



BİLİM-TEKNOLOJİ-YENİLİK EKOSİSTEMİ DERGİSİ

JOURNAL OF SCIENCE-TECHNOLOGY-INNOVATION ECOSYSTEM

E-ISSN : 2757-6140

Cilt | Volume : 6

Sayı | Issue : 2

Yıl | Year : 2025



JOURNAL OF SCIENCE-TECHNOLOGY-INNOVATION ECOSYSTEM *BİLİM-TEKNOLOJİ-YENİLİK EKOSİSTEMİ DERGİSİ*

JSTIE 2025, 6(2) December

Bilim-Teknoloji-Yenilik Ekosistemi Dergisi (BİTYED) yılda İki kez (Haziran ve Aralık) yayınlanan uluslararası veri indeksleri tarafından taranan hakemli bir dergidir. Gönderilen makaleler ilk olarak editörler ve yazı kurulunca bilimsel anlatım ve yazım kuralları yönünden incelenir. Daha sonra uygun bulunan makaleler alanında bilimsel çalışmaları ile tanınmış iki ayrı hakeme gönderilir. Hakemlerin kararları doğrultusunda makale yayımlanıp yayımlanmaz kararı alınır.

Bilim-Teknoloji-Yenilik Ekosistemi Dergisi'nde yayınlanan makalelerde fikirler yalnızca yazar(lar)ına aittir. Dergi sahibini, yayıncıyı ve editörleri bağlamaz. Bu sayıda yer alan tüm çalışmalar başvuru anında ve yayın öncesi olmak üzere iki kez **iThenticate** uygulaması aracılığıyla benzerlik taramasından geçirilmiştir.



Journal of Science-Technology-Innovation Ecosystem (JSTIE) offers free, immediate, and unrestricted access to peer reviewed research and scholarly work. Users are allowed to read, download, copy, distributed, print, search, or link to the full texts of the articles, or use them for any other lawful purpose, without asking prior permission from the publisher or the author.



Articles published in the Journal of Science-Technology-Innovation Ecosystem are Open-Access, distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) License. All rights to articles published in this journal are reserved and archived by the Journal of Science-Technology-Innovation Ecosystem, Çanakkale Onsekiz Mart University-TÜRKİYE.

Bu dergide yer alan makaleler 'Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) Lisansı' ile lisanslanmıştır.

Bilim-Teknoloji-Yenilik Ekosistemi Dergisi (BİTYED)

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Bilim ve Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi
(ÇOBİLTUM)

Terzioğlu Kampüsü, 17100 – Çanakkale – TÜRKİYE

Telefon: +90 (286) 218 00 18 Dahili: 24006, Fax: +90(286) 218 19 48

Web: <http://bityed.dergi.comu.edu.tr> / E-mail: bityek@comu.edu.tr

ISSN: 2757-6140 (Online)

JOURNAL OF SCIENCE-TECHNOLOGY-INNOVATION ECOSYSTEM
BİLİM-TEKNOLOJİ-YENİLİK EKOSİSTEMİ DERGİSİ

Volume 6 • Issue 2 • Year 2025 / Cilt 6 • Sayı 2 • Yıl 2025

Sahibi / Owner

Prof. Dr. Ramazan Cüneyt ERENOĞLU
Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Rektörü

Baş Editör / Editor-in-Chief

Doç. Dr. Fırat ALATÜRK
Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi

Editör / Editor

Dr. Öğr. Üyesi Baboo ALİ
Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi

Onursal Editor / Honorary Editor

Prof. Dr. Ahmet GÖKKUŞ
Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi

Alan Editörleri / Associate Editors

Prof. Dr. Cemil TÖLÜ
Prof. Dr. Deniz Anıl ODABAŞI
Prof. Dr. Derya SÜRGİT
Prof. Dr. Emre ÖZELKAN
Prof. Dr. Sermet KOYUNCU
Prof. Dr. Sibel MENTEŞE
Doç. Dr. Ayça AYDOĞDU EMİR
Doç. Dr. Fadime ATEŞ
Doç. Dr. Melis İNALPULAT
Doç. Dr. Muhittin KARAMAN
Dr. Öğr. Üyesi Abdul HADİ
Dr. Öğr. Üyesi Aliye Aslı SONSUZ
Dr. Öğr. Üyesi Emin YAKAR
Dr. Öğr. Üyesi Enis ARSLAN
Dr. Öğr. Üyesi Fatih SEZER
Dr. Öğr. Üyesi Gizem AKSU
Dr. Öğr. Üyesi M. Burak BÜYÜKCAN
Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Ali GÜNDOĞDU
Dr. Öğr. Üyesi Savaş GÜRDAL
Dr. Öğr. Üyesi Uğur SARI
Öğretim Görevlisi Dr. Tuğba ERDOĞAN
Dr. Duygu ALGAN

Uluslararası Editorler Kurulu / International Editorial Board

Prof. Dr. Cedomir RADOVIĆ - Institue for Animal Husbandry, Belgrade-Serbia

Prof. Dr. Daniele BRUNO - University of Insubria, Varese Italy

Prof. Dr. Mariyana IVANOVA - University of Agribusiness and Rural Development, Bulgaria

Assoc. Prof. Dr. Aynur HASHİMOVA - Sumgait State University, Azerbaijan

Assoc. Prof. Dr. Haneef Ur REHMAN - University of Turbat (UoT) Kech Balochistan, Pakistan

Assoc. Prof. Dr. Kadyrbai CHEKİROV - Kyrgyz-Turkish Manas University, Kyrgyzstan

Assoc. Prof. Dr. Najam Ul Hasan ABBASİ - Mianyang Normal University, China

Assoc. Prof. Dr. Rokhatoy ABİDOVA - Urgench State University, Uzbekistan

Assoc. Prof. Dr. Yaser SNOUBAR - Qatar University, Qatar

Assist. Prof. Dr. Andrii SHTIRBU - Tairov Institute of Viticulture and Winemaking, Ukraine

Dr. Asmat ULLAH - Kasetsart University Bangkok, Thailand

Teknik Editör / Technical Editor

Doç. Dr. Ali KARANFİL - Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi

Dil Editörleri / Language Editors

Dr. Abdul HADİ

Dr. Duygu ALGAN

Yazım Editörleri / Copy Editors

Doç. Dr. Şahin KÖK - Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Ali GÜNDOĞDU - Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi

İstatistik Editörü / Statistical Editor

Dr. Öğr. Üyesi Zeynep GÖKKUŞ - Kastamonu Üniversitesi

Mizanpaj Editörü / Layout Editor

Dr. Baboo ALİ - Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi

Yazı İşleri / Secretariat

Zir. Yük. Müh. Hatice Simay SARI

Bilim Kurulu / Scientific Board

Prof. Dr. Ali KOÇ - Eskişehir Osmangazi Üniversitesi
Prof. Dr. Cem ÖZKAN - Ankara Üniversitesi
Prof. Dr. Dinçay KÖKSAL - Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi
Prof. Dr. Hüseyin ÇAVUŞ - Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi
Prof. Dr. İlhan ÇELİK - Samsun Üniversitesi
Prof. Dr. Kemal Melih TAŞKIN - Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi
Prof. Dr. M. Kerim GÜLLAP - Atatürk Üniversitesi, Erzurum
Prof. Dr. Mustafa KIZILŞİMŞEK - Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi
Prof. Dr. Mustafa TAN - Atatürk Üniversitesi, Erzurum
Prof. Dr. Ramazan ÇAKMAKÇI - Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi
Prof. Dr. Songül ÇAKMAKÇI - Atatürk Üniversitesi, Erzurum
Prof. Dr. Tolga BEKLER - Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi
Doç. Dr. Erkan BİL - Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi
Doç. Dr. Önder GÜRSOY - Sivas Cumhuriyet Üniversitesi
Doç. Dr. Sercan KARAV - Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi
Doç. Dr. Uğur ŞİMŞEK - Iğdır Üniversitesi
Dr. Öğr. Üyesi Hülya HANOĞLU ORAL - Muş Alparslan Üniversitesi



JSTIE 2025, 6(2) December

The Journal of Science-Technology-Innovation Ecosystem is indexed by the following data indices.
Bilim-Teknoloji-Yenilik Ekosistemi Dergisi aşağıdaki veri indeksleri tarafından taranmaktadır.



İÇİNDEKİLER / CONTENTS

1. Research Article

Microbial Biofuel Cell: Harnessing Bioelectricity from Fisheries Wastewater Using *Saccharomyces cerevisiae*

Maria ESSA, Saima MEHAR, Mah GUNJ, Haneef Ur REHMAN 75-81

2. Review Article

Sürdürülebilir Mera Yönetimi

Sustainable Rangeland Management

Ahmet GÖKKUŞ 83-98

3. Research Article

Yalova İncisi Üzüm Çeşidinde Farklı Verim Potansiyeline Sahip Yazlık Sürgünlerin Bazı Önemli Özelliklerinin Belirlenmesi

Determination of Some Important Characteristics of Summer Shoots with Different Yield Potentials in Yalova İncisi Grape Variety

Esra ŞAHİN, Alper DARDENİZ, Harun ÇOBAN, Çağlar KAYA 99-105

4. Research Article

Drought Resilience in Wine Grapes: Genotypic Influence on Leaf Micronutrient Dynamics

Şaraplık Üzümlerde Kuraklığa Dayanıklılık: Yaprak Mikro Besin Dinamikleri Üzerindeki Genotipik Etki

Serkan CANDAR, Bekir AÇIKBAŞ, Tezcan ALÇO, Mümtaz EKİZ, Esra ŞAHİN, Elman BAHAR, İlknur KORKUTAL 107-125

5. Research Article

Görsel Sanatlar ve Yapay Zekâ: Türkiye'deki Lisansüstü Çalışmaların İncelenmesi

Visual Arts and Artificial Intelligence: A Review of Postgraduate Studies in Turkey

Gökhan KELEŞ, Gül SARIDİKMEN 127-145

6. Research Article

Effects of Single, Double and Triple Bacterial Formulations on Soil Microbiological Properties in Black Cumin Cultivation

Çörekotu Yetiştiriciliğinde Tekli, Çiftli ve Üçlü Bakteriyel Uygulamaların Toprağın Mikrobiyolojik Özelliklerine Etkileri

Cafer TÜRKMEN, Sevim AKÇURA, Yakup ÇIKILI, Ramazan ÇAKMAKÇI, Nuray Mücella MÜFTÜOĞLU 147-157

7. Research Article

Yoncaya Farklı Oranlarda İlave Edilen Şeker Sorgum Posasının Silaj Kalitesi Üzerine Etkilerinin Belirlenmesi

Determining the Effects of Adding Different Amounts of Sweet Sorghum Bagasse to Alfalfa on Silage Quality

Beyza YAZICI, Emine BUDAKLI ÇARPICI

159-166

8. Research Article

Çanakkale Kenti Çeperinde Yer Alan Tarihi Çiftliklerin Sürdürülebilirliği Doğrultusunda Bir Araştırma

A Research on the Sustainability of Historical Farms Located on the Periphery of Çanakkale City

Erdem SALCAN

167-183



Microbial Biofuel Cell: Harnessing Bioelectricity from Fisheries Wastewater Using *Saccharomyces cerevisiae*

Maria Essa^{1,2} , Saima Mehar² , Mah Gunj^{1,2} , Haneef Ur Rehman¹

¹University of Turbat, Department of Natural and Basic Sciences, Kech Balochistan, Pakistan

²Sardar Bahadur Khan Women University, Department of Chemistry, Quetta Balochistan, Pakistan

Article History

Received: 24/02/2025

Accepted: 25/07/2025

Research Article

Abstract: Microbial fuel cell (MFC) technology offers an innovative and sustainable solution for energy production, particularly in electricity-deprived regions. The MFC system harnesses electrons released during biochemical reactions catalyzed by microorganisms. This study focuses on the design of a microbial biofuel cell that utilizes *S. cerevisiae* to generate bioelectricity from fisheries wastewater. Optimization of physical parameters was performed to maximize bioelectricity generation from fisheries wastewater. The results revealed that *S. cerevisiae*-based MFC achieved the highest bioelectricity production at 35 °C, pH 8, and an incubation period of 72 hours. To enhance performance, a flow rate of 50 mL/min of oxygen in the wastewater was found to be the most effective for bioelectricity generation. The findings demonstrate the practicality and sustainability of the *S. cerevisiae*-based MFC as a viable technique for both bioelectricity production and wastewater management in the fisheries industry. This innovative approach not only addresses the basic electricity needs of electricity-deprived regions but also helps mitigate wastewater pollution, presenting an environmentally friendly solution. The study highlights the potential of MFC technology to contribute to renewable energy generation and environmental sustainability in regions reliant on fisheries wastewater.

Keywords: Bioenergy, microbial fuel cells, *Saccharomyces cerevisiae*

✉ Correspondence: haneef.baloch@uot.edu.pk

Citation: Essa, M., Mehar, S., Gunj, M. & Rehman, H. U. (2025). Microbial biofuel cell: Harnessing bioelectricity from fisheries wastewater using *Saccharomyces cerevisiae*. *Journal of Science-Technology-Innovation Ecosystem*, 6(2), 75-81.

Introduction

The energy demands we have today relied heavily on fossil fuels, which unfortunately are finite resources and face the risk of depletion due to their limited availability (Amann, 1996; Das & Veziroglu, 2001). This reliance on fossil fuels has significant implications for the environment, particularly through the emission of CO₂, contributing to global climate change. It is crucial to recognize that a substantial portion of the global population lacks access to electricity for their daily needs. According to the United Nations, approximately 1.3 billion people are currently living without reliable access to electricity, and a significant proportion of these individuals reside in developing countries, including Pakistan. Additionally, the continued use of fossil-based fuels exacerbates the environmental concerns we face. The emission of CO₂ resulting from the combustion of these fuels contributes to the greenhouse effect and poses a threat to our planet's climate stability.

In light of these factors, it is imperative to explore alternative energy sources and transition towards more sustainable and environmentally friendly solutions to meet our energy needs. By investing in renewable energy technologies and promoting energy efficiency measures, we can mitigate the detrimental effects of fossil fuel consumption while ensuring access to electricity for all individuals, including those in underserved communities.

The growing energy demand and the urgency of addressing climate change have prompted researchers to seek alternative and sustainable techniques that can fulfill the basic electricity needs of people while being environmentally friendly (Logan, 2004). One such area of interest for many researchers is MFC, which utilize biological wastes to produce bioelectricity (Logan, 2004; Rabaey et al., 2003; Mohan, 2007).

Microbial fuel cells operate by harnessing biochemical reactions carried out by microorganisms in mild conditions, converting bioorganic wastes into electricity through biocatalysts (Logan, 2004). The MFC consists of separate anode and cathode compartments. In the anode section, microorganisms oxidize organic wastes, producing electrons and protons. The electrons then flow through a circuit system to the cathode compartment, where they combine with protons to form water molecules, generating electricity. Essentially, the MFC converts biochemical energy into electric energy, functioning similarly to traditional cells (Rabaey et al., 2003).

With the rapid increase in domestic and industrial wastewater resulting from higher water utilization, these waste streams often contaminate underground water systems. Developing countries face the challenge of municipal solid wastes constituting more than 60% of the total waste stream, making them a potential substrate for MFC (El-Chakhtoura et al., 2014). MFC technology not only aids in waste treatment but also simultaneously produces electricity (Jayashree et al., 2014). Additionally, untreated sewage and industrial effluents are polluting various natural water reservoirs. By utilizing wastewater as a substrate in MFC, it becomes possible to generate electricity while effectively managing wastewater, presenting a sustainable and cost-effective approach (Christwardana et al., 2020). A critical step in the MFC system is the selection of highly efficient microbial species, whether pure or mixed cultures. These microorganisms act as catalysts in transferring electrons from the substrate to the anode (Chaudhuri & Lovley, 2003; Logan et al., 2006; Saini et al., 2020).

In the cities of developing countries such as Pakistan, industrialization and urbanization pose a significant threats of wastewater pollution. To address this issue, a study was conducted to explore using the fisheries wastewater as a substrate for bioelectricity generation. The growth conditions of microorganisms were analyzed to maximize the production of bioelectricity using the MFC technology.

Materials and Methods

Microbial Fuel Cell (MFC) Reactor

The experimental setup involved designing a MFC reactor with a double-chamber configuration in the shaped liked letter 'H' Carbon electrodes and plastic bottles with a diameter of 15 cm were utilized for this purpose. The anode section of the MFC contained 500 ml of fisheries wastewater, while the cathode section was filled with distilled water. To establish a connection between the two sections, a plastic pipe measuring 2 cm in diameter and 14 cm in length was employed. This pipe was filled with a mixture of sodium chloride and agar in a 1:2 ratio. To evaluate the performance of the MFC, the voltage in millivolts (mV) was measured using a multimeter. The power (P) generated by the MFC was also calculated using the formula $P = I * V$, where I represents the current.

Effect of Incubation Period on Bioelectricity Production in a Microbial Fuel Cell (MFC)

To assess the impact of the incubation period on bioelectricity production, an investigation was conducted on a MFC. The study involved measuring the P generated at different time intervals, spanning from 24 to 120 hours. By analyzing the P output over this range of incubation periods, the relationship between time and electricity production could be determined.

Impact of Incubation Temperature on Electricity Production in a Microbial Fuel Cell (MFC)

An investigation was conducted to explore the impact of incubation temperature on electricity production in a MFC. The microbial fuel cell was subjected to a range of temperatures, varying from 25°C to 50°C. By studying the electricity generation under different temperature conditions, the relationship between temperature and bioelectricity production could be elucidated.

Influence of pH on Bioelectricity Production in a Microbial Fuel Cell (MFC)

An analysis was conducted to investigate the impact of pH on electricity production in a MFC. The pH of the microbial growth chamber was adjusted within a range of pH 5 to pH 10. By studying the electricity generation under different pH conditions, the relationship between pH and bioelectricity production could be examined.

Impact of Oxygen Flow Rate on Bioelectricity Production in a Microbial Fuel Cell (MFC)

An analysis was conducted to examine the influence of oxygen flow rate on electricity production in a MFC. The MFC cathodic chamber was equipped with a flow meter to maintain oxygen flow within a range of 10 to 70 psi. By studying the electricity generation under different oxygen flow rates, the relationship between flow rate and bioelectricity production could be investigated.

Results and Discussion

Isolation and Characterization of *S. cerevisiae* Strains from Yogurt Samples

Yeasts were extracted from yogurt samples to isolate strains of *S. cerevisiae*. To obtain pure cultures of *S. cerevisiae* strains from samples contaminated with bacteria, the samples were cultured in a medium containing antibacterial substances. A total of 61 pure isolates were obtained from the yogurt, and their morphological characteristics confirmed that these strains belonged to *S. cerevisiae*. Additionally, a fermentation capacity test, following the method described by Martin and Martin (1993), further confirmed the identification of the yeasts as *S. cerevisiae*.

Impact of Fermentation Period on Electricity Production in a MFC

The impact of fermentation period on electricity production in a MFC was investigated by subjecting the MFC to various fermentation periods, ranging from 24 to 120 hours (Figure 1). The MFC exhibited an initial onset of electricity production at 24 hours and reached a peak of 492 mV after 72 hours. However, beyond 96 hours, the electricity production declined, with more than a 50% decrease observed after 120 hours. Within a span of four days, the *S. cerevisiae* effectively utilized organic wastes in the MFC.

In contrast, in a microbial-operated energy chamber with *E. coli*, a sustained higher voltage output was observed for an extended period of four days. However, in this case, the voltage output decreased after the first day (Ankur & Shipra, 2018). This could be attributed to the presence of additional substrates and the growth of diverse types of microbes, belonging to different genus/species/strains, under natural conditions to utilize those substrates. As a result, MFCs hold potential for waste management in addition to bioelectricity generation (Ankur & Shipra, 2018).

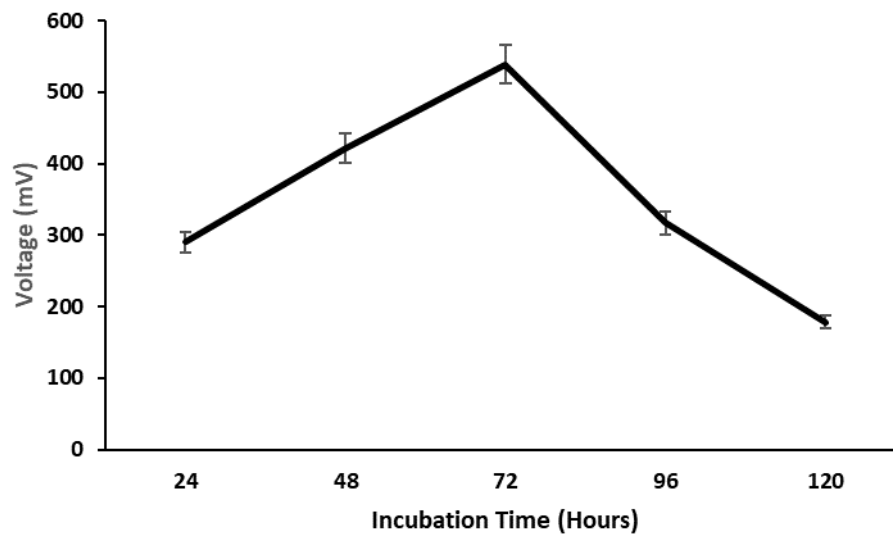


Figure 1. Effect of incubation time on the production of electricity by MFC using wastewater (means $\pm$ S.E., n = 6)

Impact of Temperature on Electricity Production in a *S. cerevisiae*-based MFC

The impact of temperature on electricity production in a MFC utilizing *S. cerevisiae* was analyzed by subjecting the yeast to a range of temperatures from 25 °C to 50 °C (Figure 2). Temperature was found to have a significant influence on electricity production, with the highest levels observed at 35 °C. However, as the temperature increased to 50 °C, a decrease in bioelectricity production was observed. This decline in bioelectricity production at higher temperatures can be attributed to the temperature's effect on microbial growth and metabolic processes.

The performance of the MFC in response to temperature was further characterized by internal resistance, where higher internal resistance corresponded to lower P density obtained (Li et al., 2013). These findings highlight the ability of MFCs to effectively function across a broad temperature range, with the optimal electricity production occurring at 35°C.

