekosistem hizmetleriyle çevresel sürdürülebilirliği desteklemektedir.

Deniz çayırları, yıllık 100 ton CO_2/ha kapasitesiyle karbon depolama açısından önemli bir ekosistem hizmeti sunmaktadır. Okyanus tabanında karbonu uzun vadeli olarak depolayarak, sera gazı emisyonlarının azaltılmasına ve okyanus asitlenmesinin önlenmesine katkıda bulunur. Ancak, deniz çayırlarının restorasyonu yüksek maliyetlidir ve kıyısal alanlardaki insan faaliyetlerinden olumsuz etkilenmektedir. Bu nedenle, Akdeniz, Avustralya ve ABD kıyılarında büyük ölçekli restorasyon projeleri yürütülmekte ve ekosistemin korunmasına yönelik çeşitli stratejiler geliştirilmektedir (Global Seagrass Restoration Network, 2023).

Deniz çayırlarının aksine, deniz yosunu çiftlikleri yıllık 500 ton CO_2/ha kapasitesiyle karbon sekestrasyonu açısından daha hızlı bir çözüm sunmaktadır. Ancak, bu karbonun uzun vadeli

depolanabilirliği halen tartışmalı olup, deniz yosununun biyoyakıt, gıda, gübre ve biyoplastik üretimi gibi farklı endüstriyel kullanımlara yönlendirilmesi durumunda yakalanan karbonun atmosfere geri salınma riski bulunmaktadır. Bununla birlikte, deniz yosunu yetiştiriciliği biyoteknolojik ve endüstriyel potansiyeli sayesinde ekonomik olarak büyük bir büyüme kapasitesine sahiptir. Özellikle Japonya, Avrupa ve ABD gibi bölgelerde, deniz yosunu yetiştiriciliği biyoekonomi ve yenilenebilir enerji sektörleri ile entegre edilerek hızla yayılmaktadır (Global Seaweed Network, 2023).

Küresel karbon emisyonlarını azaltma hedefleri doğrultusunda, mavi karbon ekonomisinin geliştirilmesi giderek daha büyük bir önem kazanmaktadır. Bu ekonomi, kıyısal ve denizel ekosistemlerin sürdürülebilir yönetimini teşvik ederek hem çevresel hem de ekonomik faydalar sağlamaktadır. Deniz çayırları ve deniz yosunu yetiştiriciliği, karbon kredisi piyasalarında birbirini tamamlayan iki farklı yaklaşım olarak değerlendirilmektedir. Deniz çayırları uzun vadeli karbon depolama ve ekosistem sağlığını destekleme açısından kritik bir öneme sahipken, deniz yosunu yetiştiriciliği ise hızlı karbon yakalama kapasitesiyle biyoteknolojik ve endüstriyel uygulamalarda yüksek ekonomik potansiyele sahiptir. Bu iki yöntem, iklim değişikliğiyle mücadelede ve karbon kredisi piyasalarının geliştirilmesinde önemli araçlar olarak öne çıkmaktadır.

Öte yandan, mikroalgler de karbon sekestrasyonunda önemli bir rol üstlenmektedir. Yüksek büyüme hızları ve etkili fotosentez yetenekleri sayesinde atmosferdeki CO_2'yi yakalayarak biyokütleye dönüştüren mikroalgler, karbon depolama süreleri açısından doğal mavi karbon ekosistemlerinden farklılık göstermektedir. Deniz çayırları, mangrovlar ve deniz yosunları karbonu yüzlerce ila binlerce yıl boyunca okyanus tabanında depolayabilirken, mikroalg bazlı sistemlerde bu süreç yetiştirme ve işleme yöntemlerine bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Mikroalg üretiminin karbon döngüsüne etkisi, biyokütlenin nasıl kullanıldığına bağlı olarak değişmektedir. Eğer mikroalgler biyoyakıt, hayvan yemi, gıda veya biyoplastik üretimi gibi endüstriyel alanlarda kullanılırsa, yakalanan karbonun büyük bir kısmı tekrar atmosfere salınabilir. Ancak, biyokömür üretimi veya derin okyanus enjeksiyonu gibi yöntemler, karbonun uzun vadeli olarak depolanmasını sağlayarak mikroalg bazlı sistemleri daha etkili mavi karbon çözümleri haline getirebilir.

Buna ek olarak, fitoplanktonlar da küresel karbon döngüsünde kritik bir rol oynar. Dünya oksijen üretiminin yaklaşık %50'sinden sorumlu olan bu mikroskobik organizmalar, atmosferdeki CO_2'yi emerek karbonun okyanus besin zincirine dahil olmasını sağlar. Özellikle kutup bölgelerinde yaşayan bazı fitoplankton türleri, dimetil sülfür (DMS) üreterek bulut

oluşumunu teşvik eder ve küresel ısınmayı dengeleyici bir etki yaratır. Ancak, iklim değişikliği, okyanus asitlenmesi ve besin dengesizlikleri, fitoplankton topluluklarının bileşiminde önemli değişimlere neden olmaktadır.

Bu nedenle, fitoplankton çeşitliliğini koruyacak ve besin zincirini dengeleyecek stratejilerin geliştirilmesi gerekmektedir. Tıpkı deniz çayırlarının restorasyonunda olduğu gibi, fitoplankton ekosistemlerinin korunması da okyanus ekosistemlerinin sağlıklı ve işlevsel kalmasını sağlayacaktır. Deniz çayırları, karasal kaynaklı besin yüklerini filtreleyerek su kalitesini iyileştirirken, fitoplanktonlar da biyokütle üretimiyle besin döngüsüne katkıda bulunur. Bu karşılıklı etkileşim, mavi karbon ekonomisinin sürdürülebilirliğini güçlendiren temel faktörlerden biridir.

Sonuç olarak, mavi karbon ekonomisi kapsamında yalnızca büyük ölçekli karbon depolama sistemleri değil, okyanusun birincil üreticilerinin sağlığı da büyük önem taşımaktadır. Bu ekosistemlerin korunması ve yönetimi, yalnızca doğrudan restorasyon projeleriyle değil, aynı zamanda balık çiftlikleri, alg çiftlikleri ve midye yetiştiriciliği gibi alanlarda ekosistem takibinin sağlanmasıyla desteklenebilir. Bu kapsamda geliştirilen Mavi Kart Modeli, karbon kredisi sisteminin şeffaflığını artırarak finansal spekülasyonu önlemeyi ve karbon sekestrasyonu projelerini çevresel ve ekonomik açıdan daha sürdürülebilir hale getirmeyi amaçlamaktadır. Böylece, iklim değişikliğiyle mücadelede etkili ve adil bir karbon piyasası oluşturulabilecektir.

2. Karbon Piyasalarının Mevcut Durumu ve Zorluklar

Karbon piyasaları, şirketlerin ve ülkelerin karbon salımlarını dengelemesini sağlayan bir ekonomik araç olarak yenilenebilir enerji, orman koruma, karbon yakalama teknolojileri ve biyoteknolojik çözümler gibi sürdürülebilir girişimlerle desteklenmektedir (Gold Standard, 2020). Bu sistem, atmosfere salınan her bir ton CO_2'ye karşılık karbon kredileri oluşturulmasını ve uluslararası piyasalarda alınıp satılmasını sağlamaktadır. Ancak, karbon fiyatlandırma politikalarının uygulanma biçimi, piyasa etkinliğini doğrudan etkilemekte ve sanayi sektörü ile yatırımcılar açısından belirsizlikler yaratmaktadır (Böhringer, Fischer, & Rosendahl, 2021).

Karbon fiyatlarının yüksek olduğu bölgelerde, karbon kaçağı (carbon leakage) adı verilen bir risk ortaya çıkmaktadır. Sanayinin daha düşük düzenlemelere sahip ülkelere taşınması, küresel emisyon azaltım çabalarının etkinliğini zayıflatırken karbon yoğun sektörlerde rekabet kaybına neden olabilmektedir (Branger & Quirion, 2014). Avrupa Birliği, Sınırda Karbon Düzenleme Mekanizması (CBAM) ile bu riski en aza indirmeyi hedeflemektedir (European Commission,

2022). Ancak, gelişmekte olan ülkelerde karbon fiyatlarının düşük olması, küresel karbon piyasalarının etkinliği üzerinde baskı yaratmaktadır (Böhringer ve diğ, 2021).

Karbon piyasalarının şeffaflığı ve güvenilirliği, karbon kredilerinin doğrulanabilirliği ile doğrudan ilişkilidir. Ancak, denetim eksiklikleri nedeniyle karbon kredilerinin güvenilirliği sıkça sorgulanmaktadır (ICVCM, 2023; Kollmuss, Lazarus, & Lee, 2008). Örneğin, ICVCM (2023) tarafından yapılan bir analiz, Avrupa Karbon Piyasası'nda satılan karbon kredilerinin %60'ının sahte veya şişirilmiş karbon azaltımı içerdiğini ortaya koymuştur. Bu tür durumlar, bazı şirketlerin gerçek emisyon azaltımı yapmaksızın karbon kredisi satın alarak çevreci imaj oluşturmasına neden olmaktadır (Delmas & Burbano, 2011). Böylece, karbon piyasalarına duyulan güven zayıflamakta ve yatırımcılar için riskler artmaktadır (Gupta, Bavinck, & Salagrama, 2020). Bu nedenle, bağımsız doğrulama mekanizmalarının güçlendirilmesi, karbon piyasalarının güvenilirliği açısından kritik öneme sahiptir (ICVCM, 2023).

Karbon piyasalarındaki belirsizlikler nedeniyle, sanayiciler ve yatırımcılar karbon kaçağına veya yeşil yıkama (greenwashing) uygulamalarına yönelebilmektedir (Ali ve diğ., 2024). Tüketiciler ve yatırımcılar, şirketlerin çevresel duyarlılık göstermesini beklemektedir, ancak bazı şirketler gerçek emisyon azaltımı yerine karbon kredisi satın alarak sürdürülebilirlik algısı oluşturmaktadır (Aldy & Stavins, 2012). Karbon fiyatlarındaki dalgalanmalar, sanayi sektörü için uzun vadeli yatırım kararlarını zorlaştırmakta, özellikle karbon yoğun sektörlerde düşük karbonlu yatırımların ertelenmesine neden olmaktadır (Aldy & Stavins, 2012).

Farklı ülkelerdeki karbon piyasaları arasındaki düzenleyici uyumsuzluklar, uluslararası karbon ticaretinin ölçeğini sınırlamakta ve Paris Anlaşması kapsamında karbon piyasalarının entegrasyonunu zorlaştırmaktadır (World Bank, 2023). Bu durum, küresel karbon fiyatlandırma mekanizmalarının uyumlaştırılmasını ve karbon kaçağını önleyici politikaların genişletilmesini gerektirmektedir (Böhringer ve diğ, 2021). Tablo 5'te, farklı ülkelerdeki karbon kredisi fiyatlandırmalarına ilişkin güncel tahminler sunulmaktadır.

Tablo 5. Bazı ülkelerdeki karbon fiyatlandırma mekanizmaları ve yaklaşık fiyatları

Ülke/Bölge	Karbon Fiyatlandırma Mekanizması	Karbon kredisi (USD/ton CO_2)	Kaynak
Avrupa Birliği	Emisyon Ticaret Sistemi (ETS)	80 - 100 USD	Dünya Bankası Karbon Fiyatlandırma Durum ve Trendler 2023 Raporu (World Bank. (2024)
İsveç	Karbon Vergisi	137 USD	Dünya Bankası Karbon Fiyatlandırma Durum ve Trendler 2023 Raporu (World Bank. (2024)
İsviçre	Emisyon Ticaret Sistemi ve Karbon Vergisi	101 USD	Dünya Bankası Karbon Fiyatlandırma Durum ve Trendler 2023 Raporu (World Bank. (2024)
Kanada	Federal Karbon Fiyatlandırma Sistemi	40 USD	Dünya Bankası Karbon Fiyatlandırma Durum ve Trendler 2023 Raporu (World Bank. (2024)
Yeni Zelanda	Emisyon Ticaret Sistemi	35 USD	Dünya Bankası Karbon Fiyatlandırma Durum ve Trendler 2023 Raporu (World Bank. (2024)
Güney Kore	Emisyon Ticaret Sistemi	33 USD	Dünya Bankası Karbon Fiyatlandırma Durum ve Trendler 2023 Raporu (World Bank. (2024)
Çin	Ulusal Emisyon Ticaret Sistemi	8 USD	Dünya Bankası Karbon Fiyatlandırma Durum ve Trendler 2023 Raporu (World Bank. (2024)
Gönüllü Karbon Piyasaları	-	5 USD	Financial Times

Küresel emisyon azaltım hedeflerine ulaşmak için geliştirilen karbon piyasaları, sanayiciler ve yatırımcılar için hem bir fırsat hem de bir maliyet unsuru haline gelmiştir. Yüksek karbon fiyatları, üretim maliyetlerini artırarak sanayi sektöründe rekabet dezavantajı yaratırken (Martin, de Preux, & Wagner, 2014), bazı şirketler bu maliyetleri minimize etmek amacıyla daha düşük karbon düzenlemelerine sahip ülkelere taşınmayı tercih etmektedir (Böhringer, Rutherford, & Schneider, 2012). Ancak bu durum, küresel karbon azaltım çabalarını zayıflatabilecek karbon kaçağı (carbon leakage) riskini ortaya çıkarmaktadır.

Karbon kredileri, bir ton CO_2 veya eşdeğer sera gazı emisyonunun azaltılmasını veya denkleştirilmesini temsil eden finansal araçlar olarak tanımlanır. Ancak, bu sistemin etkinliği, kredilerin gerçek emisyon azaltımı sağlama kapasitesine bağlıdır. Teorik olarak, karbon piyasaları, sanayi sektörünün çevresel yükümlülüklerini yerine getirmesini teşvik etmeli ve sürdürülebilir dönüşümü hızlandırmalıdır. Ancak pratikte, bazı karbon kredilerinin düşük maliyetli ancak etkisiz olması, sanayicilerin gerçek emisyon azaltımı sağlamayan kredilere yönelmesine neden olmaktadır (Kollmuss, Lazarus, & Lee, 2008).

Karbon piyasalarındaki bu sistemik sorun, bağımsız doğrulamadan geçmeyen karbon dengeleme projelerinin piyasa güvenilirliğini zayıflatmasıyla daha da derinleşmektedir. Denetim mekanizmalarının yetersizliği, bazı şirketlerin düşük standartlı karbon kredileri kullanarak emisyonlarını yalnızca kâğıt üzerinde azaltıyormuş gibi görünmesine neden

olmaktadır (Gupta, Bavinck, & Salagrama, 2020). Bu durum, sadece bireysel şirketlerin değil, küresel karbon piyasalarının etkinliği açısından da büyük bir risk oluşturmaktadır.

Tüm karbon kredileri aynı etkiye sahip değildir. Bazı krediler, gerçek emisyon azaltımı sağlamadan piyasada işlem görmekte ve bu da karbon piyasalarının güvenilirliğini sarsmaktadır (Kollmuss ve diğ, 2008). Örneğin, REDD+ projeleri gibi ormansızlaşmayı önlemeye yönelik girişimler, belirli bir orman alanının korunması karşılığında karbon kredisi üretmektedir. Ancak, bu alanların zaten kesilmeyeceğine dair kesin bir garanti bulunmaması, karbon azaltımı verilerinin güvenilirliğini tartışmalı hale getirmektedir (West, Börner, Sills, & Kontoleon, 2020).

Benzer şekilde, hidroelektrik santralleri ve rüzgar enerjisi projeleri de karbon kredisi oluşturmaktadır. Ancak bu projeler zaten ekonomik olarak uygulanabilir olduğundan, verilen karbon kredileri ek bir azaltım yaratmamakta, sadece zaten gerçekleşecek bir yatırımın karbon piyasasına dahil edilmesini sağlamaktadır (Cames ve diğ, 2016).

Daha da endişe verici bir durum, bazı ülkelerin karbon kredisi miktarlarını olduğundan yüksek göstermek için, karbon kredisi sattıkları projeleri ulusal emisyon azaltım hedeflerine dahil etmeleridir. Bu tür uygulamalar, emisyon azaltımının gerçekte iki kez hesaplanmasına neden olmakta ve küresel karbon piyasalarının güvenilirliğini zayıflatmaktadır (Schneider, Kollmuss, & Lazarus, 2015).

Ayrıca, karbon sekestrasyonu yöntemleri arasında zaman içinde sürdürülebilirliğini kaybedebilen projeler bulunmaktadır. Örneğin, ağaç dikme projeleri sıkça karbon kredisi yaratmak için kullanılan bir yöntem olsa da, yangın, hastalık veya kesim gibi nedenlerle ağaçların yok olması durumunda, atmosferden uzaklaştırılan karbon tekrar salınmaktadır (Peters-Stanley & Gonzalez, 2014). Bu nedenle, uzun vadeli ve kalıcı karbon azaltımı sağlamayan projeler, karbon piyasalarının etkinliğini ve güvenilirliğini sınırlayan bir faktör haline gelmektedir.

Karbon kredilerinin kalitesi büyük farklılıklar göstermektedir. Gold Standard veya Verified Carbon Standard (VCS) gibi yüksek kaliteli sertifikasyonlara sahip olmayan krediler, daha az denetime tabi tutulduğundan, etkisiz olabilmektedir (Kollmuss ve diğ, 2008). Yeterli denetim olmadan piyasaya sürülen karbon kredileri, şirketlerin gerçek emisyon azaltımı yapmadan karbon nötrlüğü iddiasında bulunmasına ve böylece pazarlama avantajı elde etmesine yol açmaktadır (Schneider & La Hoz Theuer, 2019; Delmas & Burbano, 2011). Bu nedenle, karbon kredisi projelerinin bağımsız doğrulama mekanizmalarına tabi tutulması, şeffaflığın artırılması ve gerçek emisyon azaltımı sağlamayan projelerin piyasadan çıkarılması gerekmektedir. Ancak

bu şekilde, karbon kredisi sisteminin temel amacı olan küresel emisyon azaltımına yönelik güvenilir bir piyasa ortamı oluşturulabilir. Bununla birlikte, mevcut karbon piyasalarının yapısal eksiklikleri, sistemin etkinliğini sınırlamakta ve küresel iklim politikalarının başarısını olumsuz etkilemektedir. Özellikle uluslararası karbon piyasalarının düzenleyici çerçevelerindeki farklılıklar ve ülkeler arasındaki politika uyumsuzlukları, karbon fiyatlandırma sistemlerinin beklenen etkiyi yaratmasını zorlaştırmaktadır. Sonuç olarak, karbon piyasalarının sürdürülebilir ve etkili bir araç olabilmesi için mevcut piyasa eksikliklerinin giderilmesi, bağımsız doğrulama süreçlerinin güçlendirilmesi ve finansal spekülasyonun önlenmesi gerekmektedir. Ancak bu koşullar sağlandığında, karbon piyasaları küresel iklim değişikliği ile mücadelede gerçek bir çözüm haline gelebilir.

Yeşil yıkama uygulamaları, Tablo 6'da sunulduğu gibi farklı biçimlerde ortaya çıkabilmektedir. Bu tablo, şirketlerin ve ülkelerin karbon piyasalarını manipüle ederek nasıl sürdürülebilirlik algısı oluşturduğunu ve bu durumun çevresel etkilerini detaylandırmaktadır.

Tablo 6. Tablo: Yeşil Aklama Türleri, Açıklamaları ve CO_2 Emisyonlarıyla İlişkisi

Yeşil Aklama Türü	Açıklama	Örnek	Sonuç	Kaynaklar
Yanıltıcı Etiketler ve Sertifikalar	Şirketlerin sahte veya yanıltıcı çevre dostu etiketler ve sertifikalar kullanması.	Şirketler, bağımsız doğrulama olmadan “%100 doğal”, “eko dostu” gibi ifadeler kullanabilir.	Tüketiciler yanlış yönlendirilir, gerçek çevreci ürünler rekabet edemez.	Garrido ve diğ, 2020
Gerçekçi Olmayan Karbon Nötr İddiaları	Şirketlerin, emisyonlarını azaltmadan karbon nötr olduklarını iddia etmeleri.	Havayolu şirketleri, sadece karbon kredisi satın alarak “sıfır karbon” olduklarını iddia edebilir.	Gerçek karbon azaltımı yerine geçici çözümler sunulur.	Treepongkaruna ve diğ, 2024
Anlamsız Yeşil İfadeler	Bilimsel temeli olmayan veya çok genel sürdürülebilirlik iddiaları yapmak.	“Yeşil enerji”, “Doğaya saygılı üretim” gibi detaylandırılmamış iddialar.	Tüketiciler kandırılır, somut bir çevresel katkı sağlanmaz.	Faber & Sick, 2022
Gizlenen Çevresel Etkiler	Bir ürünün veya şirketin belirli bir yönünün çevreci gösterilirken, büyük çevresel zararları gizlemek.	Fosil yakıt şirketleri, sadece yenilenebilir enerji yatırımlarını öne çıkarırken petrol ve doğalgaz üretimini artırmaya devam eder.	Gerçek sürdürülebilirlik çabaları gölgede kalır, sistemsel değişim engellenir.	Treepongkaruna ve diğ, 2024
Yeşil Görünen Ambalajlar	Ürünlerin çevreciymiş gibi gösterilmesi için ambalajların ve reklamların doğayla ilişkilendirilmesi.	Plastik şişe üreten bir firma, sadece yeşil yaprak desenleri kullanarak çevreci bir imaj çizer.	Ambalajın yeşil olması, içeriğin sürdürülebilir olduğu anlamına gelmez.	Garrido ve diğ, 2020
Yeşil İmajlı Reklam Kampanyaları	Şirketlerin büyük reklam kampanyalarıyla çevreye duyarlı olduklarını vurgularken, gerçek değişim yapmamaları.	Moda endüstrisi, “sürdürülebilir koleksiyonlar” tanıtırken üretim süreçlerinde hala su israfı ve karbon salımı yapar.	Çevreci imaj oluşturulur, ancak fiili durumda büyük değişiklik yapılmaz.	Faber & Sick, 2022
Gizlenen Tedarik Zinciri Problemleri	Bir şirketin ürünlerinin sürdürülebilir olduğunu iddia etmesine rağmen, tedarik zincirinde çevresel veya etik sorunları saklaması.	Büyük kahve zincirleri, kahve çekirdeklerini adil ticaret standartlarına uymadan tedarik edebilir.	Üreticiler sömürülür, gerçek sürdürülebilirlik sağlanmaz.	Garrido ve diğ, 2020
Karbon Kredisi ile Sorumluluktan Kaçış	Karbon emisyonlarını azaltmak yerine, sadece karbon kredisi satın alarak çevreci görünmek.	Büyük petrol şirketleri, karbon kredisi alarak "karbon nötr" olduklarını iddia eder, ancak petrol üretmeye devam eder.	Gerçek emisyon azaltımı sağlanmaz, şirketler sorumluluktan kaçınır.	Treepongkaruna ve diğ, 2024

Yeşil Gönüllülük Gösterileri	Büyük çevre dostu projeler duyurulurken, esas işleyişin değişmemesi.	Bir otomotiv şirketi, "orman dikme projelerine destek verdiğini" açıklarken, üretim süreçlerinde hala büyük miktarda fosil yakıt kullanır.	Halkın algısı yönetilir, ancak gerçek değişim 0nmaz.	Faber & Sick, 2022

Karbon piyasaları, sanayi kuruluşları ve büyük şirketler için çevresel sorumluluklarını yerine getirme ve emisyonlarını dengeleme imkânı sunan finansal mekanizmalardır. Ancak, karbon kredilerinin yatırım ve maliyet avantajı sağlamak amacıyla spekülatif bir araç olarak kullanılması, piyasada şeffaflık ve adalet konularında önemli sorunlara yol açmaktadır. Bağımsız denetime tabi tutulmayan karbon dengeleme projeleri ve finansal spekülasyonlar, karbon piyasalarının etkinliğini sınırlamakta ve küresel iklim politikalarının başarısını riske atmaktadır. Bu nedenle, karbon piyasalarının daha adil, şeffaf ve sürdürülebilir hale getirilmesi zorunludur.

Karbon piyasalarının etkin işleyebilmesi için gerçek karbon azaltımı sağlayan projelerin desteklenmesi gerekmektedir. Geleneksel karbon yakalama ve depolama (CCS) teknolojileri, fosil yakıtlı enerji santralleri ve sanayi tesislerinde ortaya çıkan CO_2'yi doğrudan yakalamayı ve uygun alanlarda depolamayı amaçlamaktadır (Mac Dowell ve diğ, 2017). Ancak, bu sistemlerin yaygın olarak uygulanması, yüksek maliyetler ve coğrafi sınırlamalar nedeniyle önemli engellerle karşı karşıyadır. Örneğin, doğrudan hava yakalama (DAC) teknolojileri ile 1 ton CO_2 yakalamanın maliyetinin 600-1000 ABD doları arasında olduğu, ancak karbon kredisi piyasalarında bu değerin yalnızca 200-250 ABD doları seviyesinde kaldığı belirtilmektedir (Keith ve diğ, 2018; Fasihi ve diğ, 2019). Bu maliyet farkı, karbon yakalama teknolojilerinin ekonomik sürdürülebilirliğini zorlaştırmakta ve geniş ölçekli uygulamalarını engellemektedir. Ayrıca, bu sistemlerin yüksek enerji tüketimi gerektirmesi, karbon emisyonlarını azaltmada beklenen etkinin sağlanmasını güçleştirmektedir. Bu noktada, daha düşük maliyetli ve verimli karbon yakalama alternatifleri geliştirilmesi gerekmektedir.

Biyoteknolojik karbon yakalama çözümleri, geleneksel yöntemlere kıyasla daha düşük maliyetli, enerji açısından daha verimli ve ekolojik açıdan sürdürülebilir alternatifler sunmaktadır. Bu çözümler arasında en dikkat çekici olanlardan biri, mikroalg bazlı karbon yakalama sistemleridir. Mikroalgler, fotosentez yoluyla atmosferdeki CO_2'yi biyokütleye dönüştürerek doğal ve yüksek verimli bir karbon sekestrasyon mekanizması oluşturur (Chisti, 2007; Gao ve diğ, 2021). Kara bitkilerine kıyasla 10 kata kadar daha fazla karbon yakalama kapasitesine sahip olan mikroalgler, sürdürülebilir karbon yönetimi açısından büyük bir potansiyel taşımaktadır (Beer ve diğ, 2012). Özellikle *Synechococcus elongatus* gibi siyanobakteriler, doğrudan atmosferden veya sanayi baca gazlarından CO_2 absorbe edebilir ve

biyoyakıt, biyoplastik veya farmasötik ürünler için değerli biyokütle üretebilir (Berla ve diğ, 2013).

Mikroalg sistemleri, hektar başına yılda 50-60 ton CO_2 sekestre edebilirken, kara bitkileri bu miktarın yalnızca 10-30 tonunu tutabilmektedir (Beer ve diğ, 2012). Ayrıca, mikroalg bazlı karbon yakalama süreçleri, enerji ve su tüketimi açısından verimli olup, deniz ekosistemlerinin korunmasına da katkı sağlamaktadır. Ancak, karbon piyasalarının mevcut işleyişi, biyoteknolojik karbon yakalama çözümlerinin teşvik edilmesini sınırlamakta ve daha düşük verimli ancak daha yaygın olarak kullanılan karbon dengeleme projelerini ön planda tutmaktadır. Bu durum, karbon piyasalarında reform ihtiyacını açık bir şekilde ortaya koymaktadır.

Mevcut karbon piyasalarındaki adaletsizlikleri gidermek ve spekülatif işlemleri önlemek amacıyla Mavi Kart Modeli önerilmektedir. Bu model, karbon kredilerinin yalnızca bilimsel olarak doğrulanmış, bağımsız denetimden geçmiş ve gerçek emisyon azaltımı sağlayan projelere tahsis edilmesini amaçlamaktadır. Böylece, karbon piyasalarında şeffaflık artırılarak finansal manipülasyon ve yeşil yıkama uygulamaları engellenebilecektir. Bu model kapsamında karbon kredileri, piyasada işlem yapabilmek için bir giriş şartı olarak kullanılacaktır. Ayrıca, tek bir karbon yakalama yöntemine bağımlılığı önlemek amacıyla, en az dört farklı karbon yakalama mekanizmasıyla elde edilen kredilerin kullanımı zorunlu hale getirilecektir.

Mavi Kart Modeli'nin temel prensipleri arasında karbon kredilerinin yalnızca bilimsel olarak ölçülebilir ve doğrulanabilir emisyon azaltım projelerinden sağlanması yer almaktadır. Çeşitlendirilmiş karbon yakalama mekanizmaları ile karbon kredileri, belirli projeler üzerinde yoğunlaşmak yerine farklı karbon yakalama çözümleriyle entegre edilme modelin ana konuları arasındadır. Model, özellikler mikroalg bazlı karbon yakalama uygulamalarını teşvik eden ve yüksek karbon sekestrasyon kapasitesine sahip projelere öncelik verilmesinin gerekliliğini vurgulamaktadır.

Bu model, karbon piyasalarının adil ve sürdürülebilir bir şekilde işlemesini sağlarken, biyoteknolojik karbon yakalama çözümlerinin yaygınlaştırılmasına da katkıda bulunacaktır.

3. Mikroalglerin ve Makroalglerin Karbon Piyasasındaki Rolü

Sanayi sektöründe karbon emisyonlarının azaltılması, mevcut teknolojilerin yüksek maliyetleri ve sınırlı etkileri nedeniyle küresel ölçekte önemli bir zorluk oluşturmaktadır. Geleneksel karbon yakalama ve depolama (CCS) teknolojileri, yüksek yatırım gereksinimleri ve sınırlı coğrafi uygulanabilirlikleri nedeniyle geniş çapta uygulanamamaktadır (Mac Dowell ve diğ,

2017). Bu durum, daha düşük maliyetli ve çevresel açıdan sürdürülebilir karbon yakalama çözümlerine olan ihtiyacı artırmaktadır.

Bu bağlamda, mikroalg ve makroalg bazlı karbon yakalama sistemleri, biyolojik sekestrasyon süreçleri yoluyla atmosferdeki CO_2'nin verimli bir şekilde tutulmasını sağlayarak alternatif bir çözüm sunmaktadır (Chisti, 2007; Brennan & Owende, 2010). Fotosentetik verimlilikleri ve hızlı büyüme kapasiteleri sayesinde, bu organizmalar atmosferdeki CO_2'yi biyokütleye dönüştürerek karbon sekestrasyonu sağlayan en etkili biyoteknolojik çözümlerden biridir.

Mikroalgler, geleneksel kara bitkilerine kıyasla 10 kata kadar daha fazla karbon yakalama kapasitesine sahip olup, aynı zamanda biyoyakıt, biyoplastik ve çevreci endüstriyel malzemelerin üretimiyle sürdürülebilir kalkınmaya doğrudan katkıda bulunmaktadır (Beer ve diğ, 2012). Öte yandan, makroalgler de yüksek karbon sekestrasyon kapasitesi, sucul ekosistemlerle olan uyumu ve geniş kullanım alanları sayesinde karbon kredisi piyasalarında giderek daha fazla ön plana çıkmaktadır.

Mikroalg ve makroalg türlerinin karbon sekestrasyon kapasitesi, pazar hacmi ve yıllık karbon kredisi kazancı açısından karşılaştırmalı analizi Tablo 7'de sunulmuştur.

Tablo 7. Alg Türlerine Göre Karbon Sekestrasyonu, Pazar Hacmi ve Yıllık Karbon Kredisi Kazancı

Alg Çeşidi	Karbon Sekestrasyonu (ton CO_2/ha/yıl)	Pazar Hacmi (Milyar USD/yıl)	Kullanım Alanları	Yıllık Karbon Kredisi Kazancı (USD/ha)	Kaynaklar
Ulva spp.	150	0.5	Gıda, hayvan yemi, biyoyakıt, gübre	6,000 - 9,000	Neveux ve diğ (2014); Rajauria ve diğ (2015)
Spirulina (Arthrospira)	180	5	Gıda takviyeleri, kozmetik, ilaç, hayvan yemi	7,200 - 10,800	Chisti (2007); Santos-Merino ve diğ (2023)
Chlorella spp.	200	2	Gıda takviyeleri, kozmetik, biyoyakıt, su arıtma	8,000 - 12,000	Markau (2013); Gouveia ve diğ (2008)
Synechococcus elongatus	220	0.1	Biyoyakıt üretimi, CO_2 fiksasyonu, biyoteknoloji	8,800 - 13,200	Jorquera ve diğ (2010); Acién ve diğ (2012)
Eucheuma spp.	250	12	Karajenan üretimi, gıda katkı maddesi, kozmetik	10,000 - 15,000	FAO (2021); García-Poza ve diğ (2020)
Laminaria spp.	190	1	Gıda (özellikle Asya mutfağı), gübre, biyoyakıt, tıbbi uygulamalar	7,600 - 11,400	MacArtain ve diğ (2007); Holdt & Kraan (2011)

Karbon kredisi piyasalarının etkin işleyebilmesi için, karbon sekestrasyon projelerinin doğrulanabilir ve ölçülebilir olması gerekmektedir. Tablo 7'de sunulan veriler, mikroalg ve makroalg türlerinin yalnızca yüksek karbon sekestrasyon kapasitesine sahip olmadığını, aynı zamanda ekonomik olarak sürdürülebilir projeler sunduğunu göstermektedir.

Mevcut karbon kredisi sisteminde, karbon fiyatları 40 – 60 USD/ton CO_2 olarak hesaplanmakta olup, mikroalg ve makroalg bazlı karbon sekestrasyonu projeleri bu fiyat aralığında önemli bir gelir potansiyeline sahiptir. Örneğin, Eucheuma spp. türü hektar başına yılda yaklaşık 250 ton CO_2 sekestre ederek 10,000 - 15,000 USD arasında karbon kredisi kazancı sağlamaktadır. Bu

veriler, mikroalg ve makroalg bazlı karbon yakalama sistemlerinin karbon kredisi piyasalarında daha fazla teşvik edilmesi gerektiğini açıkça ortaya koymaktadır. Bu türlerin yalnızca karbon sekestrasyonu sağlaması değil, aynı zamanda biyoteknoloji, gıda ve enerji sektörlerinde yüksek katma değerli ürünler sunması, onları çevresel ve ekonomik açıdan sürdürülebilir çözümler haline getirmektedir.

Mikroalg ve makroalg bazlı karbon yakalama sistemleri, geleneksel karbon yakalama teknolojilerine kıyasla düşük maliyetli ve daha sürdürülebilir çözümler sunmaktadır. Bu tür projelerin karbon kredisi piyasalarındaki rolü artırılmalı ve teşvik mekanizmaları oluşturulmalıdır. Mikroalg ve makroalg bazlı sistemlerin, karbon kredisi piyasalarında daha fazla yer alabilmesi için bilimsel doğrulama süreçleri güçlendirilmelidir. Bu reformlar gerçekleştirildiği takdirde, karbon piyasaları küresel iklim değişikliğiyle mücadelede daha etkin ve sürdürülebilir bir araç haline gelebilecektir.

Sanayi kaynaklı karbon emisyonlarının azaltılması, sürdürülebilir kalkınma hedefleri doğrultusunda küresel bir öncelik haline gelmiştir. Mikroalg bazlı karbon yakalama sistemleri, çimento ve çelik fabrikalarından çıkan baca gazlarını kullanarak çift yönlü bir çevresel avantaj sunmaktadır (European Commission, 2023). Bu sistemler, sanayi kaynaklı CO_2 emisyonlarını doğrudan azaltmanın yanı sıra, elde edilen biyokütlenin ekonomik olarak değerlendirilmesine de olanak tanımaktadır.

Mikroalgler, yalnızca karbon sekestrasyonu sağlamakla kalmayıp biyoyakıt, biyoplastik ve yüksek değerli biyo-bazlı kimyasalların üretimiyle de ekonomik büyümeye katkıda bulunmaktadır (McKinsey & Company, 2023). Bu özellikleri sayesinde, mikroalg bazlı karbon yakalama sistemleri, yalnızca bir dengeleme mekanizması değil, aynı zamanda yenilikçi ve ekonomik değer yaratan sürdürülebilir bir kalkınma aracı olarak öne çıkmaktadır.

Alg bazlı karbon yakalama projeleri, yüksek karbon sekestrasyon kapasitesi ve geniş endüstriyel uygulama alanlarıyla sürdürülebilir karbon yönetimi için önemli bir çözüm sunmaktadır. Deniz yosunu çiftliklerinden mikroalg biyoreaktörlerine kadar farklı alg bazlı sistemler, yalnızca atmosferdeki CO_2'yi sekestre etmekle kalmayıp, aynı zamanda biyoyakıt, biyoplastik ve su arıtma gibi çevresel faydalar sağlayan yenilikçi çözümler üretmektedir (European Commission, 2023). Bu sistemlerin karbon piyasalarındaki ekonomik değeri, karbon kredisi fiyatlandırması ve biyoteknolojik karbon fiksasyon sistemlerinin etkinliği üzerinden belirlenmektedir. Dünya Bankası (2021) ve ICAP (2022) raporları, küresel karbon piyasalarında karbon kredisi fiyatlarının değişkenlik gösterdiğini ortaya koymaktadır. Dünya Bankası (2021) verilerine göre karbon kredisi fiyatı 40-60 USD/ton CO_2 arasında değişirken,

Avrupa Emisyon Ticaret Sistemi (EU ETS) kapsamındaki piyasada bu değer 80-100 USD/ton CO_2 seviyelerine ulaşmıştır (World Bank, 2021; ICAP, 2022).

Bir biyolojik sistemin yıllık olarak sekestre ettiği CO_2 miktarı (ton CO_2/ha/yıl) hesaplanırken, mikroalglerin veya siyanobakterilerin fotosentetik karbon fiksasyon verimlilikleri dikkate alınmaktadır (Jorquera ve diğ, 2010; Acién ve diğ, 2012). Bu hesaplama yöntemi, mikroalg biyokütlesinin yıllık büyüme oranı ve karbon içeriği üzerinden gerçekleştirilir. Mikroalglerin karbon içeriği, biyokütlenin %50-55'i olarak hesaplanmaktadır (Tablo 8). Bu oran, mikroalglerin yıllık biyokütle üretimiyle çarpılarak toplam karbon sekestrasyon kapasitesi belirlenmektedir (Jorquera ve diğ, 2010). *Synechococcus elongatus* gibi fotosentetik mikroorganizmaların karbon fiksasyon kapasitesi, Chisti (2007) ve Acién ve diğ. (2012) tarafından yapılan araştırmalarda yüksek fotosentetik verimlilikleri nedeniyle karbon sekestrasyon açısından önemli bir biyolojik sistem olarak değerlendirilmiştir. Bu bağlamda, mikroalg bazlı karbon yakalama sistemleri, yalnızca endüstriyel karbon salımlarını azaltmakla kalmayıp, karbon kredisi piyasalarında ekonomik bir değer oluşturarak sürdürülebilir kalkınmaya katkıda bulunmaktadır.

Karbon Kredisi Değeri (USD/ton CO_2) hesaplaması için aşağıdaki formül kullanılmıştır:

Karbon Kredisi Değeri (USD/ton CO_2) = Ortalama Karbon Kredisi Piyasa Fiyatı (USD) /Biyoyakıt Üretiminde Sabitlenmiş CO_2 (ton CO_2/ha/yıl)

Bu hesaplama, biyoteknolojik karbon sekestrasyon sistemlerinin ekonomik değerini belirlemekte kritik bir rol oynamaktadır. Farklı mikroalg türlerinde bu oran değişiklik gösterebilir. Çeşitli türler için karbon içeriği Tablo 8'de verilmiştir.

Tablo 8. Farklı mikroalglerin karbon içeriği

Mikroalg Türü	Karbon İçeriği (% Biyokütle)
Synechococcus elongatus	50-55%
Chlorella vulgaris	47-52%
Nannochloropsis sp.	53-58%

Karbon kredisi hesaplamaları yapılırken mikroalglerin biyokütle üretim kapasiteleri ve karbon içeriği dikkate alınmalıdır. Mikroalglerin fotosentetik karbon sekestrasyon kapasiteleri, Jorquera ve diğ (2010), Acién ve diğ (2012) ve Santos-Merino ve diğ (2023) tarafından önerilen metodolojilere dayanmaktadır.