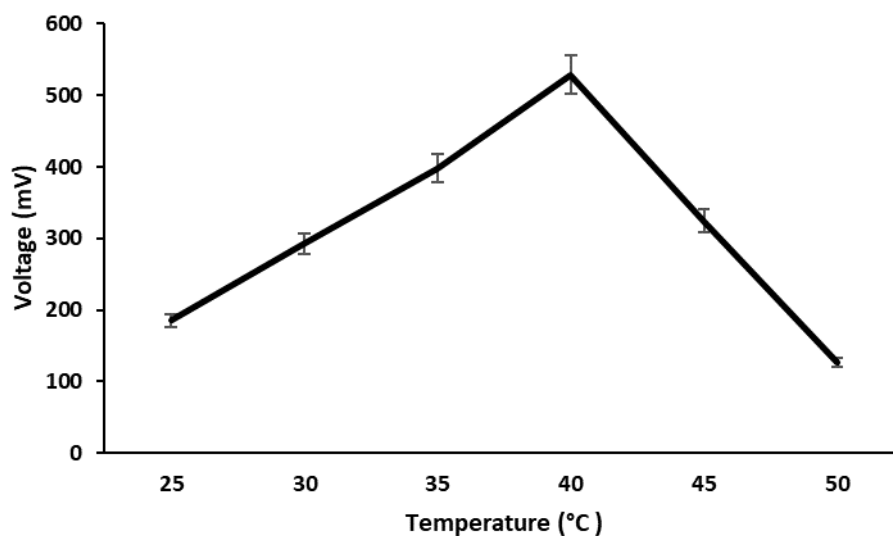


Figure 2. Influence of temperature on the production of electricity by MFC using wastewater (means $\pm$ S.E., n = 6)

Impact of pH on Bioelectricity Production in a MCF

Investigating the effect of pH on the bioelectricity production in a MFC, the pH of the growth medium was carefully controlled within a range of pH 5 to pH 10 using a pH meter (Figure 3). The results demonstrated a

significant impact of pH on bioelectricity production in the MFC, with the highest levels observed in a slightly alkaline range at pH 8. The variation in voltage output can be attributed to the changes in ionic concentration within the chamber due to different pH levels. The pH not only influences the flow of current but also affects the metabolic reactions of microorganisms.

In comparison to previous studies involving MFCs with switchable P release, which were controlled by combinations of physiologically important parameters, the observed changes in pH were found to be significant, particularly when pH was decreased from 7.0 to 5.0. The switch ability of the MFC was attributed to the activity of the microbial anode, which was affected by the combined temperature and pH of the medium. Changes in pH caused reversible activation-inactivation of the bioanode, thereby impacting the overall activity of the MFC (Tang et al., 2014).

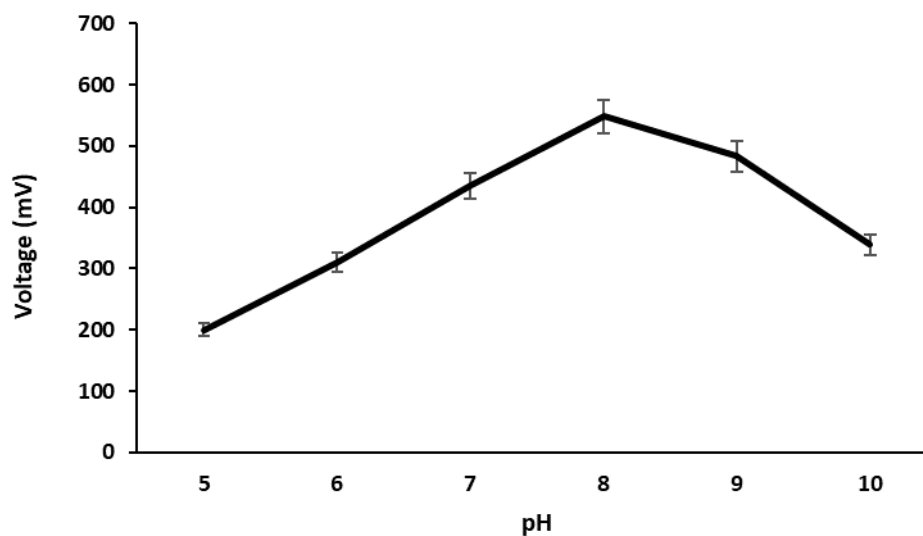


Figure 3. Effect of pH on the production of electricity by MFC using wastewater (means $\pm$ S.E., n = 6)

Impact of Oxygen Flow Rate on Bioelectricity Production in a MCF

Investigating the impact of oxygen flow rate on the Microbial Fuel Cell (MFC) cathodic chamber, the flow rate of oxygen entering the chamber was analyzed using a flow meter (Figure 4). The results revealed a positive correlation between the oxygen flow rate and electricity production in the MFC. As the oxygen flow rate increased, the production of electricity also increased, reaching a maximum at 50 ml/min.

The higher electricity production observed at higher flow rates of oxygen can be attributed to the increased acceptance of protons in the anodic chamber. Conversely, lowering the oxygen flow rate results in a decreased acceptance of electrons, leading to a reduction in electricity production. This highlights the importance of maintaining an optimal oxygen flow rate for maximizing bioelectricity generation in the MFC.

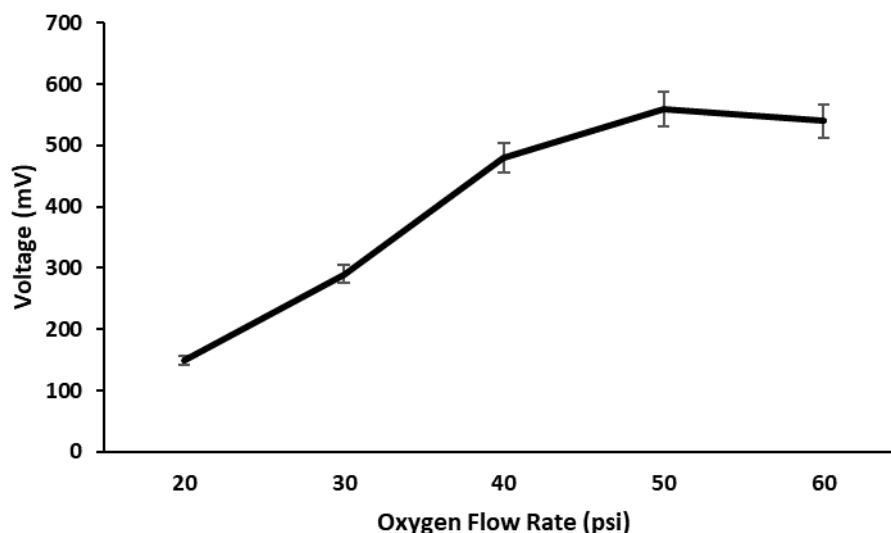


Figure 4. Effect of oxygen flow rate on the production of electricity by MFC using wastewater (means $\pm$ S.E., n = 6)

Conclusion

Investigating the role of key physical parameters, such as incubation time, pH, temperature, and oxygen flow, in bioelectricity generation from a MFC revealed their crucial significance. In this study, it was observed that *S. cerevisiae* demonstrated the highest bioelectricity production when subjected to an incubation period of 72 hours, pH 8.0, temperature of 35°C, and an oxygen flow rate of 50 ml/min, utilizing fisheries wastewater as the substrate.

These findings underscore the effectiveness of fisheries wastewater as a suitable substrate for facilitating the biochemical reactions of microorganisms in MFCs to generate bioelectricity. Moreover, the results highlight the significant potential of MCF technology in developing large-scale systems for wastewater treatment, further emphasizing its application in sustainable and environmentally friendly approaches.

Additional Information and Declarations

Acknowledgements: This research work was generously supported by the Higher Education Commission of Pakistan (LCF-306). We extend our gratitude for their financial support, which made this study possible.

Authors' Contributions:

Maria Essa: Conducted the experimental work and prepared the initial draft of the manuscript.

Saima Mehar: Co-supervised the research by providing guidance on experimental procedures.

Mah Gunj: Assisted in the drafting and editing of the manuscript.

Haneef Ur Rehman: Supervised the overall research, including the design and planning of the experimental work.

Conflict of Interests: There are no conflicts of interest regarding the publication of this paper.

Copyright: 2025 Essa et al.

Academic Editor: Dr. Duygu Algan

Layout Editor: Dr. Baboo Ali



This work is licensed under a Creative Commons Attribution CC-BY 4.0 International License.

References

- Amann, C. A. (1996). Alternative fuels and power systems in the long term. *Int. J. Veh. Des.*, 17, 510-517.
- Ankur, B. & Shipra, S. (2018). Microbial Fuel Cell: An Efficient Method to Utilize Prokaryotic Potential to Engender Reliable Energy. *J. Microb. Bioch. Tech.*, 10, 69-75.
- Chaudhuri, S. K. & Lovley, D. R. (2003). Electricity generation by direct oxidation of glucose in mediatorless microbial fuel cells. *Nat. Biotech.*, 21, 1229-1.

- Christwardana, M., Hadiyanto, H., Motto, S. A., Sudarno, S. & Haryani, K. (2020). Performance evaluation of yeast-assisted microalgal microbial fuel cells on bioremediation of cafeteria wastewater for electricity generation and microalgae biomass production. *Biomass Bioenerg.* 139, 105617.
- Das, D. & Veziroglu, T. N. (2001). Hydrogen production by biological process: a survey of literature. *Int. J. Hydrog. Energy*, 26, 13-28.
- El-Chakhtoura, J., El-Fadel, M., Rao, H. A., Li, D., Ghanimeh, S. & Saikaly, P. E. (2014). Electricity generation and microbial community structure of air-cathode microbial fuel cells powered with the organic fraction of municipal solid waste and inoculated with different seeds. *Biomass Bioenerg.* 67, 24-31.
- Jayashree, C., Arulazhagan, P., Kumar, S. A., Kaliappan, S., Yeom, I. T. & Banu, J. R. (2014). Bioelectricity generation from coconut husk retting wastewater in fed batch operating microbial fuel cell by phenol degrading microorganism. *Biomass Bioenerg.* 69, 249-254.
- Li, L. H., Sun, Y. M., Yuan, Z. H., Kong, X. Y. & Li, Y. (2013). Effect of temperature change on power generation of microbial fuel cell. *Environ. Technol.*, 34(13-14), 1929-1934.
- Logan, B. E., Hamelers, B., Rozendal, R., Schrorder, U., Keller, J. S., Freguia, P., Aelterman, W. V. & Rabaey, K. (2006). Microbial fuel cells: Methodology and technology. *Environ. Sci. Technol.*, 40, 5181-5192.
- Logan, B. E. (2004). Biologically extracting energy from wastewater: Biohydrogen production and microbial fuel cells. *Environ. Sci. Technol.*, 38, 160-167.
- Rabaey, K., Lissens, G., Siciliano, S. D., Verstraete, W. (2003). A microbial biofuel cell capable of converting glucose to electricity at high rate and efficiency. *Biotechnol. Lett.*, 25, 1531-1535.
- Saini, R., Hegde, K., Brar, S. K. & Vezina, P. (2020). Advanced biofuel production and road to commercialization: An insight into bioconversion potential of *Rhodospiridium* sp. *Biomass Bioenerg.* 132, 105439.
- Tang, J., Liu, T., Yuan, Y. & Zhuang, L. (2014). Effective control of bioelectricity generation from a microbial fuel cell by logical combinations of pH and temperature. *Sci. World J.*, 186016.
- Vaughan-Martini, A. & Martini, A. (1993). A taxonomic key for the genus *Saccharomyces*. *Syst. Appl. Microbiol.*, 16(1), 113-119.



Sürdürülebilir Mera Yönetimi

Ahmet Gökkuş 

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Çanakkale, Türkiye

Makale Geçmişi

Geliş: 25/03/2025

Kabul: 05/08/2025

Derleme Makalesi

Öz: Özellikle küresel salgın ve sonrasında gıda üretimi ve güvenliği en dikkat çeken ve önemsenen konular olmuştur. Gerek bitkisel üretimin sürdürülebilirliği gerekse nitelikli beslenme için bitkisel ve hayvansal ürünlerin birlikte üretimi önem kazanmaktadır. Bu birliktelikte en ucuz ve kaliteli otu ve çoklu ekosistem hizmetleri ile (yarı) doğal meralar dikkat çekmektedir. Ancak kullanma (zamansız, ağır otlatma, vb.) ve çevre faktörlerine bağlı olarak meralarda ciddi bozulma ve verim kayıpları yaşanmaktadır. Dünya meralarının %26'sında verim kaybı olmuş, Türkiye meralarının ise %85'i iyi durumlarından uzaklaşmıştır. Bu nedenle meraların sürdürülebilir yönetimi yaşanan sorunların ortadan kaldırılması ve kaliteli beslenmede hayati önem taşımaktadır. Bunun için öncelikle hatalı otlatma yönetimi (zamansız ve ağır) sonlandırılmalı, gübrelemeden kaçınmak için bitki örtüsünde baklagillerin oranı yükseltilmelidir. Bozulmuş meralar ıslah edilmeli ve hepsinden önemlisi meraları doğrudan kullanan hayvancılıkla uğraşan yetiştiricilerin önerilere ve yapılması gerekenlere gönülden katılımlarının sağlanması gerekmektedir. Ayrıca 4342 sayılı Mera Kanunu uygulamalarında yaşanan yetersizlik ve zorluklar ortadan kaldırılarak daha işlevsel hale getirilmesi ve eksikliklerini giderecek düzenlemelerin yapılması sürdürülebilir bir yönetim için önem arz etmektedir.

Anahtar Kelimeler: Mera, mera kanunu, otlatma yönetimi, sürdürülebilirlik

Sustainable Rangeland Management

Abstract: Especially, during and after the pandemic, food production and safety have been the most remarkable and important issues. The dual production of plant and animal products is gaining importance for both the sustainability of plant production and qualified nutrition. In this duality, (semi) natural rangelands attract attention with their cheapest and high-quality hay and multiple ecosystem services. However, due to usage (untimely, heavy grazing) and environmental factors, serious degradation and productivity losses occur in rangelands. There has been a loss of productivity in 26% of the world's rangelands, and 85% of Türkiye's grazing lands have deteriorated from their good condition. Therefore, sustainable management of rangelands is of vital importance in eliminating the problems experienced and in providing quality nutrition. To achieve this, first of all, improper grazing management (untimely and heavy) should be ended, the proportion of legumes in the vegetation should be increased to avoid the fertilization. Degraded rangelands should be improved and, most importantly, those engaged in animal husbandry who directly use the rangelands should be ensured to wholeheartedly participate in the suggestions and what needs to be done. In addition, it is important that the inadequacies and difficulties experienced in the implementation of the Rangeland Law No. 4342 should be eliminated and made functional, and regulations should be made to eliminate its deficiencies.

Keywords: Grazing management, rangeland, rangeland law, sustainability

 Correspondence (Sorumlu yazar): agokkus@yahoo.com

Citation (Alıntı): Gökkuş, A. (2025). Sürdürülebilir mera yönetimi. *Bilim-Teknoloji-Yenilik Ekosistemi Dergisi*, 6(2), 83-98.



Giriş

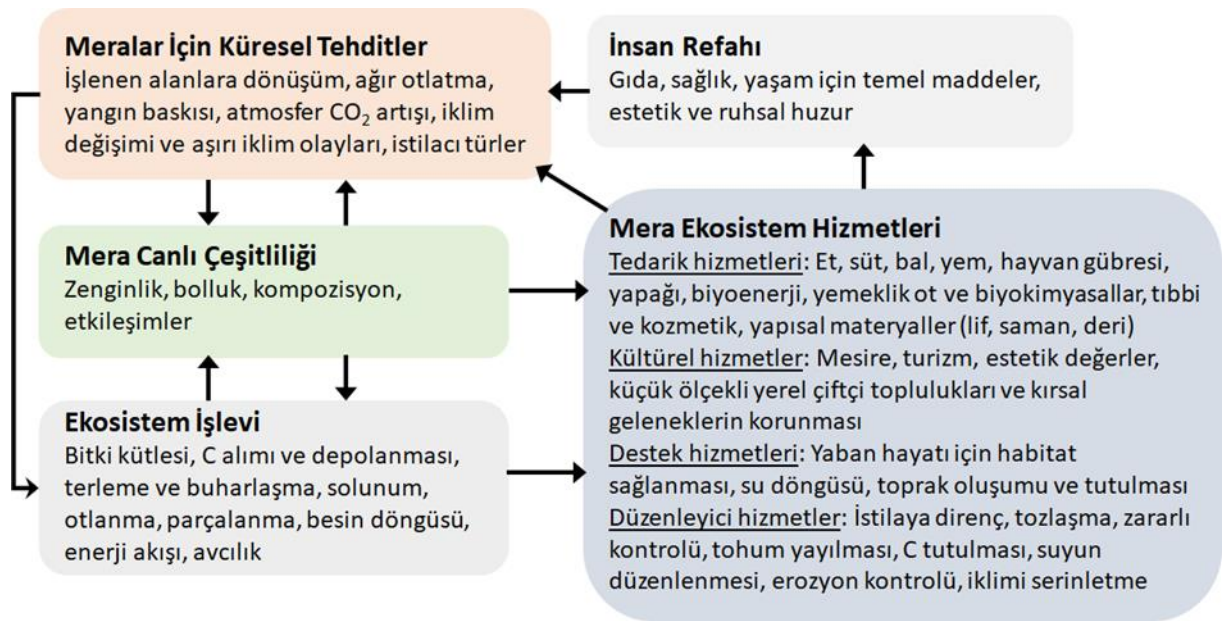
Meralar, temel işlevi hayvan beslemek olan, ancak bunun da çok ötesinde toprak verimliliğinin korunması ve devamlılığı, biyolojik çeşitliliğin muhafazası, sera gazlarını depolayarak iklimdeki değişimlerin hafifletilmesi, su kaynaklarının korunması ve insan ve hayvan refahı gibi çok sayıda işlevi de üstlenen yarı doğal ekosistemlerdir. Çok sayıda bitki ve hayvan için yaşam alanı sağlar, tatlı su kaynaklarına ulaşmadan önce tortu ve kirleticileri süzer, suyun toprağa sızmasını kolaylaştırır ve toprak erozyonunu önler (Ignatavičius ve ark., 2013).

Dünyada yaklaşık 3,5 milyar ha alan kaplayan meralar, kara yüzeyinin %26'sını ve tarım alanlarının %70'ini temsil eder ve dünya toprak karbon stoklarının yaklaşık %20'sini içerir (Ramankutty ve ark., 2008; FAOSTAT, 2022). Küresel ölçekte üretilen sütün (%27) ve sığır etinin (%23) önemli bir kısmı yalnızca bu amaçlar için yönetilen otlaklardan elde edilir. Büyük ölçüde meraya dayalı olan hayvancılık sektörü, dünyanın en yoksul 1 milyar insanının geçimini sağlar ve küresel protein alımının üçte birini karşılar (FAO, 2010). Bunun yanı sıra 2 milyardan fazla insan da doğrudan veya dolaylı olarak otlaklara bağlı olarak geçinmektedir (Anonim, 2024). Zira meraların yaklaşık %68'i gelişmekte olan ülkelerin sınırları içerisinde (Boval & Dixon, 2012).

Başlangıçta mevcut iklim ve toprak faktörlerinin etkisi altında doğal olarak oluşan mera ekosistemlerinde, insanların hayvanları evcilleştirmeleri ve evcilleştirdikleri hayvanları da meralarda otlatmaları sonucunda kaçınılmaz olarak bitki örtüleri değişime uğramıştır. Merada otlayan hayvanların yem tercihleri ve davranışlarındaki farklılıklar da (Forbes, 2007; Houbt, 2024) bu değişimin itici gücü olmuştur. Öncesinde insan ve hayvan sayısının azlığı mera bitki örtülerinde belirgin bir etki yaratmazken, insan nüfusu ve hayvansal ürünlere olan talebin artışı ile birlikte hayvan sayısındaki artışlar, hayvanların mera üzerindeki etkilerini de belirgin hale getirmiştir. Bu etkiler mera yönetimine bağlı olarak olumlu (gelişim) ya da olumsuz (bozulma) yönde gerçekleşmiştir (Altın ve ark., 2025). Ancak genelde otlayan hayvanların bitki örtüleri üzerindeki etkileri olumsuz olmuştur. Nitekim dünyadaki mera alanlarının yaklaşık %20'si aşırı otlama ve buna bağlı erozyon ve toprak sıkışması gibi diğer ana faktörler nedeniyle bozulmuş (Minea ve ark., 2022) ve bu bozulma kurak ve yarı kurak alanlarda kendisini daha çok göstermiştir (Abdelsalam, 2021). Birleşmiş Milletlerin 2024 yılı Mayıs ayı raporunda ise meraların %50'sinin bozulduğu belirtilmiş olup (UNCCD, 2024), sadece %10'undan azı tehditlerden korunmaktadır (Anonim, 2024). Bozulan mera alanı oranı (%85) Türkiye'de daha yüksektir (Aydoğdu ve ark., 2020). Çiftlik hayvanları geniş otlaklarda bitki örtüsü yanında arazi yapısının da bozulmasından sorumlu en etkili canlılardır (Butler, 2013). Bu olumsuzluklar mera ekosistemlerinin beklenen işlevlerini yerine getirmelerini aksatmış ve bitki örtülerinin zayıflamasına, dolayısıyla çevre sorunlarının artmasına sebep olmuştur. Üstelik tarım alanlarında gıda ile yem üretimine ayrılan alanlar arasında ciddi bir rekabetin yaşandığı günümüzde (Gökkuş ve Coşkun, 2023), bu sorunun aşılmasında en önemli seçenek olan doğal meraların da bozulması, ileride telafisi zor olabilecek beslenme sorunlarına yol açabilecektir. Dolayısıyla meraların sürdürülebilir kullanımı, ekosistemi koruyarak meydana gelebilecek olumsuzlukların önüne geçilmesini sağlayacak ve gelecekte insanların daha dengeli ve güvenilir gıda ile beslenmelerine yardımcı olacaktır. Bu sebeple bu derlemede, mera yönetiminde yaşanan sorunlar ve sürdürülebilir bir mera yönetimi için göz önünde bulundurulması gereken hususlar ve önlemler ele alınmıştır.

Meraların İşlevleri

Meralar hayvanlara kaba yem temin eden önemli kaynaklar olmakla birlikte, bir ekosistem olarak yem üretiminin ötesinde çok sayıda işleve de sahiptirler (Şekil 1). Bunlardan toprak verimliliği, canlı çeşitliliği ve karbon depolanması konularına aşağıda değinilmiştir.



Şekil 1. Meranın biyolojik çeşitliliği, ekosistem işleyişi, ekosistem hizmetleri ve insan refahı arasındaki ilişkiler (Petermann & Buzhdygan, 2021'den düzenlenmiştir).

Figure 1. Rangeland biodiversity, function of ecosystem, ecosystem services and relationships between human well-being (Petermann & Buzhdygan, 2021).