Sekestrasyon Kapasitesi = Biyokütle Üretimi (ton/ha/yıl) × Karbon İçeriği

Bu hesaplama yöntemi, biyoteknolojik karbon yakalama sistemlerinin karbon piyasalarına entegre edilmesini sağlamak açısından büyük önem taşımaktadır.

Deniz yosunu çiftlikleri yalnızca karbon sekestrasyonu sağlamakla kalmayıp, aynı zamanda okyanus asidifikasyonunu azaltarak deniz ekosistemlerinin restorasyonuna da katkıda bulunmaktadır (Nordic Council, 2022). Deniz yosunları, CO_2'yi emerek deniz suyu kimyasını dengelemekte ve habitat kaybı riskini azaltarak biyoçeşitliliğin korunmasına yardımcı olmaktadır.

Tablo 9'da, mikroalg ve deniz yosunu bazlı karbon yakalama uygulamalarının çevresel faydaları karşılaştırmalı olarak sunulmaktadır. Mikroalg bazlı karbon kredileri, yalnızca bir emisyon dengeleme mekanizması olarak değil, aynı zamanda düşük karbonlu sanayiye geçişi destekleyen stratejik bir çözüm olarak değerlendirilmelidir. Bu sistemler, fosil yakıt bağımlılığını azaltarak sürdürülebilir sanayi dönüşümüne katkı sağlarken, karbon piyasalarındaki etkinliğin ve şeffaflığın artırılmasına da yardımcı olmaktadır (European Commission, 2023). Özellikle mikroalg bazlı biyoyakıt üretimi, havacılık ve deniz taşımacılığı gibi yüksek emisyonlu sektörler için sürdürülebilir yakıt alternatifleri sunarak karbon emisyonlarının azaltılmasında kritik bir rol oynamaktadır (McKinsey & Company, 2023). Bu tür yenilikçi çözümler, karbon yoğun sektörlerde yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını artırarak küresel emisyon hedeflerine ulaşmada önemli bir araç olarak değerlendirilmektedir. Bununla birlikte, mikroalg sistemleri, karbon kredisi piyasasında şeffaflık ve hesap verebilirliği artıran yeni doğrulama standartlarına entegre edilmelidir. Bu doğrultuda, mikroalg tabanlı karbon yakalama projeleri, Verified Carbon Standard (VCS) ve Gold Standard gibi uluslararası sertifikasyon sistemlerine dahil edilerek yüksek öncelikli projeler olarak teşvik edilmelidir (FAO, 2023). Ayrıca, finansal destek mekanizmalarının geliştirilmesi, bu projelerin yaygınlaştırılmasını sağlayarak karbon piyasalarında daha etkili bir çözüm oluşturacaktır.

Tablo 9. Alg Yetiştiriciliğinin Çevresel Faydaları

Çevresel Faydalar	Açıklama	Örnek Projeler	Kaynaklar
Karbon Sekestrasyonu	Algler atmosferdeki CO_2'yi hızla absorbe eder ve biyokütleye dönüştürür.	Japonya'da mikroalg biyoreaktörleri	European Commission (2023)
Okyanus Asitlenmesini Azaltma	Deniz yosunları CO_2 absorbe ederek pH seviyesini dengeler.	Çin'de deniz yosunu çiftlikleri	FAO (2023)
Atık Su Arıtımı	Algler, ağır metaller ve besin maddelerini filtreleyerek su kalitesini iyileştirir.	ABD'de endüstriyel atık su arıtımı projeleri	McKinsey & Company (2023)
Ekosistem Restorasyonu	Deniz yosunu çiftlikleri deniz habitatlarını koruyarak biyolojik çeşitliliği artırır.	Hollanda'da yosun bazlı ekosistem projeleri	Nordic Council (2022)

Mavi Kart Modeli gibi adil karbon kredisi politikaları kapsamında, mikroalg/makroalg bazlı karbon yakalama sistemlerinin piyasadaki manipülasyonları önleyecek mekanizmalarla desteklenmesi gerekmektedir. Bu sistemlerin karbon piyasalarındaki rolünün güçlendirilmesi, hem ekonomik hem de çevresel sürdürülebilirlik açısından önemli bir fırsat yaratmaktadır.

4. Mavi Kart: Adil Karbon Modeli

Karbon piyasalarının şeffaf, adil ve bilimsel temellere dayalı olarak yönetilmesi, sanayinin yeşil dönüşümünü hızlandırmak ve karbon kredisi sistemlerindeki spekülatif hareketleri önlemek açısından kritik bir gerekliliktir. Mevcut karbon piyasalarında büyük ölçekli kirleticiler, karbon kredilerini yalnızca finansal bir araç olarak kullanarak gerçek emisyon azaltımı gerçekleştirmeden piyasada avantaj elde edebilmektedir (ICVCM, 2023; Greenpeace, 2023). Bu bağlamda Mavi Kart Modeli, karbon piyasalarında gerçek emisyon azaltımını teşvik eden, spekülatif ticareti sınırlayan ve düşük karbonlu teknolojilere yatırım yapılmasını zorunlu kılan bir çerçeve sunmaktadır. Model, aşağıdaki temel ilkeler üzerine inşa edilmiştir:

1. Karbon kredileri, yalnızca piyasada işlem yapabilmek için bir giriş şartı olarak tanımlanmalıdır.
2. Sanayi kuruluşlarının karbon kredisi ticaretine aşırı bağımlılığı önlenmeli, doğrudan emisyon azaltımı sağlanmalıdır.
3. Şirketler, yıllık emisyon azaltım hedeflerinin en az %30'unu doğrudan sanayi içi emisyon azaltım projeleriyle karşılamalıdır. Böylece, yalnızca karbon kredisi satın alarak "karbon nötr" statüsü kazanılması engellenecek, düşük karbon teknolojilerine yatırım teşvik edilecektir.

Günümüzde karbon piyasalarında büyük ölçekli şirketler, karbon dengeleme stratejilerini tek bir yönteme bağımlı hale getirerek karbon kredisi alımlarını manipüle edebilmektedir (ICVCM, 2023; Keith ve diğ, 2018). Bu durum, karbon kredisi sisteminin sürdürülebilirliğini ve çevresel etkinliğini azaltmaktadır (Steffen ve diğ, 2018; World Bank, 2023).

Mavi Kart Modeli, bu manipülasyonları önlemek ve daha etkin bir emisyon azaltım mekanizması oluşturmak için, karbon nötr statüsü elde etmek isteyen kuruluşların en az dört farklı karbon yakalama yönteminden elde edilen kredileri kullanmasını zorunlu hale getirmektedir (Mac Dowell ve diğ, 2017; Fasihi ve diğ, 2019).

Önerilen çok yönlü karbon sekestrasyon stratejisi aşağıdaki yöntemleri kapsamaktadır:

1. Biyoteknolojik Karbon Yakalama: Mikroalg ve biyokütle tabanlı sistemler (Brennan & Owende, 2010; Gao ve diğ, 2021).

2. Doğrudan Hava Yakalama (DAC): Endüstriyel bacalardan veya atmosferden CO_2 yakalama sistemleri (Keith ve diğ, 2018; European Commission, 2023).
3. Toprak Bazlı Karbon Sekestrasyonu: Biyochar üretimi ve tarımsal karbon yakalama projeleri (Sharma ve diğ. 2021; FAO, 2023; UNEP, 2022).
4. Ekosistem Bazlı Karbon Sekestrasyonu: Ormancılık ve deniz yosunu çiftlikleri (WWF, 2022; Nordic Council, 2022).

Bu yaklaşım, karbon piyasalarının tek bir yönteme bağımlı hale gelmesini önleyerek, bilimsel olarak doğrulanmış ve daha geniş kapsamlı bir karbon azaltım mekanizmasının hayata geçirilmesini sağlayacaktır (McKinsey & Company, 2023; Delmas & Burbano, 2011).

Mikroalg bazlı karbon yakalama sistemleri, geleneksel karbon yakalama ve depolama (CCS) teknolojilerine kıyasla düşük maliyetli, enerji verimli ve çevresel açıdan sürdürülebilir bir alternatif sunmaktadır (Chisti, 2007; Brennan & Owende, 2010). Mikroalgler hektar başına 600-800 ton CO_2 sekestre edebilme kapasitesiyle, en yüksek verimlilikteki biyoteknolojik karbon sekestrasyon sistemlerinden biri olarak öne çıkmaktadır (Beer ve diğ, 2012; FAO, 2023).

Mikroalglerin karbon yakalama kapasitesi, bitkilerin büyüme sürecindeki CO_2 emilim miktarı analiz edilerek hesaplanmaktadır. Ancak hücresel yapılarındaki fotosentez mekanizması sayesinde, mikroalgler birim alanda daha yüksek karbon sekestrasyonu sağlayarak CO_2'yi daha hızlı ve verimli bir şekilde organik maddeye dönüştürebilmektedir.

Karbon sekestrasyon kapasitesinin bilimsel temellere dayalı olarak doğrulanması, mikroalg bazlı projelerin karbon piyasalarında güvenilirliğini artırmaktadır. Bu süreç, biyokütlede depolanan karbon miktarının belirlenmesi ve uzaktan algılama yöntemleriyle doğrulama sağlanarak gerçekleştirilir. Deniz yosunlarının büyüme alanları uydu görüntüleriyle haritalandırılarak fotosentez etkinliği analiz edilir. Matematiksel modeller yardımıyla hektar başına CO_2 emilim miktarı tahmin edilerek karbon piyasalarına entegre edilir. Bu doğrulama süreçleri sayesinde, mikroalg bazlı karbon yakalama projeleri karbon kredisi piyasalarında daha güvenilir hale gelmektedir.

Mavi Kart Modeli çerçevesinde, mikroalg bazlı karbon yakalama sistemleri öncelikli olarak teşvik edilmeli ve karbon piyasalarında mikroalg bazlı kredilere daha yüksek fiyatlandırma avantajı sağlanmalıdır (European Commission, 2023; UNEP, 2023). Bunun yanı sıra, sanayi kuruluşları için mikroalg bazlı karbon yakalama yatırımlarına yönelik özel teşvik mekanizmaları oluşturulmalıdır:

1. Vergi avantajları ve sübvansiyonlar sağlanarak, sanayi tesislerinin mikroalg bazlı karbon yakalama sistemlerine yatırım yapması teşvik edilmelidir (IEA, 2022; UNFCCC, 2023).
2. Deniz yosunu çiftlikleri ve mikroalg biyoreaktörleri, sanayi tesisleriyle entegre edilerek emisyonların doğrudan azaltılması sağlanmalıdır (Nordic Council, 2022; WWF, 2022).

Bu öncelikli teşvik mekanizmaları, karbon piyasalarında mikroalg bazlı karbon kredilerinin daha fazla tercih edilmesini sağlayarak, sanayi sektöründeki emisyon azaltım süreçlerini daha sürdürülebilir hale getirecektir (Gold Standard, 2020; McKinsey & Company, 2023).

Mavi Kart Modeli, karbon piyasalarının spekülatif işlemlerden arındırılarak, gerçek emisyon azaltımı sağlayan projelere odaklanmasını amaçlamaktadır.

Bu modelin öne çıkan yönleri şunlardır:

1. Şeffaflık: Karbon kredilerinin yalnızca bilimsel olarak doğrulanmış projeler için kullanılması sağlanmalıdır (ICVCM, 2023; World Bank, 2023).
2. Adil Dağılım: Karbon dengeleme mekanizmalarının dört farklı yönteme yayılması, sanayinin tek bir stratejiye bağımlı hale gelmesini önleyecektir (Keith ve diğ, 2018; Mac Dowell ve diğ, 2017).
3. Bilimsel Temelli Teşvikler: Mikroalg bazlı karbon kredilerinin teşvik edilmesi, düşük maliyetli ve yüksek verimli biyoteknolojik çözümler sayesinde karbon piyasalarını daha sürdürülebilir hale getirecektir (Chisti, 2007; FAO, 2023).

Bu reformlar hayata geçirildiğinde, karbon piyasaları çevresel ve ekonomik sürdürülebilirliği destekleyen gerçek bir çözüm haline gelebilecektir.

Karbon piyasalarının şeffaf, adil ve doğrulanabilir emisyon azaltımına dayalı bir yapıya kavuşturulması, sürdürülebilir finans mekanizmalarının etkinliğini artırmak için kritik bir gerekliliktir. Xu ve Tian (2025) tarafından Journal of Environmental Management'da yayımlanan çalışma, Çin'in çevresel kredi derecelendirme politikalarının, çevresel performansı yüksek işletmeler için daha düşük maliyetli ve kolay erişilebilir finansman imkânları sunduğunu ortaya koymaktadır. Bu yaklaşım, Mavi Kart Modeli'nin yalnızca gerçek ve bilimsel olarak doğrulanmış emisyon azaltım projelerinin karbon piyasalarında işlem görmesi gerektiğine yönelik temel ilkesiyle örtüşmektedir.

Her iki model de, çevresel sürdürülebilirliği teşvik eden finansal mekanizmalar oluşturarak şirketlerin çevresel performanslarını artırmasını hedeflemektedir. Ancak, Mavi Kart Modeli ile çevresel kredi derecelendirme sistemleri arasındaki temel fark, düzenleyici kapsam ve uygulama alanlarından kaynaklanmaktadır.

Mavi Kart Modeli, karbon piyasalarındaki spekülatif hareketleri önlemek için karbon kredisi kullanımına kota getirmeyi ve yalnızca bilimsel olarak ölçülebilir emisyon azaltımına dayalı projeleri desteklemeyi öngörmektedir. Buna karşılık, çevresel kredi derecelendirme politikaları, bankaların kredi kararlarını yönlendiren bir finansal düzenleme aracı olarak işlev görmektedir (Busch, 2015; Ellerman & Buchner, 2007).

Mavi Kart Modeli'nin sunduğu mekanizma, çevresel kredi derecelendirme sistemlerinden ilham alarak, karbon piyasalarında daha adil ve etkin bir kredi tahsis sürecinin oluşturulmasına katkı sağlamaktadır. Bu çerçevede, modelin temel ilkeleri şunlardır:

1. Karbon kredileri, yalnızca doğrulanmış emisyon azaltım projeleri için tahsis edilmelidir.
2. Spekülatif alım-satım süreçleri sınırlandırılarak karbon piyasalarının çevresel etkinliği artırılmalıdır.
3. Şirketler, karbon kredisi kullanımına bağımlı olmaktan çıkarılarak doğrudan emisyon azaltımına teşvik edilmelidir.

Xu ve Tian (2025) tarafından ortaya konan bulgular, Mavi Kart Modeli'nin finans sektörüne entegrasyonu açısından önemli bir çerçeve sunmaktadır. Çalışmada ele alınan çevresel kredi derecelendirme sistemleri, şirketlerin çevresel performanslarını iyileştirerek finansal avantaj elde etmelerine olanak tanımaktadır. Bu bağlamda, Mavi Kart Modeli de karbon kredilerinin yalnızca finansal spekülasyon aracı olarak görülmemesi gerektiğini vurgulayarak, gerçek ve kalıcı emisyon azaltımına dayalı bir yaklaşımın benimsenmesini önermektedir.

Karbon fiyatlandırma mekanizmaları bağlamında Pigou Vergisi ve Coase Teoremi, çevresel dışsallıkların yönetiminde iki temel teorik yaklaşım olarak öne çıkmaktadır. Pigou Vergisi, çevreye zarar veren ekonomik faaliyetleri daha maliyetli hale getirerek firmaları ve bireyleri daha çevre dostu alternatiflere yönlendirmeyi amaçlamaktadır. Karbon vergisi, plastik vergisi ve gürültü vergisi gibi düzenlemeler, bu çerçevede değerlendirilen uygulamalar arasında yer almaktadır. Öte yandan, Coase Teoremi, mülkiyet haklarının net bir şekilde tanımlandığı ve taraflar arasında müzakere imkânının bulunduğu durumlarda, devlet müdahalesine gerek kalmadan piyasada etkin çözümler üretilebileceğini savunmaktadır (Aldy & Stavins, 2012).

Ancak Mavi Kart Modeli, bu iki yaklaşımın sınırlılıklarını göz önünde bulundurarak daha kapsayıcı bir çerçeve sunmaktadır. Model hem piyasa temelli çözümleri hem de düzenleyici mekanizmaları dengeleyerek, karbon piyasalarında adil ve sürdürülebilir bir yapı oluşturmayı hedeflemektedir. Böylece, yalnızca büyük ölçekli şirketlerin değil, küçük ve orta ölçekli işletmelerin de çevresel dönüşüm sürecine etkin bir şekilde katılımı teşvik edilmektedir.

Modelin uygulanması, karbon piyasalarının spekülatif bir yatırım aracı olmasının önüne geçerek, karbon kredilerinin gerçek emisyon azaltımı sağlayan ve sanayinin yeşil dönüşümünü destekleyen uzun vadeli yatırımlara yönlendirilmesini mümkün kılacaktır (UNEP, 2023; Delmas & Burbano, 2011). Böylelikle, karbon kredileri yalnızca yasal yükümlülükleri yerine getirmek için değil, çevresel sürdürülebilirliği teşvik eden ekonomik mekanizmalar olarak işlev görecektir.

4.1. Mavi Kart Modeli'nin Regülasyonları ve Teşvik Mekanizmaları

Karbon piyasalarının adil, şeffaf ve etkin bir şekilde işlemesi, yalnızca finansal piyasa dinamiklerine bırakılmadan, hukuki düzenlemeler, finansal teşvikler ve sürdürülebilir yatırım mekanizmaları ile desteklenmelidir. Mevcut karbon kredisi sistemleri, yetersiz düzenlemeler nedeniyle finansal spekülasyona açık hale gelmiş ve yeşil yıkama (greenwashing) uygulamalarının yaygınlaşmasına yol açmıştır (Integrity Council for the Voluntary Carbon Market [ICVCM], 2023; Greenpeace, 2023).

Bu bağlamda, Mavi Kart Modeli, karbon piyasalarının spekülatif işlemlerden arındırılarak, gerçek ve doğrulanabilir emisyon azaltımına dayalı projelere yönlendirilmesini sağlamak amacıyla sağlam bir hukuki ve ekonomik çerçeve oluşturmayı hedeflemektedir (United Nations Environment Programme [UNEP], 2023; European Commission, 2023). Modelin uluslararası karbon piyasalarına entegrasyonu, sanayi kuruluşlarının karbon nötr statüsünü adil bir şekilde kazanmasını garanti altına almak için aşağıdaki üç temel düzenleyici bileşene dayandırılmalıdır:

1. Karbon Kaçağının Önlenmesi ve Dengeli Karbon Kredisi Mekanizması: Karbon kaçağı, yüksek karbon fiyatlarına sahip ülkelerde faaliyet gösteren sanayi kuruluşlarının, maliyetleri düşürmek amacıyla düşük çevresel düzenlemelere sahip ülkelere taşınması veya küresel rekabet gücünü kaybetmesi riskini ifade etmektedir. Bu durum, küresel emisyon azaltım çabalarını baltalayarak karbon piyasalarının etkinliğini zayıflatmaktadır.

Mavi Kart Modeli, yalnızca düzenleyici tedbirler değil, sanayi kuruluşları için ekonomik olarak sürdürülebilir teşvik mekanizmaları ile de karbon kaçağını önlemeyi amaçlamaktadır.

Dengeli Karbon Kredisi Mekanizması kapsamında, karbon fiyatlandırma sistemlerine entegre edilen sanayicilere düşük maliyetli finansman desteği sağlanmalıdır. Düşük karbonlu üretime geçiş yapan firmalara, düşük faizli krediler ve vergi teşvikleri sunularak karbon piyasalarının spekülatif kullanımı sınırlandırılmalı ve çevresel sürdürülebilirlik artırılmalıdır. Bu mekanizma sayesinde, sanayicilerin düşük karbonlu üretime geçiş sürecinde finansal yükleri hafifletilirken, aynı zamanda küresel rekabet avantajları korunacaktır.

2. Düşük Karbonlu Üretimi Destekleyen Finansal Teşvikler

Sanayi kuruluşlarının düşük karbonlu üretim modellerine geçişini hızlandırmak için uzun vadeli finansal teşvikler hayata geçirilmelidir. Vergi indirimleri, düşük faizli krediler ve doğrudan yatırım hibeleri, sanayicileri düşük karbon teknolojilerine yatırım yapmaya teşvik edebilir. Karbon yakalama ve depolama (CCS) veya mikroalg bazlı karbon sekestrasyon projelerine yatırım yapan şirketlere özel teşvikler uygulanmalıdır. Düşük karbon teknolojilerine yatırım yapan firmalara, uzun vadeli düşük faizli krediler sağlanarak finansal sürdürülebilirlik desteklenmelidir. Bu teşvikler, sanayicileri karbon fiyatlarının düşük olduğu ülkelere taşınmak yerine, düşük emisyonlu üretim yöntemlerine yatırım yapmaya yönlendirecek ve karbon piyasalarında yapısal dönüşümü hızlandıracaktır.

3. Sınırda Karbon Düzenleme Mekanizması ile Küresel Rekabetin Korunması

Küresel karbon piyasalarında rekabetin korunması ve emisyon azaltım hedeflerine ulaşılmasını sağlamak amacıyla, Sınırda Karbon Düzenleme Mekanizması Mavi Kart Modeli ile entegre edilmelidir.

Karbon düzenlemelerinin düşük olduğu ülkelerden ithal edilen ürünlere karbon vergisi uygulanarak, karbon yoğun üretimin küresel ölçekte azalması teşvik edilmelidir. Sanayicilerin düşük karbonlu üretime geçişini hızlandıran düzenlemeler getirilerek, karbon fiyatlandırmasında küresel adalet sağlanmalıdır. Bu mekanizma, düşük karbonlu üretim yapan firmalara rekabet avantajı sunarak, sanayinin sürdürülebilir dönüşümünü hızlandıracaktır.

Bu politika, yüksek karbon salımı yapan ülkelerin düşük düzenlemeleri kullanarak küresel karbon piyasalarında avantaj sağlamasını önleyecek ve sanayi kuruluşlarının rekabet dezavantajı yaşamadan düşük karbonlu üretime geçişini destekleyecektir.

Mavi Kart Modeli'nin uygulanması, karbon piyasalarının yalnızca finansal kazanç aracı olmaktan çıkarılarak, gerçek ve kalıcı emisyon azaltımı sağlayan sistemler haline gelmesini mümkün kılacaktır. Bu dönüşüm, sanayinin yeşil ekonomiye entegrasyonunu hızlandırırken, karbon piyasalarındaki manipülasyonu önleyerek uzun vadeli sürdürülebilirliği garanti altına alacaktır.

4.1.1. Zorunlu Karbon Dengeleme Çeşitliliği Regülasyonu

Sanayi kuruluşları, karbon nötr statüsü elde etmek için en az dört farklı karbon yakalama yönteminden kredi kullanmalıdır (ICVCM, 2023; World Bank, 2023). Bu düzenleme, karbon kredisi sisteminde tek bir yönteme bağımlılığı önleyerek, emisyon dengeleme stratejilerinin daha geniş kapsamlı ve güvenilir olmasını sağlayacaktır.

Mikroalg bazlı karbon sekestrasyonu, sanayi kaynaklı emisyon azaltım projelerinde en az %25 oranında kullanılmalıdır (Brennan & Owende, 2010; Food and Agriculture Organization [FAO], 2023). Bu gereklilik, düşük maliyetli ve yüksek verimli karbon yakalama teknolojilerinin teşvik edilmesine yardımcı olacaktır.

Tek bir yöntemle karbon nötr statüsü kazanmak yasaklanmalıdır. Böylece, büyük ölçekli şirketlerin yalnızca kredi satın alarak yeşil yıkama yapması engellenerek, karbon piyasalarının çevresel sürdürülebilirliği artırılacaktır (European Commission, 2023; Delmas & Burbano, 2011).

4.1.2. Karbon Kredisi Satın Alımına Kota Getirilmesi

Sanayi kuruluşlarının yıllık karbon kredisi alımları, toplam emisyonlarının en fazla %30'u ile sınırlandırılmalıdır (McKinsey & Company, 2023; International Energy Agency [IEA], 2022). Bu düzenleme, şirketlerin yalnızca karbon kredisi satın alarak karbon nötr statüsü kazanmasının önüne geçerek, gerçek emisyon azaltımını teşvik etmeyi amaçlamaktadır.

Sanayi kuruluşları, karbon kredisi alımlarının en az %50'sini doğrudan kendi üretim süreçlerinde gerçekleştirdikleri emisyon azaltımı ile karşılamak zorunda olmalıdır (United Nations Framework Convention on Climate Change [UNFCCC], 2023; Gold Standard, 2020). Bu sayede, şirketlerin düşük karbonlu teknolojilere yatırım yapması teşvik edilirken, karbon piyasalarının manipüle edilmesi engellenecektir.

4.1.3. Şeffaflık ve Doğrulama Zorunluluğu

Tüm karbon kredisi işlemleri, emisyonların küresel etkileri nedeniyle bağımsız denetim kuruluşları tarafından doğrulanmalı ve uluslararası yaptırımı olan bir karbon kredisi kayıt sistemine işlenmelidir (Friedlingstein ve diğ., 2022; Keith ve diğ., 2018). Ancak, bu denetim süreçlerinin etkinliği ve tarafsızlığı sağlanmadığında, karbon piyasaları spekülatif hareketlere, kayırmacılığa ve yeşil yıkama (greenwashing) uygulamalarına açık hale gelmektedir (ICVCM, 2023; World Bank, 2023). Bu nedenle, bağımsız denetim kuruluşlarının güvenilirliğini sağlamak için aşağıdaki temel kriterlerin karşılanması gerekmektedir:

1. Tarafsızlık ve Bağımsızlık İlkesi

Denetim kuruluşları, karbon kredisi sağlayan veya satan şirketlerle doğrudan finansal ilişkisi olmayan bağımsız organizasyonlar olmalıdır (European Commission, 2023; UNEP, 2023).

Denetim kuruluşlarının finansmanı şeffaf olmalı ve özel sektörden bağımsız uluslararası fonlar aracılığıyla sağlanmalıdır (Gold Standard, 2020; IEA, 2022).

Bağımsızlık ilkesine aykırı şekilde şirketlerle çıkar çatışmasına giren denetim kuruluşlarına yaptırımlar uygulanmalıdır.

2. Şeffaf Raporlama ve Veri Paylaşımı

Tüm karbon kredisi doğrulama süreçleri kamuya açık raporlarla paylaşılmalı ve şeffaf bir veri tabanında saklanmalıdır (ICVCM, 2023; UNFCCC, 2023).

Denetim kuruluşları, karbon kredisi projelerinin doğrulama verilerini yıllık olarak yayımlamak ve bağımsız gözlemcilere sunmakla yükümlü olmalıdır (McKinsey & Company, 2023).

Raporlama süreçlerinde, karbon sekestrasyonu hesaplamaları, kullanılan ölçüm metotları ve doğrulama süreçleri açıkça belirtilmelidir (FAO, 2023).

3. Uluslararası Denetim Standartlarına Uygunluk

Denetim kuruluşlarının doğrulama prosedürleri, Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) ve International Organization for Standardization (ISO) gibi uluslararası standartlara uygun olmalıdır (European Commission, 2023).

Monitoring, Reporting, Verification (MRV) sistemleri çerçevesinde bağımsız denetim süreçleri oluşturulmalıdır (UNEP, 2023; UNFCCC, 2023).

Denetim kuruluşları, karbon piyasalarında faaliyet gösteren tüm şirketlere eşit mesafede durmalı ve politik veya ticari baskılardan bağımsız çalışmalıdır (World Bank, 2023).

4. Sahte veya Yanıltıcı Karbon Kredisi Raporlamalarına Karşı Yaptırımlar

Yanlış veya şişirilmiş karbon kredisi beyanında bulunan şirketlere yüksek para cezaları uygulanmalı ve karbon piyasalarından geçici veya kalıcı olarak men edilmelidir (WWF, 2022; UNEP, 2023).

Denetim kuruluşları, sahte karbon kredisi ticareti yapan şirketleri tespit etmek ve raporlamak için bağımsız soruşturma yetkisine sahip olmalıdır (McKinsey & Company, 2023).

Bağımsız denetim kuruluşları, karbon kredisi manipülasyonlarını tespit etmek için blockchain tabanlı karbon kredisi izleme sistemleri kullanmalıdır (ICVCM, 2023).

5. Gerçek Emisyon Azaltımını Önceliklendiren Doğrulama Prosedürleri

Karbon kredisi projeleri, yalnızca gerçek ve doğrulanabilir emisyon azaltımına katkı sağlayan projeler için onaylanmalıdır (Gold Standard, 2020).

Doğrudan sanayi emisyonlarını azaltan veya doğal karbon sekestrasyon süreçlerine katkıda bulunan projeler, daha yüksek dereceli karbon kredisi sertifikalarına sahip olmalıdır (European Commission, 2023; IEA, 2022).

Karbon kredisi sağlayan projeler, uydu görüntüleme, saha ölçümleri ve biyoteknolojik analizler ile desteklenmelidir (FAO, 2023).

4.1.4. Karbon Piyasalarının Uluslararası Uyumlu Hale Getirilmesi

Karbon piyasalarının etkinliği, uluslararası standartlara dayalı bir sistemle yönetilmesi ve farklı bölgeler arasındaki uyumsuzlukların giderilmesiyle artırılabilir. Mavi Kart Modeli, karbon piyasalarının adil, şeffaf ve etkin çalışmasını sağlamak amacıyla, Avrupa Birliği Emisyon Ticaret Sistemi (EU ETS) ve ABD karbon piyasaları ile entegre edilmelidir (European Commission, 2023; International Energy Agency [IEA], 2022).

Bu entegrasyon, karbon kredisi ticaretinin uluslararası standartlarla uyumlu hale gelmesini sağlayarak, piyasadaki güvenilirliği artıracak ve emisyon azaltım yükümlülüklerinin daha adil bir şekilde dağıtılmasını mümkün kılacaktır.

Paris Anlaşması'nın 6. maddesi, ülkeler arasında karbon piyasaları aracılığıyla iş birliği yapılmasına ve uluslararası karbon kredisi sistemlerinin etkinleştirilmesine olanak tanımaktadır (United Nations Framework Convention on Climate Change [UNFCCC], 2023). 6. Maddeye istinden ülkeler, karbon kredilerini ticaret yaparak sera gazı emisyonlarını azaltabilir. Ancak mevcut sistemde, karbon fiyatlandırma mekanizmalarındaki farklılıklar, yatırımcı güvenini zedelemekte ve karbon piyasalarının manipülasyona açık hale gelmesine neden olmaktadır (European Commission, 2023).

Mavi Kart Modeli, bu uyumsuzlukları gidermek ve karbon piyasalarının sürdürülebilir bir çerçevede işlemesini sağlamak amacıyla, Paris Anlaşması'nın 6. maddesi ile tam uyumlu hale getirilmelidir. Model ile küresel karbon piyasalarının manipülasyona karşı daha dirençli hale gelmesi sağlanacaktır. Karbon kredileri yalnızca finansal araç olarak değil, gerçek ve doğrulanabilir emisyon azaltımına dayalı bir mekanizma olarak işlem görecektir.

Mevcut sistemde bazı şirketler, daha gevşek karbon düzenlemelerine sahip ülkelere taşınarak emisyon azaltım yükümlülüklerinden kaçabilmektedir (IEA, 2022). Mavi Kart Modeli, karbon ticareti yoluyla karbon kaçağını önleyerek, emisyon azaltım yükümlülüklerinin küresel ölçekte daha adil dağıtılmasını sağlayacaktır (UNFCCC, 2023).

Bu doğrultuda, karbon fiyatlandırma politikalarının uluslararası düzeyde tutarlı hale getirilmesi, yatırımcı güvenini artıracaktır. Düşük karbonlu ekonomiye geçiş hızlandırılacaktır. Mavi Kart Modeli, küresel karbon piyasalarında standart bir mekanizma olarak önerilmeli ve Paris Anlaşması'nın 6. maddesi kapsamında karbon piyasalarına entegre edilmelidir (UNFCCC, 2023).

Mavi Kart Modeli'nin uluslararası bağlayıcılığının sağlanması, zorunlu karbon piyasaları ile entegrasyonunu gerektirmektedir. AB Emisyon Ticaret Sistemi (EU ETS) ve Çin Ulusal Karbon Piyasası (China National ETS) gibi büyük ölçekli karbon ticaret sistemleriyle nasıl

entegre edileceği, modelin başarısı için kritik bir konudur. Bu entegrasyon için mikroalg bazlı karbon kredileri, AB ETS'ye entegre edilerek, yüksek emisyon salan sektörlere sunulmalıdır. Bu krediler, sanayinin karbon nötr hedeflerine ulaşması için zorunlu karbon kredisi mekanizması içinde değerlendirilmeli ve ağır sanayi sektörleri için cazip hale getirilmelidir. Özellikle çimento ve demir-çelik sanayileri gibi yoğun karbon salımı yapan sektörler, mikroalg bazlı karbon kredilerini emisyonlarını dengelemek için kullanabilir.

Mavi Kart Modeli, karbon piyasalarında şeffaflığı artırmak, spekülatif finansal işlemleri sınırlandırmak ve gerçek emisyon azaltımına dayalı projeleri teşvik etmek amacıyla önerilen yenilikçi bir mekanizmadır. Mevcut karbon ticaret sistemleri, sanayi kuruluşlarının emisyon azaltımı yerine karbon kredisi satın alarak yükümlülüklerini yerine getirmelerine olanak tanırken, Mavi Kart Modeli yalnızca ölçülebilir, doğrulanabilir ve bilimsel temellere dayanan emisyon azaltım projelerini desteklemektedir.

Bu bağlamda, Avrupa Birliği tarafından 2026 yılında uygulamaya konulması planlanan Sınırda Karbon Düzenleme Mekanizması (CBAM), karbon kaçağını önlemeyi hedefleyen önemli bir politika aracıdır. Mikroalg bazlı karbon kredileri, CBAM kapsamında ithalatçılar için bir karbon dengeleme mekanizması olarak değerlendirilebilir. Böylece, karbon yoğun üretim süreçlerinden kaynaklanan çevresel maliyetler yalnızca gelişmiş ekonomiler tarafından değil, küresel tedarik zinciri içerisinde daha adil bir şekilde paylaşılabilir.

Tablo 10, Mavi Kart Modeli'nin karbon düzenine ilişkin mevcut yaklaşımlarla nasıl kıyaslandığını göstermektedir. Bu karşılaştırmalı analiz, farklı karbon ticaret sistemlerinin güçlü ve zayıf yönlerini ele alarak, Mavi Kart Modeli'nin benzersiz katkılarını ortaya koymaktadır.

Tablo 10. Karbon Piyasası Reform Modelleri Karşılaştırması

Model	**Temel Amaç**	**Karbon Kredisi Kullanımı**	**Şeffaflık ve Denetim**	**Karbon Kaçağını Önleme**	**Uygulama Zorlukları**	**Kaynak**
Mavi Kart Modeli	Karbon piyasalarında adalet ve şeffaflığı sağlamak, gerçek emisyon azaltımı yapan projeleri teşvik etmek.	Sadece doğrulanmış, ölçülebilir ve bilimsel olarak kanıtlanmış emisyon azaltım projeleri desteklenir.	Bağımsız doğrulama mekanizmaları önerilir, kredi kullanımına dört farklı karbon kredisi türü, kredi kotası ve giriş şartı getirilir.	Karbon kredisi kullanımını sınırlandırarak sanayiyi gerçek emisyon azaltımına yönlendirir.	Henüz geliştirme aşamasında olup, piyasa entegrasyonu ve uluslararası kabul gerektirir.	Öneri Aşamasında (Güroy, 2025)

Model	Temel Amaç	Karbon Kredisi Kullanımı	Şeffaflık ve Denetim	Karbon Kaçağını Önleme	Uygulama Zorlukları	Kaynak
Avrupa Birliği Emisyon Ticaret Sistemi (EU ETS)	Emisyon ticareti yoluyla sanayileri emisyon azaltımına teşvik etmek.	Piyasa mekanizmasına dayalı olarak karbon kredileri alınıp satılabilir.	Şeffaflık artırılmış ancak geçmişte düşük kaliteli karbon kredileri nedeniyle eleştirilmiştir.	Sanayilerin karbon kaçağını engellemek için ek önlemler bulunmamaktadır.	Düşük karbon fiyatları ve spekülasyon sorunları nedeniyle eleştirilmektedir.	Ellerman & Buchner (2007)
Sınırda Karbon Düzenleme Mekanizması (CBAM)	Karbon kaçağını önlemek ve ithal edilen karbon yoğun ürünleri düzenlemek.	Karbon kaçağını önlemek için ithal edilen ürünler üzerinden karbon vergisi uygulanır.	Sıkı denetim mekanizmaları ile karbon kaçağını önlemeye çalışmaktadır.	Sanayi sektöründe karbon kaçağını önlemek için ithal ürünlere karbon vergisi uygulanmaktadır.	Uluslararası ticaret anlaşmaları ile uyumlaştırılması gerekmektedir.	European Commission (2022)
California Cap-and-Trade Programı	Sanayileri emisyon azaltımına yönlendirmek ve karbon ticaretine düzen getirmek.	Belirlenmiş sınırlar dahilinde karbon kredisi ticareti yapılabilir.	Karbon kredisi denetim süreçleri artırılmış, ancak hâlâ piyasa spekülasyonlarına açıktır.	Sanayilerin karbon yoğun üretimi farklı bölgelere kaydırmasını engelleyici mekanizmalar içermemektedir.	Sanayinin düşük karbonlu üretime geçişini hızlandırmak için teşvik eksikliği bulunmaktadır.	Busch (2015)
Japonya Ortak Kredilendirme Mekanizması (JCM)	Gelişmekte olan ülkelerde düşük karbonlu projelere finansal destek sağlamak.	Özellikle gelişmekte olan ülkelerdeki projelere yönelik karbon kredisi sağlanır.	Bağımsız doğrulama mekanizmaları bulunmaktadır ancak ek katkısallık (additionality) sorunları yaşanmaktadır.	Sanayilere yönelik doğrudan bir karbon kaçağı önleme politikası bulunmamaktadır.	Karbon azaltımının gerçekten sağlanıp sağlanmadığı konusunda belirsizlikler bulunmaktadır.	Matsumoto (2020)
Güney Kore Emisyon Ticaret Sistemi (KETS)	Sanayileri emisyon ticareti yoluyla düşük karbonlu üretime yönlendirmek.	Sanayi kuruluşları belirlenen emisyon kotalarına uygun hareket ederek karbon kredisi alabilir.	Şeffaflık artırılmış ancak sistemin ekonomik sürdürülebilirliği hâlâ tartışmalıdır.	Karbon kaçağını önlemek için sınai üretimle ilgili ek düzenlemeler mevcuttur.	Sanayi kuruluşlarının maliyetleri artırdığı gerekçesiyle dirençle karşılaşmaktadır.	Lee & Woo (2021)

Gelişmekte olan ülkeler, mikroalg biyoreaktörleri gibi düşük karbon teknolojilerine erişimde zorluklarla karşılaşabilir. Bu nedenle, teknoloji transferi, kapasite geliştirme programları ve finansal teşvikler oluşturularak karbon piyasalarının daha adil ve kapsayıcı hale getirilmesi sağlanmalıdır.

Mavi Kart Modeli, mevcut karbon piyasalarında görülen düşük kaliteli karbon kredileri, spekülatif finansal işlemler ve karbon kaçağı gibi sorunlara alternatif bir çözüm sunmayı

hedeflemektedir. Modelin başarısı, uluslararası karbon piyasalarına entegrasyonunun sağlanmasına ve küresel ticaret kurallarına uygun hale getirilmesine bağlıdır.

Bu çerçevede, Paris Anlaşması'nın 6. maddesi doğrultusunda karbon piyasalarının reforme edilmesi ve yeşil finansman mekanizmalarıyla desteklenmesi, Mavi Kart Modeli'nin küresel karbon azaltım stratejisi olarak etkin bir şekilde uygulanabilmesini sağlayacaktır.

Sonuç olarak, Mavi Kart Modeli yalnızca gelişmiş ekonomiler için değil, gelişmekte olan ülkelerin de düşük karbon ekonomisine geçişini destekleyecek şekilde tasarlanmalıdır. Model, karbon ticaretinin finansal spekülasyonun ötesine geçerek, bilimsel verilere dayalı somut emisyon azaltımlarına odaklanan bir yapıya kavuşmasını hedeflemektedir.

Bu bağlamda, Tablo 10'da karşılaştırılan reform modellerinin her biri, karbon piyasalarının sürdürülebilirliği açısından belirli avantajlar ve sınırlılıklar içermektedir. Mavi Kart Modeli'nin uluslararası alanda kabul görmesi, karbon ticaret sistemlerinin gelecekte nasıl şekilleneceğine dair önemli bir örnek oluşturabilir.

4.1.6. Mikroalg Bazlı Karbon Kredileri İçin Özel Teşvikler

Mikroalg bazlı karbon sekestrasyonu, sürdürülebilir karbon yakalama yöntemleri arasında yüksek verimlilik sunmaktadır. Bu sistemlerin sanayi süreçlerine entegrasyonu, sadece karbon emisyonlarını azaltmakla kalmayıp biyoyakıt, biyoplastik ve su arıtımı gibi farklı sektörlerde ekonomik faydalar sağlamaktadır (FAO, 2023; Brennan & Owende, 2010). Mikroalg tabanlı projelerin karbon piyasalarında daha geniş kabul görmesi için özel teşvik mekanizmaları geliştirilmelidir.

Sanayi kuruluşları, karbon kredisi satın almak yerine mikroalg biyoreaktörlerine yatırım yapmaları halinde kurumsal gelir vergisi indirimi gibi teşviklerden faydalanabilmelidir (FAO, 2023).

Mikroalg tabanlı karbon kredileri, piyasa değerinin %20 üzerinde fiyatlandırılarak teşvik edilmelidir (European Commission, 2023; UNEP, 2023).

Mikroalg biyoreaktörlerinin çelik, çimento ve enerji sektörlerine entegrasyonu için devlet destekli teşvik mekanizmaları oluşturulmalıdır (WWF, 2022).

Bu teşviklerin uygulanabilmesi için, sanayi kuruluşları ve kamu düzenleyicileri arasında güçlü bir koordinasyon sağlanmalı ve yatırım süreçlerini destekleyici finansal mekanizmalar oluşturulmalıdır.

4.1.7. Düşük Karbonlu Teknoloji Yatırımları İçin Finansal Destek

Düşük karbonlu üretim süreçlerine geçişi hızlandırmak amacıyla mikroalg biyoyakıt üretimi, biyoplastik projeleri ve karbon sekestrasyonu sağlayan teknolojilere yatırım yapan şirketler için finansal destek mekanizmaları oluşturulmalıdır (IEA, 2022; UNFCCC, 2023).

Sanayi kuruluşlarına, karbon sekestrasyonu sağlayan projeler için uzun vadeli faizsiz veya düşük faizli krediler sunulmalıdır (McKinsey & Company, 2023).

Düşük karbonlu enerji sistemlerine yatırım yapan şirketler, karbon kredilerini teminat olarak kullanarak finansmana erişim sağlayabilmelidir (UNFCCC, 2023).

Mikroalg bazlı biyoyakıt üretimi ve karbon sekestrasyon projeleri, karbon piyasalarında öncelikli yatırım kategorisi olarak belirlenmeli ve özel teşvik programları ile desteklenmelidir (FAO, 2023).

Bu tür finansal destekler, sanayinin karbon kredisi ticaretine bağımlı kalmak yerine doğrudan emisyon azaltımına yatırım yapmasını teşvik edecek ve karbon piyasalarının uzun vadeli sürdürülebilirliğini sağlayacaktır.

4.1.8. Karbon Kredisi Yerine Emisyon Azaltımına Yatırım Yapan Şirketlere Vergi Avantajları

Sanayi kuruluşları, karbon kredisi satın almak yerine doğrudan emisyon azaltım projelerine yatırım yapmaları halinde özel vergi indirimlerinden faydalanmalıdır (European Commission, 2023). Bu yaklaşım, karbon piyasalarının spekülatif alım-satımlardan uzaklaştırılarak gerçek emisyon azaltımına odaklanmasını sağlayacaktır.

Emisyon azaltımına yönelik yenilikçi teknolojilere yatırım yapan şirketler için kurumsal vergi muafiyeti sağlanmalıdır (IEA, 2022).

Düşük karbonlu üretim sistemlerine yatırım yapan firmalara devlet destekli düşük faizli krediler sunulmalıdır (UNFCCC, 2023).

Mikroalg bazlı karbon yakalama projelerine yatırım yapan şirketler için vergi teşvikleri artırılmalıdır (FAO, 2023; UNEP, 2023).

Bu önlemler, karbon piyasalarında yalnızca ticari alım-satım yerine doğrudan emisyon azaltımını teşvik eden bir mekanizma oluşturulmasını sağlayacaktır.

4.1.9. Yeşil Finansman ve Sürdürülebilir Kalkınma Kredileri

Mavi Kart Modeli kapsamında geliştirilen projelerin uluslararası finans kuruluşları tarafından desteklenmesi, karbon piyasalarının daha adil ve şeffaf hale gelmesine katkıda bulunacaktır (World Bank, 2023; UNEP, 2023).

Düşük karbonlu projelere yönelik düşük faizli krediler oluşturulmalı ve karbon piyasalarında manipülasyonları engellemek için bağımsız denetim mekanizmaları devreye alınmalıdır (European Commission, 2023; IEA, 2022).

Mikroalg bazlı karbon sekestrasyon projelerine yönelik finansal teşvikler artırılmalıdır (FAO, 2023; UNEP, 2023).

Karbon piyasalarındaki şeffaflığı artırmak için yeşil kredilerin yalnızca gerçek emisyon azaltım projelerine tahsis edilmesi sağlanmalıdır (ICVCM, 2023).

Bu finansman mekanizmaları sayesinde, karbon kredilerinin ticareti yerine doğrudan emisyon azaltımına yönlendirilmesi mümkün olacak ve düşük karbonlu sanayi modellerine geçiş hızlanacaktır.

5. Sonuç ve Öneriler

Mavi Kart Modeli, karbon piyasalarındaki adaletsizlikleri gidermek, şeffaflığı artırmak ve gerçek emisyon azaltımını teşvik etmek amacıyla geliştirilen yenilikçi bir mekanizmadır. Geleneksel karbon piyasalarında büyük sanayi kuruluşları, karbon kredisi satın alarak emisyonlarını fiili olarak azaltmadan "karbon nötr" görünümü kazanabilmektedir. Ancak Mavi Kart Modeli, karbon kredilerinin piyasaya girişini belirli şartlara bağlayarak, karbon dengeleme süreçlerinde en az dört farklı yöntemle emisyon azaltımını zorunlu hale getirmeyi öngörmektedir (FAO, 2023; IEA, 2022). Bu sayede, karbon ticareti yalnızca spekülatif bir finans aracı olmaktan çıkıp, bilimsel verilere dayalı ve somut emisyon azaltımları sağlayan bir sistem haline gelecektir.

Mikroalg bazlı projeler, karbon piyasalarında öncelikli olarak teşvik edilmelidir. Mikroalgler, atmosferdeki CO_2'yi hızlı bir şekilde yakalayarak biyokütleye dönüştüren yüksek verimli biyolojik sistemlerdir (Chisti, 2007; Brennan & Owende, 2010). Bu özellikleri sayesinde biyoyakıt, biyoplastik ve besin takviyeleri gibi farklı sektörlerde kullanılabilir ve düşük karbonlu ekonomiye geçişi hızlandıran önemli bir araç haline gelebilir (UNEP, 2023). Mikroalg bazlı karbon yakalama projelerinin daha cazip hale gelmesi için, hükümetler bu projeleri karbon kredisi mekanizmalarına entegre etmeli, finansal teşvikler sunmalı ve düzenleyici çerçeveler oluşturmalıdır.

Karbon kredisi sistemlerinin, gerçek emisyon azaltımı sağlayan projelere tahsis edilmesi büyük önem taşımaktadır. Bu nedenle sertifika mekanizmaları güçlendirilmeli, karbon piyasalarında yeşil yıkamayı (greenwashing) önlemek için bağımsız doğrulama sistemleri genişletilmeli ve finansal spekülasyonların önüne geçilmelidir (Gold Standard, 2020; European Commission, 2023). Ayrıca, mikroalg biyoreaktörleri ve deniz yosunu çiftliklerinin karbon sekestrasyonu

için teşvik edilmesi, sanayi sektörünün bu alanlara yatırım yapmasını sağlayacaktır (IEA, 2022).

Sanayi kuruluşlarının karbon kredisi kazanımı yalnızca satın alma yoluyla değil, doğrudan karbon yakalama teknolojilerine yatırım yapmaları şartına bağlanmalıdır (European Commission, 2023). Bunun yanı sıra, biyolojik yöntemler (orman yönetimi, alg yetiştiriciliği, toprak karbonu) karbon dengeleme projelerinde daha fazla teşvik edilmelidir (WWF, 2022).

Mavi Kart Modeli'nin uygulanabilirliği açısından, karbon fiyatlandırma politikalarında öncü olan ülkeler değerlendirildiğinde İsveç ve İsviçre en iyi örnekler arasında yer almaktadır. Bu ülkeler, karbon piyasalarının şeffaflığını sağlamak için sıkı düzenlemeler uygulamakta ve karbon fiyatlandırmasını küresel düzeyde en yüksek seviyede tutmaktadır (World Bank, 2023). Örneğin, İsveç dünyadaki en yüksek karbon vergisine (130 EUR/ton CO_2) sahip ülkelerden biridir (IEA, 2022). 2045 yılına kadar karbon nötr olmayı hedefleyen İsveç, biyolojik karbon yakalama yöntemleriyle sanayi emisyonlarını azaltmaktadır (Nordic Council, 2022). Mavi Kart Modeli, İsveç'in karbon ticaret sistemine entegre edilerek mikroalg ve biyokütle tabanlı karbon yakalama yöntemlerine daha fazla teşvik sağlanmasını mümkün kılabilir.

İsviçre, karbon kredisi sistemlerinde şeffaflık ve sıkı denetim mekanizmalarıyla yönetilen bir piyasa yapısına sahiptir. Ülkenin Avrupa Birliği Emisyon Ticaret Sistemi (EU ETS) ile entegrasyonu, karbon ticaretinin daha sistematik ve güvenilir bir çerçevede yürütülmesini sağlamaktadır (WWF, 2022). Ancak, karbon piyasalarının yalnızca finansal bir araç olarak görülmesi, çevresel etkiler yerine ekonomik kazançlara öncelik verilmesine neden olabilmektedir. Bu noktada, Mavi Kart Modeli, karbon kredilerinin gerçek ve kalıcı emisyon azaltımı sağlamak amacıyla kullanılmasını teşvik eden bir sistem önererek, mevcut eksiklikleri gidermeyi hedeflemektedir (European Commission, 2023).

Bununla birlikte, Kanada ve Yeni Zelanda gibi ülkeler, gelişmiş karbon piyasalarına sahip olmalarına rağmen, karbon fiyatlandırma politikalarının ülkeler arasında bağımsız olarak yürütülmesi küresel karbon piyasalarında tutarsızlıklara yol açmaktadır (McKinsey & Company, 2023). Sanayi kuruluşlarının düzenlemeler üzerindeki etkileri tartışmalıdır; bu etkinin karbon piyasalarının işleyişini nasıl şekillendirdiği üzerine daha fazla araştırma gerekmektedir.

Bu noktada, Bhambra ve Newell (2023) tarafından ortaya konan "iklim kolonizasyonu" (climate colonialism) kavramı, küresel karbon politikalarındaki eşitsizlikleri anlamak açısından önemli bir çerçeve sunmaktadır. Yazarlar, sanayileşmiş ve yüksek gelirli ülkelerin çevresel maliyetleri, daha az sanayileşmiş ve gelişmekte olan ülkelere yükleyerek, kendi

sürdürülebilirlik politikalarını desteklerken ekonomik ve çevresel yükü farklı coğrafi bölgelere kaydırdığını savunmaktadır.

Özellikle karbon piyasaları ve emisyon ticareti mekanizmaları, görünürde küresel karbon azaltımını teşvik eden sistemler olarak sunulsa da, bazı ülkelerin ekonomik büyümesini ve sürdürülebilir kalkınma hedeflerini zorlaştıran bir yapı oluşturabilmektedir. Sanayileşmiş ülkelerin tarihsel karbon salınımının sorumluluğunu üstlenmemesi, küresel ölçekte çevresel adalet tartışmalarını gündeme getirmektedir (Bhambra & Newell, 2023).

Ayrıca, yenilenebilir enerji dönüşümü ve yeşil ekonomi politikaları da yeni bir tür çevresel adaletsizlik dinamiklerini ortaya çıkarmaktadır. Enerji geçişinde kritik öneme sahip lityum, kobalt ve nikel gibi minerallerin çıkarılması sürecinde, doğal kaynakların aşırı kullanımı ve ekosistem tahribatı gibi sorunlarla karşılaşılmaktadır. Ekonomik olarak daha güçlü ülkeler, kendi karbon ayak izlerini azaltmaya çalışırken, çevresel ve ekonomik yükün daha az sanayileşmiş bölgelere kaydırılması, bu süreçte küresel eşitsizlikleri derinleştirebilmektedir.

Mavi Kart Modeli, karbon piyasalarının yalnızca finansal bir araç olarak değerlendirilmesinin ötesine geçerek, çevresel adaleti teşvik eden ve sanayi sektöründe sürdürülebilir dönüşümü destekleyen bir mekanizma olarak yapılandırılmayı amaçlamaktadır. Model, karbon kredilerinin yalnızca büyük ölçekli şirketlerin yükümlülüklerini yerine getirmesi için değil, aynı zamanda gerçek ve kalıcı emisyon azaltımına katkı sağlayan uzun vadeli yatırımları teşvik etmesi gerektiğini öne sürmektedir (UNEP, 2023; Delmas & Burbano, 2011). Bu doğrultuda, karbon piyasalarının küresel ölçekte daha adil bir yapıya kavuşabilmesi için iklim kolonizasyonu kavramının karbon ticareti politikalarına entegre edilmesi önemli bir husustur. Özellikle gelişmiş sanayileşmiş ekonomiler, tarihsel karbon emisyonlarından kaynaklanan sorumluluklarını göz önünde bulundurarak, gelişmekte olan ülkeler için adil finansal destek mekanizmaları oluşturmalıdır. Bununla birlikte, yeşil dönüşüm süreçlerinin ekonomik, sosyal ve ekolojik dengeleri koruyan politikalar çerçevesinde yürütülmesi gerekmektedir. Yerel toplulukların haklarının korunması ve çevresel sürdürülebilirliğin sağlanması, karbon ticaretine dayalı küresel politikaların temel ilkeleri arasında yer almalıdır.

Tablo 11'de, Mavi Kart Modeli'nin gerçek dünyada uygulanabilmesi için önerilen aşamalar sunulmaktadır. Bu aşamalar; mevzuat ve regülasyonların belirlenmesi, pilot projelerin uygulanması, küresel entegrasyon, finansal altyapının güçlendirilmesi ve uzun vadeli değerlendirme süreçlerini kapsamaktadır.

Özellikle, İsveç ve İsviçre gibi ülkeler, sıkı karbon düzenlemeleri sayesinde Mavi Kart Modeli'nin uygulanmasına en uygun adaylar arasında yer almaktadır. Ancak, karbon ticaretine

katılan ülkeler arasındaki farklı mevzuatlar ve karbon fiyatlandırma politikalarının tutarsızlığı, modelin başarısı açısından önemli bir zorluk teşkil etmektedir (IEA, 2022).

Bu nedenle, Mavi Kart Modeli'nin başarılı bir şekilde uygulanabilmesi için uluslararası finans kuruluşlarının desteğiyle karbon piyasalarının düzenlenmesi, ortak doğrulama standartlarının geliştirilmesi ve karbon fiyatlandırma mekanizmalarının küresel düzeyde uyumlu hale getirilmesi gerekmektedir. Ayrıca, karbon kredisi ticaretinde spekülasyonların önüne geçilmesi için fiyat istikrarı sağlayan finansal düzenlemeler ve bağımsız denetim mekanizmaları oluşturulmalıdır.

Sonuç olarak, Mavi Kart Modeli'nin karbon piyasalarına entegrasyonu, yalnızca ekonomik bir mekanizma olmaktan öte, küresel karbon azaltım hedeflerine bilimsel ve ölçülebilir bir katkı sağlamayı amaçlayan çevresel bir modeldir. Modelin etkinliğini artırmak için Tablo 10 ve Tablo 11'de yer alan aşamalar dikkate alınmalı ve ülkeler arası karbon ticareti düzenlemelerinde bu öneriler doğrultusunda politikalar geliştirilmelidir.

Tablo 11. Mavi Kart Modeli'nin Uygulama Aşamaları

Aşama	Zaman Çerçevesi	Ana Hedef	Önerilen Faaliyetler
1. Aşama: Mevzuat ve Regülasyonların Belirlenmesi	0-12 Ay	Yasal altyapının oluşturulması	- Paris İklim Anlaşması ve uluslararası karbon piyasaları ile uyumluluk sağlanması - Mavi Kart sertifikasyon kriterlerinin belirlenmesi - Karbon kredisi doğrulama mekanizmalarının oluşturulması
2. Aşama: Pilot Projelerin Uygulanması	12-24 Ay	Modelin sektörel düzeyde test edilmesi	- Sanayi ve enerji sektörlerinde Mavi Kart uygulamalarının test edilmesi - Mikroalg tabanlı karbon yakalama tesisleri ile geleneksel yöntemlerin karşılaştırılması - Blockchain tabanlı karbon takibi için altyapı oluşturulması
3. Aşama: Küresel Entegrasyon	24-36 Ay	Karbon ticareti sistemleri ile entegrasyon	- Mavi Kart Sertifikası'nın EU ETS, ABD ve Çin karbon piyasaları ile uyumlu hale getirilmesi - Fiyat istikrar mekanizmalarının geliştirilmesi - Mikroalg projelerinin karbon piyasalarında daha yüksek değerlendirilebilmesi için teşvik sağlanması
4. Aşama: Finansal Altyapının Güçlendirilmesi	36-48 Ay	Sürdürülebilir finansal mekanizmaların oluşturulması	- Yeşil yatırım fonları ile finansal destek sağlanması - Dünya Bankası, IMF ve Avrupa Yatırım Bankası ile iş birliği - Karbon piyasalarında fiyat spekülasyonlarını engelleyecek finansal regülasyonlar geliştirilmesi

Aşama	Zaman Çerçevesi	Ana Hedef	Önerilen Faaliyetler
5. Aşama: Ölçme, Değerlendirme ve Genişletme	48-60 Ay	Modelin uzun vadeli etkisinin değerlendirilmesi	- Modelin karbon azaltım üzerindeki etkinliğinin ölçülmesi - Gelişmekte olan ülkeler için özel finansman mekanizmalarının oluşturulması - Kamu-özel sektör iş birlikleri ile modelin daha geniş ölçekte uygulanması

Küresel sera gazı emisyonlarını azaltma hedefleri doğrultusunda, karbon ticareti ve karbon bankacılığı, emisyon yönetimi stratejilerinde önemli finansal mekanizmalar olarak öne çıkmaktadır. Karbon piyasalarının etkin bir şekilde düzenlenmesi ve yönetilmesi, sürdürülebilir iklim politikalarının temel taşlarından biridir. Bu bağlamda, karbon bankacılığı modelleri, karbon kredisi arz ve talebini dengeleyerek piyasaların istikrarını sağlama amacı taşımaktadır. Esuola ve Weersink (2006) ile Bigsby (2009) tarafından geliştirilen karbon bankacılığı modelleri, karbon denkleştirme projelerine finansal destek sağlayarak büyük ölçekli karbon salıcılarının emisyon yükümlülüklerini yerine getirmesine olanak tanımaktadır. Ancak, bu sistemlerin etkinliği karbon fiyatlarındaki dalgalanmalar, uzun vadeli karbon depolama stratejilerinin sürdürülebilirliği ve piyasa spekülasyonu gibi çeşitli riskler nedeniyle tartışmalı bir konu olarak değerlendirilmektedir.

Mevcut karbon ticareti ve bankacılığı sistemlerinin yapısal eksikliklerini gidermek ve piyasaların daha adil, şeffaf ve etkili bir şekilde işlemesini sağlamak amacıyla Mavi Kart Modeli geliştirilmiştir. Bu model, karbon piyasalarında büyük ölçekli şirketlerin hakimiyetini azaltarak bireylerin ve küçük ölçekli işletmelerin de doğrudan katılımını teşvik etmektedir. Böylece, karbon ticaretine daha kapsayıcı bir yapı kazandırılarak, karbon dengeleme projelerinin finansal spekülasyon ve piyasa manipülasyonlarından arındırılması hedeflenmektedir.

Mavi Kart Modeli, geleneksel karbon ticaret sistemlerinden farklı olarak, karbon kredilerinin piyasaya girişini belirli şartlara bağlamakta ve en az dört farklı yöntemle emisyon azaltımını zorunlu hale getirmektedir. Bu mekanizma, karbon piyasalarının yalnızca spekülatif bir finans aracı olarak kullanılmasının önüne geçerek, bilimsel verilere dayalı ve ölçülebilir emisyon azaltımları sağlayan bir sistem inşa etmeyi amaçlamaktadır (FAO, 2023; IEA, 2022).

Modelin küresel karbon piyasaları ile uyum içinde işleyebilmesi ve karbon ticaretinde daha adil bir yapı oluşturabilmesi için uluslararası finans kuruluşlarının desteğiyle karbon piyasalarının yeniden düzenlenmesi gerekmektedir. Bu doğrultuda, Paris Anlaşması'nın 6. maddesi çerçevesinde karbon fiyatlandırma mekanizmalarının küresel düzeyde uyumlu hale getirilmesi

kritik bir gereklilik olarak öne çıkmaktadır (IEA, 2022). İsveç ve İsviçre gibi ülkeler, sıkı karbon düzenlemeleri ve gelişmiş karbon fiyatlandırma politikaları sayesinde Mavi Kart Modeli'nin uygulanmasına en uygun adaylar arasında gösterilmektedir. Ancak, karbon ticaretine katılan ülkeler arasında karbon fiyatlandırma politikalarının farklılık göstermesi ve ortak doğrulama standartlarının eksikliği, modelin etkin bir şekilde uygulanabilmesi açısından önemli zorluklar arasında yer almaktadır.

Buna ek olarak, karbon piyasalarının daha etkin ve sürdürülebilir hale getirilmesi yalnızca finansal mekanizmalar ile sınırlı kalmamalı, bilimsel ve teknolojik altyapının da güçlendirilmesini gerektirmektedir. Karbon yakalama ve depolama teknolojilerinin geliştirilmesi, karbon sekestrasyon kapasitesinin artırılması ve biyoteknolojik çözümlerin teşvik edilmesi için disiplinlerarası bir yaklaşım benimsenmelidir. Bu doğrultuda, fotosentez mühendisliği, karbon mühendisliği, alg mühendisliği ve fermentasyon mühendisliği gibi yeni akademik disiplinlerin geliştirilmesi ve Alg Teknoloji Enstitüleri gibi araştırma merkezlerinin kurulması önerilmektedir.

Karbon ticareti ve karbon yönetiminin ulusal ve uluslararası düzeyde daha etkili bir şekilde yönlendirilmesi için kurumsal yapıların oluşturulması büyük önem taşımaktadır. Küresel karbon ticaretinin ve emisyon azaltımının entegre bir şekilde yürütülmesini sağlamak amacıyla bir "Karbon Bakanlığı" kurulması önerilmektedir. Böyle bir kurumsal yapı, karbon piyasalarının düzenlenmesi, ülkeler arasında entegrasyon sağlanması ve karbon kredisi sistemlerinin daha güvenilir hale getirilmesi gibi alanlarda etkili politikalar üretebilecektir. Türkiye'de halihazırda faaliyet gösteren Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, karbon ticareti ve sürdürülebilir karbon yönetimi açısından bu çerçevede değerlendirilebilecek bir yapı olarak öne çıkmaktadır.

Karbon ticareti ve karbon bankacılığı, sera gazı emisyonlarını azaltmada önemli araçlar olmakla birlikte, mevcut sistemlerin adalet, şeffaflık ve sürdürülebilirlik açısından yetersizlikleri bulunmaktadır. Mavi Kart Modeli, karbon piyasalarında daha kapsayıcı bir yapı oluşturarak, finansal spekülasyonları önlemeyi ve gerçek emisyon azaltımlarını teşvik etmeyi amaçlayan yenilikçi bir mekanizma olarak öne çıkmaktadır.

Ancak, modelin başarılı bir şekilde uygulanabilmesi için bilim, teknoloji ve yönetişim alanlarında kapsamlı reformlara ihtiyaç duyulmaktadır. Fotosentez ve karbon mühendisliği gibi yeni disiplinlerin akademik müfredata dahil edilmesi, biyoteknoloji ve yenilenebilir enerji alanlarında yapılan yatırımların artırılması ve uluslararası karbon yönetimini yönlendirecek

bağımsız ve şeffaf kurumsal yapıların oluşturulması, karbon piyasalarının gelecekte daha sürdürülebilir bir çerçevede işlemesini sağlayacaktır.

6.Kaynaklar

A

1. Acién, F. G., Fernández-Sevilla, J. M., Magán, J. J., & Molina, E. (2012). Production cost of a real microalgae production plant and strategies to reduce it. *Biotechnology Advances, 30*(6), 1344-1353. https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2012.02.005
2. Ali, W., Wilson, J., & Frynas, J. G. (2024). Corporate governance mechanisms and carbon disclosure: A multilevel and multitheory literature survey. *Corporate Social Responsibility and Environmental Management.* https://doi.org/10.1002/csr.2869
3. Ayazoğlu, B. (2022). *Seçilmiş OECD ülkelerinde kişi başına düşen CO_2 emisyonu ve toplam enerji tüketimleri yakınsama kulüpleri analizi* (Yüksek Lisans Tezi). Pamukkale Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Denizli.
4. International Energy Agency (IEA). (2023). Energy-related CO_2 emissions statistics. Retrieved from https://www.iea.org/reports/co2-emissions
5. Angermayr, S. A., Hellingwerf, K. J., Lindblad, P., & Teixeira de Mattos, M. J. (2009). Energy biotechnology with cyanobacteria. Current Opinion in Biotechnology, 20(3), 257-263. https://doi.org/10.1016/j.copbio.2009.05.011
6. Aresta, M., Dibenedetto, A., & Angelini, A. (2013). The changing paradigm in CO_2 utilization. Journal of CO_2 Utilization, 3–4, 65-73. https://doi.org/10.1016/j.jcou.2013.08.001
7. Aldy, J. E., & Stavins, R. N. (2012). The Promise and Problems of Pricing Carbon: Theory and Experience. The Journal of Environment & Development, 21(2), 152-180. https://doi.org/10.1177/1070496512442508

B

8. Bigsby, Hugh, 2009. Carbon banking: Creating flexibility for forest owners, Forest Ecology and Management 257 (2009) 378-383.
9. Bachram, H. (2004). Climate fraud and carbon colonialism: the new trade in greenhouse gases. *Capitalism Nature Socialism*, *15*(4), 5–20. https://doi.org/10.1080/1045575042000287299
10. Bhambra, G. K., & Newell, P. (2023). More than a metaphor: 'climate colonialism' in perspective. Global Social Challenges Journal, 2(2), 179-187. Retrieved Feb 20, 2025, from https://doi.org/10.1332/EIEM6688
11. Bach, L. T., Gill, S. J., Rickaby, R. E. M., Rees, A. P., & Sheppard, L. J. (2021). CO_2 removal with enhanced weathering and ocean alkalinity enhancement: Potential risks and co-benefits. Frontiers in Climate, 3, 594880. https://doi.org/10.3389/fclim.2021.594880
12. Beal, C. M., Gerber, L. N., Sills, D. L., Huntley, M. E., Machesky, S. C., Walsh, M. J., Tester, J. W., & Archibald, I. (2012). The feasibility of microalgae as a replacement for traditional feedstocks in biofuels production. Biofuels, 3(5), 595-606. https://doi.org/10.4155/bfs.12.36
13. Becker, E. W. (2007). Microalgae as a source of protein. Biotechnology Advances, 25(2), 207-210. https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2006.11.002
14. Beer, L. L., Boyd, E. S., Peters, J. W., & Posewitz, M. C. (2012). Engineering algae for biohydrogen and biofuel production. Current Opinion in Biotechnology, 23(3), 406-413. https://doi.org/10.1016/j.copbio.2011.12.021
15. Berla, B. M., Saha, R., Immethun, C. M., Maranas, C. D., Moon, T. S., & Pakrasi, H. B. (2013). Synthetic biology of cyanobacteria: Unique challenges and opportunities. Frontiers in Microbiology, 4, 246. https://doi.org/10.3389/fmicb.2013.00246
16. Bixler, H. J., & Porse, H. (2011). A decade of change in the seaweed hydrocolloids industry. Carbohydrate Polymers, 84(1), 7-14. https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2011.08.066
17. Böhringer, C., Koschel, H., & Moslener, U. (2012). Efficiency losses from overlapping regulation of EU carbon emissions. Journal of Regulatory Economics, 41(1), 120-140. https://doi.org/10.1007/s11149-011-9175-6

18. Boyd, P. W., Jickells, T., Law, C. S., Blain, S., Boyle, E. A., Buesseler, K. O., & Watson, A. J. (2007). Mesoscale iron enrichment experiments 1993-2005: Synthesis and future directions. Science, 315(5812), 612-617. https://doi.org/10.1126/science.1131669
19. Branger, F., & Quirion, P. (2014). Would border carbon adjustments prevent carbon leakage and competitiveness losses? Insights from a meta-analysis of economic modeling studies. Climate Policy, 14(5), 565-583. https://doi.org/10.1080/14693062.2014.888865
20. Brennan, L., & Owende, P. (2010). Biofuels from microalgae—A review of technologies for production, processing, and extractions of biofuels and co-products. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 14(2), 557-577. https://doi.org/10.1016/j.rser.2009.10.009
21. Busch, C. (2015). Cap-and-trade: An evaluation of California's greenhouse gas reduction program. Energy Policy, 87, 486-494. https://doi.org/10.1016/j.enpol.2015.09.022
C
22. Canadell, J.G., P.M.S. Monteiro, M.H. Costa, L. Cotrim da Cunha, P.M. Cox, A.V. Eliseev, S. Henson, M. Ishii, S. Jaccard, C. Koven, A. Lohila, P.K. Patra, S. Piao, J. Rogelj, S. Syampungani, S. Zaehle, and K. Zickfeld, 2021: Global Carbon and other Biogeochemical Cycles and Feedbacks. 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 [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 673–816, doi:10.1017/9781009157896.007.
23. Chaumont, D. (1993). Biotechnology of algal biomass production: A review of systems for outdoor mass culture. Journal of Applied Phycology, 5(6), 593-604. https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/BF02184638.pdf
24. Cheah WY, Show PL, Chang JS, Ling TC, Juan JC. Biosequestration of atmospheric CO2 and flue gas-containing CO2 by microalgae. Bioresour Technol. 2015 May;184:190-201. doi: 10.1016/j.biortech.2014.11.026. Epub 2014 Nov 20. PMID: 25497054.
25. Chen, X., Li, Y., & Zhang, J. (2024). Real green or fake green? Impact of green credit policy on corporate ESG performance. Nature Humanities and Social Sciences Communications, 11(1), 35-56. https://doi.org/10.1038/s41599-024-03596-z
26. Liao, Y., Zhou, X. Real green or fake green? Impact of green credit policy on corporate ESG performance. *Humanit Soc Sci Commun* **11**, 1097 (2024). https://doi.org/10.1057/s41599-024-03596-z
27. Chisti, Y. (2007). Biodiesel from microalgae. Biotechnology Advances, 25(3), 294-306. https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2007.02.001
28. Corn Production Reports. (2023). Global maize production and sustainability analysis. Retrieved from https://www.corn-production.org
29. Crutzen, P. J. (2006). Albedo enhancement by stratospheric sulfur injections: A contribution to resolve a policy dilemma? Climatic Change, 77(3-4), 211-219. https://doi.org/10.1007/s10584-006-9101-y
D
30. Ducat, D. C., Way, J. C., & Silver, P. A. (2011). Engineering cyanobacteria to generate high-value products. Trends in Biotechnology, 29(2), 95-103. https://doi.org/10.1016/j.tibtech.2010.12.003
31. Desert Greening Initiatives. (2023). Afforestation in arid regions and climate change mitigation. Retrieved from https://www.desert-greening.org
32. Delmas, M. A., & Burbano, V. C. (2011). The drivers of greenwashing. California Management Review, 54(1), 64-87. https://doi.org/10.1525/cmr.2011.54.1.64
33.
E
34. European Commission. (2022). Carbon Border Adjustment Mechanism (CBAM) explained. European Union Climate Policy Report. https://ec.europa.eu/clima/policies/border_carbon_en

35. European Commission. (2023). Carbon capture and utilization in industrial sectors: Policy and market outlook. Retrieved from https://ec.europa.eu
36. European Algae Biomass Association. (2023). Microalgae bioreactors and industrial carbon capture. Retrieved from https://www.eaba-association.org
37. European Marine Board. (2022). Marine biotechnology: Opportunities for blue carbon sequestration. Retrieved from https://www.marineboard.eu
38. Eurostat. (2023). Greenhouse gas emissions per capita in the EU. Retrieved from https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained
39. European Horticulture Review. (2023). Sustainable vegetable farming in Europe. Retrieved from https://www.horticulture-europe.org
40. Ellerman, A. D., & Buchner, B. K. (2007). The European Union emissions trading scheme: Origins, allocation, and early results. Review of Environmental Economics and Policy, 1(1), 66-87. https://doi.org/10.1093/reep/rem003
41. European Commission. (2023). Carbon capture and utilization in industrial sectors: Policy and market outlook. Retrieved from https://ec.europa.eu
42. European Commission. (2023). Carbon Border Adjustment Mechanism (CBAM). European Union. Retrieved from https://taxation-customs.ec.europa.eu/carbon-border-adjustment-mechanism_en
43. Eusola, A.G., Weersink, A., 2006. Carbon banks: an efficient means to exchange sequestered carbon. Journal of Environmental Quality 35, 1525-1532.
F
44. FAO (Food and Agriculture Organization). (2021). Global status of seaweed production, trade and utilization. Retrieved from https://www.fao.org/3/cb5670en/cb5670en.pdf
45. FAO Fisheries and Aquaculture Circular No. 1034. Retrieved from https://www.fao.org
46. Fasihi, M., Bogdanov, D., & Breyer, C. (2019). Techno-economic assessment of CO_2 direct air capture plants. Journal of Cleaner Production, 224, 957-980. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.03.086
47. Friedlingstein, P., Jones, M. W., O'Sullivan, M., & others. (2022). Global carbon budget 2022. Earth System Science Data, 14(10), 4811-4900. https://doi.org/10.5194/essd-14-4811-2022
48. Financial Times. (2024). Global carbon pricing trends and the evolution of emission trading systems. Retrieved from https://www.ft.com
49. FAO. (2023). Vegetable production and environmental impact assessment. Retrieved from https://www.fao.org
50. Faber, G., & Sick, V. (2022). "Identifying and Mitigating Greenwashing of Carbon Utilization Products." *Global CO2 Initiative*, University of Michigan.
51. Financial Times. (2024, Mart 10). The path to global carbon pricing. Financial Times. https://www.ft.com/content/0a4ac951-5b95-4527-82fc-0ec587483ac5
52. FAO. (2023). Sustainable bioplastics and carbon credits in renewable materials. Retrieved from https://www.fao.org
53. FAO. (2021). The state of world fisheries and aquaculture 2021. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Retrieved from https://www.fao.org
54. FAO. (2023). Soil carbon management and agricultural sustainability. Retrieved from https://www.fao.org
55. Fasihi, M., Bogdanov, D., & Breyer, C. (2019). Techno-economic assessment of CO_2 direct air capture plants. Journal of Cleaner Production, 224, 957-980. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.03.086
56. FAO Fisheries and Aquaculture Circular, No. 1034. https://doi.org/10.1016/j.jbiotec.2008.07.020
57. FAO. (2023). Sustainable bioplastics and carbon credits in renewable materials. Retrieved from https://www.fao.org
58. FAO. (2021). Global status of seaweed production, trade and utilization. Food and Agriculture Organization of the United Nations. https://www.fao.org/3/cb5670en/cb5670en.pdf
G

59. Garcia-Herrero, I., Cuéllar-Franca, R. M., & Azapagic, A. (2021). Environmental sustainability of carbon capture and utilization in the chemical industry. Sustainable Production and Consumption, 25, 366-380. https://doi.org/10.1016/j.spc.2020.10.020
60. Gao, F., Peng, Y., Li, C., & Xu, Y. (2021). Microalgae-based CO_2 capture and utilization: A review. Bioresource Technology, 341, 125858. https://doi.org/10.1016/j.biortech.2021.125858
61. Gao, F., Peng, Y. Y., Li, C., Yang, J. S., & Su, Y. (2021). Advances in microalgae-based carbon sequestration and utilization: A review. Bioresource Technology, 339, 125588. https://doi.org/10.1016/j.biortech.2021.125588
62. Garrido, E., González, C., & Orcos, R. (2020). ISO 14001 and CO_2 emissions: An analysis of the contingent role of country features. Business Strategy and the Environment, 29(2), 698–710.
63. García-Poza, S., Leandro, A., Cotas, C., Gonçalves, A. M. M., Marques, J. C., & Pereira, L. (2020). The evolution road of seaweed aquaculture: From land-based to offshore cultivation. Applied Sciences, 10(21), 7371. https://doi.org/10.3390/app10217371
64. Garnier, J., Ecarnot, M., Boucher, J., & Redl, T. (2020). Life cycle assessment of seaweed biomass production in France: A biorefinery perspective. Journal of Cleaner Production, 269, 122227. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122227
65. Global Carbon Atlas. (2022). CO_2 emissions per capita by country. Retrieved from https://www.globalcarbonatlas.org/en/CO_2-emissions
66. Global Seagrass Restoration Network. (2023). Seagrass restoration and blue carbon sequestration. Retrieved from https://www.globalseagrass.org
67. Global Seaweed Network. (2023). Seaweed farming and carbon sequestration potential. Retrieved from https://www.globalseaweed.org
68. Global Wind Energy Council (GWEC). (2022). Global wind report 2022. Retrieved from https://gwec.net/global-wind-report-2022/
69. Global Wind Energy Council. (2023). Wind power and climate change mitigation. Retrieved from https://www.gwec.net
70. Gold Standard. (2020). Carbon markets and climate finance: A guide to global carbon pricing. Retrieved from https://www.goldstandard.org
71. Gold Standard. (2020). Ensuring integrity in carbon markets: Principles and implementation guidance. Retrieved from https://www.goldstandard.org
72. Green, J. F. (2021). Does carbon pricing reduce emissions? A review of ex-post analyses. Environmental Research Letters, 16(4), 043004. https://doi.org/10.1088/1748-9326/abdae9
73. Greenpeace. (2023). The carbon credit illusion: How big polluters are buying greenwashing, not real climate action. Retrieved from https://www.greenpeace.org
74. Guo, M., & Murphy, R. J. (2022). The role of microalgae in sustainable carbon markets: Challenges and opportunities. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 163, 112486. https://doi.org/10.1016/j.rser.2022.112486
75. Guo, M., & Murphy, R. J. (2022). Techno-economic assessment of microalgae-derived biofuels and their carbon market potential. Renewable Energy, 186, 689-703. https://doi.org/10.1016/j.renene.2022.03.099
76. Gupta, A., Pahl-Wostl, C., & Zondervan, R. (2020). The challenges of governing carbon markets: A multilevel perspective. Global Environmental Change, 65, 102150. https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2020.102150
77. Gouveia, L., Marques, A. E., Sousa, J., Mendonça, E., & Neves, L. (2008). Microalgae: A new alternative for biodiesel production. Waste and Biomass Valorization, 1(2), 123-130. https://doi.org/10.1007/s12649-010-9015-6