Toprak verimliliği: Toprak verimliliği tarım için hayati önem taşımaktadır. Ancak modern çiftçilik, kârı artıran ve ekosistem sağlığını tehlikeye atan mineral gübrelere aşırı derecede güvenmektedir. Odunsu türler de dahil olmak üzere yaygın olarak otsu türlerden (buğdaygiller, baklagiller ve diğer familyalardan türler) oluşan meralar, hayvanlar için yem sağlar, çiftçilerin ekonomik risklerini azaltır ve kaynakları korur. Mera bitkileri mineral gübrelemeye göre toprak verimliliğini daha sürdürülebilir bir şekilde artırabilir. Gübre kaynaklı toprakların verimsizleşmesini önlemek için daimi meralar veya tarımda ekim nöbeti etkili uygulamalardır. Mera toprakları genellikle işlenen topraklara göre daha fazla azot, potasyum ve organik madde ve daha az fosfor içerir. Toprağın fiziksel ve biyolojik özelliklerini iyileştirerek erozyonu sınırlarken, biyolojik çeşitliliği de artırır (Cavaco ve ark., 2023).

Meralardaki toplam canlı kütle ormanlara kıyasla daha azdır, ancak bu kütlenin önemli bir bölümü bitki köklerinde yer almaktadır. Birçok merada toprak altı bitki kütlesi toprak üstündekinden daha fazladır ve bazı durumlarda bu fark beş kat veya daha fazla olabilir. Bu nedenle, toplam organik madde girdisinin toprak altına gönderilen kısmı, girdinin çoğunun yüzey artışı şeklinde gerçekleştiği ormanlara kıyasla meralarda daha büyüktür (Mason & Zanner, 2004). Ayrıca bu geniş kök sistemi, toprağın içinden geçerek yapısını güçlendiren, sıkışmayı ve erozyonu önleyen ve mil kaybı olasılığını azaltan bir ağ oluşturur. Otların oluşturduğu koruyucu toprak örtüsü toprağın kararlılığını daha da destekler. Bu etkiler, toprağın verimli kalmasını, erozyon ve bozulmaya karşı dirençli olmasını sağlar (Anonim, 2024). Fakat bu etkilerin büyüklüğü mera yönetimine ve bunların toprak sistemi üzerindeki tesirlerine bağlıdır (Rumpell ve ark., 2015).

Canlı çeşitliliği (biyolojik çeşitlilik): En basit haliyle, biyolojik çeşitlilik tür zenginliği (belirli bir alandaki tür sayısı) olarak tanımlanır ve tüm canlı organizmaları (bitkiler, hayvanlar, mikroplar vb.) ve bunlar arasındaki genetik farklılıkları ifade eder. Mera habitatlarının temel bileşenleri otlar ve benzeri bitkilerdir. Ancak diğer bitki yaşam formları ve değişik hayvan toplulukları da meraların canlı çeşitliliğine katkıda bulunurlar. Otsu türler aşırı iklimlerde belirli toprak şartlarıyla, yangınlarla ve otçullarla başa çıkmalarını sağlayan özellikler geliştirmiştir. Bunlar odunsu bitki örtüsünün yerleşmesini, hayatta kalmasını, büyümesini ve baskınlığını sınırlayarak meraların varlığını korurlar (Petermann ve Buzhdygan, 2021). Meralar dünyadaki türler açısından en zengin yaşam alanları arasındadır ve tür çeşitliliği bakımından tropikal yağmur ormanlarını bile gölgede bırakabilirler. Özellikle ılıman bölgelerde çok fazla türe ev sahipliği yapabilirler. Bir metrekairelik mera alanında birkaç düzine bitki türü bulunabilir (Ignatavičius ve ark., 2013). Bu türlerin (bitkiler ve böcekler) çoğu mera

uzmanlarıdır ve birçoğu belirli bölgelere veya mera tiplerine özgüdür ve genellikle nadir veya tehlike altındadırlar (Petermann & Buzhdygan, 2021).

Meralar hem toprak altı hem de toprak üstünde eşit derecede tür açısından zengin bir hayvan topluluğuna ev sahipliği yaparlar. Kaynak olarak bitki kütlesine veya üremek için genellikle sıcak yaşam alanlarına ihtiyaç duyan çok sayıda çekirge, böcek ve arı (tozlayıcı) türüne yaşam alanı sağlarlar. Bu türlerin çoğu canlı veya cansız ortamdaki küçük değişimlerde hızla yok olabilirler.

Omurgalı otçulların yanı sıra memeliler ve kuşlar da önemli gruplar arasında yer alır. Birçok kuş türü üremek için bozkırların veya meraların kısa otlarını tercih eder ve besin durumu ile yönetim uygulamalarındaki değişimlere karşı duyarlıdırlar. Toprak organizmaları meralardaki işleyiş ve besin döngüsü için önemlidirler. Çürütücüler genellikle toynaklı dışkılarından faydalanır ve bu kaynaklarda belirli topluluklar oluşturabilirler (Petermann & Buzhdygan, 2021). Örneğin, bok böcekleri hayvan dışkılarını parçalayarak besin döngüsünü hızlandırır ve asalak baskısını kontrol ederler (Nichols ve ark., 2008). Toprak altında kökler, mikroplar ve mantarlar arasındaki etkileşimler, besin döngüsü, karbon tutulması ve su filtrasyonu gibi işlevler için hayati önem taşır. Toprak canlı çeşitliliği ayrışmayı ve temel besinlerin salınımını destekler, toprak verimliliğini, karbonu ve mera verimliliğini korur (Anonim, 2024).

Bitki örtülerinde çeşitli türlerin varlığı, elverişsiz ortamlara dayanabilen türlerin de bulunmasını sağlar. Bu da üretimdeki dalgalanmaları azaltır ve kuraklık altında verim istikrarını korur (Haughey ve ark., 2018). Bu sebeple şiddetli kuraklık olaylarının yaşandığı dalgalı bir ortamda ekosistem işlevi üzerinde canlı çeşitliliği, dengeleyici bir etki yaratmanın temel sigortalarından biri durumundadır (Lüscher ve ark., 2022).

Tür zenginliği aynı zamanda hayvansal ürün kalitesini yükseltir. Örneğin, tür zengini otlaklarda beslenen hayvanların sütünden yapılan peynir, az türlü otlaklarda otlayan hayvanlardan üretilen peynirlerden daha iyi tat, koku ve dokuya sahiptir (Coulon ve ark., (2004).

Karbon depolama: Meralar küresel karasal karbon stoklarının yaklaşık üçte birini depolar ve önemli bir toprak karbon emici görevi görürler (Bai & Cotrufo, 2022). Meraların küresel karbon stokları yaklaşık 343 milyar ton olup, bu ormanlar tarafından depolanan miktardan yaklaşık %50 daha fazladır (FAO, 2010). Meralarda depolanan karbonun da %80'i toprakta biriktirilir (Eze ve ark., 2018).

Meralar yüksek yüzey albedoları (ışığı yansıtma yeteneği) nedeniyle toprak karbonunun tutulması ve atmosferik soğutma yetenekleri yoluyla küresel iklim düzenlemesi üzerinde de güçlü bir etki yaratırlar (Petermann & Buzhdygan, 2021).

Hatalı Mera Yönetimi

Mera yönetiminin temelini otlatma yönetimi oluşturur. Ancak bu yaban hayatının ve doğal kaynakların göz ardı edilebileceği anlamına gelmez. Mera yönetimi, çiftlik hayvanlarının evcilleştirildiği yaklaşık 10 bin yıldan beri insanların gıda, giyim, yem vb. ihtiyaçlarını temin etmek üzere otlanabilir doğal bitki örtülerinden yararlanma yoludur. Bu ilişkide insanın yönetme biçimi ve otlayan hayvanın davranışı arz-talep (üretim-tüketim) ilişkisini belirlemede önemlidir. Hayvanın davranışı onun karakteri ile alakalıdır, fakat mera yöneticisi bu karaktere uygun şekilde otlatmanın zamanını, süresini ve yönünü ayarlamaktadır. Netice itibarıyla uysallaştırılmış hayvanlar genelde insanın yönetimine rıza gösterirler. Bu sebeple mera yönetiminin en önemli ayağını insanın bilgisi, becerisi ve deneyimi oluşturur.

Meralarda bitki örtüsünün oluşumu ve gelişimi, toprak ve hava, rölyef, rakım, bitki türlerinin etkileşimi, mikroorganizmalar, hayvanlar ve insanların etkisiyle şekillenmiştir. Tüm bu faktörler birbirleriyle ilişkilidir ve tür bileşimindeki farklılıklar ile değişik tür ve grupların oranları nedeniyle sürekli değişmektedir. Farklı insan baskıları mera bitkileri üzerinde nispeten hızlı bir şekilde olumlu ya da olumsuz değişikliklere neden olabilmektedir (Sevov ve ark., 2018).

Mera yönetimi dört ana unsurdan meydana gelmektedir: (a) otlatılacak hayvan sayısının üretilen yem miktarı ile dengeli olması, (b) otlatmaya başlama ve son verme zamanlarının bitki gelişimi ve yenilenmesini olumsuz etkilememesi, (c) hayvanların üretilen ot miktarı ile uyumlu bir şekilde meralarda düzenli dağılımının temini ve (ç) yem tipine uygun hayvan cinsinin seçilmesidir (Altın ve ark., 2021). Doğru mera yönetiminin bu temel ilkeleri içerisinde genellikle otlatılan hayvan sayısı ve otlatma **zamanına bağlı yapılan hatalar** meraların sürdürülebilir olmasını önlemektedir. Dünyada otlatmaya bağlı olarak meralarda verimliliğin %26 oranında

azalmış olması (Niu ve ark., 2025), bunun en önemli göstergesidir. Ağır otlatma kadar olmasa da hayvanları uzaklaştırarak meranın az otlatılması (ve fazla dinlenmesi) da mera bozulmasına katkıda bulunabilir (Onyango ve ark., 2022).

Zamansız otlatma meralarda yapılan yönetim hatalarının başında gelmekle birlikte, ağır ve devamlı otlatma da sık karşılaşılan yanlışlardır (Gökkuş, 2020). Zamansız otlatma aynı zamanda bitkilerin aşırı otlanmasının da sebebidir. Hatalı otlatma yönetimi, meranın bitki örtüsü ve ekolojik işlevlerinde (tür çeşitliliği, toprak, iklim vb.) önemli değişimlere yol açar.

Bitki örtüsü: Özellikle devamlı yoğun otlatma bitki örtülerini ciddi olarak tahrip eder. Bu tahribat verim kayıpları, iyi cins yem bitkilerinin kaybolması, bitki örtülerinin seyrekleşmesi (kaplama alanının azalması), bitkilerin yenileme gücünün zayıflaması ve sonucunda ekosistemin bozulması şeklinde ortaya çıkar (Bilotta ve ark., 2007; Teague ve ark., 2011; Yang ve ark., 2023). Ortaya çıkan istilacı türler diğer türlerle rekabet ederek biyolojik çeşitliliği (Herrero-Jáuregui & Oesterheld, 2017), bitki örtüsünü ve ot kalitesini düşürürler (Jones, 2000). Meralarda zararlı (istenmeyen) türlerin yoğunlaşması, ilkbaharda erken otlatma ile kontrolsüz ve kapasitenin üzerinde yapılan otlatmalarla ilişkilidir (Demir & Ünal, 2022). Özellikle ilkbahar ve sonbahar duyarlı dönemlerinde yapılan otlatmalar az ve kısa süreli üretim yapan bir yıllık türlerin çoğalmasına sebep olur (Sevov ve ark., 2018).

Ayrıca otlayan sığırların meraya bıraktıkları dışkıları dışkıları da altındaki bitkileri boğarak öldürür ve etrafında bazı azot seven ve istilacı türlerin gelişimine sebep olur. Aynı zamanda hayvanların hastalanmalarına neden olan kimi böcek ve iç parazitler (helminter) de gelişim gösterir (Sevov ve ark., 2018).

Canlı çeşitliliği: Meraların insan kaynaklı bozulması, dünyada önemli bir canlı çeşitliliği kaybına sebep olmuş ve çiftlik hayvanları ile otlatma da bu kayba katkıda bulunmuştur (Filazzola ve ark., 2020). Otlatma sadece bitki topluluklarının yapısını ve fizyonomisini olumlu ya da olumsuz etkilemez, aynı zamanda ekosistemin farklı beslenme grubu üyeleri olan çeşitli hayvan türlerinin (otçullar, etçiller, böcekçiller vb.) zenginliğini ve bolluğuna da tesir eder (Soliveres ve ark., 2016). Ağır otlatma toprak altı canlı kütleyi (%19.2), toplam canlı kütleyi (%24.3) ve bitki düzenliliğini (%21.2) önemli ölçüde azaltırken, hafif ve orta otlatmalarda bu durum ortaya çıkmaz (Cao ve ark., 2024).

Toprak: İklim ve toprak özelliklerine bağlı olarak, bilhassa kış ve erken ilkbaharda yapılan otlatmalar hem toprağın sıkışmasına hem de bitkilerin ciddi şekilde zarar görmelerine sebep olur. Merada gezinen koyunların toynakları ile toprağa tatbik ettiği ortalama basınç $0,47 \text{ kg/cm}^2$ ve sığırlarınki de $0,98 \text{ kg/cm}^2$ olarak tahmin edilmiş (Enne ve ark., 1998) ve koyunların uyguladığı bu kuvvet, küçük bir traktörün tekerleklerinin baskısına benzer boyutta olmuştur (Anonim, 2018). Küresel ölçekte de meraların yaklaşık %20'sinin aşırı otlama ve sıkışma nedeniyle bozulmuş olduğu kabul edilmektedir (Drewry ve ark., 2008). Nemli halde otlatıldığı için sıkışan topraklarda (Parlak ve ark., 2018), toprak yapısı bozulur, yağış sularının toprağa girişi ve süzülmesi zorlaşır, yüzey akışı artar, erozyon riski yükselir, kök başta olmak üzere toplam bitki kütlesi azalır, buna bağlı olarak da toprak organik maddesi ve besin elementi içeriği düşer ve sonuçta ot üretimi azalır (Drewry ve ark., 2008; Donovan & Monaghan, 2021; Centeri, 2022). Otlayan hayvanların bu etkisi sadece doğal meralarda değil, aynı zamanda hayvancılığın eklendiği bitkisel üretim sistemlerinde de çiftlik hayvanlarının yol açtığı toprak hasarı, bitki+hayvan üreticileri için önemli bir endişe kaynağıdır (Bell ve ark., 2011).

Erozyon: Erken ve ağır otlatma hemen hemen yapılan tüm araştırmalarda toprak erozyonunun en önemli sebebinin oluşturmaktadır (Kairis ve ark., 2015; Park ve ark., 2017; Lai & Kumar, 2020; Julich ve ark., 2022). Dünyada su erozyonunun yaklaşık 1/3'ü ve rüzgâr erozyonunun ise %60'ı ağır otlatma kaynaklıdır (Oldeman, 1992). Türkiye'de uzun yıllar süren erken, ağır ve devamlı otlatma ile elverişsiz iklim sebebiyle doğal meraların büyük bir kısmı erozyon sorunu ile karşı karşıyadır (Koç ve ark., 1994).

Karbon depolama: Dünyada yaygın olarak görülen ağır otlatmaya bağlı meraların bozulması, ister istemez karbon depolarını da tüketir. Meraların sürülmesi sonucunda da depolanan karbon hızla ayrışır ve CO_2 olarak salınır (Soussana ve ark., 2007). Bu durum her yıl yaklaşık 0,8 ton toprak karbonunun atmosfere aktarılmasına vesile olur (FAO, 2010). Zira küresel olarak topraklar atmosferden yaklaşık iki kat ve bitki örtüsünden üç kat daha fazla karbon bulundurulur (Ghosh & Mahanta, 2014). Bu sebeple toprak kaybına yol açan toprak üstü canlı kütlenin uzaklaştırılması, sürekli yoğun otlatma ve diğer hatalı otlatma yönetimi, meraların üretimini etkileyen ve toprak karbon stoklarının tükenmesine yol açan önemli insan faktörleridir (Conant & Paustian,

2002).

Mülkiyet ve yasal sorun: Türkiye’de meraların verim ve kalite kayıplarının başında orta malı olmaları gelmektedir. Meraların mülkiyeti devletin, kullanım hakkı tahsis edilen kitlenindir. Böyle olunca meralar hayvancılık yapanların çoğunluğu tarafından gelişigüzel otlatılmakta, buna karşılık iyileştirilmeleri ile ilgili herhangi bir çaba sarf edilmemektedir. Bu sebepten dolayı meraların yönetimi ve ıslahını düzenlemek üzere 1998 yılında 4342 sayılı Mera Kanunu çıkarılmış, ancak bu kanun da amacına tam olarak ulaşamamıştır. Kanunda meraların taşıma kapasitesine göre hayvan otlatılması ve otlatma süreleri (otlatma mevsimi) açıkça belirtilmiş (Madde 23 ve 26) olmasına rağmen, büyük ekseriyetle buna uyulmamıştır. Oysa sürdürülebilirliğin temeli hayvan sayısı ve otlatma zamanıdır ve yasaya rağmen meraların alışılmış, ama hatalı kullanımına engel olunamamıştır. Kanunda meraların bakımı ve ıslahı için gerekli mali kaynaklara (otlatma bedeli, çeşitli kalemlerden alınan fonlar vb.) yer verilmiş (Madde 26) olmasına rağmen, maalesef bu kaynaklar da yerinde kullanılmamıştır. Diğer taraftan otlatma dışında meralarda tahsis amacı değişiklikleri de sıklıkla başvuru alan uygulamalardır. Hatta bunun alanını genişletmek için ilgili 14. Maddeye çok sayıda ek yapılarak “j” bendine kadar gelmiştir. Meralardan sorumlu olan Tarım ve Orman Bakanlığının teknik personeli meralara olan tecavüzlerde doğrudan yaptırım yapma yetkisine sahip değildir. Kanuna uymama ve yaptırım zorlukları, sonuçta meraların bozulmasını önleyememiş ve iyileştirilmeleri için de etkili ve sürdürülebilir yöntemlerin uygulanması mümkün olamamıştır.

Sürdürülebilir Mera Yönetimi

Sürdürülebilir mera yönetimi, meraların uzun vadeli verimliliği ile çevre kaynaklarının sürdürülebilirliğini ve ekonomik faydaları dengelemeye yönelik bir yaklaşımdır. Bu yönetim sistemi, mera ekosistemlerinin sağlığını korumayı ve iyileştirmeyi hedeflerken, sürdürülebilir bir bitkisel üretimi destekler ve sürdürülebilir bir hayvancılığın da temelini oluşturur (Rinehart, 2008). Bu yönetim tarzında bitki çeşitliliği, toprak sağlığı ve su yönetimi gibi çevre faktörleri dikkate alınır. Bitki örtüsünün korunması, toprak erozyonunun önlenmesi ve karbon tutulumu gibi ekosistem hizmetleri ön plandadır ve iklim değişikliğiyle mücadele gibi çevresel yararlar sağlar. Ayrıca hayvanlarda verimliliğin ve refahın artması ve daha kaliteli hayvansal ürünlerin elde edilmesi gibi ekonomik katkılarda bulunur.

Sürdürülebilir bir mera, uzun vadede çevre kalitesi ve ekosistem kaynak tabanının iyileştirildiği, aynı zamanda insan ihtiyaçlarını ekonomik şekilde karşılayacak gıdanın temin edildiği ve üreticilerin ve tüketicilerin yaşam kalitesinin iyileştirildiği bir meradır. Sürekli artan nüfus için gıdaya her zaman ihtiyaç duyulacağından, tarımsal sistemlerde sürdürülebilir üretim insan yaşamı için vazgeçilmezdir (Motta-Delgado ve ark., 2019). Yerel halkın yaşam kalitesinin artırılması ve kırsal kalkınmanın desteklenmesi ile de sosyal katkılar sunar.

Sürdürülebilir Mera Yönetiminin İlkeleri

Mera ekosistemlerinin korunması ve sürdürülebilirliğinin başarılmasında, otlatma ve hayvanların arazi üzerindeki etkileri önemlidir. Bunlar içerisinde, (a) zamanında otlatma ve yeniden büyümeyi teşvik eden bitki materyalinin korunması, (b) hayvan atıkları ile besin döngüsünün sağlanması, (c) toprak organik maddesinin birikimi ile verimlilik ve su tutma kapasitesinin artması, (ç) toynak hareketi ile toprak yüzeyinin parçalanması ve bastırılması suretiyle dökülen tohumların çimlenmesi ve mera bitkilerinin yenilenmesi sayılabilir (Rinehart, 2008). Mera yönetimi bütünsel bir parazit yönetim stratejisinin de hayati bileşenidir. Uygun mera yönetimi ile çiftlik hayvanlarının yuttuğu parazit sayısını azaltabilir ve parazit yükünü düşürebilir (Coffey & Hale, 2012). Bunların başarılabilmesinde, otlatma yönetimi, karışık hayvan türleri ile otlatma, bitki ile kaplı alan, baklagiller ve odunsu türler ve toprağın korunması önemli bir yere sahiptir.

Otlatma yönetimi: Mera hayvancılığı üretim-tüketim esasına dayanır. Bir yandan bitkiler üretim yaparken, öte yandan aynı ya da farklı zaman dilimlerinde hayvanlar tüketimlerine devam ederler. Otlatma yönetiminin temelini de bu dengenin doğru kurulması oluşturur (Altın ve ark., 2025). Üretim yapılabildiği ölçüde tüketim gerçekleşir. Bu sebeple mera yönetiminde bitkilerin üretim faaliyetlerini aksatmamaları dikkate alınacak en önemli husustur. Otlatma yoğunluğunun artması ile fotosentezin en çok yapıldığı yaprakların alanı aşırı derecede küçülür, bu da üretimi azaltır (Matches, 1992; Vidaller ve ark., 2022). Ekosistem hizmetlerinin aksamasına da izin verilmemelidir. Bu bakımdan genellikle üretilen otun yarısının tüketilip kalan yarısının da merada bırakılması önerilmektedir (Hendrickson & Olson, 2006; Altın ve ark., 2025). Böylelikle bitkiler her otlanmadan sonra kendilerini yenileyebilecek yeterli fotosentez dokusunu korumuş olurlar. Bunun için otlatmadan sonra

kalan anız yüksekliğine dikkat edilmelidir (Altın ve ark., 2025).