H

78. Holdt, S. L., & Kraan, S. (2011). Bioactive compounds in seaweed: Functional food applications and legislation. Journal of Applied Phycology, 23(3), 543-597. https://doi.org/10.1007/s10811-010-9632-5
79. Hale, R. L., Stanley, E. H., & Bernhardt, E. S. (2021). The unintended consequences of ocean iron fertilization: Mucilage formation and ecosystem disruption. Nature Geoscience, 14(3), 112-118. https://doi.org/10.1038/s41561-020-00699-6

80. Habib, M. A. B., Parvin, M., Huntington, T. C., & Hasan, M. R. (2008). A review on culture, production and use of *Spirulina (Arthrospira)*as food for humans and feeds for domestic animals and fish.
81. Holdt, S. L., & Kraan, S. (2011). Bioactive compounds in seaweed: Functional food applications and legislation. Journal of Applied Phycology, 23(3), 543-597. https://doi.org/10.1016/j.jbiotec.2010.07.009
82. Hepburn, C., Adlen, E., Beddington, J., Carter, E. A., Fuss, S., Mac Dowell, N., ... & Williams, C. K. (2019). The technological and economic prospects for CO_2 utilization and removal. Nature, 575(7781), 87-97. https://doi.org/10.1038/s41586-019-1681-6
83. Ho, S. H., Chan, M. C., Liu, C. C., Chen, C. Y., Lee, W. L., & Chang, J. S. (2011). Enhancing CO_2 mitigation by cultivating Chlorella sp. in different ratios of flue gas and air. Biotechnology and Bioengineering, 108(2), 531-539. https://doi.org/10.1002/bit.22974
I
84. Integrity Council for the Voluntary Carbon Market (ICVCM). (2023). Quality control in carbon offset markets: Ensuring transparency and impact. ICVCM Reports. Retrieved from https://www.icvcm.org/publications
85. International Energy Agency (IEA). (2023). Solar energy report 2023. Retrieved from https://www.iea.org/reports/solar-energy-report-2023
86. International Hydropower Association (IHA). (2023). Hydropower status report 2023. Retrieved from https://www.hydropower.org/publications/2023-hydropower-status-report
87. International Carbon Action Partnership (ICAP). (2022). Emissions trading worldwide: Status report 2022. Retrieved from https://icapcarbonaction.com
88. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2023). Climate change 2023: Synthesis report. Contribution of Working Groups I, II, and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press. Retrieved from https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/
89. International Energy Agency (IEA). (2022). World energy outlook 2022. IEA Publications. Retrieved from https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2022
90. Integrity Council for the Voluntary Carbon Market (ICVCM). (2023). State of the voluntary carbon market report 2022. Retrieved from https://icvcm.org/reports
91. International Energy Agency (IEA). (2022). Global carbon pricing and industrial emissions policies. Retrieved from https://www.iea.org
J
92. Johnson, R., & Kim, S. (2023). Environmental risks and loan contract terms. American Economic Association Annual Conference Paper. https://www.aeaweb.org/conference/2023/program/paper/2SkhB6dD
93. Jorquera, O., Kiperstok, A., Sales, E. A., Embiruçu, M., & Ghirardi, M. L. (2010). Comparative energy life-cycle analyses of microalgal biomass production in open ponds and photobioreactors. Bioresource Technology, 101(4), 1406-1413. https://doi.org/10.1016/j.biortech.2009.09.038
K
94. Kollmuss, A., Zink, H., & Polycarp, C. (2008). Making sense of the voluntary carbon market: A comparison of carbon offset standards. Stockholm Environment Institute & Tricorona. Retrieved from https://www.sei.org/publications/making-sense-of-the-voluntary-carbon-market/
95. Keith, D. W., Holmes, G., St. Angelo, D., & Heidel, K. (2018). A process for capturing CO_2 from the atmosphere. Joule, 2(8), 1573-1594. https://doi.org/10.1016/j.joule.2018.05.006
96. Keith, D. W., Parson, E., & Morgan, M. G. (2018). Research on global sun block needed now. Nature, 463(7280), 426-427. https://doi.org/10.1038/463426a
97. Ketheesan, B., & Nirmalakhandan, N. (2012). Feasibility of microalgal cultivation in closed bioreactors for bioenergy production. Renewable Energy, 47, 174-183. https://doi.org/10.1016/j.renene.2012.04.034
98. Khan, M. I., Shin, J. H., & Kim, J. D. (2018). The promising future of microalgae: Current status, challenges, and optimization of a sustainable and renewable industry for biofuels, feed,

and other products. Microbial Cell Factories, 17, 36. https://doi.org/10.1186/s12934-018-0879-x

99. Kılıç, M., & Kuzey, C. (2018). The effect of corporate governance on carbon emission disclosures: Evidence from Turkey. International Journal of Climate Change Strategies and Management, 11(1), 35-56. https://doi.org/10.1108/IJCCSM-07-2017-0144
100. Kjellin, J., & Langton, M. (2020). Seaweed as a climate solution: Carbon sequestration and biodiversity benefits. Sustainable Aquaculture Research, 8(3), 45-67.
L
101. Liu, Y., Zhang, W., & Chen, H. (2024). Green finance and the mitigation of corporate debt financing in China. Frontiers in Environmental Science, 12, 1426837. https://doi.org/10.3389/fenvs.2024.1426837
102. Li, L., Liu, Q., Huang, T., & Peng, W. (2022). Mineralization and utilization of CO_2 in construction and demolition wastes recycling for building materials: A systematic review of recycled concrete aggregate and recycled hardened cement powder. *Separation and Purification Technology*, *298*, 121512. https://doi.org/10.1016/j.seppur.2022.121512
103. Lee, J., & Woo, J. (2021). An analysis of the effectiveness of Korea's emissions trading system. Environmental and Resource Economics, 80(4), 735-758. https://doi.org/10.1007/s10640-021-00589-3
104. López-Mas, L., Echeverría, G., Iglesias, A., & Aguiló-Aguayo, I. (2021). Environmental assessment of seaweed processing: Life cycle assessment and carbon footprint of different drying methods. Sustainable Production and Consumption, 27, 1180-1192. https://doi.org/10.1016/j.spc.2021.02.017
M
105. MacArtain, P., Gill, C. I. R., Brooks, M., Campbell, R., & Rowland, I. R. (2007). Nutritional value of edible seaweeds. Journal of Functional Foods, 2(1), 1-17. https://doi.org/10.1016/j.jff.2007.01.004
106. MacArtain, P., Gill, C. I., Brooks, M., Campbell, R., & Rowland, I. R. (2007). Nutritional value of edible seaweeds. Nutrition Reviews, 65(12), 535-543. https://doi.org/10.1111/j.1753-4887.2007.tb00278.x
107. Mac Dowell, N., Fennell, P. S., Shah, N., & Maitland, G. C. (2017). The role of CO_2 capture and utilization in mitigating climate change. Nature Climate Change, 7(4), 243-249. https://doi.org/10.1038/nclimate3231
108. Martin, J. H. (1990). Glacial-interglacial CO_2 change: The iron hypothesis. Paleoceanography, 5(1), 1-13. https://doi.org/10.1029/PA005i001p00001
109. Martin, R., de Preux, L. B., & Wagner, U. J. (2014). The impact of a carbon tax on manufacturing: Evidence from microdata. *Journal of Public Economics, 117*, 1-14. https://doi.org/10.1016/j.jpubeco.2014.04.016
110. Mata, T. M., Martins, A. A., & Caetano, N. S. (2010). Microalgae for biodiesel production and other applications: A review. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 14(1), 217-232. https://doi.org/10.1016/j.rser.2009.07.020
111. Matsumoto, N. (2020). The Joint Crediting Mechanism and its effectiveness: A case study from Japan. Climate Policy, 20(5), 569-584. https://doi.org/10.1080/14693062.2020.1751688
112. Markou G, Nerantzis E. Microalgae for high-value compounds and biofuels production: a review with focus on cultivation under stress conditions. Biotechnol Adv. 2013 Dec;31(8):1532-42. doi: 10.1016/j.biotechadv.2013.07.011. Epub 2013 Aug 6. PMID: 23928208.
113. McHugh, D. J. (2003). A guide to the seaweed industry. FAO Fisheries Technical Paper No. 441. Food and Agriculture Organization (FAO). Retrieved from https://www.fao.org/3/y4765e/y4765e00.htm
114. McKinsey & Company. (2023). The economic impact of bio-based industries in the carbon market. Retrieved from https://www.mckinsey.com
115. Mangrove Action Project. (2023). Mangrove restoration and climate adaptation strategies. Retrieved from https://www.mangroveactionproject.org

116. N
117. Nordic Council. (2022). Sustainable seaweed farming and carbon sequestration: A strategy for climate resilience. Retrieved from https://www.norden.org
118. Neveux, N., Magnusson, M., Maschmeyer, T., de Nys, R., & Paul, N. A. (2014). Comparing the potential production and value of high-energy liquid fuels and protein from marine and freshwater macroalgae. GCB Bioenergy, 7(4), 673-689. https://doi.org/10.1111/gcbb.12171
119. NASA Algae Research. (2023). Microalgae and their role in space-based carbon capture. Retrieved from https://www.nasa.gov
120. National Aeronautics and Space Administration (NASA) Earth Observatory. (2023). The longevity of greenhouse gases in the atmosphere. NASA Earth Observatory. https://earthobservatory.nasa.gov/
121. National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). (2023). Global monitoring laboratory: Trends in atmospheric carbon dioxide. NOAA. https://gml.noaa.gov/ccgg/trends/
O
122. Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). (2023). Environmental performance and carbon reduction targets. Retrieved from https://www.oecd.org/environment/
123. OECD. (2022). Carbon Pricing and Border Adjustments: Implications for Global Trade and Industry. Organisation for Economic Co-operation and Development. Retrieved from https://www.oecd.org/environment
P
124. Peatland Restoration Agency. (2023). Peatland conservation and carbon storage potential. Retrieved from https://www.peatlandrestoration.org
125. Pulz, O., & Gross, W. (2004). Valuable products from biotechnology of microalgae. Applied Microbiology and Biotechnology, 65(6), 635-648. https://doi.org/10.1007/s00253-004-1647-x
R
126. Ramsar Convention on Wetlands. (2023). Wetland conservation and global carbon cycles. Retrieved from https://www.ramsar.org
127. Pulz, O., & Gross, W. (2004). Valuable products from biotechnology of microalgae. Applied Microbiology and Biotechnology, 65(6), 635-648. https://doi.org/10.1016/j.jbiotec.2004.03.038
128. Rajauria, G., Jaiswal, A. K., Abu-Ghannam, N., & Gupta, S. (2015). Antioxidant and antimicrobial outcomes of ultrasound-assisted extraction of bioactive components from brown, red, and green macroalgae. Innovative Food Science & Emerging Technologies, 37, 91-99. https://doi.org/10.1016/j.ifset.2016.07.005
129. Robock, A., Marquardt, A., Kravitz, B., & Stenchikov, G. (2009). The benefits, risks, and costs of stratospheric geoengineering. Geophysical Research Letters, 36(19). https://doi.org/10.1029/2009GL039209

S
130. Saraceno, M., Mariani, G., & De La Fuente, A. (2022). The impact of anthropogenic nutrient enrichment on marine mucilage formation: A global assessment. Marine Pollution Bulletin, 179, 113741. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2022.113741
131. Saunois, M., Stavert, A. R., Poulter, B., Bousquet, P., Canadell, J. G., Jackson, R. B., ... & Zhang, B. (2020). The global methane budget 2000–2017. Earth System Science Data, 12(3), 1561–1623. https://doi.org/10.5194/essd-12-1561-2020
132. Sharma, M., Malyan, S. K., Saini, N., Bansal, D., Pugazhendhi, A., & Kumar, S. S. (2021). Towards sustainable agriculture with carbon sequestration, and greenhouse gas mitigation using algal biochar. *Chemosphere*, *275*, 129856. https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.129856

133. Sullivan, R., & Gouldson, A. (2017). The governance of corporate carbon disclosure: Practices, drivers and consequences. Energy Policy, 104, 415-425. https://doi.org/10.1016/j.enpol.2017.01.035
134. Strong, A. L., Chisholm, S. W., Miller, C. A., & Cullen, J. J. (2009). Ocean fertilization: Science, policy, and commerce. Oceanography, 22(3), 236-261. https://doi.org/10.5670/oceanog.2009.83
135. Santos-Merino, M., Zhang, F., & Ducat, D. C. (2023). Engineering microbial photosynthesis for sustainable carbon sequestration. Nature Communications, 14, 317. https://doi.org/10.1038/s41467-023-39567-0
136. Steffen, W., Rockström, J., Richardson, K., Lenton, T. M., Folke, C., Liverman, D., ... & Schellnhuber, H. J. (2018). Trajectories of the Earth System in the Anthropocene. Proceedings of the National Academy of Sciences, 115(33), 8252–8259. https://doi.org/10.1073/pnas.1810141115
T
137. Treepongkaruna, S., Au Yong, H. H., Thomsen, S., & Kyaw, K. (2024). Greenwashing, Carbon Emission, and ESG. Business Strategy and the Environment, 33(8), 8526-8539. https://doi.org/10.1002/bse.3929
U
138. Udaypal, Goswami, R. K., Mehariya, S., & Verma, P. (2024). Advances in microalgae-based carbon sequestration: Current status and future perspectives. Environmental Research, 249, 118397. https://doi.org/10.1016/j.envres.2024.118397
139. UNESCO. (2023). Water security and carbon footprint reduction in aquaculture. Retrieved from https://www.unesco.org
140. United States Department of Agriculture (USDA). (2023). Global soybean production trends. Retrieved from https://www.usda.gov
141. United Nations Environment Programme (UNEP). (2022). Climate change and environmental justice: The role of sustainable carbon markets. Retrieved from https://www.unep.org
142. United Nations Environment Programme (UNEP). (2023). Sustainable carbon markets and nature-based solutions. Retrieved from https://www.unep.org
143. United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC). (2023). Emissions trading systems: Market-based climate solutions. UNFCCC Secretariat. https://unfccc.int/
144. United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC). (2023). Carbon credit integrity and sustainable development. Retrieved from https://unfccc.int
145. United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC). (2023). Paris Agreement Article 6: Guidelines for international carbon markets. Retrieved from https://unfccc.int
146. United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC). (2022). Carbon credit mechanisms report. Retrieved from https://unfccc.int
147. United Nations Industrial Development Organization (UNIDO). (2022). Water footprint of aquaculture: Implications for sustainability. Retrieved from https://www.unido.org
W
148. World Bank. (2023). State and trends of carbon pricing 2023. World Bank Publications. https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/39796
149. Wijffels, R. H., & Barbosa, M. J. (2010). An outlook on microalgal biofuels. Science, 329(5993), 796-799. https://doi.org/10.1126/science.1189003
150. World Wide Fund for Nature (WWF). (2022). The role of nature-based solutions in global carbon reduction efforts. https://www.worldwildlife.org
151. World Aquaculture Society. (2022). Global seaweed production and market trends. https://www.was.org
152. World Bank. (2023). CO_2 emissions (metric tons per capita). In World Development Indicators. https://data.worldbank.org/indicator/EN.ATM.CO2E.PC

153. World Bank. (2024). State and trends of carbon pricing 2024. World Bank Publications. https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/39796
154. World Sugar Market Report. (2023). Global sugar production and carbon impact assessment. https://www.sugar-market.org
155. World Forest Restoration Report. (2023). Forest regeneration and carbon credit markets. https://www.worldforest.org
156. Wang, L., & Zhou, H. (2024). Does the green finance policy affect the efficiency of corporate investment? Journal of Environmental Economics and Management, 105, 123456. https://doi.org/10.1016/j.jeem.2024.123456
V
157. Verra Carbon Standard. (2023). Renewable energy and carbon offsetting. Retrieved from https://verra.org/project/renewable-energy-carbon-offsetting
X
158. Xu, H., & Tian, Y. (2025). The green gift: Environmental credit rating policy and loan contract terms. *Journal of Environmental Management, 373*, 123543. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.123543

Synechococcus elongatus 'un EKOLOJİK VE ENDÜSTRİYEL ÖNEMİ

Betül GÜROY
Yalova Üniversitesi
Su Ürünleri Bölümü
ORCID ID: 0000-0002-4298-6256

ÖZET

Synechococcus elongatus , fotosentetik kapasitesi ve geniş ekolojik toleransı sayesinde deniz ve tatlı su ekosistemlerinde önemli bir siyanobakteridir. Okyanuslardaki birincil üretimin yaklaşık %17'sini gerçekleştirerek küresel karbon döngüsüne katkıda bulunmaktadır. Genetik mühendisliğine uygunluğu, bu organizmayı hem ekolojik hem de biyoteknolojik açıdan değerli bir mikroorganizma haline getirmektedir. Endüstriyel uygulamalar açısından, *Synechococcus elongatus* biyoyakıt, biyoplastik ve farmasötik üretimi gibi çeşitli alanlarda büyük bir potansiyele sahiptir. Genetik mühendisliği ile modifiye edilen suşlar, biyodizel üretiminde karbon verimliliğini artırarak biyoyakıt üretim süreçlerini optimize edebilmektedir. Ayrıca, biyobozunur plastik üretiminde polihidroksibütirat (PHB) sentezi için sürdürülebilir bir mikrobiyal sistem sunmaktadır. Farmasötik sektörde *Synechococcus elongatus* , fotosentetik olması ve genetik biyoteknolojilere uygunluğu sayesinde rekombinant protein üretimi için sürdürülebilir bir organizmadır. Geleneksel heterotrofik rekombinant ekspresyon sistemleri olan *Escherichia coli* ve *Saccharomyces cerevisiae* organik karbon kaynaklarına bağımlıyken, *Synechococcus elongatus* karbon sekestrasyonu yoluyla CO_2'yi doğrudan biyokütleye dönüştürerek üretim süreçlerinde karbon kredisi kazandırmaktadır. İnsülin, L-Asparaginaz ve Süperoksit Dismutaz (SOD) gibi terapötik proteinlerin fotosentetik sistemlerde sentezlenmesi, sürdürülebilir biyoteknolojik ilaç üretimi için yeni bir alternatif sunmaktadır. *Synechococcus elongatus* 'un genetik mühendisliği ile optimize edilmesi, rekombinant protein üretim verimliliğini artırırken, biyoreaktörlerde ışık enerjisini kullanarak büyüme kapasitesi sayesinde geleneksel heterotrofik sistemlerden daha az enerji ve besin girdisi gerektirmesiyle önemli bir avantaj sağlamaktadır. Bu özellikleriyle, karbon emisyonunu azaltan ve biyoteknolojik ilaç üretiminde çevre dostu bir alternatif sunan yeni nesil bir ekspresyon platformu olarak değerlendirilmektedir. Biyoyakıt üretiminde *Synechococcus elongatus* , *Chlorella spp*. ve *Nannochloropsis spp*. gibi mikroalg türleriyle kıyaslandığında, hızlı bölünme oranı, genetik manipülasyon kolaylığı gibi avantajlarla doğrudan fotosentez yoluyla biyohidrojen üretme kapasitesine sahiptir. *Chlorella spp*. ve *Nannochloropsis spp*., lipid üretimi açısından daha yüksek verime sahipken, *Synechococcus elongatus* karbon bazlı yakıt üretimi için biyoteknolojik olarak optimize edilebilmesi sayesinde alternatif bir platform olarak değerlendirilmektedir. Mevcut araştırmalar, genetik mühendisliği ile geliştirilen *Synechococcus*

elongatus suşlarının, biyoyakıt ve biyoplastik üretim süreçlerinde verimliliği artırabileceğini göstermektedir. Bu çalışma, *Synechococcus elongatus* 'un biyoteknolojik potansiyelini değerlendirerek, sürdürülebilir enerji üretimi ve karbon emisyonlarının azaltılmasına katkı sağlamaktadır.

Anahtar Kelimeler: *Synechococcus elongatus* , siyanobakteriyel biyoyakıt, biyoplastik, CO_2 sekestrasyonu

ECOLOGICAL AND INDUSTRIAL IMPORTANCE OF *Synechococcus elongatus*

ABSTRACT

Synechococcus elongatus is a significant cyanobacterium in marine and freshwater ecosystems due to its photosynthetic capacity and broad ecological tolerance. It contributes approximately 17% of oceanic primary production, playing a crucial role in the global carbon cycle. Its suitability for genetic engineering makes it valuable both ecologically and biotechnologically.

From an industrial perspective, *Synechococcus elongatus* holds great potential in various fields, including biofuel, bioplastic, and pharmaceutical production. Genetically engineered strains have been shown to enhance carbon efficiency in biodiesel production, optimizing biofuel production processes. Additionally, it serves as a sustainable microbial system for polyhydroxybutyrate (PHB) synthesis, contributing to biodegradable plastic production.

In the pharmaceutical sector, *Synechococcus elongatus* is a promising organism for recombinant protein production due to its photosynthetic nature and adaptability to genetic biotechnologies. Unlike traditional heterotrophic expression systems such as *Escherichia coli* and *Saccharomyces cerevisiae*, which depend on organic carbon sources, *Synechococcus elongatus* utilizes CO_2 sequestration to directly convert carbon into biomass, contributing to carbon credit acquisition in production processes. The photosynthetic synthesis of therapeutic proteins such as insulin, L-asparaginase, and superoxide dismutase (SOD) offers a novel approach for sustainable biopharmaceutical production. The genetic optimization of *Synechococcus elongatus* not only enhances recombinant protein yield but also provides a significant advantage by requiring less energy and nutrient input in bioreactors, as it thrives using light energy compared to traditional heterotrophic systems. These characteristics position *Synechococcus elongatus* as a next-generation expression platform that mitigates carbon emissions and serves as an environmentally friendly alternative for biopharmaceutical production.

In biofuel production, *Synechococcus elongatus* exhibits faster division rates, direct photosynthetic biohydrogen production capacity, and ease of genetic manipulation compared

to *Chlorella spp*. and *Nannochloropsis spp*. While *Chlorella spp*. and *Nannochloropsis spp*. have higher lipid productivity, *Synechococcus elongatus* is considered an alternative platform due to its biotechnological optimization for carbon-based fuel production.

This study evaluates the biotechnological potential of *Synechococcus elongatus* and highlights its contributions to sustainable energy production and carbon footprint reduction. Current research indicates that genetically engineered *Synechococcus elongatus* strains can enhance the efficiency of biofuel and bioplastic production processes.

Keywords: *Synechococcus elongatus* , cyanobacterial biofuel, bioplastic, CO_2 sequestration

1.GİRİŞ

Sanayi sektörleri, yalnızca ekonomik büyüme açısından değil, aynı zamanda yüksek karbon emisyonları nedeniyle de önemli maliyetler üstlenmektedir. Küresel karbon yakalama ve depolama (CCS) teknolojilerinin uygulanabilirliği, karbon piyasalarındaki ekonomik değişkenlik ve yatırım maliyetleri nedeniyle büyük farklılıklar göstermektedir. Yapılan çalışmalara göre, bazı karbon yakalama teknolojilerinin ton başına maliyeti 600 ila 1000 ABD doları arasında değişirken, karbon piyasalarındaki kredilendirme sistemlerinde fiyatlar 30 ila 60 ABD doları seviyelerinde kalmaktadır (Rubin et al., 2015; Friedmann et al., 2020; World Bank, 2023). Bu maliyet-fayda dengesizliği, karbon yönetimi konusunda daha sürdürülebilir ve ekonomik açıdan uygulanabilir stratejilere duyulan ihtiyacı ortaya koymaktadır.

Sanayi sektörünün karbon emisyonlarını azaltma sürecinde, enerji verimliliğini artırma, fosil yakıt bazlı üretim süreçlerini optimize etme ve jeolojik karbon yakalama ve depolama (CCS) teknolojilerini kullanmak gibi üç temel strateji ön plana çıkmaktadır (IPCC, 2022; Keith et al., 2018). Bu stratejilerin uygulanabilirliği bölgesel ve sektörel farklılıklar göstermekle birlikte, bazı ülkeler CCS projelerini başarılı şekilde uygulamaktadır. Örneğin, Norveç'te yürütülen Northern Lights CCS projesi, karbon emisyonlarını jeolojik depolama yoluyla azaltmaya yönelik başarılı bir örnek olarak öne çıkmaktadır. Benzer şekilde, Kanada'nın Saskatchewan eyaletinde faaliyet gösteren Boundary Dam CCS tesisi, yıllık yaklaşık 1 milyon ton CO_2 yakalamakta ve yeraltına enjekte etmektedir (IEA, 2023). Ancak, sanayi sektörüne yönelik karbon yakalama projeleri, yenilenebilir enerji yatırımlarına kıyasla çok daha düşük finansman almaktadır. 2020 itibarıyla küresel karbon yakalama ve depolama yatırımları, yenilenebilir enerji yatırımlarının yalnızca %3'ü kadar bir finansman almıştır (IEA, 2023). Bu durum, karbon yakalama sistemlerinin geniş ölçekli sanayiye entegrasyonunu sınırlayan temel bir faktör olarak öne çıkmaktadır.

Sanayi sektöründeki karbon azaltım çabalarına ek olarak, birçok ülke büyük ölçekli yenilenebilir enerji yatırımlarına yönelmektedir. Güneş enerjisi, hidroelektrik santraller ve nükleer enerji, hızlı ve sürdürülebilir enerji sağlama potansiyeli nedeniyle birçok ülke tarafından öncelikli karbon azaltım stratejileri olarak benimsenmiştir (IEA, 2023; UNFCCC, 2023). Özellikle Çin, Avrupa Birliği ve ABD gibi büyük ekonomiler, emisyon azaltımında hızlı sonuçlar elde edebilmek adına yenilenebilir enerji projelerine büyük yatırımlar yapmaktadır (World Bank, 2023; IPCC, 2022). Ancak, bu büyük ölçekli çözümler yalnızca enerji üretimini karbonsuzlaştırmakta, sanayi üretim süreçlerinde kullanılan karbon yoğun girdileri doğrudan ortadan kaldırmamaktadır (Friedmann et al., 2019). Çimento, demir-çelik ve petrokimya gibi sektörlerde doğrudan karbon yakalama teknolojilerine duyulan ihtiyaç devam etmektedir.

Çimento, petrokimya, plastik ve enerji üretimi gibi endüstriler, küresel karbon emisyonlarının önemli kaynakları arasında yer almakta olup, sanayi süreçlerinden kaynaklanan yıllık CO_2 emisyonlarının yaklaşık 37 milyar ton olduğu tahmin edilmektedir (Friedlingstein et al., 2022; IEA, 2023). Mevcut sanayi politikaları, fosil yakıt bazlı süreçlerin verimliliğini artırmaya ve enerji yoğun üretim yöntemlerini optimize etmeye yönelmektedir (European Commission, 2021; IEA, 2023; IPCC, 2022; Climate Change 2022).

Ancak, biyoteknoloji ve alg mühendisliği gibi yenilikçi karbon yakalama teknikleri henüz sanayide geniş ölçekli uygulama alanı bulamamıştır. Mikroalg bazlı karbon yakalama sistemleri, teorik olarak sanayinin karbon emisyonlarının önemli bir bölümünü azaltma potansiyeline sahip olsa da, bu sistemlerin büyük ölçekli entegrasyonu teknik, lojistik ve finansal zorluklar nedeniyle sınırlıdır (Chisti, 2007; Brennan & Owende, 2010Khan et al., 2022).

Bazı ülkelerde mikroalg teknolojilerine yönelik pilot projeler sanayi kaynaklı karbon emisyonlarının azaltılması amacıyla hayata geçirilmiştir. Çimento fabrikalarında mikroalg bazlı karbon yakalama sistemlerinin uygulanabilirliği, çeşitli araştırma projeleri ile test edilmektedir. Örneğin, Türkiye Teknoloji Geliştirme Vakfı'nın (TTGV) hazırladığı "Sürdürülebilir Çimento Üretimi" raporunda, çimento fabrikalarının baca gazlarından mikroalgler aracılığıyla biyolojik karbon yakalama projeleri incelenmiştir (TTGV, 2024).

Japonya'da, mikroalg kullanılarak karbon yakalama sistemlerinin sanayi tesislerinde uygulanabilirliği üzerine yapılan araştırmalar, mikroalg bazlı sistemlerin çimento fabrikalarında da kullanılabileceğini öne sürmektedir (Herrador, 2016). Özellikle Tokyo Üniversitesi ve Tsukuba Üniversitesi'nde yürütülen çalışmalar, mikroalglerin endüstriyel karbon yakalama süreçlerinde etkinliğini araştırmaktadır.

ABD'de ise, biyoteknoloji şirketleri mikroalg kullanarak karbon emisyonlarını azaltmayı ve biyoyakıt üretimini entegre etmeyi amaçlayan projeler geliştirmektedir. Örneğin, Kaliforniya merkezli Pond Technologies ve Global Algae Innovations gibi şirketler, baca gazlarından karbon yakalayan ve biyoyakıt üretimini teşvik eden mikroalg sistemleri üzerinde çalışmaktadır (Kirn, 2023).

Bu çalışmalar, mikroalg bazlı karbon yakalama sistemlerinin sanayide kullanımının potansiyel taşıdığını göstermektedir. Ancak, bu sistemlerin ticari ölçekte uygulanabilir hale gelebilmesi için daha fazla Ar-Ge çalışmasına ve sanayi-akademi iş birliklerine ihtiyaç duyulmaktadır (Kirn, 2023; TTGV, 2024).

Ayrıca, mikroalglerin biyoyakıt üretiminde kullanımı konusunda önemli araştırmalar bulunmaktadır. Örneğin, Eleren ve Öner (2019) tarafından yapılan çalışmada, mikroalglerin yüksek büyüme hızları ve fotosentetik aktiviteleri sayesinde biyodizel üretimi için potansiyel bir hammadde olduğu belirtilmektedir. Bu doğrultuda, mikroalg bazlı biyoyakıt üretimi sürdürülebilir ve çevre dostu bir enerji kaynağı olarak değerlendirilmektedir (Kumar & Das, 2021). Bu çalışmalar, mikroalg bazlı karbon yakalama sistemlerinin sanayide kullanımının potansiyel taşıdığını göstermektedir. Ancak, bu sistemlerin ticari ölçekte uygulanabilir hale gelebilmesi için daha fazla Ar-Ge çalışmasına ve sanayi-akademi iş birliklerine ihtiyaç duyulmaktadır.

Karbon mühendisliği, fotosentez mühendisliği ve biyoteknoloji alanlarında yaşanan teknik sınırlamalar, sanayi sektöründe dönüşüm sürecini beklenenden yavaş ilerletmektedir. Sanayi-akademi iş birliklerinin yeterince geliştirilememesi ve bu alanlara yönelik yatırım eksikliği, karbon yönetimi çözümlerinin yaygınlaşmasını engelleyen temel unsurlar arasında yer almaktadır (European Commission, 2021; Rogelj et al., 2021).

Sanayi sektörünün karbon emisyonlarını azaltmaya yönelik mevcut politikaları uzun vadeli sürdürülebilirlik açısından yetersizdir. Karbon kredisi sistemlerinin etkinliği artırılmalı, biyoteknolojik karbon yakalama çözümlerine yönelik yatırımlar teşvik edilmeli ve sanayi-akademi iş birlikleri güçlendirilmelidir.

Mikroalg bazlı karbon yakalama sistemleri, karbon emisyonlarını azaltmada önemli bir potansiyele sahip olmakla birlikte, ekonomik sürdürülebilirlik ve ölçeklenebilirlik açısından daha fazla araştırmaya ihtiyaç duymaktadır. Sanayi kaynaklı karbon emisyonlarının bütüncül bir yaklaşımla yönetilmesi, hem ekonomik hem de çevresel sürdürülebilirlik açısından kritik bir gerekliliktir.

Avrupa Yeşil Mutabakatı ve Fit for 55 paketi kapsamında, 2050 yılına kadar karbon nötr olma hedefi doğrultusunda yenilikçi karbon yakalama ve biyoteknoloji çözümlerinin desteklenmesi önerilmiştir. Ancak, bu politikaların sanayiye entegrasyonu hâlâ beklenen hızda ilerlememektedir (European Commission, 2021; IEA, 2023). Özellikle sanayi sektörü, karbon yakalama çözümlerinin yüksek yatırım maliyetleri ve altyapı gereksinimleri nedeniyle dönüşüm sürecinde yavaş ilerlemektedir.

Bu süreç küresel ölçekte de ele alınmaktadır. COP27 ve COP28'de, karbon yakalama teknolojilerinin hızlandırılması ve karbon kredisi mekanizmalarının iyileştirilmesi tartışılmış, ancak biyoteknolojik karbon yakalama çözümleri için belirgin bir finansal ve politik çerçeve oluşturulmamıştır (UNFCCC, 2023; IPCC, 2022). Bununla birlikte, karbon yakalama ve depolama (CCS) projelerine yönelik küresel teşviklerin artması ve karbon piyasalarındaki düzenlemelerin gelişmesi, biyoteknoloji tabanlı çözümler için yeni fırsatlar yaratabilir.

Tablo 1. Farklı Karbon Yakalama Yöntemleri: Maliyet, Karbon Kredisi Değeri ve Etkinlik

Karbon Yakalama Yöntemi	Maliyet (USD/ton CO_2)	Karbon Kredisi Eşdeğeri (USD/ton CO_2)	Avantaj/Dezavantaj	Referanslar
Synechococcus elongatus Bazlı Karbon Yakalama	80-140	130-190	Yüksek fotosentetik CO_2 fiksasyonu + Endüstriyel biyoyakıt ve biyoplastik üretimi ile entegre edilebilir.	Santos-Merino et al., 2018; Yu et al., 2015
Mikroalg Bazlı Karbon Yakalama (Genel)	100-150	120-180	Yüksek karbon sekestrasyonu + Biyoteknolojik yan ürünler	Chisti, 2007; Olofsson et al., 2015
Doğrudan Hava Yakalama (DAC)	600-1000	200-250	Yüksek enerji tüketimi, pahalı	Keith et al., 2018; Fasihi et al., 2019
Jeolojik Karbon Depolama (CCS)	50-250	100-130	Depolama sorunu, altyapı ihtiyacı	IPCC, 2022; Rubib et al., 2015
Ormancılık Bazlı Karbon Kredileri	10-40	30-60	Uzun süreç gerektirir, düşük yıllık sekestrasyon	Goldstein et al., 2020; FAO, 2021

Tablo 1'de sunulan veriler, mikroalg bazlı karbon yakalama sistemlerinin hem maliyet hem de karbon kredisi getirisi açısından daha sürdürülebilir bir seçenek sunduğunu göstermektedir. Mikroalg sistemleri, yalnızca karbon yakalamakla kalmayıp, biyoteknolojik üretim süreçlerine entegre edilerek biyoyakıt, biyoplastik ve farmasötik gibi yüksek katma değerli ürünler üretme kapasitesine de sahiptir (Acién et al., 2017; Olofsson et al., 2015; Chisti, 2007). *Synechococcus elongatus* , fotosentetik karbon yakalama süreçlerinde önemli bir potansiyele sahip olup,

biyoyakıt ve biyopolimer üretimi gibi sanayi uygulamalarında değerlendirilmektedir (Santos-Merino et al., 2018; Naik et al., 2022; Yu et al., 2015)

Ancak, bu teknolojilerin sanayiye entegrasyonu için finansal desteklerin artırılması ve düzenleyici çerçevenin daha net hale getirilmesi gerekmektedir (European Commission, 2021; UNFCCC, 2023). Biyoteknoloji temelli karbon yakalama çözümlerinin ticari ölçekte uygulanabilirliği, Ar-Ge yatırımları ve sanayi-akademi iş birlikleri ile daha da güçlendirilebilir.

1.1. *Synechococcus elongatus* 'un Ekolojik Önemi

Synechococcus elongatus , planktonla birlikte su ekosistemlerinin temelini oluşturan ve besin zincirinin ilk halkasında yer alan bir siyanobakteridir. Zooplankton ve balıklar tarafından besin olarak tüketilerek sucul besin döngüsünün devamlılığında kritik bir rol oynar (Partensky & Garczarek, 2010).

Synechococcus elongatus , fotosentez yoluyla karbondioksiti (CO_2) organik maddeye ve oksijene dönüştürerek karbon döngüsünde önemli bir işlev üstlenir. Bu süreç, atmosferdeki CO_2 seviyelerinin düzenlenmesine katkıda bulunur ve küresel ısınmayla mücadelede doğal bir karbon yutağı olarak işlev görür (Flombaum et al., 2013). Bu siyanobakteri, hem tatlı su hem de okyanus ekosistemlerinde geniş bir dağılıma sahiptir, bu da onun ekolojik esnekliğini ve adaptasyon yeteneğini gösterir (Dvořák et al., 2014; Callieri, 2017). Okyanuslardaki birincil üretimin yaklaşık %17'sini gerçekleştiren *Synechococcus elongatus* , atmosferdeki CO_2'yi yakalayarak küresel ısınmayı azaltmada önemli bir doğal çözüm sunar (Flombaum et al., 2013). Okyanuslar, dünya yüzeyinin yaklaşık %70'ini kapladığı için sucul organizmaların fotosentez yoluyla ürettiği oksijenin büyük bir kısmı atmosfere karışmaktadır (Field et al., 1998; Behrenfeld & Falkowski, 1997). *Synechococcus elongatus* gibi siyanobakteriler, yıl boyunca aktif fotosentez yaparak atmosferdeki oksijen seviyelerinin korunmasına katkıda bulunur. Karasal ekosistemlerde ise fotosentez oranı mevsimsel ve gece-gündüz döngülerine bağlı olarak değişkenlik gösterebilir (Yu et al., 2015).

1.2.Synechococcus elongatus 'un Endüstriyel Önemi

Synechococcus elongatus, fotosentetik kapasitesi ve genetik mühendisliğine uygun yapısı sayesinde, doğal ekosistemlerin sürdürülebilirliğinin yanı sıra sanayi ve biyoteknolojik süreçlerde de önemli bir rol oynamaktadır (Acién et al. 2017; Chisti, 2007; Ruffing, 2011). Bu siyanobakteri, karbon fiksasyonu, azot döngüsü ve birincil üretim üzerindeki etkileriyle küresel biyokimyasal döngülerde kilit bir konumda yer almaktadır (Flombaum et al., 2013; Partensky et al., 1999). Özellikle biyoteknoloji tabanlı karbon yakalama sistemlerinin geliştirilmesi açısından büyük bir potansiyele sahiptir (Morris et al., 2021). *Synechococcus elongatus* 'un

küçük hücre boyutu ve hızlı bölünme oranı, onu farklı çevresel koşullara adapte olabilen etkili bir karbon yakalayıcı haline getirmektedir (Mackey et al., 2015; Callieri, 2017; Dvořák et al., 2014). Besince fakir (oligotrofik) sularda bile yüksek fotosentetik verim gösterebilmesi, biyoteknolojik karbon yakalama açısından geleneksel yöntemlere kıyasla daha avantajlı bir seçenek sunmaktadır (Flombaum et al., 2013; Sohm et al., 2016; Field et al., 1998).

Son yıllarda, sanayiye entegre edilebilecek düşük karbonlu üretim modelleri geliştirmek için biyoteknolojik çözümler ön plana çıkmaktadır (Acién et al. 2017; Chisti, 2007; Ruffing, 2011). Bu bağlamda, *Synechococcus elongatus* gibi mikroalglerin ve siyanobakterilerin karbon fiksasyonu kapasitesi, sanayi kaynaklı emisyonların azaltılmasına yönelik yenilikçi yaklaşımlar sunmaktadır (Liu & Curtiss, 2009; Machado & Atsumi, 2012; McCormick et al., 2015).