Otlatma yönetimi, belirli bir amaç veya amaçlar doğrultusunda otlatmanın düzenlenmesidir. Hedefleri arasında yem üretiminin optimize edilmesi, üretilen yemlerin verimli kullanımı, merada sürekliliğin sağlanması, hayvansal üretim ve ekonomik getiri için belirli hedeflere ulaşılması, doğal kaynakların sürdürülmesi ve ekosistem hizmetlerinin sunulması yer almaktadır (Sollenberger ve ark., 2020). Otlatmayı düzenlemek için kullanabilecek araçların başında otlatma yoğunluğu, sıklığı ve zamanlaması yanında mera bitki örtüsü ve arazi yapısına uygun hayvan seçimi ve seçilen hayvanların düzenli dağılımı gelmektedir. Otlatma yoğunluğu arttıkça dinlenme süresinin de artması gerekir (Undersander ve ark., 2002). Bu yüzden örneğin “kısa süreli yoğun otlatma-uzun süreli dinlendirme” sistemi mera bitkilerinin yeniden büyümelerine fırsat verir (Teague & Kreuter, 2020) ve toprak organik maddesini, karbon depolanmasını, fiziksel yapısını ve canlı faaliyetini iyileştirir (Johnson ve ark., 2022). Aynı zamanda bu sistem hayvanların merayı otlama davranışlarına uygun bir şekilde kullanımını optimize eder ve mera ekosistemlerini daha dirençli hale getirir (Teutscheroová ve ark., 2021).

Otlatma yoğunluğu, sıklığı ve zamanı mera bitkilerinin kendilerini yenileyebilme yeteneğine (dinlenme süresine) göre belirlenir (Gastal & Lemaire, 2015). Mera bitkilerinin büyüme hızı, bırakılması gereken dinlenme süresini belirler. Bu süre genellikle hızlı büyüyen türlerin hakim olduğu meralarda ya da bitkilerin hızlı büyüdükleri dönemlerde 2-3 hafta, yavaş büyüyen bitkilerin yaygın olduğu meralarda ve bitkilerin yavaş büyüdükleri dönemlerde ise 3-4 hafta arasında değişmektedir (Altın ve ark., 2025).

Kurak meralar dünyadaki meraların yaklaşık %60'ını ve kurak alanların %70'ini kaplar ve dünya nüfusunun %14'ünü ve küresel hayvancılığın %50'sini besler (Louhaichi ve ark., 2021). Geniş alanlar kaplayan bu meralarda otlatmadan sonra bitkilerin kendilerini yenilemeleri zor olduğu için daha uzun dinlendirme sürelerine ihtiyaç duyulur (Müller ve ark., 2007; Louhaichi ve ark., 2021). Hatta çok kurak meralarda bu süre bir yıla kadar uzatılabilir (Holechek, 1983). Buna karşılık nemli ya da sulanan verimli meralarda “klasik münavebeli otlatma” sistemi, meraların daha verimli ve sürdürülebilir kullanılması açısından tercih edilmelidir (Altın ve ark., 2025).

Değişik otlatma sistemlerinin otlatılan alanların tür zenginliği, tür bileşimi, toprak verimliliği, toprak yoğunluğu, karbon tutulması vb. üzerinde farklı etkileri vardır. Bu sebeple otlatma sisteminin seçiminde birçok ölçüt dikkate alınır. Bu ölçütler içerisinde, bitki örtüsü, iklim, arazi yapısı, otlayan hayvanın cinsi, işgücü ihtiyacı ve merayı ıslah etmek gibi faktörler sayılabilir (Gökkuş, 1991).

Bitki örtüsünün (meranın) durumu otlatma sisteminin seçiminde öncelikle ele alınması gereken faktördür. Örneğin iyi durumdaki meralar, bozulmuş (zayıf) meralara göre daha verimli, daha kararlı ve çevre değişikliklerine karşı daha dirençli olup, daha fazla ekosistem hizmeti sunar ve çiftçilere daha iyi hizmet eder. Bitki örtülerinin üretim güçleri ve bu üretimin otlatma mevsimi içerisindeki dağılımı da otlatma sisteminin seçiminde belirleyicidir. Dağlık meralarda taban ve tepe arasında bitki gelişmesindeki farklılıklar, otlatmaya başlama ve son verme zamanlarını belirler. Bu sebeple “mevsime uygun otlatma” sistemi geliştirilmiştir (Heady, 1961; Holechek, 1983). Bu sistemde otlatma sırası, bitkilerin otlatma olgunluğuna ulaşmalarına göre belirlenir. Dağlık meralarda taban, yamaç ve tepe arasında bitki gelişiminde, dolayısıyla otlatma olgunluğuna ulaşmada farklılık olduğu için böyle meralar mevsime uygun otlatma sisteminin uygulanabileceği en iyi otlaklardır (Koç, 1995).

Mera bitkilerinin otlanmaya karşı duyarlı oldukları dönemlerde hayvanların meradan uzaklaştırılması sürdürülebilir bir yönetim için elzemdir. Bilhassa ilkbaharda erken ve sonbaharda geç otlatmadan kaçınılmalıdır. İlkbaharda bitkiler yeni geliştikleri için yeterli fotosentez dokusundan yoksundur ve topraklar zarar görecektir kadar nemlidir. Sonbaharda ise bitkilerin sert kışlara dayanması ve ilkbahar büyümesi esnasında yeterli yedek besin maddesine sahip olmaları gerekir. Örneğin sonbaharın sonlarında yapılan otlatmayı izleyen ilkbaharda, meralarda yaygın olan hindibada (*Cichorium intybus*) yaklaşık %27 daha az bitkinin oluşması ile sonuçlanmıştır (Li ve ark., 2003).

Farklı otlatma yoğunlukları bitki morfolojisini değiştirebilir. Otlanan bitkilerde boy kısalmır, cüsse küçülür ve yapraklar ufalır (Landsberg ve ark., 1999; Diaz ve ark., 2001). Bitkilerdeki bu değişimler otlanmadan daha az etkilenmek için verilen tepkilerdir. Bu sebeple kısa boylu bitkiler otlanmaya karşı uzun boylulardan daha dayanıklı olduklarından, otlanan alanlarda daha yaygındırlar (McNaughton, 1984; Cingolani ve ark., 2005). Dolayısıyla meraların uzun boylu türlerden oluşmasına çabalamak veya uzun boylu türlerle tohumlama yapmak

doğru bir yaklaşım olarak düşünülmemelidir.

Orta ya da hafif otlatma fakir toprakların verimliliğini artırır ve tür zenginliğini ve bitki ile kaplı alanı destekler, karbon depolamasını artırıp sera gazı salınımı düşürür ve tozlayıcı çeşitliliğini artırır, yüzey akışını azaltır ve toprak kümeleşmesini teşvik eder, bu da toprağı erozyondan korumaya yardımcı olur (Xu ve ark., 2018; Bengtsson ve ark., 2019; Török ve ark., 2024). Ayrıca, suyun sınırlayıcı olduğu ortamlarda tohum çimlenmesi ve fidelerin yerleşmesi için önemli olan toprağın su tutma yeteneğini iyileştirir (Peco ve ark., 2006).

Otlatılan hayvanın cinsi, otlatma zamanı ve yoğunluğunu düzenleyerek meranın bozulmasına yol açan yabancı bitkilerle mücadele etmek mümkündür (Mosley & Roselle, 2006; Olson & Launchbaugh, 2006). Geniş yapraklı otsu türlerin çoğu yeşil halde iken hayvanlar tarafından kolaylıkla ve isteyerek otlanırlar. Bu türlerin çiçek oluşturdudan sonra otlanmaları üreme faaliyetlerini önemli ölçüde baskılar. Yıllık türler tohumla çoğaldıkları için tohum oluşturmada önce otlanmaları, zamanla bitki örtüsündeki oranlarını azaltacaktır. Bu baskılamada bütün hayvan türleri etkilidir, fakat koyun ve keçilerin etkinliği daha fazladır (Mosley & Roselle, 2006). Merada artan sığır yoğunluğu çok yıllık yüksek boylu buğdaygilleri baskı altına alır (Hickman ve ark., 2004). Çalı türlerinin azaltılmasında ise keçiler en önemli çiftlik hayvanlarıdır (Luginbuhl ve ark., 1996; Uzun ve ark., 2015; Moinardeau ve ark., 2020). Böylelikle meranın ot kalitesi yükseltilerek iyi durumda sürdürülebilir bir mera elde edilmiş olur.

Karışık otlatma: Otlayan hayvanlar sindirim sistemlerine en az zarar veren ve mevsimsel beslenme ihtiyaçlarını en iyi karşılayan bitki türlerini ve bitki kısımlarını tüketirler (FAO, 2012). Bu nedenle yem tercihi hayvan türlerine göre farklılık gösterir (Gordon, 2003; Erkovan ve ark., 2016) ve bu meranın bitki bileşimi ve verimliliğini etkileyebilir.

Meralar tek hayvan cinsi ile otlatıldığında, aynı bitki türleri tekrar tekrar seçici bir şekilde otlanır, bu da tercih edilen türlere zarar verir. Bu sebeple otlatma sistemleri, istenen bitkilerin tekrar ve seçici bir şekilde otlanmasını en aza indirip, hayvan performansını ve bitki seçimini düzenleyen araçlar olmalıdır.

Aynı alanda birden fazla otçul türünün otlatılması genellikle yem kaynaklarının daha verimli kullanılmasıyla sonuçlanır ve sürdürülebilir üretimi artırır. Bir hayvan cinsinin otlamaktan kaçındığı bitkiler başka hayvan türleri tarafından sevebildiği için, karışık otlatmanın faydaları hayvanların farklı beslenme alışkanlıklarının sonucudur (Walker, 1994). Sığırlar diğer türlere göre buğdaygilleri daha çok tercih ederler ve daha az seçicidirler (Grings, 2020; Altın ve ark., 2025). Koyunlar geniş yapraklı bitkileri, keçiler ise çalıları otlamayı yeğlerler (Hejermanova ve ark., 2016; Altın ve ark., 2025). Koyun ve keçiler daha çok çeşitli tür otlarlar (Walker, 1994) ve yabancı otları tüketmeye sığırlardan daha yatkındırlar (Coffey, 2001). Sığırlar koyun ve keçilerden daha az seçici bir şekilde bireysel bitki kısımlarını (yapraklar ve saplar) otlatmaya uyum sağlamışlardır. Örneğin ak üçgül-çim karışımı meralarda otlatılan kuzular buzağılardan daha fazla ak üçgül ve daha az çim tüketmişlerdir. Oğlaklar ise buzağılar ve kuzular tarafından seçilen yemin arasında bir seçim yapmışlardır (Matches, 1992). Bu nedenle, sığır, koyun ve keçileri merada ayrı sürüler halinde birlikte otlatmak, her tür bitkinin yenmesini sağlar, böylece yabancı otlar ve çalılar da baskılanabilir. Tek tür otlatmaya kıyasla yem kullanım etkinliği artar, birim alanda daha fazla canlı ağırlık kazancı ve kuzu büyümesi sağlanır (Abaye ve ark., 1993; d'Alexis ve ark., 2014). Çok sayıda hayvan türü bitki örtüsü kaynaklarını daha düzgün kullanır ve bu da ekosistemin istikrarını artırır. Yüksek bitki çeşitliliğine sahip meralarda sığırlarla koyunların (Liu ve ark., 2015) ve koyunlarla keçilerin (Animut & Goetsch, 2008) karışık otlatılması bitki çeşitliliğini önemli ölçüde artırmaktadır. Dolayısıyla çoklu hayvan türü ile otlatma, daha sürdürülebilir bir mera yönetimi için teşvik edilmelidir. Bunun için de hayvanların beslenme tercihlerini, bitki kompozisyonunu ve toprak sağlığını dikkate alan bütünsel bir yaklaşım esastır (Slayi & Jaja, 2024).

Hayvan davranışı: Hayvanlar meranın bitki bileşimini ve büyümesini, otlama yanında, toynakları ile çiğneyerek, dışkı ve idrarlarını bırakarak ve tohumları yayararak da etkileyebilirler. Genel olarak baklagiller, buğdaygillere göre çiğnenmeye karşı daha az dirençlidir. Fosfor eksikliği olan topraklarda sığır atığı baklagil büyümesini teşvik etme eğilimindedir ve idrardaki azot otun büyümesini uyarır (Matches, 1992) ve bu kısımlar daha yeşil görünür. Dışkı ve idrar birikimi dolaylı olarak besin desteği sağlar, mikroorganizma kompozisyonunu değiştirir ve besin döngüsünü hızlandırır (Niu ve ark., 2025).

Bitkilerin yayılması, varlıklarını sürdürmeleri, popülasyonların dinamiği ve biyolojik çeşitlilik bakımından önemlidir (Wehncke, 2010; Beckman ve ark., 2020). Ana bitkinin dibine düşen tohumlar, ebeveyni

ile yoğun rekabete girerek çoğunlukla yaşama şansı bulamazlar (Howe & Smallwood, 1982). Oysa yayılan bitkiler uygun ekolojik nişler edinerek hayat mücadelesini kazanabilirler. Yayılmada hayvanlar önemli araçlardır. Çiftlik hayvanları tohumları üzerlerinde ve sindirim sistemlerinden geçirip dışkıları aracılığı ile yayarak (Chuong ve ark., 2016), bitki örtülerinin sürdürülebilir olmasına katkı sağlarlar.

Bitki ile kaplı alan: Mera ekosistemlerinde bitki ile kaplı alan hayati önemdedir, hatta tür zenginliğinden daha önemlidir (Ji ve ark., 2009). Yoğun bitki kökü erozyonu önleyecek şekilde toprağı birbirine bağlar (Smith ve ark., 2021). Özellikle kurak ve yarı kurak bölgelerde bu çok daha önemlidir. Ölü bitki artıkları toprağı organik madde sağlar, bu da toprağın su tutma kapasitesi ve bitekliğini artırır (Hassan ve ark., 2021; Prescott & Vesterdal, 2021) ve sıcaklık dalgalanmalarını azaltır (Facelli & Pickett, 1991). Bitki örtüsü yüzey akışını azaltarak suyun toprağı girişini kolaylaştırır ve çeşitli nedenlerle uzaklaşan yeraltı suyunu yerine koyar. Bilhassa kurak kumlu bölgelerde derin toprak suyunun yerine konması su dengesi açısından büyük önem taşır (Cheng ve ark., 2020).

Bitki ile kaplı alan toprak üstü bitki kütlesi ve tür zenginliği ile olumlu ilişkilidir (Sanaei ve ark., 2018) ve otun kalitesini yükseltir. Bu durum doğrudan otlayan hayvanların verimine etki eder. Sık bitki toplulukları böceklerden büyük hayvanlara kadar çok çeşitli hayvanların varlığını destekler ve bu şekilde canlı çeşitliliğini artırır. Bitki çeşitliliğinin artması, aynı zamanda ekosistemin sağlığını ve kararlılığını olumlu etkiler.

Biyolojik çeşitlilik: Mera ekosistemleri ve ürettikleri hizmetlerin uzun vadeli sürdürülebilmesi için bozulmanın bertaraf edilmesi, biyolojik çeşitliliğin korunmasına bağlıdır (Kemp & Michalk, 2007). Biyolojik çeşitlilik meraların verimliliğinde önemli olup, çeşitliliği fazla olan bitki örtülerinde kısıtlayıcı kaynaklar tam olarak kullanılabilir (Zhou ve ark., 2006). Doğru otlatma yönetimi meraların biyolojik çeşitliliğini korumak veya geri kazanmak için bir araç olabilir ve estetik önemine katkıda bulunabilir. Ancak bu dikkatli bir planlama gerektirir ve yerel şartlara uyulanmalıdır (Metra ve ark., 2010).

Tarımsal ekosistemlerin işlevleri büyük ölçüde bitki ve hayvan çeşitliliğine bağlıdır. Canlı çeşitliliği, besin üretiminin ötesinde besin maddelerinin geri dönüşümü, mikro iklimin ve yerel hidrolojik süreçlerin düzenlenmesi, istenmeyen organizmaların bastırılması ve zararlı kimyasalların etkisizleştirilmesi gibi çeşitli ekolojik hizmetler sağlar (Altieri, 1999). Bu nedenle meraların canlı çeşitliliği yalnızca bitki ve hayvan topluluklarını korumak için bir araç olarak değil, aynı zamanda tarımsal verimliliği sürdürmek için de önemlidir.

Baklagiller: Azot bitkilerin üretim gücü üzerinde en etkili elementtir ve yetersizliğinde büyüme sınırlı kalır (Andrews ve ark., 2011). Baklagiller toprakta doğal olarak bulunan rizobiya bakterilerinin ortak faaliyeti ile atmosfer azotunu kullanılabilir N formuna dönüştürme yeteneğine sahip olan emsalsiz bitkilerdir ve doğal bir ekosistemde yılda dekara 1-8 kg N bağlayabilirler (Andrews ve ark., 2011; Flynn & Idowu, 2015). Bunun yanında yetiştirilen baklagillerde tür ve yere göre 2-39 kg/da arasında N tespit edilmektedir (Vasconcelos ve ark., 2020; Gökkuş & Koç, 2025). Bu sebeple, diğer faktörler büyüme için uygunsa, baklagiller azotun yetersiz olduğu topraklarda bitkilere avantaj sağlar ve iyi yönetilen meralarda ek azot ihtiyacını tamamen ortadan kaldırılabirler.

Yüksek yoğunluklu otlatma sistemlerindeki meralarda (verimli meralar) hayvanlar tarafından alınan azotun %70-85'i dışkı ve idrar şeklinde toprağı döner ve geri dönüşür. Bu yüzden yoğun ve sık otlatma ile yönetilen ve önemli miktarda baklagil türüne sahip bir mera, istikrarlı ve kapalı bir sisteme dönüşme potansiyeline sahiptir (Heckman, 2015).

Baklagiller derin kökleri, bakterilerle ortak yaşam ile azot bağlamaları ve yüksek protein içeren ot üretmeleri (Algan ve ark., 2017) sebebiyle sürdürülebilir bir mera yönetiminde önemli bir yere sahiptirler. Meralara genellikle gübre verilmediğinden, bağladıkları N sayesinde ve otun besin değerlerini artırmak suretiyle meranın verimliliğinde etkilidirler (Kemp & Michalk, 2007). Protein ile birlikte mineral ve vitamin açısından da zengin olan baklagillerin artırılması, otsu kütlenin kalitesini artırmanın yanı sıra toprağın azot dengesini iyileştirir ve buğdaygillerin ve diğer geniş yapraklı otların gelişimini destekler (Yang ve ark., 2016). Yazları sıcak ve kurak geçen Akdeniz meralarında yıllık baklagiller bitki örtülerinin iyileştirilmesinde vazgeçilmez türlerdir (Porqueddu & González, 2006).

Bu olumlu yönlerine karşılık, buğdaygil ve diğer familyalardan bitkilerle kıyaslandığında, baklagiller mera bitki örtülerinde genellikle daha az bulunurlar (Gökkuş & Altın, 1986; Özaslan Parlak ve ark., 2015; Yıldız & Özyazıcı, 2017; Sürmen & Kara, 2018). Az bulunmaları, çevreye karşı daha titiz olmaları ve familyadaki

çoğu türün daha az dayanıklı olmasından kaynaklanır. Sadece gelişmeleri için çok uygun şartlarda %50-60'a kadar ulaşabilirler (Sevov ve ark., 2018). Bu otlatma yönetiminde daha dikkatli olmayı gerektirir.

Odunsu türler: Otsu türlere yaşam alanı bırakacak sıklıktaki odunsu türler (çalı, ağaç) ekosistemin sürdürülebilirliğinde önemli kaynaklardır. Özellikle kurak ve yarı kurak alanlarda genelde yıl boyu yem üretmek suretiyle hayvan beslenmesini destekler ve yem üretiminde mevsime bağlı dalgalanmaları azaltırlar. Birçoğu besleme değeri yüksek ot ve meyve (palamut gibi) üreterek hayvanların daha iyi beslenmelerini ve ek yem ihtiyaçlarının azalmasını sağlarlar (Koç, 2000). Aşırı sıcak ve soğuk zamanlar ve rüzgârın sert estiği havalarda hayvanlar için iyi birer korunaktırlar (Brunetti, 2014). Toprağa karbon bağlamak ve diğer besin elementlerini temin etmek suretiyle toprağın verimliliğini artırır (Parlak ve ark., 2012) ve erozyonu önlerler (Cerdà ve ark., 2021). Sınırlı da olsa, bazı yörelerde insanlar tarafından çit ve yakacak olarak da kullanılırlar. Sürdürülebilir bir mera yönetiminde odunsu bitkilerin bu özelliklerinden yararlanabilmek için özellikle otlatmanın zamanlaması ve yoğunluğu iyi ayarlanmalıdır (Altın ve ark., 2025).

Toprak koruma: Toprak kaybının yüksek olduğu meralarda toprak ve su koruma tesislerinin kurulması ve bitki örtülerinin zenginleştirilmesi yanında (Altın ve ark., 2021), bitki örtüsü ve toprak yapısını koruyacak şekilde sürdürülebilir bir otlatma yönetimine başvurmak gerekir. Örneğin, devamlı otlatmanın sebep olduğu toprak sıkışmasını dinlendirerek otlatma ile azaltmak mümkündür (Serrano ve ark., 2023). Verimliliği artıran iyi mera yönetimi, toprak karbon kayıplarını tersine çevirir ve topraklarda önemli miktarda karbon birikimine yol açar (Conant ve ark., 2001). Bu da toprakların erozyona karşı daha dirençli hale gelmesine yardımcı olur.

Sonuç

Tarımda yoğun girdi kullanımının artması, meralar üzerinde büyük bir etki yaratmış, bu da birçok bitki ve hayvan türünü yok etmiş ve araziye değiştirmiştir. Sisteme hayvancılığı da katan sürdürülebilir çiftlik uygulamaları, yanlış yönetilen (aşırı, zamansız) otlatmadan kaynaklanan sorunlara potansiyel bir çözüm olabilir.

Sürdürülebilir bir mera yönetimi için mera alanları korunmalı, hatalı otlatma yönetiminden vazgeçilmeli ve gerekli görülen ve öncelikli alanlarda ıslah çalışmaları başlatılmalıdır. Üretilen yem ile otlatılan hayvan sayısı arasında denge kurulmalı, bitkiler otlanma olgunluğuna ulaşmadan hayvanın dişi ve toynağı ile buluşmamalı, her otlanmadan sonra bitkilere yeterli dinlenme fırsatı tanınmalı, karışık hayvan türleri ile otlatma yapılarak bitki örtülerinin daha düzenli kullanımı sağlanmalı, hayvanların merada düzenli dağılımı temin edilmeli, hayvanın refahını sağlamak ve yemden yararlanma oranını yükseltmek için su ve gölgelik gibi yapılar meraya uygun aralıklarla yerleştirilmelidir.

Meralardan sorumlu kişilerin (Mera Komisyonu, Mera Yönetim Birliği üyeleri, vb.) belirlenmesi ve meraların kullanımlarının düzenlenmesi ile gerekli bakım ve ıslah çalışmaları için kaynak temini gibi birçok hususun yer aldığı 4342 sayılı Mera Kanunu mevcuttur. Ancak kanunun uygulamalarında eksiklikler ve güçlükler vardır ve zaman zaman ciddi sorunlar yaşanabilmektedir. Kanun ile genelde otlatma yönetimini düzenlemede başarılı olunamamış, mera tecavüzleri tam olarak önlenememiş ve ıslah edilen meralarda iyileştirilen bitki örtüleri korunamamıştır. Dolayısıyla sürdürülebilir bir mera yönetimi için öncelikle Mera Kanunu işlevsel hale getirilmelidir. Ayrıca mera bitki örtüleri ve bunlardan yararlananlar sürekli olarak kontrol edilmeli ve iyiye gitmeyen ya da mevcudun korunamadığı bir durumun tespiti halinde en kısa sürede etkili müdahalede bulunulmalıdır. Bunun için Kanunda görülen noksanlıklar düzeltilmeli, bu alanda çalışacak uzman personel sayısı artırılmalıdır.

Sonuçta, meraların sürdürülebilir yönetimi, çevre, ekonomi ve toplum için büyük önem taşımaktadır. Bu amaçlara ulaşabilmek için bilimsel yöntemler ve yerel halkın katılımıyla geliştirilecek bütüncül yönetim planları uygulanmalıdır. Ayrıca Mera Kanununu uygulamaktan kaçınılmamalıdır.

Ek Bilgiler ve Beyanlar

Çıkar Çatışması Beyanı: Makale yazarı herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

 **Telif Hakkı:** 2025 Gökkuş

Akademik ve Mizanpaj Editörü: Baboo Ali



Bu çalışma Creative Commons CC-BY 4.0 Uluslararası Lisansı kapsamında lisanslanmıştır.

Kaynaklar

- Abaye, A. O., Allen, V. G., & Fontenot, J. P. (1993). Influence of grazing cattle and sheep together and separately on animal performance and forage quality. *Journal of Animal Sciences*, 72(4), 1013-1022.
- Abdelsalam, M. I. (2021). Effects of overgrazing on rangeland resources in semi-arid areas and rangeland management: A Review Article. *Agrica*, 10, 144-151.
- Algan, D., Aydın, İ., & Olfaz, M. (2017). Otlatma olgunluğundaki doğal meranın familyalar bazında besleme değeri. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 32, 367-373.
- Altieri, M. A. (1999). The ecological role of biodiversity in agroecosystems. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 74, 19-31.
- Altın, M., Gökkuş, A., & Koç, A. (2021). Çayır ve Mera Islahı. Palme Yayınevi, Ankara, 359s.
- Altın, M., Gökkuş, A., & Koç, A. (2025). Çayır Mera Yönetimi (2. Baskı). TOB, Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü, Ankara, 667s.
- Andrews, M., James, E. K., Sprent, J. I., Boddey, R. M., Grosse, E., & dos Reis Jr, F. B. (2011). Nitrogen fixation in legumes and actinorhizal plants in natural ecosystems: Values obtained using ¹⁵N natural abundance. *Plant Ecology & Diversity*, 4(2-3), 131-140.
- Animut, G., & Goetsch, A. L. (2008). Co-grazing of sheep and goats: Benefits and constraints. *Small Ruminant Research*, 77(2-3), 127-145.
- Anonim. (2018). The Science of Soil Compaction. <https://www.agric.wa.gov.au/soil-compaction/science-soil-compaction>. (Erişim Tarihi: 29.01.2025)
- Anonim. (2024). Valuing Grasslands Critical Ecosystems for Nature, Climate and People. Grasslands, Rangelands, Savannahs and Shrublands (GRaSS) Alliance, Discussion Paper, February 2024, 49p.
- Aydoğdu, M., Yıldız, H., Ünal, E., Özaydın, K. A., Dedeoğlu, F., Ataker, S., & Kuz, V. Ö. (2020). Mera Varlığının ve Mera Durum Sınıflarının Belirlenmesi. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı TAGEM, Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Proje Sonuç Raporu.
- Bai, Y., & Cotrufo, M. F. (2022). Grassland soil carbon sequestration: Current understanding, challenges, and solutions. *Science*, 377(6606), 603-608. doi.10.1126/science.abo2380
- Beckman, N. G., Aslan, C. E., & Rogers, H. S. (2020). Introduction to the Special Issue: The role of seed dispersal in plant populations: perspectives and advances in a changing world. *AoB Plants*, 12(2), 10. doi.10.1093/aobpla/plaa010
- Bell, L. W., Kirkegaard, J. A., Swan, A., Hunt, J. R., Huth, N. I., & Fettell, N. A. (2011). Impacts of soil damage by grazing livestock on crop productivity. *Soil and Tillage Research*, 113(1), 19-29.
- Bengtsson, J., Bullock, J. M., Egoh, B., Everson, C., Everson, T., O'Connor, T., O'Farrell, P. J., Smith, H. G., & Lindborg, R. (2019). Grasslands - more important for ecosystem services than you might think. *Ecosphere*, 10(2), e02582. doi.10.1002/ecs2.2582
- Bilotta, G. S., Brazier, R. E., & Haygarth, P. (2007). The impacts of grazing animals on the quality of soils, vegetation, and surface waters in intensively managed grasslands. *Advances in Agronomy*, 94, 237-280.
- Boval, M., & Dixon, R. M. (2012). The importance of grasslands for animal production and other functions: A review on management and methodological progress in the tropics. *Animal*, 6(5), 748-762.
- Brunetti, J. (2014). The Farm as Ecosystem: Tapping Nature's Reservoir - Biology, Geology, Diversity. Acres, USA, 335p.
- Butler, D. R. (2013). Grazing influences on geomorphic systems. *Treatise on Geomorphology*, 13, 68-73.
- Cao, F., Li, W., Jiang, Y., Gan, X., Zhao, C., & Ma, J. (2024). Effects of grazing on grassland biomass and biodiversity: A global synthesis. *Field Crops Research*, 306. doi.org/10.1016/j.fcr.2023.109204
- Cavaco, T., Torres, M. O., & Faria, J. M. S. (2023). Grassland crops as drivers for the improvement of soil fertility. *Biology and Life Sciences Forum*, 27(1). doi.org/10.3390/IECAG2023-14991
- Centeri, C. (2022). Effects of Grazing on Water Erosion, Compaction and Infiltration on Grasslands. *Hydrology*, 9(2), 34. doi.org/10.3390/hydrology9020034
- Cerdà, A., Lucas-Borja, M. E., Franch-Pardo, I., Úbeda, X., Novara, A., López-Vicente, M., Popović, Z., & Pulido, M. (2021). The role of plant species on runoff and soil erosion in a Mediterranean shrubland. *Science of The Total Environment*, 799, 149218. doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.149218
- Cheng, Y., Yang, W., Zhan, H., Jiang, Q., Shi, M., & Wang, Y. (2020). On the origin of deep soil water infiltration in the arid sandy region of China. *Water*, 12(9), 2409. doi.org/10.3390/w12092409
- Chuong, J., Huxley, J., Spotswood, E. N., Nichols, L., Mariotte, P., & Suding, K. N. (2016). Cattle as dispersal vectors of invasive and introduced plants in a California annual grassland. *Rangeland Ecology & Management*, 69(1), 52-58.
- Cingolani, A. M., Noy-Meir, I., & Diaz, S. (2005). Grazing effects on rangeland diversity: A synthesis of contemporary models. *Ecological Applications*, 15(2), 757-773.
- Coffey, L. (2001). Multispecies Grazing. *ATTRA*, 6p.

- Coffey, L., & Hale, M. (2012). Tools for Managing Internal Parasites in Small Ruminants: Pasture Management. ATTRA, 19p.
- Conant, R. T., & Paustian, K. (2002). Potential soil carbon sequestration in overgrazed grassland ecosystems. *Global Biogeochemical Cycles*, 16(4), 1143. doi:10.1029/2001GB001661.
- Conant, R. T., Paustian, K., & Elliott, E. T. (2001). Grassland management and conversion into grassland: Effects on soil carbon. *Ecological Applications*, 11(2), 343-355.
- Coulon, L. B., Delacroix-Buchet, A., Martin, B., & Pirisi, B. (2004). Relationships between ruminant management and sensory characteristics of cheeses: A review. *Lait*, 84, 221-241.
- d'Aleixis, S., Sauvant, D., & Boval, M. (2014). Mixed grazing systems of sheep and cattle to improve liveweight gain: A quantitative review. *Journal of Agricultural Sciences*, 152(4), 655-666.
- Demir, İ., & Ünal, M. (2022). Çayır mera alanlarının yabancı ot florası üzerine bir araştırma: Türkiye, Muş ili meraları. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 9(1), 24-33.
- Diaz, S., Noy-Meir, I., & Cabido, M. (2001). Can grazing response of herbaceous plants be predicted from simple vegetative traits? *Journal of Applied Ecology*, 38(3), 497-508.
- Donovan, M., & Monaghan, R. (2021). Impacts of grazing on ground cover, soil physical properties and soil loss via surface erosion: A novel geospatial modelling approach. *Journal of Environmental Management*, 287. doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112206
- Drewry, J. J., Cameron, K. C., & Buchan, G. D. (2008). Pasture yield and soil physical property responses to soil compaction from treating and grazing - A review. *Australian Journal of Soil Research*, 46, 237-256.
- Enne, G., Pulina, G., d'Angelo, M., & Masala, G. (1998). The role of animal grazing behaviour on land degradation in Mediterranean environments. *Agric. Mediterranean*, 128: 126-131.
- Erkovan, Ş., Güllap, M. K., Erkovan, H. İ., & Koç, A. (2016). Farklı cins hayvan ile otlatılan meraların sağlık ve ekolojik alan sınıflaması. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 25(Özel sayı-2), 174-178.
- Eze, S., Palmer, S. M., & Chapman, P. J. (2018). Soil organic carbon stock in grasslands: Effects of inorganic fertilizers, liming and grazing in different climate settings. *Journal of Environmental Management*, 223, 74-84.
- Facelli, J. M., & Pickett, S. T. A. (1991). Plant litter: Light interception and effects on an old-field plant community. *Ecology*, 72(3), 1024-1031.
- FAO. (2010). Challenges and Opportunities for Carbon Sequestration in Grassland Systems - A Technical Report on Grassland Management and Climate Change Mitigation. Integrated Crop Management, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 9, 57p.
- FAO. (2012). Impact of animal nutrition on animal welfare. Expert Meeting, 26-30 September 2011, Animal Production and Health Report No. 1, 40p.
- FAOSTAT. (2022). The Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- Filazzola, A., Brown, C., Dettlaff, M. A., Batbaatar, A., Grenke, J., Bao, T., Heida, I. P., & Cahill Jr., J. F. (2020). The effects of livestock grazing on biodiversity are multitrophic: A meta-analysis. *Ecology Letters*. doi:10.1111/ele.13527
- Flynn, R., & Idowu, J. (2015). Nitrogen Fixation by Legumes. New Mexico State Univ. Coop. Ext. Serv., Guide A-129, 4p.
- Forbes, J. M. (2007). Voluntary Food Intake and Diet Selection in Farm Animals (2nd Ed.). CABI, 453p.
- Gastal, F., & Lemaire, G. (2015). Defoliation, shoot plasticity, sward structure and herbage utilization in pasture: Review of the underlying ecophysiological processes. *Agriculture*, 5(4), 1146-1171.
- Ghosh, P. K., & Mahanta, S. K. (2014). Carbon sequestration in grassland systems. *Rangeland Management & Agroforestry*, 35(2), 173-181.
- Gordon, I. J. (2003). Browsing and grazing ruminants: are they different beasts? *Forest Ecology and Management*, 181(1-2), 13-21.
- Gökkuş, A. (1991). Otlatma sistemleri. Doğu ve Güney Doğu Anadolu Bölgeleri Çayır-Mera-Yem Bitkileri ve Hayvancılığı Geliştirme Projesi Eğitim Semineri, 20-22 Şubat 1991, Erzurum, 36-52.
- Gökkuş, A. (2020). A review on the factors causing deterioration of rangelands in Turkey. *Turkish Journal of Rangeland and Forage Sciences*, 1(1), 28-34.
- Gökkuş, A., & Altın, M. (1986). Değişik ıslah yöntemleri uygulanan meraların kuru ot ve ham protein verimleri ile botanik kompozisyonları üzerinde araştırmalar. *Doğa Türk Tarım ve Ormanlık Dergisi*, 10(3), 333-342.
- Gökkuş, A., & Coşkun, E. (2023). Geleceğin Türkiye'sinde doğal çayır ve meraların önemi. *Acta Natura et Scientia*, 4(1), 58-67.
- Gökkuş, A., & Koç, A. (2025). Tarımsal Ekoloji. Tarım ve Orman Bakanlığı, Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü, Ankara.

- Grings, E. E. (2020). Cattle Grazing Behavior and Diet Selection: Implications for Management. South Dakota State Univ., Ext. Serv. Chapter 49, 6p.
- Hassan, N., Sher, K., Rab, A., Abdullah, I., Zeb, U., Naeem, I., Shuaib, M., Khan, H., Khan, W., & Khan, A. (2021). Effects and mechanism of plant litter on grassland ecosystem: A review. *Acta Ecologica Sinica*, 41(4), 341-345.
- Haughey, E., Suter, M., Hofer, D., Hoekstra, N. J., McElwain, J. C., Lüscher, A., & Finn, J. A. (2018). Higher species richness enhances yield stability in intensively managed grasslands with experimental disturbance. *Scientific Reports*, 8, 15047. doi.org/10.1038/s41598-018-33262-9
- Heady, H. F. (1961). Continuous vs. specialized grazing systems: A review and application to the California annual type. *Journal of Rangeland Management*, 14(4), 182-193.
- Heckman, J. R. (2015). The role of trees and pastures in organic agriculture. *Sustainable Agriculture Research*, 4(3), 47-55.
- Hejcmanova, P., Pokorna, P., Hejcman, M., & Pavlu, V. (2016). Phosphorus limitation relates to diet selection of sheep and goats on dry calcareous grassland. *Applied Vegetation Science*, 19, 101-110.
- Hendrickson, J., & Olson, B. (2006). Understanding plant response to grazing. In: Targeted Grazing: A Natural Approach to Vegetation Management and Landscape Enhancement (Eds.: A. Peischel, D. D. Henry Jr.), National Sheep Industry Improvement Center (NSIIC), American Sheep Industry Association (ASI), pp.32-39.
- Herrero-Jáuregui, C., & Oosterheld, M. (2017). Effects of grazing intensity on plant richness and diversity: A meta-analysis. *Oikos*, 127(6). doi.10.1111/oik.04893.
- Hickman, K., Hartnett, D. C., Cochran, R. C., & Owensby, C. E. (2004). Grazing management effects on plant species diversity in tallgrass prairie. *Journal of Rangeland Management*, 57(1), 58-65.
- Holechek, J. L. (1983). Considerations concerning grazing systems. *Rangelands*, 5(5), 208-211.
- Houbt, K. A. (2024). Domestic Animal Behavior for Veterinarians and Animal Scientists (7th Ed.). WILEY-Blackwell, 470p.
- Howe, H. F., & Smallwood, J. (1982). Ecology of seed dispersal. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 13, 201-228.
- Ignatavičius, G., Sinkevičius, S. & Ložytė, A. (2013). Effects of grassland management on plant communities. *Ekologija*, 59(2), 99-110.
- Ji, S., Geng, Y., Li, D., & Wang, G. (2009). Plant coverage is more important than species richness in enhancing aboveground biomass in a premature grassland, northern China. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 129(4), 491-496.
- Johnson, D. C., Teague, R., Apfelbaum, S., Thompson, R., & Byck, P. (2022). Adaptive multi-paddock grazing management's influence on soil food web community structure for: increasing pasture forage production, soil organic carbon, and reducing soil respiration rates in southeastern USA ranches. *PeerJ*, 10, e13750. doi.org/10.7717/peerj.13750
- Jones, A. (2000). Effects of cattle grazing on North American arid ecosystems: A quantitative review. *Western North American Naturalist*, 60, 155-164.
- Julich, S., Moorcroft, M. A., Feger, K. H., & van Tol, J. J. (2022). The impact of overgrazing on water fluxes in a semi-arid watershed – The suitability of watershed scale modeling in a data scarce area. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 43, 101178. doi.org/10.1016/j.ejrh.2022.101178
- Kairis, O., Karavitis, C., Salvati, L., Kounalaki, A., & Kosmas, K. (2015). Exploring the impact of overgrazing on soil erosion and land degradation in a dry Mediterranean agro-forest landscape (Crete, Greece). *Arid Land Research and Management*, 29(3), 360-374.
- Kemp, D. R., & Michalk, D. L. (2007). Sustainable grassland and livestock management. *Review Journal of Agricultural Sciences*, 145(6), 543-564.
- Koç, A. (1995). Topoğrafya ile Toprak Nem ve Sıcaklığının Mera Bitki Örtülerinin Bazı Özelliklerine Etkileri (Doktora Tezi). Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri ABD, Erzurum.
- Koç, A. (2000). Turkish rangelands and shrub culture. *Rangelands*, 22(4), 25-26.
- Koç, A., Gökkuş, A., & Serin, Y. (1994). Türkiye çayır meralarının durumu ve erozyon yönünden önemi. *Ekoloji Çevre Dergisi*, 13, 36-41.
- Lai, L., & Kumar, S. (2020). A global meta-analysis of livestock grazing impacts on soil properties. *PLoS One*, 15(8), e0236638. doi.10.1371/journal.pone.0236638.
- Landsberg, J., Lavorel, S., & Stol, J. (1999). Grazing response groups among undestroyed plants in arid rangelands. *Journal of Vegetation Science*, 10, 683-696.
- Li, G. D., Kemp, P. D., & Hodgson, J. (2003). Regrowth, morphology and persistence of Grasslands Puna chicory (*Cichorium intybus* L.) in response to grazing frequency and intensity. *Grass and Forage Science*, 52(1), 33-41.

- Liu, J., Feng, C., Wang, D., Wang, L., Wilsey, B. J., & Zhong, Z. (2015). Impacts of grazing by different large herbivores in grassland depend on plant species diversity. *Journal of Applied Ecology*, 52(4), 1053-1062.
- Louhaichi, M., Gamoun, M., Salem, F. B., & Belgacem, A. O. (2021). Rangeland biodiversity and climate variability: Supporting the need for flexible grazing management. *Sustainability*, 13(13), 7124. doi.org/10.3390/su13137124
- Luginbuhl, J. M., Green, J. T., Poore, M. H., & Mueller, J. P. (1996). Use of goats as biological agents for the control of unwanted vegetation. International Workshop on Use of Trees in Animal Production Systems, November 26-29, 1996, Matanzas, Cuba.
- Lüscher, A., Barkaoui, K., Finn, J. A., Suter, D., Suter, M., & Volaire, F. (2022). Using plant diversity to reduce vulnerability and increase drought resilience of permanent and sown productive grasslands. In: Grassland at the Heart of Circular and Sustainable Food Systems (Eds.: L. Delaby, R. Baumont, V. Brocard, S. Lemauiel-Lavenant, S. Plantureux, F. Vertès, J. L. Peyraud), Proceedings of the 29th General Meeting of the European Grassland Federation, 26-30 June 2022, Caen, France, INRAE, pp.309-322.
- Mason, J. A., & Zanner, C. W. (2004). Grassland soils. *Encyclopedia of Soils in the Environment*, 2, 138-145.
- Matches, A. G. (1992). Plant response to grazing: A review. *J. Prod. Agric.*, 5(1), 1-7.
- McNaughton, S. J. (1984). Grazing lawns: Animals in herds, plant form, and coevolution. *American Naturalist*, 124, 863-886.
- Metera, E., Sakowski, T., Sloniewski, K., & Romanowicz, B. (2010). Grazing as a tool to maintain biodiversity of grassland - A review. *Animal Science Papers and Reports*, 28(4), 315-334.
- Minea, G., Ciobotaru, N., Ioana-Toroimac, G., Mititelu-Ionuș, O., Neculau, G., Gyasi-Agyei, Y., & Rodrigo-Comino, J. (2022). Designing grazing susceptibility to land degradation index (GSLDI) in hilly areas. *Scientific Reports*, 12, 9393. doi.org/10.1038/s41598-022-13596-1
- Moinardeau, C., Mesléard, F., Ramone, H., & Dutoit, T. (2020). Using mechanical clearing and goat grazing for restoring understorey plant diversity of embankments in the Rhône valley (southern France). *Plant Biosystems*, 154(5), 746-756.
- Mosley, J. C., & Roselle, L. (2006). Targeted livestock grazing to suppress invasive annual grasses. In: Targeted Grazing: A Natural Approach to Vegetation Management and Landscape Enhancement (Eds.: A. Peischel, D. D. Henry Jr.), National Sheep Industry Improvement Center (NSIIC), American Sheep Industry Association (ASI), pp.67-76.
- Motta-Delgado, P. A., Martínez, H. E. O., & Rojas-Vargas, E. P. (2019). Indicators associated to pastures sustainability: A Review. *Cienciay Tecnología Agropecuaria*, 20(2), 409-430.
- Müller, B., Frank, K., & Wissel, C. (2007). Relevance of rest periods in non-equilibrium rangeland systems – A modelling analysis. *Agricultural Systems*, 92(1-3), 295-317.
- Nichols, L., Spector, S., Louzada, J., Larsen, T. H., Amézquita, S., & Favila, M. E. (2008). Ecological functions and ecosystem services provided by Scarabaeinae dung beetles. *Biological Conservation*, 141(6), 1461-1474.
- Niu, W., Ding, J., Fu, B., Zhao, W., & Eldridge, D. (2025). Global effects of livestock grazing on ecosystem functions vary with grazing management and environment. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 378. doi.org/10.1016/j.agee.2024.109296
- Oldeman, L. R. (1992). Global extent of soil degradation. Symposium on Soil Resilience and Sustainable Land Use, Budapest, 28-30 September 1992, pp.19-36.
- Olson, B., & Launchbaugh, K. (2006). Managing herbaceous broadleaf weeds with targeted grazing. In: Targeted Grazing: A Natural Approach to Vegetation Management and Landscape Enhancement (Eds.: A. Peischel, D. D. Henry Jr.), National Sheep Industry Improvement Center (NSIIC), American Sheep Industry Association (ASI), pp.57-66.
- Onyango, V., Masumbuko, B., Somda, J., Nianogo, A., & Davies, J. (2022). Sustainable Land Management in Rangeland and Grasslands. Working Paper, FAO, Roma, 41p.
- Özaslan Parlak, A., Parlak, M., Gökkuş, A., & Demiray, H. C. (2015). Akdeniz (Çanakkale) meralarının ot verimi ve kalitesi ile botanik kompozisyonu ve bazı toprak özellikleri. *ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 3(1), 99-108.
- Park, J. Y., Ale, S., & Teague, W. R. (2017). Simulated water quality effects of alternate grazing management practices at the ranch and watershed scales. *Ecological Modelling*, 360, 1-13.
- Parlak, M., Gökkuş, A., & Özaslan Parlak, A. (2012). Çanakkale meralarında bazı çalıların toprak özelliklerine etkileri. *Toprak Su Dergisi*, 1(2), 88-98.
- Parlak, M., Türkmen, C., Özaslan Parlak, A., Gökkuş, A., & Hanoğlu Oral, H. (2018). Kış merasında otlatmanın toprağın bazı özelliklerine etkileri. *ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 6(2), 101-108.
- Peco, B., Sanchez, A. M., & Azcarate, F. A. (2006). Abandonment in grazing systems: Consequences for vegetation and soil. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 113, 284-294.
- Petermann, J. S., & Buzhdygan, O. Y. (2021). Grassland biodiversity. *Current Biology*, 31(19), R1195-R1201.