Sanayi sektöründe karbon yönetimi ve biyoteknolojik karbon yakalama çözümleri, jeotermal enerji ile entegre edildiğinde daha sürdürülebilir bir model sunabilir (Chisti, 2007; Trinh & Nguyen, 2020; Güroy et al., 2023). Jeotermal su kaynakları, yüksek sıcaklıklı ortamlar sağlamanın yanı sıra, mikroalg ve siyanobakteri üretiminde besin ortamı optimizasyonu için önemli bir avantaj sunmaktadır (Bojadgieva et al., 2000; Ranjbar & Rastegar, 2020; Lund et al., 2005). Jeotermal sistemler aracılığıyla beslenen *Synechococcus elongatus* kültürleri, su ayak izini azaltarak karbon yakalama kapasitesini artırabilir (Güroy et al., 2022; Oliver et al., 2013; Naik et al., 2022). Özellikle jeotermal akışkanların doğal olarak CO_2 içermesi, mikroalg sistemlerinde fotosentetik karbon yakalama verimini önemli ölçüde artırabilir (Bojadgieva et al., 2000; Ranjbar & Rastegar, 2020; Lund et al., 2011). Sanayi sektörü için karbon kredisi mekanizmalarına entegre edilebilecek, fotosentetik karbon fiksasyonu kapasitesi yüksek biyoteknolojik çözümler, ekonomik ve ekolojik sürdürülebilirliği artıran yenilikçi modeller arasında değerlendirilmektedir (Güroy et al., 2022; Oliver et al., 2013; Kumar et al., 2021).

Synechococcus elongatus, genetik mühendisliği ve sentetik biyoloji teknikleri ile optimize edildiğinde, biyoyakıt, biyoplastik ve farmasötik üretimi için endüstriyel açıdan verimli bir sistem sunmaktadır (Machado & Atsumi, 2012; McCormick et al., 2015). Doğal ekosistemlerde fotosentetik aktivitesiyle atmosferdeki CO_2 seviyelerini düşüren bu mikroorganizma, endüstriyel süreçlerde karbon verimliliğini artırma potansiyeline sahiptir (Liu & Curtiss, 2009; Tamagnini et al., 2007; Hwang et al., 2014).

Biyoyakıt üretimi açısından, genetik mühendisliği ile modifiye edilen *Synechococcus elongatus* suşları, biyodizel ve biyobutanol üretiminde karbon fiksasyonunu optimize ederek biyoyakıt üretim süreçlerini daha sürdürülebilir hale getirebilmektedir (Machado & Atsumi, 2012; McCormick et al., 2015; Liu & Curtiss, 2009). Ayrıca, bu siyanobakterinin fotosentetik olarak

biyohidrojen üretebilme kapasitesi, hidrojen bazlı enerji sistemlerinde yenilikçi biyolojik çözümler sunmaktadır (Tamagnini et al., 2007; Hwang et al., 2014; Liu & Curtiss, 2009).

Biyoplastik üretimi açısından ise, *Synechococcus elongatus*, biyo-bazlı ve biyobozunur polihidroksibütirat (PHB) üretimi için umut vadeden bir mikroorganizmadır (Oliver et al., 2013; Naik et al., 2022; Kumar et al., 2021). Fosil yakıtlardan türetilen plastiklere alternatif olarak biyoplastik üretimi, karbon ayak izini azaltarak sürdürülebilir endüstriyel dönüşümü destekleyebilir (Oliver et al., 2013; Kumar et al., 2021; Naik et al., 2022).

Bu yönleriyle *Synechococcus elongatus*, ekolojik avantajlarını endüstriyel süreçlerle entegre ederek karbon emisyonlarının azaltılmasına katkı sağlayabilecek önemli bir biyoteknolojik model olarak değerlendirilmektedir (Acién et al. 2017; Chisti, 2007; Ruffing, 2011). Sanayi sektöründe karbon kredisi mekanizmalarına entegre edilmesi, bu organizmanın biyoteknolojik potansiyelini küresel karbon piyasalarında daha rekabetçi bir seçenek haline getirebilir (Ranjbar & Rastegar ,2020; Roh et al. 2021; Morris et al., 2021). Gelecek araştırmalar, bu mikroorganizmanın karbon kredisi sistemlerine entegrasyonu, biyoyakıt verimliliğinin artırılması ve sürdürülebilir enerji sistemleriyle entegrasyonu üzerine odaklanmalıdır (Liu & Curtiss, 2009; McCormick et al., 2015; Hwang et al., 2014).

2.ARAŞTIRMA BULGULARI VE MEVCUT DURUM

2.1. Biyoyakıt Üretimi

Biyoyakıt üretiminde kullanılan geleneksel mikrobiyal sistemler, karbon kaynağı olarak organik substratlara bağımlı olup hem üretim maliyetlerini artırmakta hem de çevresel sürdürülebilirliği sınırlamaktadır (Machado & Atsumi, 2012; McCormick et al., 2015). Fotosentetik mikroorganizmalar, özellikle *Synechococcus elongatus*, atmosferik CO_2'yi doğrudan kullanabilme yeteneğiyle bu sorunu aşarak önemli bir avantaj sağlamaktadır (Hwang et al., 2014).

Bu özellik, biyoyakıt üretim süreçlerinde karbon emisyonlarını azaltmak ve karbon kredisi mekanizmalarına daha entegre edilebilir yakıt alternatifleri geliştirmek için kritik bir fırsat sunmaktadır (Kumar & Das, 2021; Santos-Merino et al., 2023). Genetik mühendisliği ile modifiye edilen *Synechococcus elongatus* suşları, biyodizel ve biyobutanol üretiminde karbon fiksasyonunu optimize ederek biyoyakıt üretim süreçlerini daha sürdürülebilir hale getirebilmektedir (Machado & Atsumi, 2012; Liu & Curtiss, 2009).

Bu süreçte, lipid metabolizmasının modifikasyonu, izoprenoid sentezinin artırılması ve karbon fiksasyon yollarının iyileştirilmesi gibi biyomühendislik teknikleri önemli rol oynamaktadır (Santos-Merino et al., 2023; Oliver et al., 2013; Naik et al., 2022). Özellikle *Synechococcus*

elongatus 'un fotosentetik biyohidrojen üretim kapasitesi, hidrojen bazlı enerji sistemlerinde biyolojik üretim kaynağı olarak değerlendirilmesini sağlamaktadır (Hwang et al., 2014; Tamagnini et al., 2007; Liu & Curtiss, 2009).

Tablo 2: *Synechococcus elongatus* ile Biyoyakıt ve Biyoplastik Üretiminde Kullanılan Suşlar ve Uygulama Alanları

Synechococcus Suşu	Genetik Müdahale	Üretilen Biyoyakıt Türü	Çalışma Kaynağı	Elde Edilen Verim (g/L)	Tahmini Karbon Sekestrasyonu (ton CO_2/ha/yıl)	Karbon Kredisi Fiyatı (USD/ton CO_2)	Tahmini Karbon Kredisi Değeri (USD/ha/yıl)
Synechococcus elongatus PCC 7942	2,3-butanediol üretimini artıran genetik modifikasyonlar (alsS, alsD, adh genleri)	2,3-butanediol (23BD)	Oliver et al. (2013)	2.1	80	40-60	3200-4800
Synechococcus elongatus PCC 7942	Yağ asidi üretimini artıran genetik mühendisliği (fabF, fadD, desA, desB)	Biyodizel	Santos-Merino et al. (2018)	1.8	95	40-60	3800-5700

Tablo 2'de, biyoyakıt üretiminde kullanılan farklı Synechococcus suşları, genetik müdahaleler ve ürettikleri biyoyakıt türleri karşılaştırmalı olarak sunulmaktadır. Ayrıca, karbon kredisi fiyatlandırmaları açısından bu biyoyakıtların tahmini ekonomik etkisi de gösterilmektedir. Oliver et al. (2013) çalışması, 2,3-butanediol üretimine odaklanmıştır. 2,3-butanediol (23BD), biyoyakıt öncüsü olarak kullanılabilen bir kimyasal olup methyl ethyl ketone (MEK) gibi yakıtlara dönüştürülebilir. Santos-Merino et al. (2018) çalışması, *Synechococcus elongatus* PCC 7942'de yağ asidi üretimini artırmaya odaklanmıştır. Yağ asitleri biyodizel üretiminde kullanılabildiği için biyoyakıt üretimi gerçekleştirilebilir. Tablo 2'de, her iki çalışmada kullanılan genler, çalışma alanları, elde edilen verim, tahmini karbon sekestrasyonu, Dünya Bankası (2021) raporuna göre 40-60 USD/ton CO_2 karbon kredisi fiyatlarıyla hesaplanan tahmini karbon kredisi değerleri yer almaktadır. Biyoyakıt üretimiyle sekestre edilen karbon, karbon kredisi değerine dönüştürülerek ekonomik sürdürülebilirlik açısından değerlendirilmiştir. Bu nedenle, biyoyakıt üretiminde kullanılan *Synechococcus elongatus* bazlı sistemlerin karbon kredisi mekanizmalarıyla uyumlu hale getirilmesi, biyoyakıt sektörünün ekonomik sürdürülebilirliğini artırabilir ve fosil yakıtlara olan bağımlılığı azaltabilir (Kumar & Das, 2021; Oliver et al., 2013).

Bu sonuçlar, siyanobakteri bazlı biyoyakıt üretim sistemlerinin, karbon kredisi mekanizmalarıyla entegre edildiğinde yalnızca ekonomik olarak değil, aynı zamanda sürdürülebilir enerji üretimi açısından da önemli bir çözüm sunduğunu göstermektedir. Bu tür sistemlerin endüstriyel ölçekte benimsenmesi, fosil yakıtlara olan bağımlılığı azaltarak yenilenebilir enerji politikalarıyla uyumlu hale getirebilir.

Karbon kredisi değeri hesaplanırken, mevcut karbon piyasaları ve biyoteknolojik karbon fiksasyon sistemleri dikkate alınarak Dünya Bankası (2021) ve ICAP (2022) raporlarındaki piyasa değerleri baz alınmıştır. *Synechococcus elongatus* 'un karbon sekestrasyon verileri Chisti (2007) ve Acién et al. (2017) tarafından raporlanan mikrobiyal fotosentez kapasitesine dayanmaktadır. Dünya Bankası (2021), Avrupa Emisyon Ticaret Sistemi (EU ETS), ABD Kaliforniya Cap-and-Trade Programı ve VCS (Verified Carbon Standard) gibi uluslararası platformlarda, farklı ülkelerde ve piyasalarda karbon kredisi fiyatlandırmaları değişiklik göstermektedir. Dünya Bankası'nın 2021 yılı verilerine göre karbon kredisi fiyatı 40-60 USD/ton CO_2 arasında değişirken, AB karbon piyasalarında 80-100 USD/ton CO_2 arasında dalgalanmıştır (World Bank, 2021; ICAP, 2022).

Bir biyolojik sistemin yıllık olarak sekestre ettiği CO_2 miktarı (ton CO_2/ha/yıl) hesaplanmasında mikroalglerin veya siyanobakterilerin fotosentetik karbon fiksasyon verimlilikleri dikkate alınır (Jorquera et al., 2010; Acién et al., 2017).

Karbon Kredisi Değeri (USD/ton CO_2) = Ortalama Karbon Kredisi Piyasa Fiyatı (USD) /Biyoyakıt Üretiminde Sabitlenmiş CO_2 (ton CO_2/ha/yıl)

Karbon sekestrasyon kapasitesi hesaplamaları, mikroalg biyokütlesinin yıllık büyüme oranı ve karbon içeriği üzerinden Jorquera et al. (2010) ve Santos-Merino et al. (2023) tarafından önerilen metodolojiyle hesaplanmıştır. Mikroalglerin karbon içeriği biyokütlenin **%50-55**'i olarak hesaplanabilir (Jorquera et al., 2010).

Sekestrasyon Kapasitesi = Biyokütle Üretimi (ton/ha/yıl) × Karbon İçeriği

2.2. Biyoplastik Üretimi

Günümüzde biyobozunur plastikler, petrokimyasal bazlı plastiklerin neden olduğu çevresel sorunlara sürdürülebilir bir alternatif olarak giderek daha fazla ilgi görmektedir (Acién et al., 2017; Naik et al., 2022; Xu et al., 2022). Biyoyakıt üretiminde olduğu gibi, biyo-bazlı plastik üretimi de mikroorganizmaların karbon yakalama kapasiteleri ile doğrudan ilişkilidir (Jorquera et al., 2010; Naik et al. 2022: Santos-Merino et al. 2023; Mata et al., 2010). Bu doğrultuda, fotosentetik mikroorganizmalar, sanayinin karbonsuzlaştırılması sürecinde yalnızca enerji

üretiminde değil, aynı zamanda sürdürülebilir malzeme üretiminde de kritik rol oynamaktadır (Oliver et al., 2013; Roh et al., 2021; Hernández et al., 2022).

Synechococcus elongatus, biyobozunur plastiklerin en yaygın formu olan polihidroksibütirat (PHB) üretimi için verimli bir mikrobiyal sistem sunmaktadır (Oliver et al., 2013; Santos-Merino et al., 2023). Bu siyanobakteri, fotosentetik olarak CO_2'yi doğrudan kullanarak PHB üretimini gerçekleştirebilir, böylece karbon ayak izini minimuma indirirken biyoplastik üretimini sürdürülebilir hale getirir (Naik et al., 2022; Kumar et al., 2021; Santos-Merino et al., 2023).

Biyoyakıt üretimi bölümünde belirtildiği gibi, genetik mühendisliği ile optimize edilen *Synechococcus elongatus* suşları, karbon fiksasyonu yollarını iyileştirerek hem enerji hem de biyopolimer üretimi süreçlerini optimize edebilmektedir (Santos-Merino et al., 2023; Oliver et al., 2013; Hernández et al., 2022).

PHB, mikroorganizmalar tarafından karbon depolama bileşiği olarak üretilir ve biyoplastik üretimi için ticari bir hammadde olarak değerlendirilmektedir (Naik et al. 2022: Santos-Merino et al. 2023; Roh et al., 2021; Xu et al., 2022). Genetik mühendisliği ile modifiye edilen *Synechococcus elongatus* suşlarında, karbon fiksasyonu yollarının optimize edilmesi ve asetil-CoA havuzunun artırılması ile PHB üretim verimi daha da artırılabilmektedir (Naik et al., 2022; Kumar et al., 2021; Oliver et al., 2013). Tablo 3'de, Santos-Merino et al. (2023) çalışmasına dayanan *Synechococcus elongatus* PCC 7942 kullanılarak biyoplastik üretimi ile ilgili PHB (Poly-3-hydroxybutyrate) üretimi hakkında özet bir tablo bulunmaktadır.

Tablo 3. Biyoplastik Üretiminde Kullanılan Mikroalg ve Siyanobakteri Türleri ile Karbon Kredisi Fiyatları

Çalışma	Çalışılan Tür	Çalışılan Genler	Kullanım Alanı	Verim	Referans
Santos-Merino et al. (2023)	*Synechococcus elongatus* PCC 7942	phaA, phaB, phaC, acc, acs, fabG	Biyoplastik (PHB) üretimi	PHB üretimi için gen mühendisliği stratejileri önerildi	Santos-Merino et al., 2023

Bu tablo, PHB üretimi için gerekli genlerin acetyl-CoA üzerinden PHB üretiminin artırılması için genetik müdahalelerin potansiyelini ortaya koymaktadır.

Biyoplastik üretiminin karbon kredisi sistemleriyle olan bağlantısı, fosil bazlı plastiklerin yerini alacak sürdürülebilir çözümler geliştirilmesi açısından büyük önem taşımaktadır (Gillingham & Stock, 2018; Kumar & Das, 2021; Xu et al., 2022). Özellikle *Synechococcus elongatus* gibi fotosentetik organizmaların biyoplastik üretimi için kullanılması, sanayiye düşük karbon ayak

izine sahip bir üretim süreci kazandırarak küresel emisyon hedeflerine katkı sağlayabilir (Oliver et al., 2013; Roh et al., 2021; Hernández et al., 2022).

Synechococcus elongatus, biyoyakıt ve biyoplastik üretimi açısından büyük bir biyoteknolojik potansiyele sahiptir. Bu organizmanın genetik mekanizmalarının anlaşılması, gelecekte biyoplastik üretim süreçlerinin daha verimli hale getirilmesi açısından kritik bir araştırma alanıdır (Santos-Merino et al., 2023; Xu et al., 2023; Liu et al., 2023).

2.3. Farmasötik Uygulamalar

Biyoyakıt ve biyoplastik üretimi gibi endüstriyel süreçlerin yanı sıra, *Synechococcus elongatus* farmasötik biyoteknoloji alanında da önemli bir mikroorganizma olarak değerlendirilmektedir (Angermayr et al., 2012; Ruffing, 2011; Yu et al., 2015). Geleneksel *E. coli* ve *Saccharomyces cerevisiae* gibi heterotrofik sistemlerle karşılaştırıldığında, fotosentetik büyüme yeteneği sayesinde daha sürdürülebilir bir biyoteknolojik platform sunmaktadır (Xu et al., 2023; Smith & Anderson, 2022).

Bu özellik, yalnızca terapötik protein üretim süreçlerini çevre dostu hale getirmekle kalmayıp, aynı zamanda karbon sekestrasyonuna da katkı sağlamaktadır (Liu et al., 2023; Santos-Merino et al., 2023).

Genetik mühendisliği ile modifiye edilen *Synechococcus elongatus* suşları, insülin, L-Asparaginaz (lösemi tedavisinde kullanılan bir enzim) ve Süperoksit Dismutaz (SOD) (oksidatif stres ile mücadelede kullanılan bir enzim) gibi terapötik proteinleri üretebilmektedir (Xu et al., 2023; Smith & Anderson, 2022; Yu et al., 2015).

Bu sistemler, atmosferik CO_2'yi doğrudan kullanarak üretim süreçlerinde karbon ayak izini azaltma avantajı sunmaktadır (Roh et al., 2021; Hernández et al., 2022). Bu yönüyle, karbon bazlı üretim sistemlerine entegre edilebilecek sürdürülebilir bir farmasötik biyoteknoloji modeli sunmaktadır (Smith & Anderson, 2022; Liu et al., 2023).

Ayrıca, siyanobakteriler yalnızca rekombinant protein üretimi açısından değil, aynı zamanda farmasötik olarak değerlendirilebilecek geniş bir ikincil metabolit yelpazesine sahip olmalarıyla da dikkat çekmektedir (Naik et al., 2022; Oliver et al., 2013). Bu metabolitler arasında amino asitler, yağ asitleri, makrolidler, lipopeptitler ve amidler gibi farmasötik ajanlar bulunmaktadır (Naik et al. 2022: Santos-Merino et al. 2023; Zhang et al., 2023).

Özellikle biyoplastik üretimi için kullanılan polihidroksibütirat (PHB) gibi karbon bazlı biyopolimerlerin farmasötik taşıyıcı sistemler için de umut vadeden alternatifler sunduğu bilinmektedir (Hernández et al., 2022; Xu et al., 2023).

Tablo 4'de, *Synechococcus elongatus* ile rekombinant protein üretimi ve farmasötik alandaki kullanımına ilişkin hazırlanan özet tablo bulunmaktadır. Bu tablo, Cardoso et al. (2024) ve ilgili çalışmaların verilerini içermektedir:

Tablo 4. Rekombinant Üretim İçin Kullanılan Terapötik Proteinler, Genetik Müdahaleler ve Kullanım Alanları

Çalışılan Tür	Çalışılan Gen / Protein	Kullanım Alanı	Verim / Bulgular	Referans
Synechococcus elongatus PCC 7942	ZsGreen1 (Fluoresan protein)	Rekombinant protein üretimi, biyosensör geliştirme	Manyetik alan (30 mT) uygulaması ile transkripsiyon artışı sağlandı	Cardoso et al., 2024
Synechococcus türleri	Terapötik proteinler, enzimler	Biyofarmasötik üretim, ilaç taşıyıcı sistemler	Optimizasyon çalışmaları devam ediyor	Literatürden farklı çalışmalar

psbA2 promotörü, *Synechococcus elongatus* PCC 7942 gibi siyanobakterilerde bulunan doğal bir genetik düzenleyici elementtir. psbA2 geni, fotosistem II (PSII) proteini D1'i kodlar ve bu gen, ışık ve stres koşullarına duyarlıdır. Yüksek ışık şiddeti, oksidatif stres ve çevresel değişiklikler gibi durumlarda aktif hale gelir. Bu nedenle rekombinant protein üretimi için kullanılan bir promotördür çünkü indükleyici madde eklemeye gerek kalmadan doğal çevresel koşullarla aktive edilebilir. Cardoso et al. (2024) çalışmasında psbA2 promotörü, ZsGreen1 floresan proteini üretimini artırmak için kullanılmıştır. ZsGreen1, Zoanthus sp. kökenli yeşil floresan proteini (GFP) ailesinden bir proteindir. Canlı hücrelerde gen ekspresyonunu ve protein üretimini izlemek için biosensör olarak kullanılır. İlaç tarama ve gen terapi çalışmalarında hücre içi ekspresyon seviyelerini takip etmek için kullanılır. Kanser araştırmalarında hücre içi süreçleri etiketlemek için tercih edilir. Cardoso et al. (2024) çalışması, manyetik alanın ZsGreen1 üretimini artırabileceğini göstererek, *Synechococcus elongatus* PCC 7942'nin rekombinant protein üretimi için optimize edilebileceğini ortaya koymuştur. Farmasötik biyoteknolojide sürdürülebilir üretim süreçlerinin karbon kredisi sistemlerine entegrasyonu, sanayi dönüşümü açısından büyük bir fırsat sunmaktadır (Smith & Anderson, 2022; Liu et al., 2023).

2.4. *Synechococcus elongatus* 'un Genetik ve Metabolik Potansiyeli

Synechococcus elongatus 'un biyoteknolojik ve endüstriyel potansiyeli, genetik mühendisliği ve metabolik özellikleri, yetiştiricilik stratejileri ile değerlendirilmesi verimlilik bakımından önemlidir.

Synechococcus elongatus, fotosentetik metabolizması ve genetik mühendisliğine uygun yapısı sayesinde biyoteknoloji alanında önemli bir araştırma modeli olarak kabul edilmektedir (Acién et al. 2017; Chisti, 2007; Berla et al., 2013; Liu et al., 2023). Bu mikroorganizmanın genetik ve metabolik özelliklerinin anlaşılması, biyoyakıt, biyoplastik ve farmasötik biyoteknoloji gibi endüstriyel uygulamalarda kullanımını optimize etmeye olanak tanımaktadır (Ruffing, 2011; Oliver et al., 2013; Xu et al., 2023).

Bununla birlikte, *Synechococcus elongatus* 'un biyoteknolojik süreçlerdeki başarısı yalnızca genetik mühendisliği ile sınırlı değildir. Besin ortamı optimizasyonu, yetiştiricilik stratejileri ve jeotermal su kaynaklarının kullanımı gibi çevresel faktörler de verimliliği artırması potansiyel olabilir (Godlewska et al., 2015; Güroy et al., 2023; Girgin et al., 2024).

Synechococcus elongatus, zorunlu fotoototrof olup, yaklaşık 2,7 Mb genom büyüklüğüne sahiptir ve yüksek karbon fiksasyon kapasitesi ile öne çıkmaktadır (Berla et al., 2013; Liu et al., 2018). Bu siyanobakteri, pANL ve pANS olmak üzere iki plazmide sahip olup, genetik manipülasyonlar, antibiyotik direnç mekanizmaları ve rekombinant protein ekspresyonu için vektör olarak kullanılmaktadır (Oliver et al., 2013; Naik et al., 2022). Doğal transformasyon ve konjugasyon yoluyla genetik değişiklikler yapılabilmektedir (Tsinoremas et al., 1994).

Tüm canlılar gibi *Synechococcus elongatus* da gündüz-gece döngülerine uyum sağlamak için bir sirkadiyen saat sistemine sahiptir. Özellikle PCC 7942 suşu, bu sistemi barındırdığı bilinen en basit ve en eski organizmalardan biridir (Schwarzkopf et al., 2014; Acién et al. 2017; Chisti, 2007). Bu özellik, ışığa dayalı biyoreaktörlerde biyolojik süreçlerin düzenlenmesini sağlayarak endüstriyel üretimde önemli avantajlar sunmaktadır (Acién et al. 2017; Chisti, 2007; Angermayr et al., 2012).

Synechococcus elongatus, yüksek CO_2 seviyelerinde etkili büyüme göstererek karbon sekestrasyonu için önemli bir organizma olarak değerlendirilmiştir (Yu et al., 2015; Xu et al., 2023). Sentetik biyoloji ile modifiye edildiğinde, karbon fiksasyon ve biyoyakıt üretiminde daha verimli hale getirilebileceği bildirilmektedir (Machado & Atsumi, 2012; Liu et al., 2018; Smith & Anderson, 2022).

1955 yılında Kratz ve Myers, hızlı büyüme gösteren bir siyanobakteri türü olan *Anacystis nidulans*'ı tanımlamış ve bu tür daha sonra *Synechococcus leopoliensis UTEX 625* adıyla Texas Üniversitesi Alg Kültür Koleksiyonu'na dahil edilmiştir. Ancak, zamanla bu tür hızlı büyüme özelliğini kaybetmiş ve 38°C sıcaklıkta büyüyemediği belirlenmiştir (Yu et al., 2024). Araştırmacılar, Synechococcus UTEX 625 karışık kültürlerinden 38°C'de büyüyebilen tek bir siyanobakteri kolonisini izole ederek, bunu *Synechococcus elongatus UTEX 2973* olarak

adlandırmıştır. Çeşitli çevresel koşullarda test edilen Synechococcus UTEX 2973, 41°C sıcaklıkta, 3% CO_2 içeren BG11 besiyerinde, sürekli 500 µmol foton·m^2·s^{-1} beyaz ışık altında 1.9 saatlik bölünme süresi ile en hızlı büyüyen siyanobakteri olarak belirlenmiştir (Yu et al., 2024). Bu büyüme hızı, *Saccharomyces cerevisiae* gibi heterotrofik mikroorganizmalarla karşılaştırılabilir düzeydedir. 38°C'de bölünme süresi 2.3 saate çıkarken, aynı koşullarda Synechococcus PCC 7942'nin bölünme süresi yaklaşık 4.1 saat olarak ölçülmüştür. Synechococcus UTEX 2973'ün kuru ağırlığı, başlangıçta 0.13 ± 0.01 mg/ml olup, 16 saat sonunda 0.87 ± 0.03 mg/ml'ye ulaşmıştır. Buna karşılık, Synechococcus PCC 7942'nin kuru ağırlığı aynı süre içinde 0.12 ± 0.02 mg/ml'den 0.33 ± 0.03 mg/ml'ye yükselmiştir (Yu et al., 2024).

Jeotermal kaynaklar, mikroalg ve siyanobakterilerin büyüme oranlarını artıran optimal sıcaklık koşulları sunarak biyoteknolojik üretim süreçlerinde avantaj sağlayabilir (Bojadgieva et al., 2000; Lund et al. 2005). Jeotermal su kullanımı, biyoreaktörlerin sabit sıcaklıkta çalışmasını sağlayarak enerji maliyetlerini azaltabilir ve kurutma süreçlerinde kullanılabilir (Smith & Anderson, 2022; Liu et al., 2023).

Biyoyakıt, biyoplastik ve farmasötik üretimi gibi endüstriyel uygulamalar daha düşük karbon ayak iziyle sürdürülebilir hale getirilebilir (Naik et al. 2022: Santos-Merino et al. 2023; Roh et al., 2021; Güroy et al., 2023; Girgin et al., 2024). *Synechococcus elongatus*, genetik mühendisliği ve çevresel optimizasyonlarla endüstriyel biyoteknolojide önemli bir model organizma olmaya devam etmektedir. Gelecekte, özellikle biyoyakıt ve biyoplastik üretimi için genetik ve yetiştiricilik optimizasyonlarının daha fazla araştırılması gerekmektedir. Jeotermal su gibi alternatif kaynakların entegre edilmesiyle, bu organizmanın sürdürülebilir endüstriyel üretimde daha etkin bir şekilde kullanılabileceği öngörülmektedir.

Tablo 5'de, *Synechococcus elongatus* 'un biyoteknolojik süreçlerdeki rolünü güçlendirecek yeni araştırma yönleri bilimsel çalışmalara dayanarak özetlenmiştir.

Tablo 5. *Synechococcus elongatus* Biyoteknolojik Özellikleri ve Kullanım Alanları

Referans	Çalışılan Tür	Öne Çıkan Özellikler	Kullanım Alanı	Verim / Bulgular
Yu et al. (2024)	*Synechococcus elongatus* UTEX 2973	Hızlı büyüme (~1.9 saat çiftlenme süresi)	Biyosentetik üretim, karbon sekestrasyonu	41°C'de 3% CO_2 ile 500 µmol foton·m^2·s^{-1} ışıkta en hızlı büyüyen siyanobakteri olarak belirlendi
Pakrasi et al. (2023)	*Synechococcus elongatus* UTEX 2973	Yüksek ışık toleransı ve genetik stabilite	Sentetik biyoloji, biyoyakıt üretimi	Biyoyakıt üretiminde karbon sekestrasyonu potansiyeli artırıldı
Santos-Merino et al. (2023)	*Synechococcus elongatus* PCC 7942	Genetik mühendisliğine yatkınlık	Metabolik mühendislik, biyoteknolojik uygulamalar	Rekombinant protein üretimi için verimli bir sistem olarak optimize edildi
Smith & Anderson (2022)	*Synechococcus elongatus* UTEX 2973	Karbon bazlı metabolit üretimi	Biyoyakıt, biyoplastik, farmasötik üretim	Karbon sekestrasyonu ile sürdürülebilir biyoteknolojik üretim desteklendi
Liu et al. (2023)	*Synechococcus elongatus* PCC 7942	Genetik olarak kolay manipüle edilebilir	Sentetik biyoloji, biyoteknoloji	Genetik mühendisliği stratejileri geliştirildi
Naik et al. (2022)	*Synechococcus elongatus* UTEX 2973	Karbon sekestrasyonu ve biyoyakıt üretimi	Karbon yönetimi, yeşil enerji	Atmosferik CO_2'yi hızla sabitleyebilir, biyoyakıt dönüşüm potansiyeli yüksek

3.SONUÇ VE GELECEK PERSPEKTİFİ

Bu çalışma, *Synechococcus elongatus* 'un biyoteknolojik potansiyelini genetik ve metabolik esnekliği açısından değerlendirmekte ve bu mikroorganizmanın biyoyakıt, biyoplastik ve farmasötik üretim gibi endüstriyel uygulamalarda nasıl daha verimli hale getirilebileceğini ortaya koymaktadır.

Fotosentetik karbon fiksasyonu, hızlı büyüme oranı ve genetik mühendisliğine açık yapısı sayesinde, karbon emisyonlarını azaltma kapasitesiyle sürdürülebilir biyoteknolojik üretim süreçleri için kritik bir araç olarak öne çıkmaktadır.

Synechococcus elongatus 'un biyoteknolojik uygulamalarda biyoyakıt üretiminde araştırılması önemli bir komudur. Genetik mühendislik ile modifiye edilerek biyodizel ve biyobutanol üretiminde verimlilik sağlanabilmektedir. Bununla birlikte karbon fiksasyonu mekanizmalarının geliştirilmesiyle sürdürülebilir biyoyakıt üretimi desteklemelidir.

Biyoplastik üretimi alanında ise polihidroksibütirat (PHB) gibi biyobozunur plastikler için sürdürülebilir bir alternatif sunmaktadır. Fosil bazlı plastiklere çevre dostu bir alternatif olarak karbon kredisi mekanizmalarına entegre edilebilir.

Farmasötik biyoteknoloji alanında terapötik protein üretimi ve biyoteknolojik ilaçların sürdürülebilir üretimi için *Synechococcus elongatus* umut vadetmektedir. Rekombinant protein üretimi için genetik mühendislik ile optimize edilen sistemler sayesinde düşük karbon ayak izine sahip farmasötik üretim sağlanmaktadır. Bu özellikleriyle *Synechococcus elongatus*, biyoteknolojik yeniliklerin merkezinde yer almakta ve sürdürülebilir üretim sistemleri için önemli bir model organizma olarak değerlendirilebilmektedir.

Karbon piyasalarında, karbon kredisi entegrasyonu kapsamlı ele alınmış olarak yürürlüğe konduğunda, *Synechococcus elongatus* tabanlı karbon yakalama sistemleri uluslararası karbon piyasalarına daha aktif şekilde entegre edilebileceği öngörülmektedir. *Synechococcus elongatus*'un biyoteknolojik uygulamalarının daha verimli hale getirilmesi için genetik mühendisliği alanında CRISPR uygulamaları sayesinde CRISPR/Cas9 ve sentetik biyoloji yöntemleriyle daha yüksek lipid sentezi sağlama potansiyeli vardır. Bu uygulamaların katkıları değerlendirilerek karbon fiksasyon yolaklarının optimizasyonu ile biyoyakıt üretim süreçleri daha verimli hale getirilebilir.

Sanayi uygulamaları için ölçeklenebilir üretim sistemleri geliştirilmeli ve fotosentetik biyoreaktörlerde CO_2 kullanımı ve enerji verimliliği artırılarak büyük ölçekli üretime uygun hale getirilmelidir. Büyük ölçekli biyoreaktör sistemlerinde pilot çalışmalar yapılarak endüstriyel üretime uyarlanabilir.

Biyoteknolojik karbon yakalama sistemleri ve karbon piyasalarıyla entegrasyon süreçleri detaylandırılmalıdır. Karbon kredisi mekanizmalarının biyoyakıt, biyoplastik ve farmasötik biyoteknoloji üretimi ile nasıl entegre edilebileceği daha fazla araştırılmalıdır.

Biyoteknoloji ve sürdürülebilir enerji alanındaki dönüşümde, bu mikroorganizmanın rolü bir alternatiften çok, küresel sürdürülebilirlik açısından bir gereklilik olarak değerlendirilmelidir.

Gelecekte, genetik mühendisliği ve sentetik biyoloji yöntemleri ile daha verimli hale getirilerek çevresel ve ekonomik sürdürülebilirlikte kritik bir aktör olmaya devam edecektir. *Synechococcus elongatus,* biyoteknolojik uygulamalar için sürdürülebilir ve ölçeklenebilir bir platform olarak değerlendirilmektedir. *Synechococcus elongatus*, genetik mühendisliği ve biyoteknolojik optimizasyonlarla biyoyakıt, biyoplastik ve farmasötik üretimi gibi endüstriyel süreçlerde sürdürülebilir bir model organizma olarak büyük potansiyel taşımaktadır. Bu

mikroorganizmanın karbon sekestrasyonu kapasitesi, hızlı büyüme oranı ve metabolik esnekliği, sanayi ölçeğinde uygulanabilirlik açısından önemli avantajlar sunmaktadır.

Sanayi açısından, biyoyakıt üretimi için genetik olarak optimize edilmiş *Synechococcus elongatus* suşları ile ticari ölçekte pilot üretim tesislerinin kurulması gerekmektedir. Biyoreaktör sistemlerinin güneş enerjisi ve jeotermal kaynaklarla entegre edilerek enerji girdilerini düşüren kapalı devre fotosentetik biyoreaktör sistemleri geliştirilmelidir. Bu tür entegre sistemler, karbon kredisi mekanizmalarına uygunluğu artırarak biyoyakıt üretimini daha ekonomik hale getirebilir. Biyoplastik alanında, polihidroksibütirat (PHB) ve türevlerinin endüstriyel plastik üretiminde petrokimyasal bazlı plastiklere alternatif olarak değerlendirilmesi gerekmektedir. *Synechococcus elongatus* 'un yüksek verimli PHB üretimi için metabolik mühendislik teknikleriyle geliştirilmesi, biyoplastik sektöründe karbon negatif üretim modellerine geçişi destekleyebilir.