- Porqueddu, C., & González, F. (2006). Role and potential of annual pasture legumes in Mediterranean farming systems. *Pastos*, XXXVI(2), 125-142.
- Prescott, C. E., & Vesterdal, L. (2021). Decomposition and transformations along the continuum from litter to soil organic matter in forest soils. *Forest Ecology and Management*, 498, 119522. doi.org/10.1016/j.foreco.2021.119522
- Ramankutty, N., Evan, A. T., Monfreda, C., & Foley, J. A. (2008). Farming the planet: 1. Geographic distribution of global agricultural lands in the year 2000. *Global Biogeochemical Cycles*, 22(1). doi.10.1029/2007GB002952
- Rinehart, L. (2008). Pasture, Rangeland and Grazing Management. ATTRA, 20p.
- Rumpell, C., Crème, A., Ngo, P. T., Velásquez, G., Mora, M. L., & Chabbi, A. (2015). The impact of grassland management on biogeochemical cycles involving carbon, nitrogen and phosphorus. *Journal of Soil Sciences and Plant Nutrition*, 15(2), 353-371.
- Sanaei, A., Ali, A., & Chahouki, M. A. Z. (2018). The positive relationships between plant coverage, species richness, and aboveground biomass are ubiquitous across plant growth forms in semi-steppe rangelands. *Journal of Environmental Management*, 205, 308-318.
- Serrano, J., Carreira, E., Shahidian, S., de Carvalho, M., Marques da Silva, J., Paniagua, L. L., Moral, F., & Pereira, A. (2023). Impact of deferred versus continuous sheep grazing on soil compaction in the Mediterranean Montado ecosystem. *AgriEngineering*, 5, 761-776.
- Sevov, A., Yancheva, C., & Kazakova, Y. (2018). Sustainable pasture management. In: *New Perspectives in Forage Crops* (Eds.: R. L. Edvan, L. R. Bezerra), IntechOpen, pp.187-201; doi.10.5772/66549
- Slayi, M., & Jaja, I. F. (2024). Integrating Mixed Livestock Systems to Optimize Forage Utilization and Modify Woody Species Composition in Semi-Arid Communal Rangelands. *Land*, 13(11), 1945. doi.org/10.3390/land13111945
- Smith, D. J., Wynn-Thompson, T. M., Williams, M. A., & Seiler, J. R. (2021). Do roots bind soil? Comparing the physical and biological role of plant roots in fluvial streambank erosion: A mini-JET study. *Geomorphology*, 375. doi.org/10.1016/j.geomorph.2020.107523
- Soliveres, S., van der Plas, F., Manning, P., Prati, D., Gossner, M. M., Renner, S. C., Alt, F., Arndt, H., Baumgartner, V., Binkenstein, J., Birkhofer, K., Blaser, S., Blüthgen, N., Boch, S., Böhm, S., Börschig, C., Buscot, F., Diekötter, T., Heinze, J., Hölzel, N., Jung, K., Klaus, V. H., Kleinebecker, T., Klemmer, S., & Allan, E. (2016). Biodiversity at multiple trophic levels is needed for ecosystem multifunctionality. *Nature*, 536, 456-459. doi.org/10.1038/nature19092
- Sollenberger, L. E., Aiken, G. E., & Wallau, M. O. (2020). Managing grazing in forage livestock systems. In: *Management Strategies for Sustainable Cattle Production in Southern Pastures* (Eds.: M. R. Jr. Pas, G. E. Aiken), Academic Press, pp.77-100.
- Soussana, J. F., Allard, V., Pilegaard, K., Ambus, P., Amman, C., Campbell, C., Ceschia, E., Clifton-Brown, J., Czobel, S., Domingues, R., Flechard, C., Fuhrer, J., Hensen, A., Horvath, L., Jones, M., Kasper, G., Martin, C., Nagy, Z., Neftel, A., Raschi, A., Baronti, S., Rees, R. M., Skiba, U., Stefani, P., Manca, G., Sutton, M., Tuba, Z., & Valentini, R. (2007). Full accounting of the greenhouse gas (CO₂, N₂O, CH₄) budget of nine European grassland sites. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 121(1-2), 121-134.
- Sürmen, M., & Kara, E. (2018). Aydın ili ekolojik koşullarında farklı eğimlerdeki mera vejetasyonlarının verim ve kalite özellikleri. *Derim*, 35(1), 67-72.
- Teague, W. R., Dowhower, S. L., Baker, S. A., Haile, N., DeLaune, P. B., & Conover, D. M. (2011). Grazing management impacts on vegetation, soil biota and soil chemical, physical and hydrological properties in tall grass prairie. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 141(3-4), 310-322.
- Teague, R., & Kreuter, U. (2020). Managing grazing to restore soil health, ecosystem function, and ecosystem services. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 4. doi.org/10.3389/fsufs.2020.534187
- Teutscherová, N., Vázquez, E., Sotelo, M., Villegas, D., Velásquez, N., Baquero, D., Pulleman, M., & Arango, J. (2021). Intensive short-duration rotational grazing is associated with improved soil quality within one year after establishment in Colombia. *Applied Soil Ecology*, 159, 103835. doi.org/10.1016/j.apsoil.2020.103835
- Török, P., Lindborg, R., Eldridge, D., & Pakeman, R. (2024). Grazing effects on vegetation: Biodiversity, management, and restoration. *Applied Vegetation Science*, 27(3), e12794. doi.org/10.1111/avsc.12794
- UNCCD. (2024). <https://www.unccd.int/news-stories/press-releases/silent-demise-vast-rangelands-threatens-climate-food-wellbeing-billions>
- Undersander, D., Albert, B., Cosgrove, D., Johnson, D., & Peterson, P. (2002). Pasture for Profit: A Guide to Rotational Grazing. Uni. of Wisconsin, Coop. Ext. Serv., A3529, 38p.
- Uzun, F., Garipoğlu, A. V., & Dönmez, H. B. (2015). Mera yabancı otlarının kontrolünde keçilerin kullanımı. *Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi*, 1(1), 40-50.

- Vasconcelos, M. W., Grusak, M. A., Pinto, E., Gomes, A., Ferreira, H., Balázs, B., Centofanti, T., Ntatsi, G., Savvas, D., Karkanis, A., Williams, M., Vandenberg, A., Toma, L., Shrestha, S., Akaichi, F., Barrios, C. O., Gruber, S., James, E. K., Maluk, M., Karley, A., & Iannetta, P. (2020). The biology of legumes and their agronomic, economic, and social impact. In: *The Plant Family Fabaceae* (Eds.: M. Hasanuzzaman, S. Araújo, S. S. Gill), Singapore, 3-25.
- Vidaller, C., Malik, C., & Dutoit, T. (2022). Grazing intensity gradient inherited from traditional herding still explains Mediterranean grassland characteristics despite current land-use changes. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 338, 108085. doi.org/10.1016/j.agee. 2022.108085
- Walker, J. W. (1994). Multispecies grazing: The ecological advantage. *Sheep Research Journal*, Special Issue, pp. 52-64.
- Wehncke, E. V. (2010). Seed dispersal and conservation. In: *Encyclopedia of Animal Behavior* (Eds.: E. V. Wehncke, J. Reyes-Amaya), Academic Press, pp. 119-124.
- Xu, S., Jagadamma, S., & Rowntree, J. E. (2018). Response of grazing land soil health to management strategies: A summary review. *Sustainability*, 10(12), 4769. doi.10.3390/su10124769
- Yang, Y., Yang, J., Zhao, T., Huang, X., & Zhao, P. (2016). Ecological restoration of highway slope by covering with straw-mat and seeding with grass–legume mixture. *Ecological Engineering*, 90, 68-76.
- Yang, Z., Miao, P., Zheng, Y., & Guo, J. (2023). Impacts of grazing on vegetation and soil physicochemical properties in Northern Yinshan mountain grasslands. *Sustainability*, 15(22), 16028. doi.org/10.3390/su152216028
- Yıldız, A., & Özyazıcı, M. A. (2017). Karasal iklim kuşağında bulunan bir meranın farklı yöneylerinde botanik kompozisyonun, ot verimi ve ot kalitesinin belirlenmesi. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 4(3), 218-231.
- Zhou, Z., Sun, O. J., Huang, J., Gao, Y., & Han, X. (2006). Land use affects the relationship between species diversity and productivity at the local scale in a semi-arid steppe ecosystem. *Functional Ecology*, 20(5), 753-762.



Yalova İncisi Üzüm Çeşidinde Farklı Verim Potansiyeline Sahip Yazlık Sürgünlerin Bazı Önemli Özelliklerinin Belirlenmesi

Esra Şahin^{id}, Alper Dardeniz^{id}, Harun Çoban^{id}✉, Çağlar Kaya^{id}

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Çanakkale, Türkiye

Makale Geçmişi

Geliş: 17/04/2025

Kabul: 08/09/2025

Araştırma Makalesi

Öz: Bu araştırma, Çanakkale ili ekolojik koşullarında yetiştirilen ‘Yalova İncisi’ üzüm çeşidinde, 2019–2020 yılı vejetasyon periyotları içerisinde yürütülmüştür. Yalova İncisi üzüm çeşidinde 0 SAYS (salkımlı yazlık sürgünler), 1 SAYS ve 2 SAYS SPAD (4.–7., 8.–11. ve 12.–14. boğumlar), ortalama boğum arası uzunluğu (4.–11. boğumlar), ortalama boğum arası kalınlığı (4.–5. boğum), yazlık sürgünlerdeki 1. SA (salkım) ile 2. SA’nın verim ve kalite parametreleri incelenmiştir. Yalova İncisi üzüm çeşidinde iki yıllık SPAD sonuçlarında 0, 1 ve 2 SAYS’de önemli bir farklılık tespit edilememiştir. 4.–11. ortalama boğum arası uzunluklarında sadece yıllar bazında farklılık tespit edilmiş, bu değer ilk yıla (6.76 cm) kıyasla ikinci yılda (4.65 cm) önemli azalma kaydetmiştir. 4.–5. ortalama boğum arası kalınlıklarında iki yıllık ortalamalarda 1 SAYS (8.15 mm) ve 2 SAYS (8.35 mm), 0 SAYS’e (7.15 mm) kıyasla önemli artış göstermiştir. Ortalama verimde 1 SAYS 1. SA’nın (2364.0 g sürgün⁻¹) 2 SAYS 1. SA (1968.2 g sürgün⁻¹) ve 2 SAYS 2. SA’a (1457.6 g sürgün⁻¹) kıyasla önemli düzeyde yüksek olduğu tespit edilmiştir. 1 SAYS 1. SA’nın (25.92) olgunluk indisi yüksekken, 2 SAYS 2. SA (18.16) ve 2 SAYS 1. SA’larında (19.69) önemli düşüşler meydana gelmiştir.

Anahtar Kelimeler: Kalite, SPAD değeri, verim, *Vitis vinifera* L., yazlık sürgün.

Determination of Some Important Characteristics of Summer Shoots with Different Yield Potentials in Yalova İncisi Grape Variety

Abstract: This research was conducted during the 2019–2020 growing season on ‘Yalova İncisi’ grape variety grown under the ecological conditions of Çanakkale. In Yalova İncisi grape variety, 0 SSWC (summer shoots with cluster), 1 SSWC and 2 SSWC SPAD (4th–7th, 8th–11th and 12th–14th nodes), average internode length (4th–11th nodes), average internode thickness (4th–5th nodes), yield and quality parameters of 1st CLT (cluster) and 2nd CLT in summer shoots were examined. In the two–year SPAD results of Yalova İncisi grape variety, no significant difference was detected in 0, 1 and 2 SSWC. In the 4th–11th average internode lengths, only differences were detected between years, and this value decreased significantly in the second year (4.65 cm) compared to the first year (6.76 cm). In the 4th–5th average internode thicknesses, 1 SSWC (8.15 mm) and 2 SSWC (8.35 mm) showed significant increases compared to 0 SSWC (7.15 mm) in the two–year averages. In the average yield, 1 SSWC 1st CLT (2364.0 g shoot⁻¹) was found to be significantly higher compared to 2 SSWC 1st CLT (1968.2 g shoot⁻¹) and 2 SSWC 2nd CLT (1457.6 g shoot⁻¹). While the maturity index of 1 SSWC 1st CLT (25.92) was high, significant decreases occurred in 2 SSWC 2nd CLT (18.16) and 2 SSWC 1st CLT (19.69).

Keywords: Quality, SPAD value, yield, *Vitis vinifera* L., summer shoot.

Article History

Received: 17/04/2025

Accepted: 08/09/2025

Research Article

✉ Correspondence (Sorumlu yazar): harun.coban@comu.edu.tr

Citation (Alıntı): Şahin, E., Dardeniz, A., Çoban, H., & Kaya, Ç. (2025). Yalova incisi üzüm çeşidinde farklı verim potansiyeline sahip yazlık sürgünlerin bazı önemli özelliklerinin belirlenmesi. *Bilim-Teknoloji-Yenilik Ekosistemi Dergisi*, 6(2), 99-105.



Giriş

Dünyada, 2022 yılında toplam 87.615.444 ton üzüm üretimi gerçekleştirilmiş olup, Türkiye 384.537 ha bağ alanıyla beşinci, 4.165.000 ton üzüm üretimiyle altıncı sırada bulunmaktadır (FAO, 2024). Elde edilen yaş üzüm üretiminin 2.099.859 tonunu sofralık üzüm, 1.681.808 tonunu kurutmalık üzüm ve 383.333 tonunu şaraplık üzüm çeşitleri oluşturmaktadır (TÜİK, 2024).

Bir yıllık dalların üzerinde konumlanmış olan kış gözleri, asmanın ve dolayısıyla ilgili bağdan elde edilecek üzüm verimi ile yakından ilişkilidir. Asmanın kış gözleri, içinde salkım ve sürgün taslaklarını birlikte barındırdıkları için karışık göz yapısındadır (Fidan, 1966). Yıllık dal üzerindeki salkım sayısı; üzüm çeşidine, kış gözünün yıllık dal üzerindeki pozisyonuna, fizyolojik ayırım periyodunda bağda yapılan kültürel işlemlere, yıllık dalların odunlaşma düzeyine, omcanın yaşına ve gelişimine bağlı olarak değişim gösterebilmektedir. Bu durum kış budamasına da etki etmekte, iyi bir ürün için kış gözü verimliliğine göre en uygun budama seviyesi tercih edilmektedir (Kısmalı, 1984). Genel olarak bir omca üzerinde yıllık dalın orta boğumlarındaki verimliliğin, uç ve dip boğumlardaki verimliliğe kıyasla daha yüksek olduğu belirtilmektedir (Ağaoğlu & Kara, 1993; Dardeniz & Kısmalı, 2005).

Sofralık üzüm yetiştiriciliğinde meyve kalitesi üzerine üzüm çeşidi, terbiye sistemleri, yaz-kış budamaları, iklim koşulları, toprak tipi, toprak işleme, gübreleme, sulama ve hasat gibi birçok faktör etkili olabilmektedir (Özer ve ark., 2012). Bununla birlikte salkımların iriliği, ağırlığı ve sıklığı ise; yıllık dal üzerindeki kış gözlerinin pozisyonlarına ve budama seviyelerine (Kayalı, 2019), yazlık sürgünlerin kalınlığına (Şahin & Dardeniz 2020), tozlayıcı (babalık) üzüm çeşitlerine (Şahin & Dardeniz, 2022), bilezik alma- GA_3 , salkım ucu kesme ve sürgün ucu alma-gübreleme gibi kaliteyi artırıcı kültürel uygulamalara (Çoban, 2001; Yılmaz & Akın, 2014; Camcı & Çoban, 2016; Akın, 2018) ve çiçeklenme dönemindeki ekolojik koşullar gibi birçok faktöre bağlı olarak değişebilmektedir.

Yapraklarda klorofiller fotosentez olayının gerçekleştiği pigmentlerdir. Klorofiller, fotosentez sürecinde ışık enerjisinin kimyasal enerjiye dönüştürülmesinde katalizör görevi görmektedir (Kacar ve ark., 2006). Taşınabilir bir klorofil ölçer aleti ile ölçülebilen SPAD değeri, yapraklardaki klorofil içeriğini belirlemek için kullanılabilir (Dong ve ark., 2005).

Dardeniz ve ark. (2012)'nin 8 farklı sofralık üzüm çeşidini üzerinde yürütmüş oldukları bir araştırmada, yapraklardaki klorofil miktarının değişimi 3 farklı boğum (5. Boğum, 10. Boğum ve 15. Boğum) ve 4 farklı dönemde (15 Haziran, 1 Ağustos, 15 Eylül ve 1 Kasım) incelenmiştir. Buna göre Yalova İncisi üzüm çeşidinde, 2. dönemde yapraklardaki SPAD değerleri 37.33 ile 38.34 arasında değişkenlik göstermiştir.

Yılmaz ve Dardeniz (2009) tarafından yürütülen bir araştırmada, Cardinal ve Amasya üzüm çeşitlerindeki salkım ve sürgün pozisyonunun üzüm verim ve kalitesi ile vejetatif özelliklere olan etkileri incelenmiştir. İki yıllık araştırma bulgularına göre; Cardinal ve Amasya Beyazı üzüm çeşitlerinin sırasıyla salkım eni, salkım ağırlığı ve olgunluk indisi parametrelerinde 1. salkımlara (Cardinal; 10.21 cm, Amasya Beyazı; 11.98 cm; Cardinal; 339.6 g ve Amasya Beyazı; 367.1 g; Cardinal; 39.70 ve Amasya Beyazı; 45.98) 2. salkımlara (Cardinal; 9.11 cm, Amasya Beyazı; 10.00 cm; Cardinal; 293.6 g ve Amasya Beyazı; 261.6 g; Cardinal; 37.20 ve Amasya Beyazı; 42.15) kıyasla daha yüksek sonuçlar oluşturmıştır.

Şahin ve Dardeniz (2020) tarafından yürütülen bir araştırmada, iki yıllık araştırma bulgularına göre; Cardinal üzüm çeşidinde en yüksek salkım ağırlığı sırasıyla 10–11.9 mm ($383.1 \text{ g salkım}^{-1}$) ve 8–9.9 mm ($356.7 \text{ g salkım}^{-1}$), en yüksek tane ağırlığı sırasıyla 8–9.9 mm (7.44 g tane^{-1}) ve 10–11.9 mm (7.12 g tane^{-1}) kalınlıklarındaki yazlık sürgünlerde, en yüksek olgunluk indisi ise 6–7.9 mm (25.89) ve 8–9.9 mm (25.38) kalınlıklarındaki yazlık sürgünlerde belirlenmiştir. Yalova İncisi üzüm çeşidinde en yüksek salkım ağırlığı

değerleri sırasıyla 10–11.9 mm (506.6 g salkım⁻¹) ve 8–9.9 mm (441.3 g salkım⁻¹) kalınlıklarındaki yazlık sürgünlerde, en yüksek tane ağırlığı sırasıyla 10–11.9 mm (5.72 g tane⁻¹), 8–9.9 mm (5.70 g tane⁻¹) ve 6–7.9 mm (5.48 g tane⁻¹) kalınlıklarındaki yazlık sürgünlerde tespit edilmiş olup, olgunluk indisi parametresinde ise önemli bir farklılık belirlenememiştir.

Delice ve Çelik (2002), Italia üzüm çeşidinde farklı pozisyonlardaki üç farklı sürgün grubunda vejetatif gelişim parametreleri ve üzerlerindeki üzüm kalitesi arasındaki ilişkiyi araştırmışlardır. Sonuç olarak, üzüm kalitesinin sürgünün gelişim gücü ve omca üzerindeki pozisyonuna göre değişkenlik gösterdiğini belirlemişlerdir.

Bu araştırma, Yalova İncisi üzüm çeşitlerinde farklı verim potansiyeline sahip yazlık sürgünlerin bazı önemli özelliklerinin belirlenmesi amacıyla yürütülmüştür.

Materyal ve Yöntem

Bu araştırma, ‘ÇOMÜ Dardanos Yerleşkesi Ziraat Fakültesi Bitkisel Üretim ve Araştırma Birimi’nde yer alan ‘Sofralık Üzüm Çeşitleri Araştırma ve Uygulama Bağı’nda, 2019–2020 yılı vejetasyon periyodunda yürütülmüştür. Araştırma materyali olarak kullanılan Yalova İncisi 41B Amerikan asma anacı üzerine aşılı olup, araştırmanın yürütüldüğü bağ 3.0 x 1.5 metre aralık ve mesafe ile kuzey–güney doğrultusunda, tek kollu sabit kordon terbiye sistemine göre tesis edilmiştir.

Üzüm çeşitleri omcalarında 2019 ve 2020 yıllarında 0 SAYS (salkımlı yazlık sürgün), 1 SAYS ve 2 SAYS belirlenerek, 4.–7., 8.–11. ve 12.–14. boğumlar arasında bulunan yaprakların uç dilimlerinde SPAD (Minolta SPAD–502, Osaka Japan) değerleri, 4.–11. boğumlar arasında şerit metre yardımıyla ortalama boğum arası uzunluğu (cm) ile 4.–5. boğum arasında dijital kumpasla ortalama boğum arası kalınlığı (mm) ölçülmüştür. 2020 yılında ise üzüm çeşidinde ayrıca 1 SAYS ve 2 SAYS’ine ait 1. ve 2. salkımlarda; ortalama verim (g omca⁻¹), salkım eni (cm), salkım boyu (cm), salkım sıklığı (1–9), salkım ağırlığı (g salkım⁻¹), salkım boyut indeksi (salkım boyu salkım eni⁻¹), tane sayısı (adet salkım⁻¹), tane eni (mm), tane boyu (mm), tane boyut indeksi (tane boyu tane eni⁻¹), tane ağırlığı (g tane⁻¹), L, Chroma, Hue, SÇKM (%), pH, asitlik (%) ve olgunluk indisi (%SÇKM %asitlik⁻¹) parametreleri incelenmiştir.