4.Kaynaklar

1. Acién, F. G., Fernández, J. M., Magán, J. J., & Molina, E. (2017). Production cost of a real microalgae production plant and strategies to reduce it. Biotechnology Advances, 35(6), 633-641. https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2017.07.003
2. Angermayr, S. A., Hellingwerf, K. J., Lindblad, P., & Teixeira de Mattos, M. J. (2012). Energy biotechnology with cyanobacteria. Current Opinion in Biotechnology, 23(3), 277-283. https://doi.org/10.1016/j.copbio.2011.12.012&#8203
3. Brennan, L., & Owende, P. (2010). Biofuels from microalgae—A review of technologies for production, processing, and extractions of biofuels and co-products. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 14(2), 557–577. https://doi.org/10.1016/j.rser.2009.10.009
4. Bojadgieva, K., Georgiev, A., & Popov, T. (2000). Geothermal energy potential for sustainable microalgae cultivation. Renewable Energy, 22(1), 435-442. https://doi.org/10.1016/S0960-1481(00)00044-1&#8203
5. Behrenfeld, M. J., & Falkowski, P. G. (1997). Photosynthetic rates derived from satellite-based chlorophyll concentration. Limnology and Oceanography, 42(1), 1-20. https://doi.org/10.4319/lo.1997.42.1.0001
6. Berla, B., Saha, R., Immethun, C. M., Kumar, K., Moon, T. S., Pakrasi, H. B., & Maranas, C. D. (2013). Synthetic biology of cyanobacteria: Unique challenges and opportunities. Frontiers in Microbiology, 4, 246. https://doi.org/10.3389/fmicb.2013.00246&#8203
7. Chisti, Y. (2007). Biodiesel from microalgae. Biotechnology Advances, 25(3), 294-306. https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2007.02.001
8. Cardoso, A. C. S., Azevedo, R. S., Brum, R. J., Santos, L. O., & Marins, L. F. (2024). Optimization of recombinant protein production in *Synechococcus elongatus* PCC 7942: Utilizing native promoters and magnetic fields. Current Microbiology, 81(6), 143. https://doi.org/10.1007/s00284-024-03672-2&#8203
9. Canadell, J. G., Monteiro, P. M. S., Costa, M. H., Da Cunha, L. C., Cox, P. M., Eliseev, A. V., & Raupach, M. R. (2021). Global carbon and other biogeochemical cycles and feedbacks. In Climate Change 2021: The Physical Science Basis (pp. 673–816). Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/9781009157896
10. Callieri, C. (2017). Synechococcus plasticity under environmental changes. FEMS Microbiology Letters, 364(10), fnx229. https://doi.org/10.1093/femsle/fnx229
11. Dvořák, P., Casamatta, D. A., Poulíčková, A., Hašler, P., Ondřej, V., & Sanges, R. (2014). Synechococcus: 3 billion years of global dominance. Molecular Ecology, 23(22), 5538-5551. https://doi.org/10.1111/mec.12948

12. European Commission. (2021). The European Green Deal: Industrial transformation and energy efficiency policies.
13. European Commission. (2021). The European Green Deal: Roadmap towards net-zero emissions. Brussels, Belgium.
14. Flombaum, P., Gallegos, J. L., Gordillo, R. A., Rincón, J., Zabala, L. L., Jiao, N., & Martiny, A. C. (2013). Present and future global distributions of the marine Cyanobacteria Prochlorococcus and Synechococcus. Proceedings of the National Academy of Sciences, 110(24), 9824-9829. https://doi.org/10.1073/pnas.1307701110
15. Field, C. B., Behrenfeld, M. J., Randerson, J. T., & Falkowski, P. (1998). Primary production of the biosphere: Integrating terrestrial and oceanic components. Science, 281(5374), 237-240. https://doi.org/10.1126/science.281.5374.237
16. FAO, 2021. Forest Carbon Partnership Facility: Progress Report on REDD+.
17. Fasihi, M., Bogdanov, D., & Breyer, C. (2019). Techno-economic assessment of CO_2 direct air capture plants. Journal of Cleaner Production, 224, 957-980. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.03.086
18. Fernández, J. M., Magán, J. J., & Molina, E. (2012). *Production cost of a real microalgae production plant and strategies to reduce it.* Biotechnology Advances, 30(6), 1344–1353. https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2012.02.005
19. Friedlingstein, P., O'Sullivan, M., Jones, M. W., Andrew, R. M., Hauck, J., Peters, G. P., & Zaehle, S. (2022). Global Carbon Budget 2022. Earth System Science Data, 14(11), 4811–4900. https://doi.org/10.5194/essd-14-4811-2022
20. Friedmann, S. J., Ochu, E., & Brown, A. (2019). *Industrial heat decarbonization via carbon capture.* Columbia SIPA Center on Global Energy Policy. Erişim adresi: https://energypolicy.columbia.ed
21. Gillingham, K., & Stock, J. H. (2018). The cost of reducing greenhouse gas emissions. Journal of Economic Perspectives, 32(4), 53-72. https://doi.org/10.1257/jep.32.4.53&#8203
22. Godlewska, K., Piasecka, A., & Wróbel, B. (2015). Optimization of microalgae cultivation conditions for enhanced biomass production. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 47, 15-27. https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.03.089&#8203
23. Girgin, S., Aydin, F., & Demir, D. (2024). Aquaculture-based nutrient recycling strategies for sustainable microalgae cultivation. Journal of Applied Phycology, 36(2), 345-360. https://doi.org/10.1007/s10811-024-02865-7&#8203
24. Güroy, B., Güroy, D., & Ak, O. (2023). Potential applications of geothermal energy in microalgae-based carbon capture systems. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 154, 111852. https://doi.org/10.1016/j.rser.2023.111852
25. Goldstein, A., Turner, W. R., Spawn, S. A., Anderson-Teixeira, K. J., Cook-Patton, S. C., Fargione, J., ... & Hole, D. G. (2020). Protecting irrecoverable carbon in Earth's ecosystems. Nature Climate Change, 10(4), 287–295. https://doi.org/10.1038/s41558-020-0738-8
26. Hernández, D., Pérez, J., & López, R. (2022). Decarbonizing industry through bioplastics: Challenges and opportunities. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 161, 112538. https://doi.org/10.1016/j.rser.2022.112538
27. Hernández, D., Gutiérrez, M. C., & Torres, M. A. (2022). Recent advances in microalgae-based polyhydroxyalkanoates (PHA) production. Trends in Biotechnology, 40(3), 198-209. https://doi.org/10.1016/j.tibtech.2021.10.001&#8203
28. Herrador, M. (2016). The Microalgae/Biomass Industry in Japan: An Assessment of Cooperation and Business Potential with European Companies. EU-Japan Centre for Industrial Cooperation. https://cdnw8.eu japan.eu/sites/default/files/publications/docs/microalgaebiomassiindustryinjapan herrador-min16-1.pdf
29. Hwang, E. J., Lee, S. J., & Kim, M. K. (2014). Photosynthetic hydrogen production by cyanobacteria: Recent advances and future challenges. Biotechnology Advances, 32(3), 451-459. https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2014.01.002
30. International Energy Agency (IEA). (2023). Global Energy Review 2023. https://www.iea.org/reports/global-energy-review-2023
31. International Energy Agency (IEA). (2023). Global carbon capture, utilization and storage status report 2023. International Energy Agency. https://www.iea.org/reports/carbon-capture-utilisation-and-storage

32. International Carbon Action Partnership (ICAP). (2022). Emissions trading worldwide: Status report 2022. Retrieved from https://icapcarbonaction.com/en/publications
33. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2022). Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Sixth Assessment Report of the IPCC.
34. International Energy Agency (IEA). (2023). Global carbon capture, utilization and storage status report 2023. https://www.iea.org/reports/carbon-capture-utilisation-and-storage
35. International Energy Agency (IEA). (2023). World Energy Outlook 2023. https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2023
36. International Energy Agency (IEA). (2023). Global Energy Review 2023. https://www.iea.org/reports/global-energy-review-2023
37. Jorquera, O., Kiperstok, A., Sales, E. A., Embiruçu, M., & Ghirardi, M. L. (2010). Comparative energy life-cycle analyses of microalgal biomass production in open ponds and photobioreactors. Bioresource Technology, 101(4), 1406–1413. https://doi.org/10.1016/j.biortech.2009.09.038
38. Kirn, G. (2023). Carbon capture from biomass boiler flue gas emissions using microalgae: A case study. KTH Royal Institute of Technology, Department of Energy Technology. TRITA-ITM-EX 2023:231.
39. Kumar, S., & Das, D. (2021). Biohydrogen production from microalgae. Bioresource Technology, 321, 124504. https://doi.org/10.1016/j.biortech.2020.124504
40. Khan, M. I., Shin, J. H., & Kim, J. D. (2022). The role of microalgae in carbon sequestration and sustainable energy production: Recent advances and future perspectives. Journal of Cleaner Production, 333, 130149. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.130149
41. Keith, D. W., Holmes, G., St. Angelo, D., & Heidel, K. (2018). A process for capturing CO_2 from the atmosphere. Joule, 2(8), 1573-1594. https://doi.org/10.1016/j.joule.2018.05.006
42. Kumar, S., & Das, D. (2021). Biohydrogen production from microalgae. Bioresource Technology, 321, 124504. https://doi.org/10.1016/j.biortech.2020.124504
43. Liu, X., & Curtiss, R. (2009). Genetic engineering of cyanobacteria for biofuel production. Applied Microbiology and Biotechnology, 84(5), 881-888. https://doi.org/10.1007/s00253-009-2133-4
44. Liu, X., Wang, Z., & Chen, Y. (2018). Carbon fixation efficiency and genome organization of *Synechococcus elongatus* strains. Applied Microbiology and Biotechnology, 102(4), 1821-1835. https://doi.org/10.1007/s00253-017-8759-1&#8203
45. Liu, X., Zhang, W., & Chen, Y. (2023). Synthetic biology approaches for optimizing *Synechococcus elongatus* in industrial applications. Current Opinion in Biotechnology, 76, 102839. https://doi.org/10.1016/j.copbio.2023.102839&#8203
46. Lund, J. W., Boyd, T. L., & Freeston, D. H. (2005). World-wide direct uses of geothermal energy 2005. Geothermics, 34(6), 691-727. https://doi.org/10.1016/j.geothermics.2005.09.001&#8203
47. Lund JW, Freeston DH, Boyd TL. 2011. Direct utilisation of geothermal energy: 2010 worldwide review. Geothermics 40: 159–180.
48. Mata, T. M., Martins, A. A., & Caetano, N. S. (2010). Microalgae for biodiesel production and other applications: A review. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 14(1), 217-232. https://doi.org/10.1016/j.rser.2009.07.020
49. Morris, J. J., Lenski, R. E., & Zinser, E. R. (2021). The Black Queen Hypothesis: Evolution of dependencies through adaptive gene loss. mBio, 3(2), e00036-12. https://doi.org/10.1128/mBio.00036-12
50. Mackey, K. R., Paytan, A., Grossman, A. R., & Bailey, S. (2015). A photosynthetic strategy for coping with high light in the ocean. Proceedings of the National Academy of Sciences, 112(30), 9072-9077. https://doi.org/10.1073/pnas.1423674112
51. Machado, I. M., & Atsumi, S. (2012). Photosynthetic microbial production of biofuels. Current Opinion in Biotechnology, 23(3), 437-442. https://doi.org/10.1016/j.copbio.2012.03.005
52. McCormick, A. J., Bombelli, P., & Lea-Smith, D. J. (2015). Cyanobacterial photosynthesis for solar bioenergy and biotechnology. Current Opinion in Biotechnology, 33, 8-15. https://doi.org/10.1016/j.copbio.2014.10.013
53. Naik, M. T., Jung, H. I., & Lee, J. K. (2022). *Engineering cyanobacteria for CO_2 capture and industrial biotechnology applications.* Trends in Biotechnology, 40(2), 172-184. https://doi.org/10.1016/j.tibtech.2021.09.008

54. Naik, S., Prabhu, M. S., & Suresh Kumar, G. K. (2022). Polyhydroxybutyrate production by *Synechococcus elongatus* PCC 7942 under nitrogen and phosphorus limitation. Journal of Applied Phycology, 34(1), 365–375. https://doi.org/10.1007/s10811-021-02560-9
55. Oliver, J. W., Machado, I. M., Yoneda, H., & Atsumi, S. (2013). Cyanobacterial conversion of carbon dioxide to 2,3-butanediol. Proceedings of the National Academy of Sciences, 110(4), 1249-1254. https://doi.org/10.1073/pnas.1213024110
56. Partensky, F., Hess, W. R., & Vaulot, D. (1999). Prochlorococcus, a marine photosynthetic prokaryote of global significance. Microbiology and Molecular Biology Reviews, 63(1), 106-127. https://doi.org/10.1128/MMBR.63.1.106-127.1999
57. Partensky, F., & Garczarek, L. (2010). The ecological role of marine picocyanobacteria in the global ocean. Environmental Microbiology Reports, 2(1), 99-106. https://doi.org/10.1111/j.1758-2229.2009.00078.x
58. Pakrasi, H. B., Yu, J., Liberton, M., Cliften, P. F., Head, R. D., Jacobs, J. M., Smith, R. D., Koppenaal, D. W., & Brand, J. J. (2023). *Synechococcus elongatus* UTEX 2973 as a fast-growing cyanobacterial chassis for synthetic biology and metabolic engineering applications. Scientific Reports, 5, 8132. https://doi.org/10.1038/srep08132&#8203
59. Ruffing, A. M. (2011). Improved free fatty acid production in cyanobacteria with Synechococcus sp. PCC 7002 as a model system. Applied and Environmental Microbiology, 77(17), 6889-6897. https://doi.org/10.1128/AEM.05998-11
60. Rogelj, J., Popp, A., Calvin, K. V., Luderer, G., Emmerling, J., Gernaat, D., & van Vuuren, D. P. (2021). Scenarios towards limiting global mean temperature increase below 1.5 °C. Nature Climate Change, 8(4), 325-332. https://doi.org/10.1038/s41558-021-01002-3
61. Rubin, E. S., Davison, J. E., & Herzog, H. J. (2015). The cost of CO_2 capture and storage. International Journal of Greenhouse Gas Control, 40, 378-400. https://doi.org/10.1016/j.ijggc.2015.05.018
62. Ruffing, A. M. (2011). Engineered cyanobacteria for eicosapentaenoic acid (EPA) production. Metabolic Engineering, 13(3), 276-283. https://doi.org/10.1016/j.ymben.2011.02.001&#8203
63. Rockström, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, Å., Chapin, F. S., III, Lambin, E. F., & Foley, J. A. (2009). A safe operating space for humanity. Nature, 461(7263), 472–475. https://doi.org/10.1038/461472a
64. Ranjbar, R., & Rastegar, S. (2020). Effect of geothermal CO_2 on the growth and lipid productivity of microalgae. Renewable Energy, 146, 1579-1588. https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.07.080
65. Roh, K., Kim, S., & Park, C. (2021). Integration of carbon credit mechanisms into biofuel and bioplastic production systems. Journal of Cleaner Production, 287, 125469. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.125469
66. Smith, J., & Anderson, M. (2022). Photosynthetic biofactories: Advancing recombinant protein production in cyanobacteria. Trends in Biotechnology, 40(5), 732-745. https://doi.org/10.1016/j.tibtech.2022.03.002&#8203
67. Smith, J. P., & Anderson, T. (2022). Carbon capture and biopharmaceutical production: Integration of sustainable biotechnology in the pharmaceutical industry. Nature Biotechnology, 40(3), 312-325. https://doi.org/10.1038/s41467-022-40845-9&#8203
68. Santos-Merino, M., Singh, A. K., & Ducat, D. C. (2023). Engineering cyanobacteria for enhanced bioproduction and carbon capture. Nature Communications, 14(1), 3456. https://doi.org/10.1038/s41467-023-38456
69. Türkiye Teknoloji Geliştirme Vakfı (TTGV). (2024). Sürdürülebilir çimento üretimi derin analiz raporu - Açık özet. https://ttgv.org.tr/yayinlar/surdurulebilir-cimento-uretimi-derin-analiz-raporu-acik-ozet
70. Tamagnini, P., Axelsson, R., Lindberg, P., Oxelfelt, F., Wünschiers, R., & Lindblad, P. (2007). Hydrogenases and hydrogen metabolism of cyanobacteria. Microbiology and Molecular Biology Reviews, 66(1), 1-20. https://doi.org/10.1128/MMBR.66.1.1-20.2002
71. Trinh DV, Nguyen PTH. 2020. Minimising the cost of Spirulina platensis culture medium using Vinh Hao natural mineral water. Chem Eng Trans 78: 19–24

72. Santos-Merino, M., Singh, A. K., & Ducat, D. C. (2023). Engineering cyanobacteria for enhanced bioproduction and carbon capture. Nature Communications, 14(1), 3456. https://doi.org/10.1038/s41467-023-38456-9&#8203
73. Santos-Merino, M., Singh, A. K., & Ducat, D. C. (2018). Engineering cyanobacteria for enhanced bioproduction and carbon capture. Nature Communications, 14(1), 3456. https://doi.org/10.1038/s41467-023-38456-9
74. Schwarzkopf, M., Ruf, S., & Bock, R. (2014). Cyanobacterial circadian clock systems and their impact on industrial biotechnology. Microbial Cell Factories, 13(1), 112. https://doi.org/10.1186/s12934-014-0112-9&#8203
75. Tsinoremas, N. F., & Castets, A. M. (1994). Genetic transformation and conjugation systems in cyanobacteria. Molecular Microbiology, 13(2), 273-283. https://doi.org/10.1111/j.1365-2958.1994.tb00423.x&#8203
76. United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC). (2023). COP28 Summary Report: Global Carbon Market Mechanisms and Climate Finance.
77. United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC). (2023). COP28 Summary Report: Global Carbon Market Mechanisms and Climate Finance.
78. United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC). (2023). State of climate action: Policy and investment trends in 2023. United Nations Climate Change Secretariat. https://unfccc.int/documents/2023
79. World Bank. (2021). State and trends of carbon pricing 2021. Retrieved from https://carbonpricingdashboard.worldbank.org
80. World Bank. (2023). State and trends of carbon pricing 2023. Washington, DC: World Bank Group. https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/38289
81. Xu, Y., Zhu, L., & Li, Y. (2022). Biodegradable plastics and carbon credit mechanisms: A sustainable approach for reducing environmental impact. Environmental Science & Technology, 56(14), 9874-9883. https://doi.org/10.1021/acs.est.2c00973
82. Xu, C., Wang, Y., & Zhao, X. (2023). Genetic engineering strategies for improving *Synechococcus elongatus* bio-manufacturing capacity. Biotechnology Advances, 45, 102018. https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2022.102018&#8203
83. Xu, X., Liu, Y., & Zhang, H. (2023). Advances in photosynthetic microorganisms for recombinant protein production: Current status and future perspectives. Biotechnology Advances, 56, 107938. https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2023.107938&#8203
84. Yu, J., Liberton, M., Cliften, P. F., Head, R. D., Jacobs, J. M., Smith, R. D., Koppenaal, D. W., Brand, J. J., & Pakrasi, H. B. (2015). *Synechococcus elongatus* UTEX 2973, a fast-growing cyanobacterial chassis for biosynthesis using light and CO_2. Frontiers in Microbiology, 6, 564. https://doi.org/10.3389/fmicb.2015.00564
85. Yu, J., Liberton, M., Cliften, P. F., Head, R. D., Jacobs, J. M., Smith, R. D., Koppenaal, D. W., Brand, J. J., & Pakrasi, H. B. (2024). *Synechococcus elongatus* UTEX 2973, a fast-growing cyanobacterial chassis for biosynthesis using light and CO_2. Frontiers in Microbiology, 15, 654321. https://doi.org/10.3389/fmicb.2024.654321
86. Zhang, H., Liu, Y., & Li, X. (2023). Exploring the pharmaceutical potential of cyanobacteria-derived secondary metabolites. Marine Drugs, 21(1), 89. https://doi.org/10.3390/md21010089&#8203

ÜRETİCİLERİN BAL ARISI HASTALIKLARI VE MÜCADELE YÖNTEMLERİ HAKKINDAKİ BİLGİ DÜZEYLERİNİN İNCELENMESİ

Mehtap USTA
Trabzon University, Tonya Vocational School, Department of Health Care Services
ORCID ID: 0000-0001-7656-5655

ÖZET

Arıcılık faaliyetleri ülke ekonomisine katkı sağlamanın yanı sıra bitkisel üretimi artırmada da önemli bir rol oynamaktadır. Ancak arı hastalıkları ve mücadele süreçlerinin yeterince anlaşılmaması, koloni sağlığını ve tarımsal verimliliği olumsuz etkileyebilir. Yapılan bu çalışmada üreticilerin bal arısı hastalıkları ve mücadele yöntemleri hakkındaki bilgi düzeylerinin incelenmesi amaçlanmıştır. Çalışmanın verileri, Temmuz-Aralık 2021 tarihleri arasında yapılandırılmış bir form aracılığıyla 57 kişiden toplanmıştır. Araştırma formu iki bölümden oluşmakta olup, birinci bölümde 7 adet sosyo-demografik soru, ikinci bölümde ise konuya ilişkin 23 adet soru yer almaktadır. Çalışmaya başlamadan önce, Trabzon Üniversitesi Sosyal ve Beşerî Bilimler Bilimsel Araştırma ve Yayın Etik Kurulu'ndan onay alınmıştır (Onay numarası: E-81614018-000-656). Veri toplama aracının giriş bölümünde, çalışmanın amacı ile gönüllü katılım süreci açıklanmış ve katılımcılardan onam alınmıştır. Çalışmada katılımcılardan 43 kişinin arıcılık ile ilgili bir kaynağı düzenli bir şekilde takip ettiği, takip edilen/ bilgi edinilen kaynağın en fazla internet olduğu bunu kitap ve akran arıcıların takip ettiği belirlenmiştir. Katılımcıların arı hastalıkları ve zararlılarını tanıma durumuna ilişkin veriler incelendiğinde, en sık tanımlanan hastalık ve zararlıların sırasıyla *Varroa*, yavru hastalığı, petek güvesi ve kireç hastalığı olduğu görülmüştür. Katılımcıların yıllık bazda *Varroa* ile mücadele sıklığı incelendiğinde, genellikle yılda 2 veya 5 kez mücadele yapıldığı belirlenmiştir. Ayrıca, *Varroa* ile mücadelede genellikle organik asitler, kimyasal ve kültürel yöntemlerin tercih edildiği tespit edilmiştir. Katılımcıların arı hastalıkları ve zararlılarına yönelik biyolojik mücadele yöntemleri konusundaki durumu incelendiğinde, 15 kişinin bu yöntemleri bildiği ancak uygulamadığı, 21 kişinin bildiği ve uyguladığı ve diğer 21 kişinin ise bu yöntemleri bilmediği tespit edilmiştir. Sonuç olarak, arı üreticilerinin arı hastalıkları ve mücadele yöntemleri konusunda bilgilendirilmesi önemlidir. Özellikle biyolojik mücadele yöntemine yönelik farkındalık çalışmaları yapılması önerilir. Arıcılık faaliyetlerinin sürdürülebilirliği açısından güvenilir bilgi kaynakları oluşturulmalı ve üreticilerin bu kaynaklara erişimi teşvik edilmelidir.

Anahtar Kelimeler: Bal arısı, arı hastalıkları, arı zararlıları, hastalıklarla mücadele yöntemleri

EXAMINATION OF PRODUCERS' KNOWLEDGE LEVELS ABOUT HONEYBEE DISEASES AND CONTROL METHODS

ABSTRACT

Beekeeping activities play an important role in contributing to the country's economy as well as increasing plant production. However, inadequate understanding of bee diseases and control processes can negatively affect colony health and agricultural productivity. The aim of this study was to examine the knowledge levels of producers about honey bee diseases and control methods. The data of the study were collected from 57 people through a structured form between July and December 2021. The research form consists of two parts; the first part includes 7 socio-demographic questions and the second part includes 23 questions related to the subject. Before starting the study, approval was obtained from the Trabzon University Social and Human Sciences Scientific Research and Publication Ethics Committee (Approval number: E-81614018-000-656). In the introduction section of the data collection tool, the purpose of the study and the voluntary participation process were explained and consent was obtained from the participants. In the study, it was determined that 43 of the participants regularly followed a source related to beekeeping, the most followed/informed source was the internet, followed by books and peer beekeepers. When the data regarding the participants' recognition of bee diseases and pests were examined, it was seen that the most frequently identified diseases and pests were *Varroa*, brood disease, honeycomb moth and chalk disease, respectively. When the participants' frequency of combating *Varroa* on an annual basis was examined, it was determined that combat was generally carried out two or five times a year. In addition, it was determined that organic acids, chemical and cultural methods were generally preferred in the control of *Varroa*. When the participants' status on biological control methods for bee diseases and pests was examined, it was determined that 15 people knew these methods but did not apply them, 21 people knew and applied them, and the other 21 people did not know these methods. As a result, it is important to inform beekeepers about bee diseases and combat methods. It is recommended to conduct awareness studies especially on biological control methods. Reliable information sources should be established for the sustainability of beekeeping activities and producers should be encouraged to access these sources.

Keywords: Honey bee, bee diseases, bee pests, disease control methods

Giriş

Arıcılık faaliyetleri ülke ekonomisine katkı sağladığı kadar bitkisel üretimde tozlayıcı biyovektör olarak tarımsal üretimin artmasına da katkı sağlamaktadır. Ancak arı hastalıkları ve

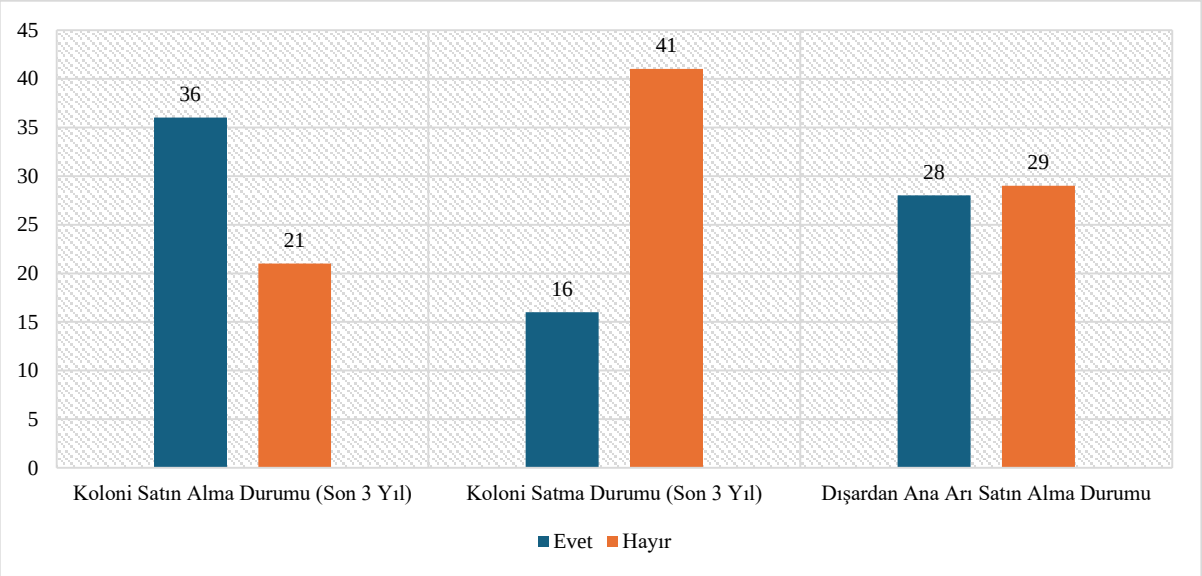
bu hastalıklarla ile ilgili mücadele sürecinin yeteri kadar anlaşılamamış olması söz edilen bu süreci olumsuz şekilde etkileyebilmektedir (Büyük vd., 2014). Arıcılık faaliyetleri için uygun habitatın kaybı, arı hastalıklarının artışı, beslenme yetersizliği, tarımsal amaçla kullanılan ilaçlar ve iklim değişikliği gibi faktörler, arı popülasyonunun azalmasına ve dolayısıyla arıcılık faaliyetlerinin etkilenmesine neden olmaktadır (Goulson vd., 2015). Kolonilerin gelişme dönemi, arı hastalıklarının ortaya çıkması için uygun bir zaman olabilir ve bu durum koloni sağlığını olumsuz etkileyebilir (Balkaya vd., 2016). Arı hastalıklarının bazıları yalnızca kısmi sorunlara yol açarken, bazıları ise tüm koloniyi etkileyerek ciddi bir tehdit oluşturabilir (Arbia ve Babbay, 2011). Literatürde yer alan çok sayıda çalışmanın (Karahan vd., 2022; Kızıltepe vd., 2023; Bragança Castagnino vd., 2023; Mayack vd., 2022; Gülbin Gökdemir ve Güneşdoğdu 2023) arı sağlığını, arı hastalıklarını ve zararlılarını konu edindiği değerlendirildiğinde, bu konunun farklı değişkenler açısından ele alınmasının önemli bir araştırma alanı oluşturduğu söylenebilir. Bu noktadan hareketle yapılan bu çalışmada da, bal arısı yetiştiricilerinin arı hastalıkları ve bu hastalıklarla mücadele yöntemleri konusundaki bilgi düzeylerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Yöntem

Çalışmanın verileri, Temmuz-Aralık 2021 tarihleri arasında yapılandırılmış bir form aracılığıyla 57 kişiden toplanmıştır . Veriler Doğu Karadeniz bölgesinde yer alan Giresun ilinden toplanmıştır. Giresun ilinde bulunan işletme sayısı 1.754'dir (Tarım ve Orman Bakanlığı Arıcılık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, 2024). Araştırma formu iki bölümden oluşmakta olup, birinci bölümde yedi adet sosyo-demografik soru, ikinci bölümde ise 23 adet içeriğe yönelik soru yer almaktadır. Verilerin değerlendirilmesinde tanımlayıcı istatistiklerden (frekans, yüzde vb.) yararlanılmıştır. Çalışmaya başlamadan önce, Trabzon Üniversitesi Sosyal ve Beşeri Bilimler Bilimsel Araştırma ve Yayın Etik Kurulu'ndan onay alınmıştır (Onay numarası: E-81614018-000-656). Veri toplama aracının giriş bölümünde, çalışmanın amacı ile gönüllü katılım süreci açıklanmış ve katılımcılardan onam alınmıştır.

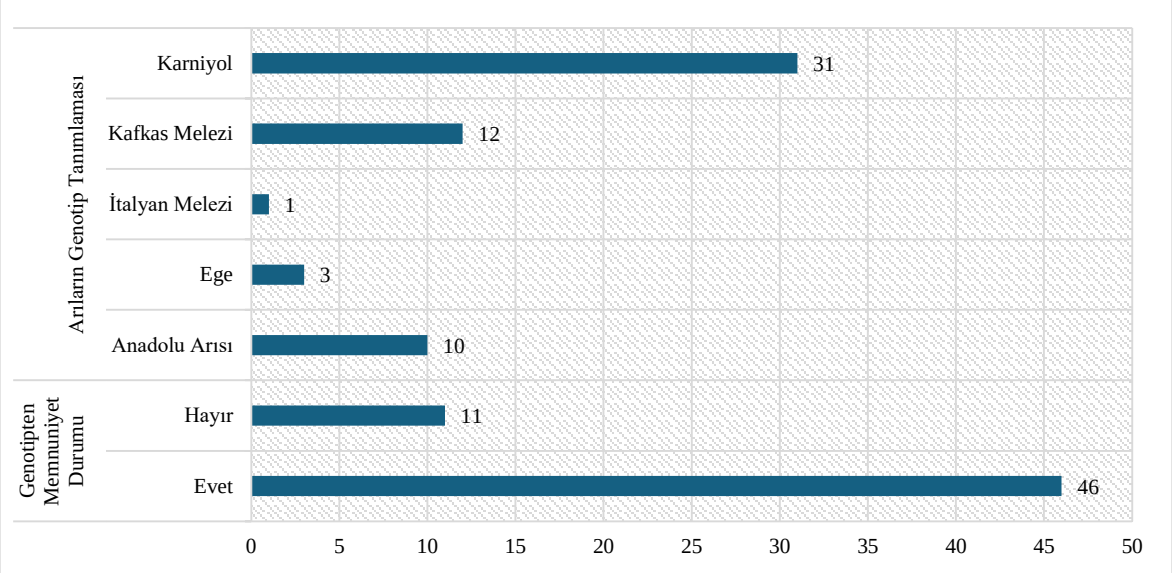
Bulgular

Çalışmada katılımcılardan 36 kişinin son üç yılda koloni satın aldığı, 16 kişinin koloni sattığı ve 28 kişinin dışardan ana arı satın aldığı görülmüştür (Grafik 1).



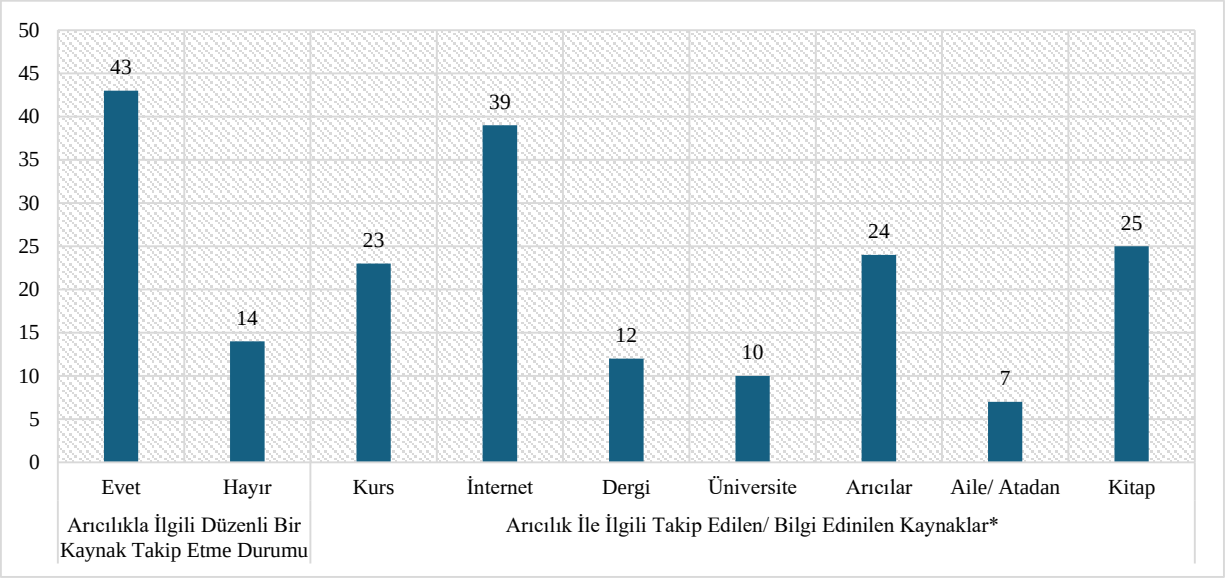
Grafik 1. Koloni ve Ana Arı Alım-Satım Durumu

Çalışmada 46 kişinin sahip olduğu arı genotipinden memnun olduğu belirlenmiştir. Katılımcılardan 31 kişinin karniyol, 12 kişinin Kafkas melezi ve 10 kişinin Anadolu arısı genotip tanımlaması yaptığı belirlenmiştir (Grafik 2).



Grafik 2. Arı Genotip Dağılımı ve Memnuniyet Durumu

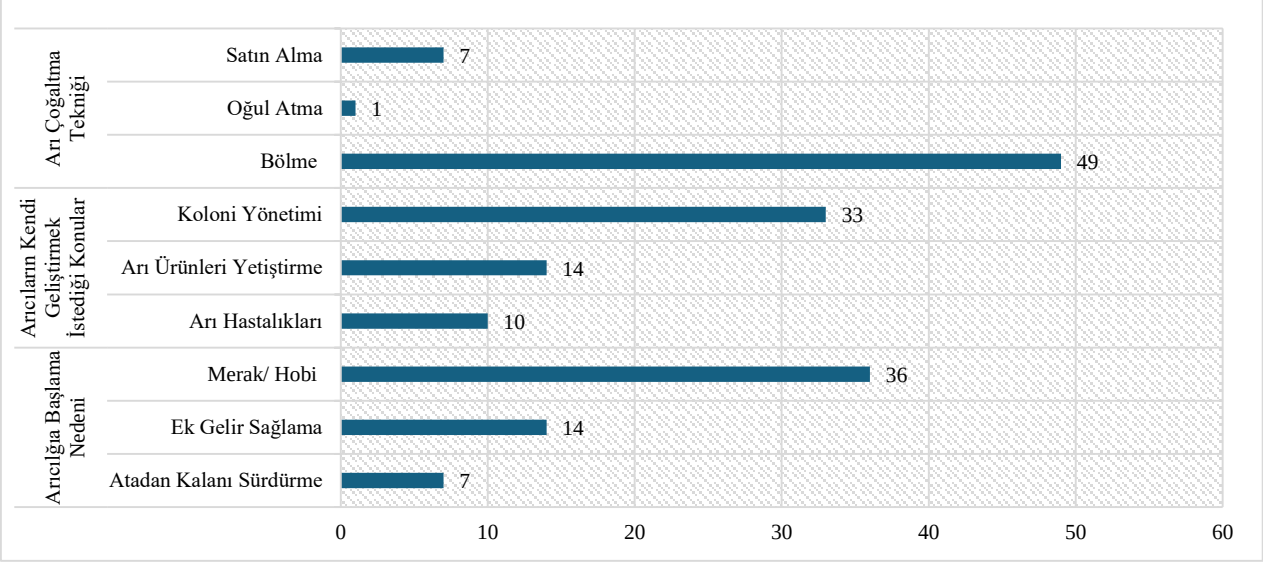
Çalışmada, katılımcılardan 43 kişinin arıcılık ile ilgili bir kaynağı düzenli bir şekilde takip ettiği tespit edilmiştir. Arıcılık ile ilgili takip edilen/ bilgi edinilen kaynağın en fazla internet (n=39) olduğu, bunu kitap (n=25) ve arıcıların (n=24) takip ettiği belirlenmiştir (Grafik 3).



*Birden fazla seçenek işaretlenmiştir.

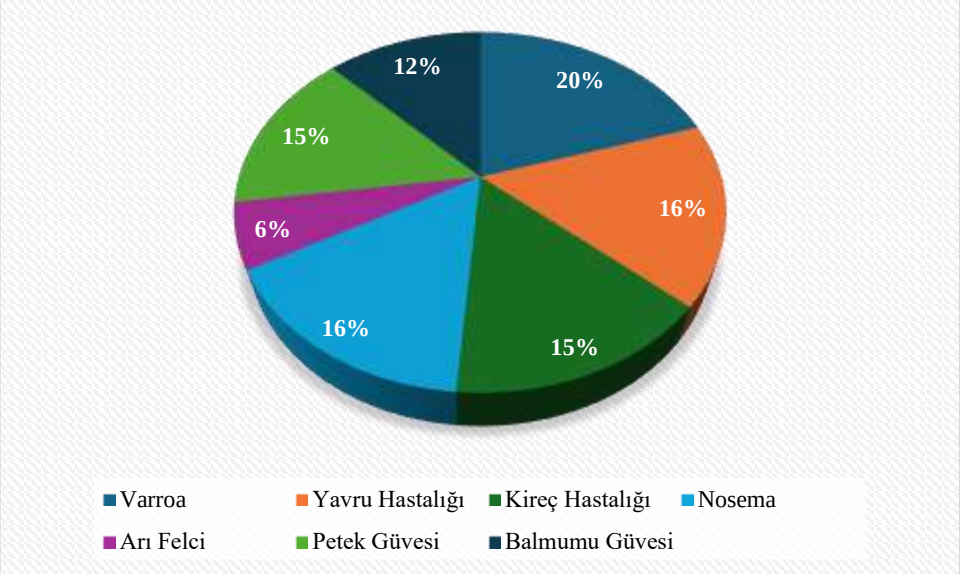
Grafik 3. Arıcılık ile İlgili Bilgi Kaynakları

Çalışmada 49 katılımcının arılarını çoğaltmada bölme yöntemini tercih ettiği, 33 katılımcının koloni yönetimi konusunda kendini geliştirmek istediği ve 36 katılımcının arıcılık faaliyetlerine merak/ hobi nedeniyle başladığı belirlenmiştir (Grafik 4).



Grafik 4. Katılımcıların Arı Çoğaltma, Başlangıç ve Gelişim Tercihleri

Katılımcıların arı hastalıkları ve zararlılarını tanıma durumuna ilişkin veriler incelendiğinde, en sık tanımlanan hastalık ve zararlıların sırasıyla *Varroa* (%20), yavru hastalığı (%16), petek güvesi (%15) ve kireç hastalığı (%15) olduğu görülmüştür (Grafik 5).



Grafik 5. Katılımcıların Arı Hastalıklarını ve Zararlılarını Tanıma Durumu

*Birden fazla seçenek işaretlenmiştir.

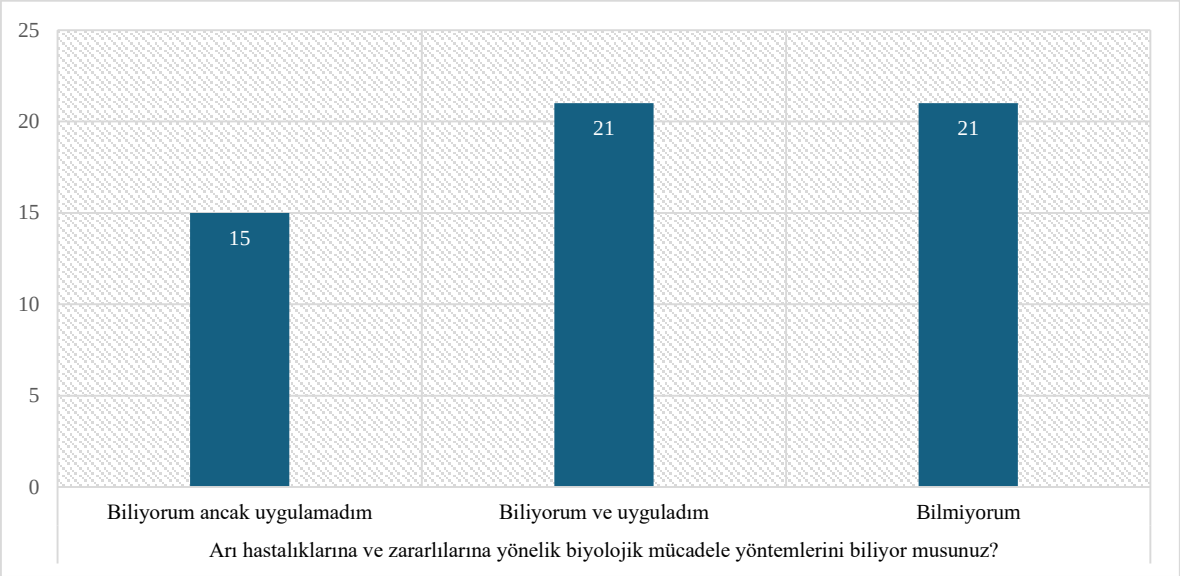
Katılımcıların yıllık bazda *Varroa* ile mücadele sıklığı incelendiğinde, genellikle yılda iki veya beş kez mücadele yapıldığı belirlenmiştir. Ayrıca, mücadelede ağırlıklı olarak organik asitler, kimyasal ve kültürel yöntemlerin tercih edildiği tespit edilmiştir (Tablo 1).

Tablo 1. Katılımcıların *Varroa* ile Mücadele Sıklığı ve Yöntemleri

		f
*Varroa*ya karşı Mücadele Sıklığı (Yıllık)	Yılda 1 Defa	1
	Yılda 2 Defa	12
	Yılda 3 Defa	9
	Yılda 4 Defa	6
	Yılda 5 Defa	29
Varroa ile Mücadele Yöntemi*	Kimyasal Yöntemlerle	26
	Organik Asitler Kullanarak	35
	Kültürel Yöntemlerle	19
	Diğer	12

*Birden fazla seçenek işaretlenmiştir.