Bu araştırma, tesadüf parselleri deneme desenine göre 3 tekerrürlü ve her tekerrürde 9’ar adet omca yer alacak şekilde planlanmıştır. Elde edilen bulgular ‘SAS 9.1.3. Portable’ istatistik paket programı kapsamında varyans analizi ile belirlenmiştir. İncelenen parametrelerde farklılıklar LSD çoklu karşılaştırma testiyle, p<0.05 önem düzeyine göre değerlendirilmiştir.

Bulgular ve Tartışma

Yalova İncisi üzüm çeşidinde 0 SAYS (salkımlı yazlık sürgün), 1 SAYS ve 2 SAYS’e ait klorofil miktarları (SPAD) Çizelge 1’de, ortalama boğum arası uzunluğu ve kalınlığı değerleri Çizelge 2’de, 1 SAYS ve 2 SAYS’e ait ortalama verim ve salkım özellikleri Çizelge 3 ve Çizelge 4’te, tane özellikleri Çizelge 5’te, tane kabuk rengi özellikleri Çizelge 6’da ve tane olgunluk özellikleri ise Çizelge 7’de verilmiştir.

Çizelge 1. Yalova İncisi üzüm çeşidinde 0 SAYS, 1 SAYS ve 2 SAYS’e ait klorofil miktarları (SPAD)

Table 1. Chlorophyll amounts (SPAD) of 0 SSWC, 1 SSWC and 2 SSWC in Yalova İncisi grape variety

Salkım sayıları	4.–7. Yaprak			8.–11. Yaprak			12.–14. Yaprak			Ort.		
	2019	2020	Ort.	2019	2020	Ort.	2019	2020	Ort.	2019	2020	Ort.
0 SAYS	31.21	34.22	32.72	34.35 a	32.87	33.61	34.71 a	32.89	33.80	33.42	33.33 ab	33.38
1 SAYS	31.33	35.89	33.62	32.25 b	34.83	33.54	32.69 b	34.07	33.38	32.09	34.93 a	33.51
2 SAYS	31.18	31.90	31.55	33.56 ab	33.90	33.73	35.11 a	32.39	33.75	33.28	32.73 b	33.01
LSD (0.05)	ÖD	ÖD	ÖD	2.08	ÖD	ÖD	1.84	ÖD	ÖD	ÖD	1.83	ÖD
Ort.	31.24	34.00		33.39	33.87		34.17	33.12		32.93	33.66	
LSD (0.05)	ÖD			ÖD			ÖD			ÖD		

Ort.: Ortalama. SAYS: Salkımlı yazlık sürgün. LSD: Least Significant Difference.

Yalova İncisi üzüm çeşidinde 4.–7. boğum arası ortalama SPAD değerleri; 0 SAYS, 1 SAYS ve 2 SAYS ile yıllar bazında önemli farklılık oluşturmamıştır. 8.–11. boğum arası SPAD değerleri; 2019 yılında en yüksek 0 SAYS’de (34.35), en düşük ortalama SPAD değeri 1 SAYS’de (32.35) tespit edilmiş, 2 SAYS (33.56) ise ara grubu meydana getirmiştir. İki yıllık ortalama SPAD değerleri ile yıllar bazında önemli bir farklılık

belirlenememiştir. 12.–14. boğum arası SPAD değerleri; 2019 yılında en yüksek sırasıyla 2 SAYS (35.11) ve 0 SAYS'de (34.71), en düşük ise 1 SAYS'de (32.69) belirlenmiştir. İki yıllık ortalama SPAD değerleri ile yıllar bazında önemli bir farklılık belirlenememiştir. Bütün boğum aralarının genel ortalamalarına bakıldığında; 2020 yılında en yüksek ortalama SPAD değeri 1 SAYS'de (34.93), en düşük 2 SAYS'de (32.73) belirlenmiş olup, 0 SAYS (33.33) ara grupta yer almıştır. İki yıllık ortalama SPAD değerlerinde yıllar bazında ise herhangi önemli bir farklılık tespit edilememiştir (Çizelge 1).

Dardeniz ve ark., (2012) ve Sümbül (2022)'ün Yalova İncisi üzüm çeşidi yapraklarından elde etmiş oldukları SPAD değeri bulgularının, bu araştırmadan elde edilmiş olan bulgulardan bir miktar daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 2. Yalova İncisi üzüm çeşidinde 0 SAYS, 1 SAYS ve 2 SAYS'e ait boğum arası uzunluk ve kalınlık değerleri
Table 2. Internode length and thickness values of 0 SSWC, 1 SSWC and 2 SSWC in Yalova İncisi grape variety

Salkım sayıları	4.–11. Ortalama boğum uzunluğu (cm)			4.–5. Boğum arası kalınlığı (mm)		
	2019	2020	Ort.	2019	2020	Ort.
0 SAYS	6.74	4.43	5.59	7.72 b	6.57 b	7.15 b
1 SAYS	6.84	4.82	5.83	8.64 ab	7.65 a	8.15 a
2 SAYS	6.68	4.69	5.69	9.63 a	7.07 ab	8.35 a
LSD (0.05)	ÖD	ÖD	ÖD	1.53	1.01	0.60
Ort.	6.76 A	4.65 B		8.66	7.10	
LSD (0.05)	0.34			ÖD		

Ort.: Ortalama. SAYS: Salkımlı yazlık sürgün. LSD: Least Significant Difference.

Yalova İncisi üzüm çeşidinde 4.–11. ortalama boğum uzunluğu değerlerinde; her iki araştırma yılında da 0 SAYS, 1 SAYS ve 2 SAYS arasında önemli bir farklılık tespit edilememiş olup, yıllar bazında bakıldığında 2019 yılı (6.76 cm), 2020 yılına (4.65 cm) kıyasla daha yüksek bulunmuştur. 4.–5. boğum arası kalınlığı değerlerinde; 2019 yılında 2 SAYS (9.63 mm) en yüksek değeri, 0 SAYS (7.72 mm) en düşük değeri vermiş, 1 SAYS (8.64 mm) ise ara grubu oluşturmıştır. 2020 yılında 1 SAYS'de (7.65 mm) en yüksek, 0 SAYS'de (6.57 mm) en düşük değer elde edilmiş, 2 SAYS (7.07 mm) ara grubu oluşturmıştır. İki yıllık ortalama 4.–5. boğum arası kalınlığı değerlerinde ise; en yüksek sırasıyla 2 SAYS (8.35 mm) ile 1 SAYS'de (8.15 mm), en düşük ise 0 SAYS'de (7.15 mm) tespit edilmiştir. Yıllar bazında bakıldığında, 4.–5. boğum arası kalınlığı değerlerinde önemli bir farklılık tespit edilememiştir (Çizelge 2).

Çizelge 3. Yalova İncisi üzüm çeşidinde 1 SAYS ve 2 SAYS'e ait verim ve salkım özellikleri

Table 3. Yield and cluster characteristics of 1 SSWC and 2 SSWC in Yalova İncisi grape variety

Sürgün-salkım durumları	Ortalama verim (g sürgün ⁻¹)	Salkım eni (cm salkım ⁻¹)	Salkım boyu (cm salkım ⁻¹)	Salkım sıklığı (1–9)
1 SAYS 1. SA	2364.0 a	10.79	13.53	7.42 a
2 SAYS 1. SA	1968.2 ab	10.61	14.72	6.52 b
2 SAYS 2. SA	1457.6 b	9.50	11.44	6.24 b
LSD (0.05)	681.83	ÖD	ÖD	0.70

Ort.: Ortalama. 1 SAYS 1. SA: 1 salkımlı yazlık sürgünlerde 1. salkım, 2 SAYS 1. SA: 2 salkımlı yazlık sürgünlerde 1. salkım ve 2 SAYS 2. SA: 2 salkımlı yazlık sürgünlerde 2. salkım. LSD: Least Significant Difference.

Yalova İncisi üzüm çeşidinde en yüksek ortalama verim 1 SAYS 1. SA'da (2364.0 g omca⁻¹), en düşük 2 SAYS 2. SA'da (1457.6 g omca⁻¹) belirlenmiş olup, 2 SAYS 1. SA (1968.2 g omca⁻¹) ara grubu oluşturmıştır. Salkım eni ve salkım boyu parametrelerinde 1 SAYS 1. SA, 2 SAYS 1. SA ve 2 SAYS 2. SA arasında önemli farklılık tespit edilememiştir. En yüksek salkım sıklığı değeri 1 SAYS 1. SA'da (7.42), en düşük sırasıyla 2 SAYS 2. SA (6.24) ile 2 SAYS 1. SA'da (6.52) tespit edilmiştir (Çizelge 3). Amasya Beyazı ve Cardinal üzüm çeşitlerinde 1. ve 2. sürgünlerden elde edilen 1. salkımların ortalama salkım enlerinin (11.98 cm ve 10.21 cm), 2. salkımların ortalama salkım enlerinden (10.00 cm ve 9.11 cm) daha yüksek olduğu belirlenmiştir (Yılmaz ve Dardeniz, 2009). Bu araştırmadan elde edilen salkım eni parametresinde ise önemli bir farklılık tespit edilememesine rağmen, rakamsal olarak literatür bulgularıyla uyum içerisindedir.

Çizelge 4. Yalova İncisi üzüm çeşidinde 1 SAYS ve 2 SAYS'e ait salkım ve tane özellikleri**Table 4.** Cluster and berry characteristics of 1 SSWC and 2 SSWC in Yalova İncisi grape variety

Sürgün-salkım durumları	Salkım ağırlığı (g salkım ⁻¹)	Salkım boyut indeksi (salkım boyu salkım eni ⁻¹)	Tane sayısı (adet salkım ⁻¹)
1 SAYS 1. SA	286.14 a	1.260	54.27 a
2 SAYS 1. SA	237.37 ab	1.420	46.06 ab
2 SAYS 2. SA	173.27 b	1.210	33.11 b
LSD (0.05)	90.28	ÖD	15.18

Ort.: Ortalama. 1 SAYS 1. SA: 1 salkımlı yazlık sürgünlerde 1. salkım, 2 SAYS 1. SA: 2 salkımlı yazlık sürgünlerde 1. salkım ve 2 SAYS 2. SA: 2 salkımlı yazlık sürgünlerde 2. salkım. LSD: Least Significant Difference.

Yalova İncisi üzüm çeşidinde en yüksek salkım ağırlığı 1 SAYS 1. SA'da (286.14 g salkım⁻¹), en düşük salkım ağırlığı 2 SAYS 2. SA'da (173.27 g salkım⁻¹) belirlenirken, 2 SAYS 1. SA (237.37 g salkım⁻¹) ara grubu meydana getirmiştir. Salkım boyut indeksi parametresinde 1 SAYS 1. SA, 2 SAYS 1. SA ve 2 SAYS 2. SA arasında önemli farklılık tespit edilememiştir. Tane sayısı parametresinde salkım ağırlığında olduğu gibi en yüksek değer 1 SAYS 1. SA'da (54.27 adet salkım⁻¹), en düşük tane sayısı 2 SAYS 2. SA'da (33.11 adet salkım⁻¹) tespit edilmiş olup, 2 SAYS 1. SA (46.06 adet salkım⁻¹) ise ara grupta yer almıştır (Çizelge 4). Amasya Beyazı ve Cardinal üzüm çeşitlerinde 1. ve 2. sürgünlerden elde edilen 1. salkımların ortalama salkım ağırlıklarının (367.1 g ve 339.6 g), 2. salkımların ortalama salkım ağırlıklarından (261.6 g ve 293.6 g) daha yüksek olduğu belirlenmiştir (Yılmaz & Dardeniz, 2009). 1. salkımların ağırlığının 2. salkımların ağırlığından daha yüksek olduğunu belirtilen literatür bulgusuyla, bu araştırmadan elde edilen bulgular uyum içerisinde.

Çizelge 5. Yalova İncisi üzüm çeşidinde 1 SAYS ve 2 SAYS'e ait tane özellikleri**Table 5.** Grape characteristics of 1 SSWC and 2 SSWC in Yalova İncisi grape variety

Sürgün-salkım durumları	Tane eni (mm tane ⁻¹)	Tane boyu (mm tane ⁻¹)	Tane boyut indeksi (tane boyu tane eni ⁻¹)	Tane ağırlığı (g tane ⁻¹)
1 SAYS 1. SA	18.22	22.64	1.240	4.99
2 SAYS 1. SA	18.26	22.31	1.220	4.91
2 SAYS 2. SA	18.95	20.87	1.170	4.98
LSD (0.05)	ÖD	ÖD	ÖD	ÖD

Ort.: Ortalama. 1 SAYS 1. SA: 1 salkımlı yazlık sürgünlerde 1. salkım, 2 SAYS 1. SA: 2 salkımlı yazlık sürgünlerde 1. salkım ve 2 SAYS 2. SA: 2 salkımlı yazlık sürgünlerde 2. salkım. LSD: Least Significant Difference.

Yalova İncisi üzüm çeşidinde tane eni, tane boyu, tane boyut indeksi, tane ağırlığı parametrelerinde 1 SAYS 1. SA, 2 SAYS 1. SA ve 2 SAYS 2. SA arasında önemli farklılık belirlenememiş olup, Tane eni 18.22–18.95 mm, tane boyu 20.87–22.64 mm, tane boyut indeksi 1.170–1.240 ve tane ağırlığı 4.91–4.99 g tane⁻¹ arasında tespit edilmiştir (Çizelge 5). Amasya Beyazı ve Cardinal üzüm çeşitlerinde 1. ve 2. sürgünlerden elde edilen 1. salkımların ortalama tane ağırlıklarının sırasıyla 4.21 g ve 6.41 g, 2. salkımların ortalama tane ağırlıkları sırasıyla 4.09 g ve 6.32 g olduğu belirlenmiştir (Yılmaz & Dardeniz, 2009). Amasya Beyazı ve Cardinal üzüm çeşitlerinde 1. ve 2. salkımların tane ağırlıklarının önemli olmadığı yönündeki literatür bildirisi ile bu araştırmadan elde edilen bulgular uyum içerisinde.

Çizelge 6. Yalova İncisi üzüm çeşidinde 1 SAYS ve 2 SAYS'e ait tane kabuk rengi özellikleri**Table 6.** Grape skin color characteristics of 1 SSWC and 2 SSWC in Yalova İncisi grape variety

Sürgün-salkım durumları	L	Chroma	Hue
1 SAYS 1. SA	31.57	9.65	111.64 b
2 SAYS 1. SA	30.61	9.64	114.15 ab
2 SAYS 2. SA	31.83	10.19	114.78 a
LSD (0.05)	ÖD	ÖD	2.66

Ort.: Ortalama. 1 SAYS 1. SA: 1 salkımlı yazlık sürgünlerde 1. salkım, 2 SAYS 1. SA: 2 salkımlı yazlık sürgünlerde 1. salkım ve 2 SAYS 2. SA: 2 salkımlı yazlık sürgünlerde 2. salkım. LSD: Least Significant Difference.

L ve Chroma (Çizelge 6) parametrelerinde 1 SAYS 1. SA, 2 SAYS 1. SA ve 2 SAYS 2. SA arasında önemli farklılık tespit edilememiştir. Renk tonunu ifade eden en yüksek Hue değeri 2 SAYS 2. SA'da (114.78), en düşük

Hue değeri 1 SAYS 1. SA'da (111.64) belirlenmiş olup, 2 SAYS 1. SA (114.15) ara grubu meydana getirmiştir. Elde edilen bu sonuçlara göre üzüm tanelerinin renk tonunun yeşilimsi sarı tonlarda olduğu, özellikle 1 SAYS 1. SA'da rengin diğerlerine kıyasla daha sarımsı olduğu ortaya konulmuştur (Çizelge 6).

Çizelge 7. Yalova İncisi üzüm çeşidinde 1 SAYS ve 2 SAYS'e ait tane olgunluk özellikleri

Table 7. Berries maturity characteristics of 1 SSWC and 2 SSWC in Yalova İncisi grape variety

Sürgün-salkım durumları	SÇKM (%)	pH	Asitlik (%)	Olgunluk indisi (%SÇKM %asitlik ⁻¹)
1 SAYS 1. SA	12.37 a	3.49 a	0.478 c	25.92 a
2 SAYS 1. SA	10.93 b	3.44 b	0.555 b	19.69 b
2 SAYS 2. SA	11.97 ab	3.42 b	0.660 a	18.16 b
LSD (0.05)	1.08	0.05	0.05	2.04

Ort.: Ortalama. 1 SAYS 1. SA: 1 salkımlı yazlık sürgünlerde 1. salkım, 2 SAYS 1. SA: 2 salkımlı yazlık sürgünlerde 1. salkım ve 2 SAYS 2. SA: 2 salkımlı yazlık sürgünlerde 2. salkım. LSD: Least Significant Difference.

Yalova İncisi üzüm çeşidinde en yüksek %SÇKM değeri 1 SAYS 1. SA'da (%12.37), en düşük %SÇKM değeri 2 SAYS 1. SA'da (%10.93) belirlenmiştir. 2 SAYS 2. SA (%11.97) ise ara grubu meydana getirmiştir. En yüksek %asitlik değeri 2 SAYS 2. SA'da (%0.660), en düşük %asitlik değeri 1 SAYS 1. SA'da (%0.478) saptanmış olup, 2 SAYS 1. SA (%0.555) farklı bir grubu oluşturmuştur. En yüksek pH ve olgunluk indisi değerleri 1 SAYS 1. SA'da (3.49 ve 25.92), en düşük pH ve olgunluk indisi değerleri sırasıyla 2 SAYS 2. SA (3.42 ve 18.16) ve 2 SAYS 1. SA'da (3.44 ve 19.69) tespit edilmiştir (Çizelge 7). Amasya Beyazı ve Cardinal üzüm çeşitlerinde 1. ve 2. sürgünden elde edilen 1. salkımların ortalama olgunluk indisi değerlerinin (45.98 g ve 39.70), 2. salkımların ortalama olgunluk indisi değerlerinden (42.15 ve 37.20) daha yüksek olduğu belirlenmiştir (Yılmaz & Dardeniz, 2009). 1. salkımların olgunluk indisi değerlerinin 2. salkımların olgunluk indisi değerlerinden daha yüksek olduğunu belirtilen literatür bulgusuyla, bu araştırmadan elde edilen bulgular uyum içerisinde.

Sonuç

Bu araştırmada, Yalova İncisi üzüm çeşidinde farklı verim potansiyeline sahip yazlık sürgünlerin bazı önemli özelliklerinin belirlenmesi amacıyla SPAD (4.–7., 8.–11. ve 12.–14. boğumlar), ortalama boğum arası uzunluğu (4.–11. boğumlar), ortalama boğum arası kalınlığı (4.–5. boğum) ile verim ve kalite parametreleri incelenmiştir. İki yıllık ortalama verilerde en yüksek 4.–5. boğum arası kalınlığı değerleri sırasıyla 2 SAYS ve 1 SAYS'de, en düşük ise 0 SAYS'de tespit edilmiştir. 2020 yılında incelenen ortalama verim ve salkıma ait salkım eni, salkım ağırlığı, tane sayısı gibi kalite parametrelerinde en büyük değerler 1 SAYS 1. SA'da görülmüş olup, bunu sırasıyla 2 SAYS 1 SA ve 2 SAYS 2 SA izlemiştir.

Sonuç olarak, Yalova İncisi üzüm çeşidinde salkım sayısının yazlık sürgün kalınlıklarına göre değişim gösterdiği belirlenmiştir. Bununla birlikte yazlık sürgünlerdeki salkım sayılarına göre, 2 SAYS'deki 1. SA ve 2. SA'ların toplamının ortalama verim, salkım ağırlığı ile tane sayısının 1 SAYS'deki 1. SA'a kıyasla daha yüksek değerler oluşturduğu saptanmıştır. 1 SAYS ve 2 SAYS'deki salkım durumlarına göre, 1. SA'ların ortalama verim, salkım ağırlığı ile tane sayısı bakımından ön plana çıktığı tespit edilmiştir. 1 SAYS'deki 1. SA'ların, 2 SAYS'deki 1. SA ve 2. SA'lara kıyasla daha yüksek olgunluk indisi oluşturduğu belirlenmiştir. Bu durum, salkım sayı ve durumlarının ortalama verim, bazı salkım ve tane özellikleri ile üzüm olgunluğu üzerinde önemli etkilerinin olduğunu ortaya koymaktadır.

Ek Bilgiler ve Beyanlar

Araştırmacıların Katkı Oranı: Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan etmektedirler.

Çıkar Çatışması Beyanı: Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan etmektedirler.

 **Telif Hakkı:** 2025 Şahin ve ark.

Akademik & Mizanpaj Editörü: Dr. Baboo Ali



Bu çalışma Creative Commons CC-BY 4.0 Uluslararası Lisansı kapsamında lisanslanmıştır.