Katılımcıların arı hastalıkları ve zararlılarına yönelik biyolojik mücadele yöntemleri konusundaki durumu incelendiğinde, 15 kişinin bu yöntemleri bildiği ancak uygulamadığı, 21 kişinin bildiği ve uyguladığı, diğer 21 kişinin ise bu yöntemleri bilmediği tespit edilmiştir.



Grafik 6. Katılımcıların Arı Hastalıkları ve Zararlılarına Yönelik Biyolojik Mücadele Bilgi Durumu

Sonuç ve Öneriler

Üreticilerin bal arısı hastalıkları ve mücadele yöntemleri hakkındaki bilgi düzeylerinin değerlendirildiği bu çalışmada katılımcıların çoğunluğunun arı hastalıkları ve zararlılarına yönelik biyolojik mücadele yöntemlerini bilmedikleri belirlenmiştir. Tunca ve Çimrin (2012) tarafından yapılan çalışmada, *Varroa* ve diğer hastalıklarla mücadelede uzman desteğinin önemine vurgu yapılmıştır. Aydın vd. (2003) tarafından yapılan çalışmada, Varroosis hastalığının kontrolünde biyolojik mücadele yöntemlerine ilgi gösterilmemesinin genel olarak bilgi eksikliğinden kaynaklandığı ifade edilmiştir.

Çalışmada katılımcıların en sık tanımladığı arı hastalıkları ve zararlılar *Varroa*, yavru hastalığı, petek güvesi ve kireç hastalığıdır. Bingöl ve Erkan (2014) tarafından yapılan çalışmada, arıcıların büyük bir çoğunluğunun kolonilerde görülmesi muhtemel arı hastalıklarını ve zararlılarını tanıyabildiği belirtilmiştir. Tunca ve Çimrin (2012) tarafından yapılan çalışmada, yetiştiricilerin *Varroa* zararlısını önemli bir sorun olarak tanımladıkları ifade edilmiştir. Gülbin Gökdemir ve Güneşdoğdu (2023) tarafından yapılan çalışmada katılımcıların tamamının *Varroa destructor* parazitini tanımladıkları ve bu konuda bilgi sahibi oldukları belirtilmiştir. Seven ve Yeninar (2010) tarafından yapılan çalışmada, kolonilere en fazla zarar veren hastalık, parazit ve zararlılar arasında *Varroa*'nın bildirildiği görülmüştür. Kutlu ve Kılıç (2020) tarafından yapılan çalışmada, katılımcıların tamamının *Varroa* zararlısını tanıdığı belirlenmiştir. Çivi Yalçın ve Oruç Büyükbay (2015) tarafından yapılan çalışmada, katılımcıların %99'unun

en sık karşılaşılan arı zararlısı olarak *Varroa* 'yı belirttiği tespit edilmiştir. Aydın vd. (2003) tarafından yapılan çalışmada, Varroosis'in önemli bir arı hastalığı olduğu belirtilmiştir.

Çalışmada katılımcıların genellikle *Varroa* ile mücadelede organik asitler, kimyasal ve kültürel yöntemleri tercih ettikleri belirlenmiştir. Gülbin Gökdemir ve Güneşdoğdu (2023) tarafından yapılan çalışmada, birçok üreticinin parazite karşı mücadelede organik asit kullandıkları belirtilmiştir. Seven ve Yeninar (2010) tarafından yapılan çalışmada, *Varroa*'ya karşı en yaygın olarak Rulamit-VA'nın kullanıldığı belirtilmiştir.

Çalışmada, katılımcıların yıllık bazda *Varroa* ile genellikle yılda iki ila beş kez mücadele ettiği belirlenmiştir. Bingöl ve Erkan (2014) tarafından yapılan çalışmada arıcıların % 97.14'ü erken ilkbahar-geç sonbahar döneminde *Varroa* ile mücadele ettiği belirtilmiştir. Seven ve Yeninar (2010) tarafından yapılan çalışmada katılımcıların hastalık ve parazitlerle mücadele zamanlarının en fazla erken ilkbaharda olduğu görülmüştür. Kutlu ve Kılıç (2020) tarafından yapılan çalışmada, katılımcıların tamamının *Varroa* zararlısına karşı ilkbaharda mücadele ettiği bildirilmiştir.

Çalışmada arıcılıkla ilgili en fazla bilgi edinilen kaynağın internet olduğu, bunu kitapların ve akran arıcıların takip ettiği belirlenmiştir. Köseman vd. (2016) tarafından yapılan çalışmada, katılımcıların çoğunluğunun bilgi edinmek için kitaplardan, tecrübeli arıcılardan veya internetten yararlandıkları belirtilmiştir. Çivi Yalçın ve Oruç Büyükbay (2015) tarafından yapılan çalışmada, katılımcıların %75,45'inin arıcılık kursuna katıldığı bildirilmiştir.

Sonuç olarak, arı üreticilerinin arı hastalıkları ve mücadele yöntemleri konusunda bilgilendirilmesi önemlidir. Özellikle biyolojik mücadele yöntemine yönelik farkındalık çalışmaları yapılması önerilir. Arıcılık faaliyetlerinin sürdürülebilirliği açısından güvenilir bilgi kaynakları oluşturulmalı ve üreticilerin bu kaynaklara erişimi teşvik edilmelidir.

Kaynakça

Arbia, A., & Babbay, B. (2011). Management Strategies of Honeybee Diseases. *Journal of Entomology, 8*(1), 1-15. https://doi.org/10.3923/je.2011.1.15

Aydın, L., Çakmak, İ., Güleğen, E., & Korkut, M. (2003). Güney Marmara Bölgesi'nde Arı Hastalık ve Zararlıları Anket Sonuçları. *Uludağ Arıcılık Dergisi*, *3*(1), 37-40.

Balkaya, İ. (2016). Türkiye'de Görülen Bal Arısı (*Apis mellifera*) Hastalıkları. *Atatürk Üniversitesi Veteriner Bilimleri Dergisi,* 11(3):339-347. https://doi.org/10.17094/ataunivbd.282993

Bingöl, M., & Erkan, C. (2014). Van İli Arı Hastalıkları ve Zararlılarının Belirlenmesine Yönelik Bir Araştırma. *Yuzuncu Yıl University Journal of Agricultural Sciences*, 24(2), 168-174. https://doi.org/10.29133/yyutbd.235930

Bragança Castagnino, G. L., Meana, A., Cutuli de Simón, M. T., & Batista Pinto, L. F. (2023). Propolis and its Effects on Bee Diseases and Pests: A Systematic Review. *Journal of Apicultural Research*, *62*(1), 171-184. https://doi.org/10.1080/00218839.2022.2154474

Büyük, M., Tunca, R.İ., & Taşkın, A. (2014). Türkiye'de *Nosema* spp. Varlığına Yönelik Yapılmış Çalışmalar. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 1(2):234-238

Çivi Yalçın, F., & Oruç Büyükbay, E. (2015). Tokat İli Merkez İlçede Arıcılık Yapan İşletmelerde Bal ve Diğer Arı Ürünlerinin Organik Üretim Potansiyeli. *Journal of Agricultural Faculty of Gaziosmanpaşa University (JAFAG),* 32(2), 14-23. https://doi.org/10.13002/jafag81
Goulson, D., Nicholls, E., Botias, C., & Rotheray, E. L. (2015). Bee Declines Driven by Combined Stress From Parasites, Pesticides, and Lack of Flowers. *Science, 347*(6229). https://doi.org/10.1126/science.1255957
Gülbin Gökdemir, F., & Güneşdoğdu, M. (2023). Artvin İli Arı Yetiştiriciliğinin Yapısının Araştırılması; Borçka İlçesi Örneği. *Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi,* 1(2), 31-36.
Karahan, A., Zengin, E., Kutlu, M. A., & Karaca, İ. (2022). Afyonkarahisar İli Arıcılarının Arı Hastalık ve Zararlılarını Tanıma Oranları. *Uluslararası Anadolu Ziraat Mühendisliği Bilimleri Dergisi,* 4(1), 1-9.
Kızıltepe, Ş., Akpınar, R., Akman, A., Kaya, S., & Çelik, S. (2023). Iğdır İlinde Görülen Arı Kolonisi Kayıplarında Viral ve Paraziter Etkenlerin Rolü. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi,* 13(2), 858-871.https://doi.org/10.21597/jist.1184308
Köseman, A., Şeker, İ., Karlıdağ, S., & Güler, H. (2016). Arıcılık Faaliyetleri – I Arı Yetiştiricilerinin Sosyo-demografik Özellikleri, Problemleri ve Beklentileri ile Arıcılıkta İdari ve İktisadi Mevcut Uygulamalar. *Kocatepe Veterinary Journal*, 9(4), 308-321. 10.5578/kvj.33164
Kutlu, M. A., & Kılıç, Ö. (2020). Elazığ İli Türkiye Arıcılığının Sürdürülebilirliği Üzerine Bir Çalışma. *ADYUTAYAM Dergisi*, 8(1), 38-49.
Mayack, C., Macherone, A., Zaki, A. G., Filiztekin, E., Özkazanç, B., Koperly, Y., ... & Broadrup, R. L. (2022). Environmental Exposures Associated With Honey Bee Health. *Chemosphere*, *286*, 131948. https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.131948
Seven, İ., & Yeninar, H. (2010). Elazığ Yöresindeki Arıcılık İşletmelerinin Hastalık, Parazit ve Zararlılar Yönünden İncelenmesi. *Veterinary Sciences*, 5(2), 52-66.
Tarım ve Orman Bakanlığı Arıcılık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü (2024). Arıcılık İstatistikleri. 17 Şubat 2025 tarihinde https://arastirma.tarimorman.gov.tr/aricilik/Link/2/Aricilik-Istatistikleri adresinden erişilmiştir.
Tunca, R. İ., & Çimrin, T. (2012). Kırşehir İlinde Bal Arısı Yetiştiricilik Aktiviteleri Üzerine Anket Çalışması. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 2(2), 99-108.

THE EFFECT OF CLIMATE CHANGE ON CROP YIELD AND FOOD SECURITY

Saloni Sharma
Suhani Sharma
Dept. of Nutrition and Dietetics, Manav Rachna International Institute of Research Studies,Deemed to be University
Clinical Research Student, Jamia Hamdard University Deemed to be University

Abstract

Climate change has emerged as a critical global challenge, significantly affecting agricultural productivity and food security. Rising temperatures, erratic precipitation patterns, and an increased frequency of extreme weather events such as droughts, floods, and heatwaves have disrupted traditional farming systems. These climatic variations lead to declining crop yields, soil degradation, water scarcity, and increased vulnerability to pests and diseases, posing a severe threat to global food production. Staple crops such as wheat, rice, and maize, which serve as primary food sources for billions, are highly sensitive to temperature fluctuations. Prolonged heat stress, excessive evapotranspiration, and unpredictable rainfall patterns negatively impact crop growth and yield. Additionally, water resource variability, including prolonged droughts and flooding, disrupts agricultural cycles, further exacerbating food shortages. These challenges disproportionately affect smallholder farmers in developing regions, where access to climate-resilient crops, advanced irrigation techniques, and sustainable farming practices remains limited. As a result, food price volatility and economic instability increase, exacerbating hunger and malnutrition in vulnerable populations. To mitigate these risks, adaptation strategies such as climate-smart agriculture, drought-resistant crop varieties, improved irrigation management, agroforestry, and precision farming have been proposed. Additionally, global policy interventions focusing on greenhouse gas reduction, resource conservation, and sustainable land management are essential to ensuring long-term food security. This review aims to analyze the latest research on the impact of climate change on agriculture, discuss potential adaptation strategies, and highlight the role of policy measures in building climate-resilient food systems.

Keywords:

Climate change, crop yield, food security, extreme weather, sustainable agriculture, global warming, soil degradation, adaptation strategies, precision farming, drought resilience.

1. Introduction

Climate change is one of the greatest threats to global food security. The agricultural sector is highly vulnerable to temperature changes, shifting rainfall patterns, and extreme weather events. Staple crops such as wheat, rice, and maize, which serve as primary food sources for

billions, are highly sensitive to these climatic changes. Rising temperatures accelerate evapotranspiration, leading to soil moisture loss, while erratic precipitation patterns disrupt irrigation cycles. In turn, this results in declining agricultural productivity, food shortages, and an increased risk of hunger, particularly in developing countries (FAO, 2020).

Agricultural productivity is closely linked to climate stability. Any significant disruption in temperature, rainfall, or humidity affects soil fertility, pest proliferation, and overall crop health. Studies suggest that global warming beyond 2°C will severely compromise food production worldwide (IPCC, 2021). Additionally, climate change exacerbates socio-economic inequalities by disproportionately affecting smallholder farmers, who lack the resources to implement mitigation strategies (Wheeler & Braun, 2013). Given these challenges, it is crucial to assess the impact of climate change on agriculture and explore adaptive measures to maintain food security.

2. Impact of Climate Change on Crop Yield

Climate change affects crop yields through multiple factors, including temperature rise, erratic rainfall, and increased CO_2 levels. Each of these factors alters plant growth, soil conditions, and farming cycles, leading to unpredictable food production outcomes (Lobell et al., 2011).

2.1 Climate Factors Affecting Agriculture

Climate Factor	Effects on Agriculture
Rising Temperatures	Reduces crop yields, accelerates evapotranspiration, shortens growing seasons
Erratic Rainfall	Causes droughts, floods, and water scarcity
Extreme Weather Events	Damages crops, disrupts planting cycles
Increased CO_2 Levels	Alters photosynthesis rates, affects crop quality
Soil Degradation	Reduces soil fertility, increases erosion
Pest and Disease Outbreaks	Leads to crop losses and reduced productivity

A 1°C increase in global temperatures can result in significant yield reductions in key staple crops. For instance, wheat and maize yields decline by 6% and 7% per degree rise, respectively (Lobell et al., 2011). Heat stress disrupts pollination and flowering, reducing grain production. Additionally, prolonged high temperatures increase soil degradation, making it difficult to sustain long-term crop productivity (Rosenzweig et al., 2014).

Impact of Climate Change on Major Crops

Region	Affected Crops	Observed Impact
South Asia	Wheat, Rice	Reduced productivity due to high temperatures and erratic rainfall
Africa	Maize, Sorghum	Increased drought frequency leading to crop failures
Europe	Barley, Corn	Shortened growing seasons and unpredictable frost periods
North America	Soybeans, Maize	Increased pests and diseases due to warming
South America	Coffee, Sugarcane	Yield fluctuations due to changing precipitation patterns

These impacts highlight the need for region-specific strategies to combat the adverse effects of climate change on food security (IPCC, 2019).

3. Water Scarcity and Its Implications

Water is a fundamental requirement for agriculture, and climate change has made water availability highly unpredictable. Increased temperatures accelerate evapotranspiration, leading to rapid depletion of soil moisture and water bodies. Water scarcity, caused by prolonged droughts or excessive rainfall variability, affects irrigation systems and reduces overall crop yields (FAO, 2019).

3.1 Impact of Water Scarcity on Agriculture

Region	Impact on Agriculture
South Asia	Decline in rice and wheat yields

Sub-Saharan Africa	Food insecurity due to prolonged droughts
North America	Decreased maize production
Europe	Increased irrigation demand

Drought-prone regions, particularly in Africa and South Asia, experience severe agricultural setbacks due to declining water availability. Erratic monsoons in India, for example, disrupt sowing cycles, affecting rice and wheat production (Gornall et al., 2010).

3.2 Irrigation Challenges and Solutions

Challenge	**Proposed Solution**
Over-extraction of groundwater	Promotion of rainwater harvesting
Inefficient irrigation techniques	Adoption of precision irrigation methods
Drought-induced water shortages	Development of drought-resistant crop varieties

Sustainable water management practices, such as precision irrigation and rainwater harvesting, can improve agricultural resilience to water scarcity (FAO, 2018).

4. Adaptation Strategies

To mitigate climate change's negative effects on agriculture, adaptation strategies must be implemented.

4.1 Climate-Smart Agriculture (CSA)

Climate-Smart Agriculture (CSA) integrates sustainable farming techniques to enhance resilience (FAO, 2017). This approach involves conservation tillage, crop rotation, and organic soil enhancement to maintain productivity.

4.2 Drought-Resistant Crop Varieties

Genetic modification and selective breeding have led to the development of drought-resistant crops. These varieties withstand extreme weather conditions, ensuring stable yields (Tester & Langridge, 2010).

4.3 Case Studies of Successful Adaptation Strategies

Country	Strategy Implemented	Impact
India	Adoption of CSA techniques	Increased rice and wheat productivity
Kenya	Use of drought-resistant maize	Reduced crop failures during drought
Brazil	Precision farming for soybeans	Higher yields and reduced resource wastage

5. Policy Measures to Address Climate Change and Food Security

To combat the effects of climate change on agriculture and ensure global food security, policymakers must implement comprehensive strategies that address environmental sustainability, technological innovation, and economic resilience. Climate policies should focus on greenhouse gas (GHG) reduction, sustainable land management, and financial assistance to vulnerable farming communities.

5.1 International Agreements and Climate Policies

Several global initiatives aim to reduce the impact of climate change on agriculture. The Paris Agreement (2015) is a landmark international treaty where countries committed to limiting global temperature rise below 2°C and promoting adaptation measures in agriculture (UNFCCC, 2015). Similarly, the United Nations Sustainable Development Goals (SDGs), particularly Goal 2 ("Zero Hunger") and Goal 13 ("Climate Action"), emphasize sustainable food production systems and climate-resilient agricultural practices (UN, 2015).

Governments worldwide have also implemented policies such as carbon pricing, subsidies for climate-smart agriculture, and stricter regulations on deforestation to curb climate-induced agricultural losses. However, challenges remain in enforcing these policies in developing nations due to economic constraints and lack of infrastructure (Schmidhuber & Tubiello, 2007).

5.2 National-Level Adaptation Strategies

Countries have adopted various national policies to safeguard food production:

Country	Policy Implemented	Impact on Agriculture
India	National Mission for Sustainable Agriculture (NMSA)	Promotes climate-resilient farming practices

USA	Agricultural Improvement Act (2018 Farm Bill)	Supports farmers through climate adaptation funding
Brazil	Low-Carbon Agriculture Plan (ABC Program)	Encourages sustainable farming and emissions reduction
China	Water-Saving Irrigation Policies	Enhances efficiency in agricultural water use

These policies encourage sustainable land use, efficient water management, and financial support for farmers to adopt climate-smart techniques. However, continuous monitoring and updates are needed to ensure their effectiveness (FAO, 2021).

5.3 Role of Technology in Climate Adaptation

Technological advancements play a crucial role in climate adaptation. The use of Artificial Intelligence (AI) and Big Data helps in precision farming, predicting weather patterns, and optimizing irrigation schedules (Gollin et al., 2018). Satellite-based remote sensing technologies allow farmers to monitor crop health and soil moisture levels in real time.

Innovations such as vertical farming, hydroponics, and genetically modified (GM) crops also contribute to increasing food production while reducing environmental impact. However, the adoption of these technologies varies across regions due to cost and accessibility constraints (Godfray et al., 2010).

6. Future Prospects and Recommendations

Given the severity of climate change's impact on food security, a multi-faceted approach combining scientific research, policy reforms, and grassroots-level initiatives is necessary.

6.1 Strengthening Global and Local Adaptation Strategies

To enhance agricultural resilience, policymakers and researchers should focus on:

- **Investment in Climate-Resilient Crops**: Funding research on drought-resistant and heat-tolerant crop varieties is critical for ensuring future food security.
- **Scaling Up Sustainable Agricultural Practices**: Promoting agroforestry, conservation agriculture, and organic farming can improve soil health and biodiversity.
- **Enhancing Farmer Education and Training**: Providing smallholder farmers with knowledge on climate adaptation techniques will help improve crop yields and food production stability.

6.2 The Role of Financial and Institutional Support

- **Government and Private Sector Partnerships**: Encouraging collaboration between policymakers, agribusinesses, and non-governmental organizations (NGOs) can help implement large-scale adaptation strategies.
- **Climate Insurance for Farmers**: Offering insurance schemes to protect farmers from climate-related losses can reduce economic vulnerability and encourage sustainable farming practices.
- **Research and Innovation Grants**: Increasing funding for agricultural research institutions will accelerate the development of climate-smart solutions.

6.3 Ethical and Social Considerations

Adaptation strategies must be socially inclusive, ensuring that marginalized communities, including smallholder farmers, women, and indigenous groups, have access to climate adaptation resources. Ethical concerns surrounding the use of genetically modified organisms (GMOs) and biotechnology in agriculture should also be addressed through public awareness and regulatory frameworks.

7. Conclusion

Climate change poses a significant threat to global food security by disrupting agricultural productivity, reducing crop yields, and increasing food price volatility. The impact of rising temperatures, erratic rainfall, and extreme weather events disproportionately affects smallholder farmers and vulnerable populations, leading to heightened risks of hunger and malnutrition.

Addressing these challenges requires integrated adaptation strategies, including climate-smart agriculture, technological innovations, and strong policy interventions at national and international levels. Investment in sustainable water management, precision farming, and resilient crop varieties is essential to mitigating climate-related agricultural losses.

Moreover, collaborative efforts between governments, research institutions, and private sectors can drive large-scale implementation of climate adaptation solutions. By strengthening financial support, infrastructure development, and farmer education programs, we can build a more resilient food system capable of withstanding climate uncertainties.

While climate change continues to challenge agricultural sustainability, proactive adaptation and mitigation strategies can pave the way toward a food-secure future. Addressing these challenges today will determine the resilience of global food production in the years to come.

References

1. FAO (2020). The State of Food Security and Nutrition in the World. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
2. Gollin, D., Hansen, C. W., & Wingender, A. M. (2018). Two Blades of Grass: The Impact of the Green Revolution. Journal of Political Economy, 126(2), 847-899.
3. Godfray, H. C. J., Beddington, J. R., Crute, I. R., et al. (2010). Food security: The challenge of feeding 9 billion people. Science, 327(5967), 812-818.
4. Lobell, D. B., Schlenker, W., & Costa-Roberts, J. (2011). Climate trends and global crop production since 1980. Science, 333(6042), 616-620.
5. Schmidhuber, J., & Tubiello, F. N. (2007). Global food security under climate change. Proceedings of the National Academy of Sciences, 104(50), 19703-19708.
6. Tester, M., & Langridge, P. (2010). Breeding technologies to increase crop production in a changing world. Science, 327(5967), 818-822.
7. UN (2015). Transforming our world: The 2030 Agenda for Sustainable Development. United Nations.
8. UNFCCC (2015). The Paris Agreement. United Nations Framework Convention on Climate Change.
9. Wheeler, T., & von Braun, J. (2013). Climate change impacts on global food security. Science, 341(6145), 508-513.

MICROBIAL LIFE INSIDE DEEP-SEA CAVES

Dr.Sujata Dabolkar
Department of Botany, Government college of Arts, Science and Commerce
ORCID ID: https://orcid.org/0000-0001-6141-3069

ABSTRACT

Deep-sea caves represent one of the least explored and most extreme environments on Earth, characterized by complete darkness, high pressure, low nutrient availability, and unique geochemical conditions. Despite these challenges, diverse microbial communities thrive in these ecosystems, playing vital roles in biogeochemical cycling and ecosystem stability. Chemolithoautotrophic bacteria, including sulfur-oxidizers (*Thiothrix*, *Sulfurimonas*) and methane-oxidizers (*Methylomonas*), harness energy from inorganic compounds to sustain primary production. Anaerobic microbes such as sulfate-reducing (*Desulfovibrio*) and methanogenic (*Methanobrevibacter*) archaea contribute to carbon and sulfur cycling. Many of these microbes form biofilms on cave walls, influencing mineral deposition and cave formation. The discovery of extremophiles in deep-sea caves provides insights into microbial adaptability, biotechnological applications, and the potential for extraterrestrial life in subsurface oceans on icy moons like Europa and Enceladus. Further exploration of these hidden ecosystems may uncover novel microbial species and metabolic pathways with significant scientific and industrial relevance.

Keywords: Microbial life, Deep- sea, Caves, Chemolithotrophs, Biotechnological applications

CLIMATE CHANGE IN ASIA AND AFRICA: MYTH OR EXISTENTIAL CRISIS?

Muhammad Mazhar Iqbal, Muhammad Abdullah, Tehmena Rashid, Hafiz Qaiser Yasin, Shafiq-ur-Rehman, Muhammad Naveed
Water Management Training Institute, Department of Agriculture (On Farm Water Management), Government of Punjab
University of Agriculture,
Agriculture Mechanization Research Institute (AMRI), Agriculture Department, Government of Punjab
Directorate General of Agriculture Punjab, Department of Agriculture (On Farm Water Management), Government of the Punjab

ABSTRACT

Climate change has become one of the most debated and critical issues of the 21st century, with opinions often divided between those who view it as a genuine threat and those who dismiss it as a hoax. This study aims to resolve this debate by conducting a comprehensive, continental-scale analysis of climate change impacts on aridity, vegetation dynamics, and drought conditions across Asia and Africa, two regions characterized by diverse climatic, ecological, and socio-economic conditions. Utilizing high-resolution satellite-derived datasets spanning three decades (1981–2010), the research employs advanced statistical methods to analyze the influence of temperature and precipitation on the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) and aridity. The findings reveal significant regional variability in climate impacts, with consistent warming trends observed across both continents. In Asia, South Asia and Southeast Asia experienced increased precipitation and improved vegetation health, while Central Asia faced worsening drought conditions due to rising temperatures. In Africa, East Africa and the Sahel saw increased precipitation and greening, whereas Southern Africa and the Horn of Africa experienced declining precipitation and vegetation health. These results provide robust evidence that climate change is a genuine threat, with profound implications for ecosystems, water resources, food security, and human livelihoods. The study refutes the notion that climate change is a hoax, emphasizing the urgent need for region-specific adaptation and mitigation strategies to address the complex and varied impacts of global warming. By offering a detailed spatial and temporal analysis of climate change impacts, this research contributes to the growing body of scientific evidence supporting the reality of climate change and underscores the necessity for immediate action to protect vulnerable regions and populations. The findings highlight the importance of understanding regional variability in climate impacts, as global averages often mask significant local differences. This study serves as a critical resource for policymakers, researchers, and stakeholders working to address the challenges posed by climate change.

Keywords: Climate Change, Hoax, Asia, Africa, Aridity, NDVI, Drought, Temperature, Precipitation

STUDY ON THE GROWTH KINETICS OF THREE MICROALGAE STRAINS ISOLATED FROM FRESHWATER ECOSYSTEMS IN THE FES-MEKNES REGION OF MOROCCO

EL-BAGGAR Imane, ELKARTOUTI Abdeslam, BAHHOU Jamila, LATIQUE Salma
Laboratory of Biotechnology, Conservation and Valorization of Natural Resources, Faculty of Sciences Dhar El Mahraz, Sidi Mohamed Ben Abdellah University
Laboratory of Drug Sciences, Faculty of Medicine, Pharmacy and Dentistry of Fez, Sidi Mohamed Ben Abdellah University

Abstract

The growing industrial and commercial interest in microalgae stems from their numerous benefits. Microalgae are crucial for climate change mitigation, primarily due to their capacity to absorb carbon dioxide (CO_2) during photosynthesis, effectively lowering greenhouse gas emissions. Therefore, studying the growth kinetics of various species is essential for optimizing culture conditions tailored to specific microorganisms, particularly in bioproduction and wastewater treatment applications. This study investigates the growth kinetics of three microalgal strains (*Monoraphidium* sp., *Ankistrodesmus* sp., and *Chlamydomonas* sp.) isolated from freshwater environments in the Fes-Meknes region of Morocco, specifically Zarrouka Lake. The results indicate that *Monoraphidium* sp. achieved the highest biomass productivity at approximately 3.4 g L^{-1} and a maximum density of around 10×10^6 cells/mL, while *Ankistrodesmus* sp. showed limited growth with a biomass yield of about 1.8 g L^{-1} and a maximum density of 3×10^6 cells/mL. These findings underscore the importance of selecting microalgal species that are well-adapted to specific environmental conditions to optimize application outcomes in bioproduction and wastewater treatment. By customizing culture conditions to the distinct needs of each Microalgal species, it is possible to significantly improve productivity in both biomass generation and wastewater treatment processes. Additionally, utilizing wastewater for microalgae cultivation not only aids in water treatment but also facilitates nutrient recycling, aligning with circular economy principles. This approach transforms waste into valuable biomass, fostering sustainable practices that reduce reliance on fossil fuels and mitigate ecological impacts.

Keywords: Microalgae · Growth kinetics · Biomass · Wastewater · Circular economy · Ecological footprints

THE ROLE OF MATHEMATICS IN ENVIRONMENTAL SCIENCE AND CLIMATE MODELLING

Krithik S, Student
Department of Computer Science and Business Systems.
R.M.K Engineering College
Dr. P. Suganthi
Department of Mathematics
R.M.K Engineering College

ABSTRACT

Mathematics serves as a cornerstone in environmental science and climate modelling, offering precise tools for analysing ecological systems, predicting environmental changes, and developing sustainable solutions. Through mathematical modelling, researchers can simulate complex natural processes such as atmospheric dynamics, ocean circulation, biodiversity patterns, and pollution dispersion. Differential equations, statistical analysis, and computational algorithms enable scientists to study interactions between various environmental factors and assess the long-term consequences of climate change.

One of the most significant applications of mathematics in climate science is the development of climate models, which rely on numerical simulations to project future climate scenarios. These models incorporate factors such as greenhouse gas concentrations, solar radiation, and land-use changes to predict temperature fluctuations, extreme weather events, and sea-level rise. Additionally, probability theory and machine learning enhance climate forecasting by analysing large datasets and identifying trends in historical climate records.

Beyond climate modelling, mathematics is instrumental in environmental risk assessment, resource management, and sustainability planning. Optimization techniques help policymakers design efficient conservation strategies, while statistical models support the monitoring of air and water quality. Mathematical tools are also applied in renewable energy development, enabling the efficient utilization of wind, solar, and hydroelectric power.

As environmental challenges grow more complex, the integration of mathematics with emerging technologies, such as artificial intelligence and big data analytics, is becoming increasingly vital. By leveraging advanced mathematical techniques, scientists and decision-makers can formulate evidence-based policies to mitigate climate change, protect ecosystems, and ensure the long-term health of the planet. This paper explores the diverse mathematical approaches used in environmental science and highlights their critical role in shaping sustainable solutions for global ecological challenges.

KEYWORDS: Mathematical modeling, Environmental science, Climate modeling, Numerical simulations, Differential equations, Statistical analysis, Computational algorithms, Climate change prediction.

DETERMINANT FACTORS FOR THE EXPANSION OF INFORMAL SETTLEMENTS IN DESSIE CITY, NORTHEAST ETHIOPIA

Alemmeta Assefa Agidew
ORCID ID: 0000-0002-1856-2373
Department of Geography and Environmental Studies, College of Social Sciences and Humanities, Wollo University

Abstract

Dessie City in Northeast Ethiopia has undergone rapid urbanization over the past decade, resulting in a significant increase in informal settlements characterized by inadequate housing, poor infrastructure, and limited access to essential services. This study aims to analyze the determinant factors influencing the expansion of these informal settlements, addressing critical challenges to urban governance, social cohesion, and economic development. Employing a mixed-methods approach, the research will combine quantitative surveys of 300 households and qualitative interviews with 15 key stakeholders, alongside Geographic Information Systems (GIS) mapping to assess spatial patterns. Key objectives include identifying socio-economic factors, evaluating the impact of urban policies, exploring environmental influences, and understanding the role of migration and demographic changes. Expected outcomes include a comprehensive understanding of the determinants of informal settlement growth and evidence-based policy recommendations. This research will contribute valuable insights for policymakers and urban planners, promoting sustainable urban development and improving living conditions in Dessie City.

Keywords: Informal settlement; Urban policy, Demographic changes.

CORRESPONDENCE ANALYSIS OF STUDENTS ATTITUDE AND ACADEMIC ACHIEVEMENT IN STATISTICS

OKORAFOR, Uneke; KAROKATOSE, Gbenga Ben and ADEOLA, Abimbola Rachael
Department of Statistics, Yaba College of Technology

Abstract

This research work investigated the correspondence analysis of attitude and academic achievement in Statistics (department of Statistics, Yaba College of Technology). This research work was analyzed using correspondence analysis. The data for this research was collected using questionnaire and the sample size was one hundred and forty (140). The survey of attitude to Statistics instrument was used in this study with the six components of attitude namely, affective, cognitive ability, value, difficulty, interest and effort. The data analysis was carried out using SPSS (Statistical Package for Social Sciences). The result from the analysis indicated that the attitude component on correspondence table, student's feelings towards statistics in affective is highly negative. Likewise cognitive ability students' intellectual knowledge and skills are positive. Also value is highly positive in terms of the worthiness and relevance of statistics in their future career. Meanwhile, students' interest in statistics is highly positive too. The students put enough effort towards learning statistics. However, students experienced difficulties in statistics. We recommend that support and resources should be provided to help students overcome any negative attitude. Also, current and relevant resources should be made available in the statistical lab to enable them have positive attitude towards the course.

Keywords: Correspondence analysis; Affective; cognitive ability; value, difficulty; interest; effort

LASSO REGRESSION ANALYSIS OF THE EFFECT OF SOME ECONOMIC VARIABLES ON GROSS DOMESTIC PRODUCT

Department of Statistics, School of Science, Yaba College of Technology

Abstract

This study investigates the application of LASSO regression to analyse the impact of various economic sectors on Gross Domestic Product (GDP) growth. The aim of this study is to provide a thorough knowledge of LASSO regression and its application. The study is set out to provide answers to the Where, When, Why and How LASSO regression is used instead of the conventional linear regression. The data used in this study was gotten from CBN and the dataset comprises of multiple economic sectors as predictors of GDP. The findings reveal strong interrelationships among independent variables, indicating the presence of multicollinearity. Linear regression results highlight sectors with positive and negative impacts on GDP, while LASSO regression effectively identifies significant sectors by suppressing irrelevant ones, thereby improving predictive accuracy. Notably, the study emphasizes the successful resolution of multicollinearity through LASSO regression and underscores the significance of specific sectors like Livestock, Mining and Quarrying, and Information and Communication in driving GDP growth. This research recommends policy emphasis on influential sectors, the adoption of LASSO regression for variable selection, and continued model refinement. It acknowledges limitations related to data availability and assumptions, while highlighting the study's contribution in offering insights into sectoral impacts and advancing economic modelling techniques. This research contributes valuable insights to the economic analysis field, highlighting LASSO regression as a solution to multicollinearity and underscoring the importance of accurate model selection in economic forecasting. Through its findings and recommendations, the study offers guidance to policymakers and analysts seeking to enhance GDP growth predictions and make informed decisions in economic planning.

Key words: LASSO; Gross Domestic Product; Multicollinearity; Forecasting

GUARDIANS OF THE GREEN: PROTECTING OUR TERRESTRIAL ECOSYSTEMS

Sree Bhagavath .P.S, Student
Department of Computer Science and Business Systems
R.M.K Engineering College
Dr. P. Suganthi, Mentor
Department of Mathematics
R.M.K Engineering College

Abstract:

Terrestrial ecosystems, encompassing forests, grasslands, wetlands, and deserts, are vital to the health of our planet. They provide essential services, including carbon sequestration, water filtration, and habitat for countless species. However, these ecosystems face unprecedented threats from deforestation, urbanization, pollution, and climate change. As stewards of the Earth, it is our responsibility to act as "Guardians of the Green" to protect and restore these invaluable environments. Conservation efforts play a crucial role in safeguarding terrestrial ecosystems. Protected areas, such as national parks and wildlife reserves, serve as sanctuaries for biodiversity, allowing species to thrive in their natural habitats. Additionally, sustainable land management practices, such as agroforestry and regenerative agriculture, can help balance human needs with ecological health. Community involvement is essential; local populations often possess traditional knowledge that can enhance conservation strategies. Education and awareness are also key components in the fight to protect our ecosystems. By fostering a deeper understanding of the interconnectedness of life on land, we can inspire individuals to take action, whether through advocacy, volunteering, or adopting sustainable practices in their daily lives. sIn conclusion, the protection of terrestrial ecosystems is a shared responsibility that requires collective action. By becoming Guardians of the Green, we can ensure that future generations inherit a thriving planet, rich in biodiversity and natural beauty. Together, we can create a sustainable future where both humanity and nature coexist harmoniously.

Keywords: Conservation, Biodiversity, Sustainable Practices, Ecosystems, Community Involvement

PHYSICOCHEMICAL QUALITY OF GROUNDWATER SAMPLES AROUND FEDERAL COLLEGE OF ANIMAL HEALTH AND PRODUCTION TECHNOLOGY, IBADAN, NIGERIA STUDENTS' RESIDENTIAL AREAS

Alade, Adetomiwa Adebayo
Science Laboratory Technology, Federal College of Animal Health and Production Technology
ORCID ID:0000-0003-1253-9313
Igwe, Okereke Chigbo
Science Laboratory Technology, Federal College of Animal Health and Production Technology
Olawuwo, Oluwafemi Joseph
Science Laboratory Technology, Federal College of Animal Health and Production Technology
Enin, Lucky
Science Laboratory Technology, Federal College of Animal Health and Production Technology

Abstract

Groundwater resources provide an alternative way to tackle the shortage of water supply in many areas. It is a major source of water in Federal College of Animal Health and Production Technology, Ibadan, Nigeira. Hence, the study was conducted to investigate the physicochemical profile of groundwater samples by standard analytical procedure. A total of ten water samples from five sampling points within the study area were collected. Elevation and coordinates of the locations were taken using a global positioning system. Results of the physical parameters showed: pH (7.08 -7.29), Temperature (25 - 45.90)℃, Total dissolved solid (82.00 - 484.50) mg/L, Electrical conductivity (154.50 - 949.00) µ/cm, Turbidity (12.81 - 82.65) NTU, Total alkalinity (2.91- 38.16) mg/L and Total hardness (2.20 - 202.85) mg/L; values were lower than WHO safe limit except for turbidity. Results of the chemical parameters showed (mg/L): cations - Ca^{2+} (0.71 -190.96), K^{+}(1.52 - 10.01), Mg^{2+}(1.49 - 15.87) and Na^{+} (7.37 - 88.30); anions -PO^{-}_{4} (BDL - 1.77), SO^{2-}_{4} (1.34 - 32.95), NO^{-}_{3} (30.36 - 722.07), NO^{-}_{2} (12.72 - 354.05), Cl^{-} (16.08 - 127.79) and Fl^{-} (0.14 - 0.88); heavy metal - Fe (BDL - 9.85), Cu (0.35 - 6.40), Zn (2.50 - 6.10), Mn (0.38 - 2.95), Cr (BDL - 20.43), Ni (1.25 - 7.80), Pb (BDL - 0.65) and Cd (0.18 - 0.88); values obtained were within the safe limits set by WHO except for NO_3^- and NO_2^-. High nitrate and nitrite levels indicate sewage pollution. Thus, the groundwater samples may not be safe for consumption and domestic use unless it is treated. The potential health risk due to heavy metal contamination in the groundwater samples should be evaluated in order to reveal health implications of the water when ingested. However, this study could serve as a baseline for further research in the future.

Keywords: Groundwater, physicochemical, heavy metal, health risk.

ANTIOXIDANT AND HISTOLOGICAL EVALUATION IN ROTENONE INDUCED RESPIRATORY DYSFUNCTION ASSOCIATED WITH PARKINSON DISEASE VIA 2-(2-NITROPHENYL)-1,3-THIAZOLIDINE-4-CARBOXYLIC ACID IN ANIMAL MODEL

Ifra Zainab, Shazia Perveen,Sumaira Kanwal
Department of Zoology, The Women University Multan, Matital campus
Department of biosciences, COMSATS University Islamabad ,Sahiwal Campus
Department of Zoology, The Women University Multan, Matital campus

Abstract

Parkinson's disease which is mainly characterized by decline of dopaminergic neurons, mainly disturbing people up to the age of 60 years with showing non-classical symptoms like respiratory disorders. 42 adult male (Sprague Dawely) rats were selected for experimental protocol divided in seven groups. Rats were given 2.5 mg / kg rotenone for induction of PD symptoms and 2-(2-nitrophenyl)-1,3-thiazolidine-4-carboxylic acid was injected with two doses like 10 mg / kg and 30 mg / kg as a treatment drug. Study duration was 21 days and intra-peritoneal mode for drug administration was adopted. Lung index was measured. Free radical scavenging percentage was assessed through DPPH activity assay. Level of oxidative stress biomarkers was evaluated. Histological analysis was performed to assess the integrity of lung tissue architecture by using the hematoxylin and eosin (H&E) staining technique. Findings of study revealed the drug alleviated the lung index and showed high free radical scavenging activity. Accordingly, treatment drug indicated balanced level of SOD, CAT and MDA that was affected rotenone and it significantly improved the histological alterations in lung tissues insulted by rotenone. Finally it can be concluded that this study may be a novel therapeutic approach towards giving relief to the victims of PD which were also indulged in respiratory disorders hence recovering their quality of life.

Key words: Parkinson disease, Rotenone, Respiratory dysfunction, Oxidative stress

SYNTHESİS AND CHARACTERİZATİON OF SUPERPARAMAGNETİC IRON OXİDE NANOPARTİCLES (SPIONPS) THROUGH GREEN ROUTE USİNG *FİCUS RUMPHİİ* LEAF EXTRACT FOR WATER TREATMENT APPLİCATİON

MD. Musfiqul Islam Prince
University of Rajshahi, Faculty of Engineering, Department of Materials Science and Engineering, Rajshahi, Bangladesh.
ORCID ID: 0009-0006-3586-4679
Dr. Md. Anwarul Kabir Bhuiya
University of Rajshahi, Faculty of Engineering, Department of Materials Science and Engineering

Abstract

Superparamagnetic iron oxide nanoparticles (SPIONPs), composed of Fe_3O_4 or γ-Fe_2O_3, have gained significant attention in research due to their unique magnetic properties, biocompatibility, and ability to be functionalized for various applications. As a result, scientists are continuously exploring new ways to utilize these nanoparticles in biomedical, environmental, and energy-related fields. The synthesis methods of SPIONPs are critical in determining their size, morphology, and overall characteristics. However, traditional chemical synthesis techniques often involve hazardous chemicals, leading to potential environmental and biological risks due to toxic residues on the nanoparticle surfaces. To mitigate these concerns, green synthesis has emerged as an eco-friendly alternative that utilizes plant-based reducing and stabilizing agents for nanoparticle production. Green synthesis methods offer additional advantages, such as cost-effectiveness, biocompatibility, and sustainability, making them highly attractive for large-scale nanoparticle production.

This study presents a green synthesis approach for producing SPIONPs using an aqueous leaf extract of *Ficus rumphii*, with ferric chloride hexahydrate ($FeCl_3 \cdot 6H_2O$) and ferrous sulfate heptahydrate ($FeSO_4 \cdot 7H_2O$) as precursor materials. The synthesized nanoparticles were characterized using Field Emission Scanning Electron Microscopy (FESEM), UV-visible spectroscopy, Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR), vibrating-sample magnetometry (VSM), and thermogravimetric analysis (TGA). FESEM analysis indicated that the synthesized nanoparticles had an average size of approximately 117 nm, demonstrating a uniform morphology. FTIR confirmed the presence of organic functional groups, indicating the formation of an organic coating on the iron oxide nanoparticles, which may enhance their stability and biocompatibility. The UV-visible spectrum showed a maximum absorption peak near 290 nm, characteristic of iron oxide nanoparticles. Furthermore, VSM analysis confirmed the superparamagnetic nature of the synthesized nanoparticles, while TGA provided insights into their thermal stability and decomposition behavior.

The synthesized SPIONPs have promising potential applications in wastewater treatment and the energy sector due to their excellent magnetic properties and environmentally friendly synthesis route. This study highlights the significance of green synthesis in producing SPIONPs while minimizing environmental impact and enhancing their applicability in sustainable technologies.

Keywords: Superparamagnetic iron oxide nanoparticles (SPIONPs), Green synthesis, UV-visible Spectroscopy, SEM, DTA-TGA, FTIR.

A SINGLE-STAGE METHOD FOR ISOLATION OF CELLULOSE NANOCRYSTALS FROM BIOMASS IN ONE POT

Michael Ioelovich
Institute of Wood Chemistry

ABSTRACT

Background: Cellulose nanocrystals (CNCs) are a special type of cellulose materials made by hydrolysis of initial cellulose fibers with concentrated mineral acids and following mechanical disintegration of particle aggregates by ultrasound or high-pressure dispersers. Currently, CNCs are extracted from various plant biomass using tree-stage technology such as (1) delignification, (2) bleaching, and (3) acid hydrolysis. A problem is that the final yield of CNCs from biomass is very small, less than 10%.

Objective: To improve CNCs production technology and increase the yield of CNCs from plant biomass.

Method: A single-stage method for isolating cellulose nanocrystals from biomass was proposed, where the extraction of holocellulose from the biomass, and acid hydrolysis processes were combined in one pot. It was shown that this method is highly productive and allows for a significant increase in the yield of CNCs. In addition, the single-stage method provides wastewater recycling and the return of purified water to the production process, resulting in zero wastewater discharge.

Conclusion: It was found that compared to the conventional method, the proposed method is 5.5 times more productive. Moreover, the single-stage method increases the yield of CNCs by 2.3 times and reduces the volume of wastewater by 4.5 times. This method also ensures the recycling of wastewater, the co-production of calcium sulfate simultaneously with CNCs, and the return of purified water to the production process. Thus, wastewater recycling reduces its volume to zero. Application of the single-stage method to biomass showed that the isolated CNCs have an average DP of 80, a crystallinity of 74%, a length of 200 nm, and a width of 15 nm.

A GRAMMATICAL ANALYSIS AND EVALUATION OF SELECTED EXCERPTS OF THREE CENTRAL THEMES OF ARMAH'S "*THE BEAUTYFUL ONES ARE NOT YET BORN*"

FAMAKINWA Yemsi Mulikat
DEPARTMENT OF ENGLISH
OBAFEMI AWOLOWO UNIVERSITY

Abstract

This study seeks to analyse and evaluate the three central themes in Armah's, "*The Beautyful Ones Are Not Yet Born*". While themes in literature are the problems or issues dealt with in a literary work; in grammar, themes may be unmarked or marked.

Hence, a consideration of certain sentences as excerpts in the novel in order to explicate themes in both literature and grammar. Driven by the aesthetics of storytelling and the appraisal theory of Yang (2016), the study discovers that in literature and grammar, themes supply information. Interestingly, the supplied information in the novel encapsulates the rich and the poor as well as their different ways of life. Armah's novel thus encapsulates the artistic modes of the African society: *the good, the bad and the ugly*. The study discovers that corruption, one of the central themes in the novel, is not just a cankerworm, but a means to an end. In addition, the three central themes decry the negative effects of bad leadership which in the novel, upturn national development in Ghana. It becomes evident from the study therefore that attempts to eschew corruption in any African society appear seemingly impossible. The study concludes by recommending revolutionary movement; an option needful to shun corruption and perhaps, a move to nib corruption at the bud.

Key words: African literature, themes, appraisal theory, storytelling, *The Beautyful Ones Are not Yet Born*

THE POTENTIAL OF ISLAMIC CROWDFUNDING AS AN INSTRUMENT FOR HALAL TOURISM DEVELOPMENT IN SOUTH-SULAWESI

Sri WAHYUNI
Sri Wahyuni,University of Muhammadiyah Makassar, Faculty of Economic and Busines, Department of Islamic Economi
ORCID ID: 0009-0008-0432-1342
Selina SAMPURWATI
Selina Sampurwati,University of Muhammadiyah Makassar, Faculty of Economic and Busines, Department of Islamic Economic
ORCID ID: 0009-0009-5645-6000

Abstract

Halal tourism in Indonesia has become more in demand by tourists even from all over the world. However, one of the obstacles to developing halal tourism is insuffient funding and investment sources that can facilitate the development of halal tourism products. In Islamic funding, there is a crowdfunding mechanism that involves individual investors or small companies for supporting projects or businesses with small to medium scale. Therefore, the Islamic securities crowdfunding system is a potential solution for supporting the development of halal tourism. This study aims to analyze the sharia compliance of Islamic securities crowdfunding as it relates to developing halal tourism. A qualitative literature review method was employed by gathering data from various related literature sources. The results showed that Islamic securities crowdfunding has the potential for developing halal tourism as a source of halal funds and in accordance with sharia principles. Currently, the regulations applicable to optimize crowdfunding come from using DSN-MUI fatwa no 140. As for its practical application it refers to DSN Mui fatwa number 135 and number 137. Thus, the government should be able to take this opportunity by providing regulatory space for crowdfunding to improve halal tourism in Indonesia and to simultanesously strengthen the Islamic financial sector as a halal industrial ecosystem.

Keywords: Development, Securities Crowdfunding, Tourism,

EFFICACY OF IRON MICRONUTRIENT ON FUSARIUM WILT (*Fusarium oxysporium* f.sp *lycopersici*) AND FRUIT YIELD OF TOMATO (*Solanum lycopersicum* L)

Ajiwe, S.T .Iluyemi, C. A., Lawal, I. T. Oluwasanmi, F. A.
Department of Crop and Animal Science, Ajayi Crowther University
College of Freshwater Fisheries Technology

Abstract

Fusarium oxysporum is a serious pathogen that causes Fusarium wilt in tomato. Iron (Fe) micronutrient has been reported to have fungicidal effect in the control of plant pathogens. In 2024, field experiments were conducted during the wet and dry seasons at the Teaching and Research Farm of Ajayi Crowther University in Oyo, Nigeria to determine the efficacy of Iron micronutrient on *Fusarium* wilt and fruit yield of tomato. The experiment was a 2 x 5 factorial experiment fitted into Randomized Complete Block Design with three replicates. The treatments consisted of two tomato varieties (Roma and Royal VF), Fe, with three concentrations (1.0, 1.5 and 2.0 ml/L) and Carbendazim, a synthetic fungicide, was used as positive control. The treatments were applied using soil drenching. The untreated plots served as control. Results showed that Roma VF treated with 1.0 ml/L Iron micronutrient in both wet and dry seasons had the lowest (1.00 and 0.00 %, respectively) disease incidence and produced significantly higher yields (20.5 tons/ha and 19.5 tons/ha) respectively in both wet and dry seasons. The study concluded that application of Iron micronutrient at 1.0 ml/L significantly reduced *Fusarium* wilt and increased the fruit yield of tomato and hereby recommended for farmenrs to control plant fungal diseases

Keywords: Tomato, *Fusarium oxysporum,* fungicidal, Iron micronutrient.

FUSARIUM WILT OF A TOMATO: A REVIEW

AJIWE, S.T., ILUYEMI, C. A.,OLALERE, M. J., PHILIPS, F. D.[1]
Department of Crop and Animal Science, Ajayi Crowther University, Oyo, Nigeria
College of Freshwater Fisheries Technology

Abstract

Tomato is one of the most significant commercial crops. All across the world, tomatoes are grown commercially. This crop has higher chances of disease attack. One of the most significant diseases of tomato crops is *Fusarium* wilt, which is caused by *Fusarium oxysporum* f sp. *lycopersici*. Tomato yield is greatly reduced by this disease. The pathogen *Fusarium oxysporum* f sp. *lycopersici* is a soil borne pathogen and can transmit disease through soil in tomato plants. This fungus firstly enters the vascular plant tissues of the roots through the soil, where it causes wilting of the plant and eventually causes the plant death. The major symptoms of Fusarium wilt include plant wilting, discolouration of the lower leaves, and drying of the leaves. The use of suitable management approaches is essential in field and greenhouse settings to prevent Fusarium wilt. This review paper provides a comprehensive overview of the main diseases of tomato crop that is *Fusarium* wilt, its symptoms, cause of infection, disease development, life cycle of the pathogen, disease epidemiology, disease ecology and novel methods in the control of the pathogen.

The study of *Fusarium* wilt is very important mainly in the tomato crop because it causes great loss in the commercial production of tomato crop.

Keywords: Crop, disease, Fusarium, infection, tomato, wilting and pathogen.

AGRO-MORPHOLOGICAL CHARACTERIZATION OF ADAPTIVE ABILITY OF FOUR PLUM VARIETIES UNDER TWO CLIMATE ENVIRONMENTS

Anas Hamdani, Said Bouda, Atman Adiba, Jamal Charafi
Research Unit of Plant Breeding and Plant Genetic Resources Conservation, National Institute of Agricultural Research, Regional Agricultural Research Center of Meknes
Laboratory of Agro-Industrial and Medical Biotechnologies, Faculty of Sciences and Techniques, University of Sultan Moulay Slimane

Abstract

The agro-morphological and vegetative traits of fruit trees such as plums vary according to the type of genotype and the sampling site. This work focuses on the characterization of four varieties planted in two contrasting experimental zones of the INRA of Meknes (Ain Taoujdate (T) in the Saïs plain and Annoceur (A) in the foothills of the Middle Atlas). The adaptability of plum trees under two contrasting climates was assessed by fruit yield and vegetative traits. All the varieties showed significant differences in their results at the two sites for all the measured traits mentioned, as well as variety and site factors, influencing the adaptation of the four varieties studied by acting significantly on production and phenology. The variety 'Methley' installed at 'Ain Taoujdate' proved to be the least tolerant to high winter temperatures by showing the highest yield decrease with a rate of 90%, fruit size decrease with a rate of 27% and the lowest growth among the varieties installed at both sites. In general, the traits of the four plum varieties were significantly affected by climatic conditions, plum genotypes and their interaction.

Key words

Prunus salicina L., Prunus domestica L., climate, production, phenology

A REVIEW ON ANTIMALARIAL POTENTIALS ON SOME PLANTS SPECIES

A. Attahiru, M. Mahdi-Adamu and Abubakar Yahaya
Department of Pure and Industrial Chemistry, Faculty of Physical Sciences, Kebbi State University of Science and Technology

Abstract

Numerous studies indicated that many plants species have medicinal values with great antimalarial potential. Malaria may result in not having enough red blood cells for an adequate supply of oxygen to your body's tissues (anemia). Low blood sugar. Severe forms of malaria can cause low blood sugar (hypoglycemia). Malaria side effects includes Nausea and vomiting, headache, diarrhoea and stomach pain are very common side effects with malarone. Other common side effects of malaria include unusual dreams, dizziness, rash, mood disorders, insomnia, cough, and blood changes. This study aimed to review the antimalarial activity of some extracts from different parts of plants, which include leaves, roots, seeds, stems and bark of some important medicinal plants species. The obtained data was gathered from Google scholar, Scopus, Web of Science, CORE, Research gate, Directory of Open Access Journals, PubMed and Academic Search Complete. Based on the literatures review, Vitamin A and Vitamin C rich foods such as carrot, beetroots, papaya, fruits especially citrus fruits (e.g. orange, mausambi, pine apple, grapes, berries, lemon, etc), with vitamin B complex are very useful to boost immunity. The first antimalarial drug was quinine, isolated from the bark of Cinchona species (Rubiaceae) in 1820. It is one of the oldest and most important antimalarial drugs, which is still used today. Other plants species with antimalarial potential based on the data gathered from this review includes Cryptolepis sanguinolenta and Azadirachta indica. Tithonia diversifolia, Physalis angulate, Carica papaya, Chromolaena odorata. Cryptolepis sanguinolenta (Ghanaian quinine or yellow dye root) and Azadirachta indica (neem tree). were the most cited plants with antimalarial potentials. This review may share more light in the upcoming researches regarding the antimalarial potential of these plants species.

Keywords: Antimalarial, Azadirachta indica, Cryptolepis sanguinolenta, Quinine, Plants.

POLYHERBAL SOAP ACTS AS NATURAL REMEDY FOR SKIN DISORDERS

K.R.Padma
Department of Biotechnology, Sri Padmavati Mahila Visva Vidyalayam (Women's) University
ORCID ID:0000-0002-6783-3248
K.R.Don
Reader, Department of Oral Pathology and Microbiology, Sree Balaji Dental College and Hospital, Bharath Institute of Higher Education and Research (BIHER) Bharath University
ORCID ID: 0000-0003-3110-8076

Abstract

For centuries, people have used medicinal plants to treat various ailments. Extracts from the leaves, stems, and roots of these plants serve as natural remedies for many health issues. Commercial soaps often contain harmful ingredients, making natural herbal soaps a preferable alternative. Bacterial skin infections are common and require appropriate treatment and skincare. Some herbal plant extracts and oils possess antibacterial properties. To address this, an antibacterial polyherbal soap was formulated using ingredients like ginger, aloe vera, turmeric, and drumstick leaves. Herbal soap is a natural alternative to conventional soap, often made using botanical herbs and plant-based ingredients. Its rising popularity can be attributed to its skin-friendly and environmentally conscious characteristics. Free from harsh chemicals and artificial fragrances, these soaps are particularly well-suited for individuals with sensitive skin. Furthermore, the use of natural ingredients makes herbal soaps an eco-friendly choice, appealing to those seeking a more sustainable and gentle option for personal care. The biodegradable nature of these ingredients ensures that they do not harm the environment, reinforcing their appeal as an eco-friendly product. Herbalism and the use of herbal products have become increasingly popular trends. Indian herbs, in particular, are a major resource in the cosmetic industry. As awareness of herbal products' health benefits and cost-effectiveness continues to grow, their usage is rapidly increasing worldwide.

Keywords: Herbal plant, Eco-friendly product, Ginger, Aloe vera, Herbal soap

IN VITRO PRODUCTION OF DOUBLE HAPLOID IN MAIZE (*ZEA MAYS* L.) THROUGH POLLEN CULTURE

Summia Muneer , Shazia Perveen , Sumaira Kanwal
Department of Zoology, The Women University Multan, Matital campus
Department of Biosciences, COMSATS University Islamabad, Sahiwal
Department of Zoology, The Women University Multan, Matital campus

Abstract

Maize (Zea mays *L*.) has a distinct genetic system and is recalcitrant to generate double haploid plants from pollen grains in aseptic conditions. It is a technique with lots of potential for producing pure lines for crop improvement and introducing the desired variability through modification in biochemical and applied genetics. The examination was carried out to evaluate callus induction potential and regeneration response for the genotypes and the optimization of protocol for induction of double haploid plants. An improved method was developed for high frequency androgenesis in *Zea mays* genotypes DK-8148, DK-6789 and Sohni dharti 626. The experiment was conducted using MS nutrient media supplemented with different doses of 2, 4-D, IAA, BAP, ZEA, Kinetin and NAA ranging from 0.5 mg/L to 5 mg/L for the callus induction and plantlet regeneration. The callus was sub-cultured for double haploid induction with concentrations of 100-500 mg/l colchicine for 7h, 12h and 7 days incubation duration. Microscopic examination and morphological identification were proposed to check ploidy level. The results exhibited the callus formation at 2mg/l and 3 mg/l concentrations of 2, 4-D, IAA respectively. The colchicine treated callus regenerated into shoots and roots on BAP and IAA with 2mg/l and 3mg/l respectively. In comparison to pollen derived callus with 17.9%, colchicine treated seed callus showed better results with regeneration 84.64% efficiency at 3mg/l BAP. A fertile, green, di-haploid plants were generated from DK-8148, DK-6789 and Sohni dharti 626 hybrids using the improved pollen culture protocol. The appropriate pre-treatment, stage of pollen collection and favorable media composition resulted in high efficiency calli induction and green plant regeneration rates in recalcitrant *Zea mays* genotypes. Protocol optimized for double haploid plant through colchicine treatment. This study will be helpful for the achievement of homozygosity in relatively less time and varietal improvement for desired traits.

Keywords: Maize, Androgenesis, Double Haploid, PGRS, 2, 4-D, IAA, Colchicine Treatment.

EFFECT OF KITCHEN WASTE SUPPLEMENTATION ON THE PERFORMANCE AND CARCASS CHARACTERISTICS OF WEANER RABBITS IN KANO STATE-NIGERIA

Mubarak Ahmad Hasssan,Faruq Usman Yakubu,Umar Ibrahim,Kabiru Hamisu,Abdullahi Mas'ud Shehu
Department of Agricultural Education, Saadatu Rimi College of Education Kumbotso
Department of Animal Science, Aliko Dangote University of Science and Technology Wudil
Department of Agricultural Extension, SR University Warangal Telangana

ABSTRACT

A study was conducted at Teaching and Research farm Department of Animal Science Aliko Dangote University of Science and Technology Wudil to determine the effect of kitchen waste supplementation on the performance and carcass characteristics of weaner rabbits. A total of sixteen mongrel weaned rabbits (mixed breeds) were used in for this study. Four (4) Treatment designated as T1 (0%), T2 (5%), T3 (5%), and T4 (5%) to serve as control, morning, evening, morning and evening of kitchen waste respectively. The experiment lasted for 8 weeks. The final body weight values ranged between 1476.7-1016.7g there was significant different between treatment 4 and 2 but no significant compared to control group 990.0g. The daily weight gain was significantly ($P<0.05$) different higher in treatment 4 (10.633g) the least value is (8.483g) was recorded in treatment 1. Treatment 4 had the highest mean (3.51g) for feed conversion ratio. There were significant differences ($P<0.05$) in the liver 46.067g lungs (right &left) 4.4667g, 4.2333g respectively, pancreas 0.8667g and kidney weight. It can be concluded that kitchen waste can be supplemented to weaned rabbits in the morning or evening without any deleterious effect on the growth performance, carcass and organs weight.

Keywords

Rabbit, Carcass, Growth performance, Weaner rabbit, Kitchen waste, and Feed conversion ratio

CHAPTER ONE

1.0.INTRODUCTION

1.1 Background Information

Rabbits play an important role in the supply of animal protein to the Nigerian populace (Amaefule *et al*., 2005). They are efficient converters of feed to meat and can utilize up to 30% crude fibre as against 10% by most poultry species (Egbo *et al.*,2001). Rabbits can utilize unconventional feedstuffs (Ezekwe *et al.*, 2001) Odunsi (2003) reported that rabbit production is relatively important to the economy of some developing countries including Nigeria.

Odunsi (2003) reported that rapid growth of human and livestock population has led to increasing need for food and feed in less developed countries. Hence, rabbits which fall in to

the category of underutilized livestock species in developing countries, have been seen as one way of meeting the animal protein requirement of the Nigeria populace(Iyeghe-Erakpotobor *et al.*, 2002*)*.This is because rabbits are renowned for their fecundity and prolificacy (Biobaku and Dosunmu, 2003), ability to utilize forage and crop bi products with no appreciable competition with human and can be easily utilized to produce meat giving it an advantage over other animal species like poultry (Biobaku and Dosunmu, 2003). Rabbit meat has high nutritive value of low fat and cholesterol levels, calories, hence often recommended for the obese and overweight. Furthermore, the fur is used for clothing, paws and tails for trinkets, and the manure for soil improvement and for energy source, or methane gas (Hassan and Owolobi, 2011). The small bodied size give them the ability to adapt over a wide range of ecological environments, rapid rate of reproduction and short gestation period of 28-32 days has made its production a wise choice as a means of alleviating food shortage (Odimba 2006).Many investigators have suggested ways of increasing the low animal protein intake of Nigerians. One of the cheapest producers of meat that can easily fit into the wider segment of the population but which has been neglected in Nigeria is the rabbit. The rabbit has the ability to convert feedstuff such as forages, most agricultural by-products, kitchen waste etc that human being cannot consume directly into highly nutritious meat. Rabbits are highly prolific, cheap to feed because they can utilize roughage feeds, they have rapid growth rate, high dressing percentage, short gestation period and low purchasing price. However, efficient rabbit production is largely dependent upon adequate and correct nutrition (Odimba 2006). There is no rabbit so good that poor nutrition will not ruin nor any bad one that good feeding will not improve. A rabbit which is not well fed cannot give its best, and when it is realized that the greatest cost of producing rabbits lies in the nutrition, correct feeding therefore becomes of utmost importance to the rabbit producer. The quantity of feed provided is important but the quality or type of feed is more important because poor nutrition result in slow growth rate, inefficient reproduction and predisposes the animals to diseases. Many studies have suggested ways of increasing the low animal protein intake of Nigerians.

One of the cheapest producers of meat that can easily fit into the wider segment of the population but which has been neglected in Nigeria is the rabbit. The rabbit has the ability to convert feedstuff such as forages, most agricultural by-products, kitchen waste etc that human being cannot consume directly into highly nutritious meat. Rabbits are highly prolific, cheap to feed because they can utilize roughage feeds, they have rapid growth rate, high dressing percentage, short gestation period and low purchasing price. However, efficient rabbit

production is largely dependent upon adequate and correct nutrition (Odimba 2006). There is no rabbit so good that poor nutrition will not ruin nor any bad one that good feeding will not improve.A rabbit which is not well fed cannot give its best, and when it is realized that the greatest cost of producing rabbits lies in the nutrition, correct feeding therefore becomes of utmost importance to the rabbit producer. The quantity of feed provided is important but the quality or type of feed is more important because poor nutrition result in slow growth rate, inefficient reproduction and predisposes the animals to diseases.

The reduction on the reliance of importation of livestock feed in Nigeria has increased the demand and cost of conventional feed stuff (Togun *et al.*,2006). Therefore there is the need, to explore the use of non-conventional feed sources that have the capacity to yield the same output as conventional feed and perhaps at cheaper cost. The economization of feed cost using cheaper and unconventional feed resources is an important aspect commercial rabbit production (Bhatt and Sharma, 2001; Muriu *et al.*, 2002). Animal protein consumption has become almost unaffordable in many part of the developing countries including Nigeria, where by economic recession of the last decades has further the confounded problems. The use of conventional ingredient also hastened the situation due to serious competition between human and livestock (Dafwang*et al.*, 2001).

1.2.Aim And Objectives

The main aim of this Experiment is to determine the growth performance and carcass characteristics of weaner rabbits fed varying inclusion levels of kitchen waste while the specific objectives are to;

i.Determine carcass yield of weaner rabbits supplemented with kitchen waste.

ii.Determine the growth performance of weaner rabbits supplemented with kitchen waste.

CHAPTER TWO

2.0 MATERIALS AND METHOD

2.1 Study Area

The experiment was conducted at Aliko Dangote University of Science and Technology Research Farm, Wudil. The farm is located on latitude 11º37'N and 8º 58'E at an altitude of 403m above the sea level. . The area has an average amount of rain fall about 800 -900mm (Olofin *et al.*, 2008).

2.2 Experimental Animals and Their Management

Sixteen weaners rabbit were purchased from wudil market, and we're used for this study. The experimental animal were weighted individually, before the commencement of the experiment

and randomly were allocated in to four (4) dietary treatment was replicated three (4) times with one (1) rabbit per replicate. Experimental animal were given antibiotics prophylaxis we're used keproceryl at dose rate of 18/2litres,dowormed were used with Albendazole suspension at dose rate 7.5mg/kg, and disinfectant using morigard solution ,house sanitation were done twice in a week.

2.3Experimental Design

The experimental design used for the study was completely randomized design (CRD).The sixteen (16) rabbit was assigned to treatment and each treatment was replicated three (4) times.

2.4 Experimental Diet

The diet were commercial grower mash was used throughout the experimental period. Kitchen waste were supplemented at 3-8% of their body weight in the morning and evening, kitchen waste at level of 0, 5, 10 and 15 % designated as T1, T2, T3 and T4 respectively. Grower mash and fresh water were provided ad-libitum throughout the experiment.

2.5 Data Collection

Data collected during this study were include feed intake, weight gain, final body weight, feed conversion ratio and mortality record. The carcass characteristics were determined by removing the pur, and evisceration to remove the viscera and intestine. The weight of the carcass, head and internal organs were recorded. At the end of the experiment daily feed intake, final weight gain, and carcass characteristics was recorded

2.6 Statistical Analysis

The data obtained was coded to analysis of variance (ANOVA) using the procedure of SAS (2000). Means that are significantly different, Duncan Multiple Range Test (DMRT) was used to compare the means at 5% level of probability.

CHAPTER THREE

3.1 RESULT AND DISCUSSION

The growth performance of rabbit supplement with kitchen waste is shown in Table 4.1, the result indicate the significant ($P<0.05$) different in the feed intake, feed conversion ratio, final body weight and daily weight gain is an indication that animal can utilize kitchen waste in the morning, evening or both. The final body weight values ranged between 1476.7-1016.7g there was significant different between treatment 4 and 2 but in significant when compared to control group 990.0g. The daily weight gain was significantly ($P<0.05$) different higher in treatment 4 (10.633g) whereas the least value is (8.483g) was recorded in animals under treatment 1. There

was no significant difference (P<0.05) in feed conversion ratio value across the treatment. Treatment 4 has higher value (3.51g) for feed conversion ratio.

Table 4.1 Growth performance of rabbit as influenced by different level of kitchen waste

Parameters	Treatments				SEM
	T1	T2	T3	T4	
Initial body weight (g)	633.3	650.0	833.3	1030.0	83.35
Final body weight (g)	990.0	1016.7	1270.0	1476.7	58.35
Daily weight gain 9g)	8.483	8.730	10.397	10.633	8.31
Daily feed intake (g)	23.81	23.93	25.61	36.74	14.25
Feed conversion ratio (g)	2.5100	2.4200	2.2300	3.5167	0.66
Mortality	0.3333	0.3333	0.3333	0.000	0.16

Sources: 2025

The result of the effect of supplementation of rabbit with kitchen waste on carcass characteristics (table 4.2) showed a significant difference (P<0.05) among the treatments. The slaughter weight of treatment T4 is similar to that of treatment T3.The liver weight of experimental rabbit show significant between treatment 4 and 2 but the least significant difference (P<0.05) is treatment 4.The result of organ measurements showed significant difference (P<0.05) effect on heart, lungs and liver with high value obtain in treatment 2 was recorded as (46.06) liver weight least value obtain in treatment 4 .(42.467) This also support the report of Hassan *et al*., (2011) in weaned rabbit fed varying levels of groundnut shell. The liver significantly difference (P<0.05) with higher value obtain in treatment 2 where the lower value are obtain in treatment 4.How ever the mean of right lungs and left lungs in treatment 3 and 2 re similar (P>0.05) with the least value in treatment 1.there were no significantly difference (P<0.05) in felt, head and legs value across the treatment. Treatment 4 had the higher value recorded (140.633) while treatment 2 had the least value recorded (28.000), small intestine weight and small intestine length with the higher value obtain in treatment 2 than the other treatment This also support the report of Hassan *et al.*,(2011) in weaned rabbits fed varying levels of groundnut shell.. However there were significantly difference (P<0.05) between the other treatment. The right kidney and left kidney of treatment 2 which had the higher value recorded (5.900). Large intestine show no significant difference (P>0.05) in all the

treatment mean. However the large intestine length was significantly difference (P<0.05) with the higher value obtain in treatment 2 was recorded as (104.00) while treatment 3 had the least value (97.33). The caecum weight and caecum length there were significantly difference (P>0.05) between treatment 1, 2, 3 and 4. However there were no significantly difference in pancreas, stomach and colon across all the treatment (P>0.05) with the higher value obtain in treatment 2 and treatment 4 had the least value across the treatments.

Table 3.2 Carcass characteristics and organ weight of weaned rabbit fed varying levels of kitchen waste

	Treatments				
Parameters	T1	T2	T3	T4	SEM
Before Slaughter	1.25	1.33	1.55	1.59	0.037
After Slaughter	1.19	1.08	1.47	1.49	0.036
Felt	108.13^{b}	106.90^{b}	132.40^{a}	134.67^{a}	25.061
Dressed	0.64	0.73	0.79	0.82	0.003
Head	130.93	121.80	138.77	140.63	44.510
Leg	32.57^{b}	28.00^{b}	42.53^{a}	41.30 ^{a}	5.060

abc = means with different superscript on the same row are statistically different (p<0.05), SEM = Standard error of mean, NS = Not significant.

The animal on treatment 4 show the highest final body weight (1476.7g) daily weight gain (10.633g) and total daily feed intake (36.74g). This could be attributed to increase feed intake and it support the report of Bawa *et al., (2008) who* reported that feed intake, final body weight, and weight gain increase significantly (p<0.05) in weaner rabbits fed varying level of groundnut haulms and cowpea Shell. Also Hassan *et al.,* (2011) reported similar finding where weaner rabbits on 30% groundnut shell supplementation had significantly (p<0.05) feed intake, final body weight gain and average daily gain. The lowest value for FCR was observed in T3 (2.2300g).This indicated that T3 was the best diet per unit gain. This is similar to Doma *et al.,* (2008) who reported the lower the FCR the better the diet in rabbit. This is also in line with report of Eustace *et al.,* (2003) who reported that poor FCRs obtained were probably due to relative low growth rate and genetic differences.

Table 4.3 Organ weight of weaned rabbit fed varying levels of kitchen waste

	Treatments				
Parameters	T1	T2	T3	T4	SEM
S/ Intestine with Content	53.367	6.233	53.800	52.533	36.51
Small Intestine Weight	50.767	58.400	50.100	50.200	35.24
Small Intestine Length	246.667^{b}	261.000^{a}	272.667 ^{a}	261.667 ^{a}	25.38
Large Intestine with Content	26.233	27.700	27.067	27.233	10.87
Large Intestine Weight	24.633	25.000	23.700	25.833	10.50
Large Intestine Length	100.333	104.00	97.333	99.667	66.25
Liver	46.167	46.067	44.467	42.467	8.26
Heart	4.2333	3.2667	4.0000	3.8833	0.18
Right Kidney	4.333^{c}	5.900^{a}	5.533^{ba}	5.3333^{b}	0.03
Left Kidney	4.8667	5.5000	5.4667	5.5333	
0.095					
Right Lungs	3.4000^{b}	4.0667^{ba}	4.4667 ^{a}	4.0333^{ba}	0.11
Left Lungs	2.9333^{c}	4.2333^{a}	3.8667^{ba}	3.6667^{b}	0.04
Caecum with Content	37.500^{ba}	33.767^{b}	42.500 ^{a}	9.700^{ba}	5.46
Caecum Weight	34.467^{ba}	30.967^{b}	39.233 ^{a}	36.467^{ba}	4.91
Caecum Length	45.667	41.000	45.333	48.667	
18.34					
Pancrease	0.8667	0.4667	0.6433	0.5773	0.02
Stomach	15.200^{b}	25.967^{a}	19.233^{ba}	24.200 ^{a}	
9.59					
Colon	3.9667^{b}	6.0333^{a}	4.5000^{b}	4.9000 ^{a}	0.15

abc = means with different superscript on the same row are statistically different ($p<0.05$), SEM = Standard error of mean, NS = Not significant.

The dressing percentage was significantly different ($p<0.05$) in which treatment 4 had the highest value (0.8200%) and the lowest value was recorded in treatment 1 (0.643%), This is contrary to the report of Alade *et al.*, (2005) who reported that there was not significant

differences (p>0.05) in dressing percentage on the dietry treatment effect on the performance of rabbit fed the four treatment diets

Conclusion

In conclusion, the experiment indicated that there was significant increase in weight gain with levels of kitchen waste supplementation without any adverse effect on the performance of weaned rabbits. Dietary level of kitchen waste can be supplemented in morning or evening to weaned rabbits without any depression on the growth performance, carcass characteristics and organs weight.

5.3 Recommendation

Base on the result of this study, the following recommendations were made;

i.Kitchen waste could be given to weaner rabbit up to 3-5% of their body weight without any deleterious effect on performance.

ii.For breeding rabbit should be given kitchen waste inform of morning and evening supplementation.

iii.Further studies should be carried out on blood chemistry and return to cyclical activities of waener rabbit.

REFERENCES

Alade, A. 0., Barngbose A. M., Ogutona, E. B., Fanimo A. 0., Olayemi W. A., Odelola B. 0.and Ogunsola M. A. (2005). Haematological parameters ,serum metabolites and carcasscharacteristics of weaner rabbits fed Yarn Peel Meal baseddiets. Proceedings of the 10mAnnualConference, ASAN, Universityof Ado-Ekitti.Nigeria September:12-151280-282.

Amaefule, K.U., F.C. Iheukwuemere and C.C. Nwaokoro, (2005). A note on the growth performance and Carcass characteristics of rabbits fed graded dietary levels of boiled pigeon pea seed (Cajanus cajan). Livestock Res. Rural Dev., 17: 1-6.

DIRECT LINK

Bawa, G. S., Ajide, S. O., Adeyinka,I. A. and Ajala, M. K., (2008) Effect of Varying levels of groundnut haulms and cowpea Shell on performance of weaner rabbit. *Asian journal of veterinary Advance*.3:54-61

Bhatt , R.S. and Sharma S.R. (2001), Nutrient utilization and growth performance of grower rabbit fed oat plant meal and tall fescue hay'', *Asian Australian journal of animal science* , vol. 14 pp 1228-12.

Biobaku and Oguntoma 2001 the potential role of rabbit in meeting world food needs. *J. Appl. Rabbits Res.*, 3(3):3-5.

Dafwan Jimoh A, Abdulkareem AS, Giwa A (2001) production of activated carbon from water melon peel. International journal of scientific & Engineering research, 5:2.

Doma, A. M., Bamgbose,U. A., Abdullahi and Abdullaln' I. P. (2008).Utiliution ofSorghummill waterin dietsof broilerschickens in production. Proceeding of 25thAnnual conferenceNigerian Society of Animal Production (NSAP), Umudike Pp 217-220.

Egbo,M..L.O, Doma,U.D andLacdacks A,*B*(2001). Characteristics of smallscale rabbit production andmanagement in BauchiProceeding of the 20th Annualconference of NigeriaSocietyfor AnimalProduction (NSAP), 18th_ 21th March A.B.U Zaria Pp 160-162

Eustace,A., Iyayi, 0., Oluwakemi,O. and Odueso,M.(2003). Response of some metabolic and biochemical indices in rabbits fed varying levels of dietary cyanide. *African Journal of Biomedical Research,6(1):43-47.*

Ezekwe, A. G., Igbeoli, G., Onwuemelie, L.C. and Ezeani, N. C. (2001). The Effect of Concentrate Supplementation in the Reproductive Performance of Forage Fed Rabbits. Proc. 27th Ann. Conf. Nig. Soc. for Anim. Prod. March 17 – 21, 2002 Held at Fed. Univ. of Tech., Akure, Nigeria. Pp 253-255.
Hassan, W.A; and R.O; Owolobi (2011). Production performances of domesticated rabbits in semi arid zone of Nigeria. Proceeding of the 6th world rabbit congress, Tonbuse, 3:359-363.
Iyeghe-Erakpotobor, G. T., Oyedipe, E. O., Edurie, L. O., Ogwu, D., Olorunju, S. A. and Uguru, J. (2000). Effect of Flushing on Reproductive Performance of Multiparous Rabbits. *Journal of Nigerian Society for Animal Production* (NSAP) 332-337.
Muriu , Abdu & Gimba, , Wadinda & Highina, Bitrus, (2002). Proximate composition of Dry Water melon (*citrullus lanatus*) Rind and seed powder. 473-478
Odimba,N. E. (2006). Influence of forage legumes (*Centrosemapubsens*, *Calapagoniumphasloids*) on the semen characteristics and testicular dimensions of Rabbit. B. Agric Thesis College of Animal Science and Health Umudike, Pp 33.
Odunsi, A.A. 2003 Assessment of lablab (*lalab purperus)* leaf meal as a feed ingredient and yolk coloring agent in the diet of layers. Inte.j poultry sci. 2(1): 71-74.
Olopin, Emmanuel and Nabegu, Aliyu and A.M Danbazau, Mustapha, Adamu, Yusuf, Yakudima, Ismaila and Dakata Fatima (2008): *Wudil within kano region :a geographical synthesis.* Pp144. 1sbn 978-36906-7-1.
SAS. SAS Users Guide: statistics. SAS Institute, Cary, North Carolina, USA 2000.
Togun V.A., Farinu,G.O and Olabanji, R.O. (2006), Effect of graded level of wild sunflower(*Tithonia diversifolia* Hemls). Morphometric of Genitalia of some organs Isa brown cock at the pubertal age" *World applied science journal* Vol. 1 No.2 pp 115-121.

Issued: 12.03.2025
ISBN: 978-625-378-190-3