Kaynaklar

- Ağaoğlu, Y. S., & Kara, Z. (1993). Tokat yöresinde yetiştirilen bazı üzüm çeşitlerinin göz verimliliklerinin belirlenmesi üzerinde araştırmalar. *Doğa Turkish Journal of Agricultural and Forestry*, 17, 451–458.
- Akın, A. (2018). Alphonse Lavallée üzüm çeşidinde bazı yaz budamaları ve hümkik madde uygulamalarının verim ve kalite üzerine etkileri. *Bahçe*, 47(Özel Sayı 1), 97–104.
- Camcı, H., & Çoban, H. (2016). Superior Seedless (*Vitis vinifera* L.) üzüm çeşidinde GA3, salkım ucu kesme ve bilezik alma uygulamalarının üzüm verim ve kalitesine etkileri. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 53(3), 351–358.
- Çoban, H. (2001). Sofralık üzüm kalitesini artırıcı bazı kültürel uygulamaların etkileri üzerine araştırmalar. *Anadolu Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 11(2), 76–88.
- Dardeniz, A., & Kısımalı, İ. (2005). Bazı sofralık üzüm çeşitlerinde kış gözü verimliliğinin saptanması ile optimum budama seviyelerinin tespiti üzerine araştırmalar. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 42(2), 1–10.
- Dardeniz, A., Şeker, M., Killi, D., Gündoğdu, M. A., Sakaldaş, M., & Dinç, S. (2012). Sofralık üzüm çeşitlerinin yapraklarındaki klorofil miktarının boğumlar bazındaki dönemsel değişiminin belirlenmesi. Uluslararası Tarım, Gıda ve Gastronomi Kongresi, 9–14 ss. 15–19 Şubat, Antalya.
- Delice, A., & Çelik, S. (2002). Guyot + T terbiye seklı verilmiş Italia üzüm çeşidinde sürgün gelişimi ile üzüm kalitesi arasındaki ilişkiler. Türkiye V. Bağcılık ve Şarapçılık Sempozyumu, 214–220 ss. 5– 9 Ekim, Nevşehir.
- Dong, J., Wu, F., & Zhang, G. (2005) Effect of cadmium on growth and photosynthesis of tomato seedlings. *Journal of Zhejiang University Science B*, 6(10), 974–980.
- FAO, (2024). <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL> (Erişim tarihi: 18.01.2024).
- Fidan, Y. (1966). Sofralık üzüm çeşitlerinden Hafızali, Hamburg Misketi, Çavuş, Balbal ve Razakı'nın tomurcuk yapıları ile mahsuldarlık durumları üzerinde araştırmalar. Tarım Bakanlığı Ziraat İşleri Genel Müdürlüğü Neşriyatı D-112, Ankara.
- Kacar, B., Katkat, V., & Ozturk, S. (2006). Bitki Fizyolojisi. Nobel Yayın No:848, Ankara, 562 s.
- Kayalı, H. (2019). Bazı Sofralık Çeşitlerde Yıllık Dalın Farklı Boğumlarından Süren Yazlık Sürgün Salkımlarının Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. (Yüksek Lisans Tezi). 69 s.
- Kısımalı, İ. (1984). Bazı sofralık üzüm çeşitlerinin kış gözü verimliliği üzerinde araştırmalar. Türkiye II. Bağcılık Sempozyumu, 35–48 ss. 14–17 Kasım, Manisa.
- Özer, C., Yaşasın, A. S., Ergönül, O., & Aydın, S. (2012). The effects of berry thinning and gibberellin on Reçel Üzümlü table grapes. *Pakistan Journal of Agricultural Sciences*, 49(2), 105–112.
- Sümbül, A. (2022). Determination of stoma characteristics and SPAD values of some local and commercial grape varieties cultivated in Kayseri ecological conditions. *Erzincan University Journal of Science and Technology*, 15(2), 556–565.
- Şahin, E., & Dardeniz, A. (2020). Farklı yazlık sürgün kalınlıklarının Cardinal ve Yalova İncisi (*Vitis vinifera* L.) üzüm çeşitlerinde gelişim ve kalite üzerindeki etkileri. *Lâpseki Meslek Yüksekokulu Uygulamalı Araştırmalar Dergisi*, 1(1), 31–39.
- Şahin, E., & Dardeniz, A. (2022). Tozlayıcı olarak Kuntra (Karasakız) ve Vasilâki üzüm çeşitlerinin kullanıldığı Bozcaada Çavuşu (*Vitis vinifera* L.) üzüm çeşidinde verim ve kalite özelliklerinin belirlenmesi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 19(4), 724–736.
- TÜİK, (2024). <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=tarim-111&dil=1> (Erişim tarihi: 18.01.2024).
- Yılmaz, E., & Dardeniz, A. (2009). Bazı üzüm çeşitlerindeki salkım ve sürgün pozisyonunun üzüm verim ve kalitesi ile vejetatif gelişime etkileri. *Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 4(2), 1–7.
- Yılmaz, F. D., & Akın, A. (2014). Red Globe sofralık üzüm çeşidinde salkım ucu kesme ve yaprak gübresi uygulamalarının üzüm verimi ve kalitesine etkileri. *ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 2(2), 17–21.



Drought Resilience in Wine Grapes: Genotypic Influence on Leaf Micronutrient Dynamics

Serkan Candar¹✉, Bekir Açıkbaş², Tezcan Alço², Mümtaz Ekiz³, Esra Şahin¹, Elman Bahar⁴, İlknur Korkutal⁴

¹Çanakkale Onsekiz Mart University, Faculty of Agriculture, Department of Horticulture, Çanakkale, Türkiye

²Tekirdağ Viticulture Research Institute, Tekirdağ, Türkiye

³Trakya Agricultural Research Institute, Edirne, Türkiye

⁴Tekirdağ Namık Kemal University, Faculty of Agriculture, Department of Horticulture, Tekirdağ, Türkiye

Abstract: This study aimed to examine variations in the micronutrient content of leaves in two-year-old indigenous and widely recognized grapevine cultivars under different levels of water stress. Eight wine grape cultivars ('Adakarası,' 'Papazkarası,' 'Karasakız,' 'Karalahana,' 'Yapıncak,' 'Vasilaki,' 'Cabernet Sauvignon,' and 'Sauvignon Blanc') were grown in pots as own-rooted plants and subjected to five distinct irrigation treatments—100%, 75%, 50%, and 25% of available water capacity (AWC), as well as the no-irrigation condition. The experiment was conducted over two consecutive years, from May to September, using a computer-controlled nutrition and irrigation system under semi-controlled conditions. The findings revealed that, except for sodium (Na), all micronutrient concentrations in leaf tissues increased in the second year of the study. The response of leaf micronutrient content to varying AWC levels was predominantly influenced by the cultivars' genotypic characteristics rather than the irrigation regime. Additionally, significant correlations were observed among micronutrient levels.

Keywords: Water shortage, indigenous cultivars, irrigation, micro elements

Şaraplık Üzümlerde Kuraklığa Dayanıklılık: Yaprak Mikro Besin Dinamikleri Üzerindeki Genotipik Etki

Öz: Bu çalışmada, iki yaşındaki yerli ve yaygın olarak bilinen asma çeşitlerinin yaprak mikro besin element içeriklerinin farklı su stresi seviyeleri altında değişimlerinin incelenmesi amaçlanmıştır. Sekiz şaraplık üzüm çeşidi ('Adakarası', 'Papazkarası', 'Karasakız', 'Karalahana', 'Yapıncak', 'Vasilaki', 'Cabernet Sauvignon' ve 'Sauvignon Blanc') saksılarda kendi kökleri üzerinde yetiştirilmiş ve kullanılabilir su kapasitesinin (KSK) %100, %75, %50, %25'i ve hiç sulama yapılmayan koşul olmak üzere beş farklı sulama uygulamasına tabi tutulmuştur. Deneme, yarı kontrollü koşullarda, bilgisayar kontrollü bir besleme ve sulama sistemi kullanılarak Mayıs-Eylül ayları arasında, iki yıl üst üste yürütülmüştür. Bulgular, sodyum (Na) elementi hariç tüm mikro besin elementlerinin yaprak dokularındaki konsantrasyonlarının çalışmanın ikinci yılında arttığını ortaya koymuştur. Yapraklardaki mikro besin elementlerinin KSK seviyelerine tepkisi, sulama rejiminden ziyade çeşitlerin genetik özelliklerinden etkilenmiştir. Ayrıca, mikro besin elementleri düzeyleri arasında anlamlı korelasyonlar tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Su kısıtı, yerli çeşitler, sulama, mikro elementler

Makale Geçmişi

Geliş: 20/07/2025

Kabul: 16/10/2025

Araştırma Makalesi

Article History

Received: 20/07/2025

Accepted: 16/10/2025

Research Article

✉ Correspondence: serkan.candar@comu.edu.tr

Citation: Candar, S., Açıkbaş, B., Alço, T., Ekiz, M., Şahin, E., Bahar, E., & Korkutal, İ. (2025). Drought resilience in wine grapes: Genotypic influence on leaf micronutrient dynamics. *Journal of Science-Technology-Innovation Ecosystem*, 6(2), 107-125.



Introduction

The globe is experiencing growing water shortages, and the farming industry heavily relies on water supplies, rendering it susceptible to the effects of drought. Drought is a persistent issue that impacts numerous global regions and can significantly affect plant development and yield. Grapevines (*Vitis vinifera* L.) are among the most extensively cultivated crops worldwide, and their performance relies heavily on sufficient water availability (Jones, 2007; Tóth & Végvári, 2015; Santos et al., 2020). The ability of grapevines to withstand dry conditions is a vital element in their success, especially in areas where water is scarce.

The farming sector is encountering significant obstacles due to the rising occurrence and severity of droughts, resulting in water shortages on a global magnitude, as highlighted by the research of Gambetta et al. (2020), Santos et al. (2020) and Kizildeniz et al. (2021).

Key indirect climate crisis impacts that limit productivity and influence grape composition include drought, soil erosion and salinity. Areas characterized by a Mediterranean climate face the potential threat of compromised wine sustainability in forthcoming scenarios (Fraga et al., 2016; Santos et al., 2020).

Grapevine response to water deficit encompasses a multifaceted interplay between genetic factors, physiological processes, and biochemical pathways (Trenti et al., 2021). The impact of water deficit on woody plants manifests as a disruption in water transport and carbon assimilation (Vandeghechuchte et al., 2015).

Water scarcity on grapevines can manifest as both temporary and permanent changes. Temporary responses include diminished cell turgidity (Patakas & Noitsakis, 1999), delayed vegetative growth (Kizildeniz et al., 2015; 2021), decreased stomatal aperture (Charrier et al., 2018), impaired photosynthesis (Chaves et al., 2010), and reduced berry size (Candar et al. 2019; Kizildeniz et al., 2018). Permanent responses include chlorosis and leaf degeneration, berry shrinkage, retarded sugar storage (Candar et al., 2019; Kizildeniz et al., 2018), lightening of berry color, and stem wood lignification (Bahar et al., 2011; Candar et al., 2022a). Grapevines are widely regarded as one of the most adaptable woody species capable of thriving in dry conditions (de Ollas et al., 2019). This flexibility stems from their ability to regulate osmotic potential (Patakas & Noitsakis, 1999; Rodrigues et al., 1993).

Patakas et al. (2002) propose that the buildup of osmotically active compounds help sustain cell turgor pressure and metabolic functions during times of water shortage. Furthermore, soil water content significantly impacts the complex interplay among grapevine functionality, soil properties, physiological responses, and berry quality (Candar et al., 2022a; Oertel et al., 2016; Paustian et al., 2016). Additionally, factors like temperature of soil, organic matter content, and porosity also significantly influence the speed of mineralization. Nevertheless, soil humidity and nutrient accessibility are the two main soil-related factors that interact in affecting crop production and quality.

Although the effects of fertilization, nutrient capacity, and different fertilizers on berry yield and quality have been thoroughly studied, their impact on grapevine physiology and performance has garnered minimal focus (Brataševac et al., 2013; Martínez et al., 2016; Zamudio et al., 2021).

Alterations in soil nutrition use can have a significant impact on grapevine productivity and berry quality. The potential for such changes is determined by factors such as climate, ambient CO₂ concentrations and varietal properties. However, yield and fruit ripening are often limited by the availability of resources in the root zone, including nutrients and water, as well as pest and disease pressure.

Understanding the interplay between the vine, water, and nutritional resources has become an increasingly pressing challenge for fruit production, particularly given the need to address the consequences of changing climate in severe conditions (Carvalho et al., 2019; Villette et al., 2020).

The presence of micronutrients is a vital element in regulating the vegetative development of grapevines and the qualities of the resulting fruit harvest. Essential microelements such as iron, manganese, and zinc are crucial for the normal functioning of the grapevine and its ability to produce high-quality fruit. However, water stress can disrupt the absorption and partitioning of these vital elements, resulting in suboptimal nutrition and reduced productivity. Microelements exhibit a profound impact that transcends the grapevine's growth, development, and yield, as they play a role in shaping the quality of the produced wine. Proper concentrations of critical micronutrients facilitate the development of premium-grade berries, which enhance the flavor, fragrance, and overall excellence of wine.

The reality of global warming is now widely accepted. To mitigate the challenges associated with this occurrence, short-term interventions, including canopy management, application of sunscreens, supplemental drip irrigation, tillage, and preparedness for emerging vineyard pests and diseases, warrant consideration. Researchers have advocated for more long-term approaches, such as modifying the training system, selecting alternative clones or rootstocks, using different cultivars, or changing the growing location (Carbonneau & Bahar 2009; OIV 2014).

Biodiversity found in viticultural nations provides substantial prospects for modifications in clones, rootstocks, and grape varieties within the wine industry. The potential advantages offered by this diversity, as well as the native *Vitis vinifera* L. cultivars, have been thoroughly investigated. To foster sustainable winemaking in emerging vineyard regions and guarantee the sustained feasibility of Mediterranean vineyards, it is crucial to capitalize on the adaptation and genetic diversification of indigenous gene resources (Vouillamoz et al., 2006; Ergül et al., 2011; Hizarci et al., 2012; Balda et al., 2014; Yılmaz et al., 2020). To promote sustainable winemaking in new vineyard zones and secure the viability of Mediterranean vineyards in the future, it is necessary to take advantage of the adaptation and genetic diversification of indigenous gene resources (Bernardo et al., 2021; Candar et al. 2021). Adopting eco-friendly winemaking in novel vineyard regions and ensuring the long-term viability of Mediterranean vineyards necessitates leveraging the adaptive capacity and genetic diversity of native germplasm. The selection of appropriate rootstocks and cultivars can enhance sustainability by influencing input expenditures and waste management procedures within the vineyard, such as labor allocation, water usage, nutrient removal, soil stewardship, and minimizing vehicular movement between rows.

In recent years, there has been increasing scholarly attention on utilizing indigenous grape varieties as a method for adjusting to changing climate conditions (Capozzi et al., 2015). These regionally adapted cultivars have developed over time in response to the distinct ecological conditions of their areas, including the occurrence of drought. They have developed strategies to cope with water stress, such as deep root systems, efficient water use, and increased drought tolerance.

When it comes to plant nutrition and creating sustainable global food systems, it's crucial for everyone involved to approach nutrient management in a holistic manner. This means considering the entire life cycle of nutrients and tackling the various challenges associated with them in the food system. To achieve these goals, it's essential to come up with integrated and targeted strategies and practices for plant nutrition that strike a balance between productivity and environmental concerns. According to Dobermann et al. (2023), these solutions must be appropriate for diverse agriculture and economic sectors in different areas, countries and communities. One of the key factors in accomplishing these objectives is to identify the nutritional requirements of local plant varieties.

This paper seeks to address a gap in the current knowledge regarding the influence of varying degrees of drought stress on the micronutrient status of young grapevines. The research employs a controlled experimental approach, exposing local grapevine cultivars to varying levels of water shortage and measuring the impacts on the concentrations of essential microelements in the leaves of local grapevine. Understanding the relationship between water availability and the microelement status of local grapevines will provide information for vineyard managers, helping them to optimize their water management practices to improve the microelement status of their crops. Thus, increasing productivity and quality, as well as assisting policymakers in guiding the development of more ecologically sustainable and adaptable grapevine cropping systems.

Materials and Methods

Experimental Location and Cultivars

The research was carried out throughout the 2019–2020 growing seasons in the trial plots of the Viticulture

Research Institute, located at the specified geographical coordinates 40.96°N - 40.97°N latitude and 27.46°E - 27.47°E longitude, at an elevation of 30-35 meters in Tekirdağ, Türkiye.

In this trial, two years old cuttings of ‘Cabernet Sauvignon,’ ‘Sauvignon Blanc’ ‘Adakarasi’ (clone 153), ‘Karalahana’, ‘Papazkarasi’ (clone 289), ‘Yapincak’, ‘Karasakız’ (clone 175), and ‘Vasilaki’, (*Vitis vinifera* L.) cultivars were used. Grapevines were cultured on their own roots, without grafting. The local grapevine cultivars used in the experiment were preferred because of their remarkable wine quality, which they have been adapted to the region for many years, and the rising interest of vignerons and consumers in the recent period. The grapevine cultivars ‘Cabernet Sauvignon’ and ‘Sauvignon Blanc’ were chosen because of their contrasting reactions to drought stress (Simonneau et al., 2017).

Trial Conditions and Experimental Design

An automated irrigation and fertilization system was installed in the outdoor plots. The cuttings, comprising 7-8 buds, were sourced from virus-free mother plants that had been rigorously screened for major viruses from the vineyards at the Tekirdağ Viticulture Research Institute (TVRI).

Grapevines were planted and cultivated in 14-liter plastic pots filled with perlite medium (Kale Perlit, Türkiye) until they reached 14 to 16 leaves with a length of 170-175 cm, approximately corresponding to the phase EL 29-31 (Lorenz et al., 1995).

Prior to reaching the expected shoot length, at approximately EL 15-17, all clusters and unwanted stems were detached, and only 2 to 3 stems were retained on each single grapevine. During the experiment, the primary shoots of the grapevine were maintained at a length between 170 and 175 cm, while the lateral stems were pruned down to 3 to 4 leaves. Upon completion of the first experimental year, the grapevines were trimmed back to 2 to 3 buds. This cultivation strategy was then replicated in the second year.

After the vines attained a consistent shoot length (EL 29-31) following cluster removal, after determining the perlite’s water retention capacity, plants were watered with a standardized amount corresponding to that limit. The irrigation volume was then forecasted, and a daily irrigation regimen was established per pot to induce water stress in the plants.

A daily maximum irrigation limit of 8 L was established based on Ilahi and Ahmad (2017), and lower water volumes of 6 L, 4 L, and 2 L were implemented according to the reference evapotranspiration (ET_o). In addition, another application was made without irrigation. Thus, 8L of total water per day equals 100% daily available water capacity (AWC) AWC₁₀₀, 6L total water amount AWC₇₅, 4L total water amount AWC₅₀, 2L total water AWC₂₅ and 0 L total water AWC₀ treatments were formed. The computerized system determined the amount of water to be applied per application by dividing the daily total into five portions across the day. This method allowed for the simulation of water-constrained conditions in a controlled environment. The irrigation schedule, including the daily amount, daily total time and application dates during the experimental years was thoroughly documented in Candar et al. (2021; 2022b; 2023). At the beginning of the water restriction period, the pots were closed with plastic bags to expose grapevine stems and to keep the growing medium in the pots free from undesired rainfall, although there was no precipitation during the water restriction period in the two years.

Experimental trials employed slightly adapted versions of the Hoagland and Arnon (1950) methodology. Fertilization was customized based on the developmental stage of the plants, their phenology, and the specific aims of the research. The solution was modified in accordance with the growing rate of the grapevines, the phenological period, and the research objectives. Analysis of the solutions performed three times in both years revealed no deficient nutrient elements (Candar et al., 2021). The field was managed for weed control, and the grapevines were protected against diseases and pests in accordance with local standards in both experimental years.

The study followed a completely randomized block structure, incorporating three replicates, each containing eight vines, resulting in a total of 960 vines. There were five treatments applied in compliance with the randomized block trial pattern. In the year 2019 there were only ‘Adakarasi’, ‘Papazkarasi’, ‘Karalahana’, ‘Yapincak’, ‘Vasilaki’, ‘Cabernet Sauvignon’ and ‘Sauvignon Blanc’ cultivars due to missing plants in the ‘Karasakız’ cultivar during the first experiment year; data of ‘Karasakız’ were only collected in 2020.

Sample Collection, Analysis of Micronutrients in the Leaves

Ten healthy, fully developed leaves per plant were randomly selected among the 5th to 7th leaves from the tip of the shoot to determine microelements as described by Dami and Smith (2019). The foliage was collected during the last week of September 2019 and the first week of October 2020, one week following the termination of the deficit irrigation regimes. Samples were obtained from the complete leaves rather than the petioles of the young plants, as this allowed for the collection of a sufficient quantity for analysis. According to Cancela et al. (2018), leaf blades are more suitable for nutrient analysis than petioles. Therefore, a dry matter blend of both blades and petioles was used for the examination.

The leaf samples were processed in the laboratory. They were rinsed with tap water, followed by a 0.1 N HCl solution to eliminate surface contaminants, finally rinsed with distilled water. After shade drying, the samples were placed in a laboratory oven at 70°C until they reached a stable weight. The dried samples were then ground and processed for analysis, following the methodology described by Benito et al. (2013). The leaf samples were analyzed using ICP-OES equipment (Inductively Coupled Plasma, Spectro, Spectroblue FMX36, Germany) at the Namik Kemal University Central Research Laboratory to detect the presence of Iron (Fe), Copper (Cu), Zinc (Zn), Manganese (Mn), Boron (B), Molybdenum (Mo), and Sodium (Na) elements.

Climate Data

Descriptive mesoclimate weather data, such as temperature, relative humidity, light intensity, wind speed, and total precipitation, were monitored for two consecutive years using a weather station located within the experimental area. The data was collected at a height of two meters above ground.

Statistical Analysis

The ANOVA was performed using R statistical environment (R Core Team, 2016) and the packages *agricolae*, *ggplot2*, and *pls*. The data was normalized before analysis. Two-way ANOVA was used to identify differences in related parameters, taking into consideration the factors of treatment (AWC100, AWC75, AWC50, AWC25, and AWC0) and cultivar for consecutive years followed by Tukey multiple range tests at 5%. Moreover, the bivariate relationships of the data were analyzed. A hierarchical clustering analysis (HCA) was also performed to compare the quantitative data using Ward's method with squared Euclidean distance. Additionally, a Principal Component Analysis (PCA) was conducted utilizing the JMP 17.0 statistical software.

Results and Discussion

Climate Data

Tekirdağ experiences a Mediterranean climate typified by sweltering and arid summers as well as temperate winters, which corresponds to the Csa classification within the Köppen-Geiger climate system based on long-term data (Öztürk et al., 2017; Yılmaz & Çiçek, 2018). Precipitation is concentrated primarily during the winter and spring months. Inland regions exhibit a continental climate pattern, which leads to cooler winter temperatures relative to coastal areas (Papp & Sabovljević, 2003).

Based on long-term climate data spanning from 1939 to 2019 in Tekirdağ, the annual mean temperature is 14.0°C. The coldest month is January, with an average temperature of 4.7°C, while the hottest month is August, with an average temperature of 23.8°C. The region experiences an annual average precipitation of 589.5 mm. The period with the highest rainfall extends from October to March, whereas the mean precipitation during the vegetation period amounts to 196.70 mm.

In 2019, the average temperature during the vegetation period was 20.73°C, while in 2020 it was 20.2°C. In comparison, the long-term average temperature for the vegetation period between 1939 and 2019 was 19.5°C. The typical growing degree day (GDD) in Tekirdağ is calculated as 1872 day-degrees based on the average from 1939 to 2019. However, in 2019, this value was 2157 day-degrees, while in 2020, it was 2124 day-degrees. In recent years, a noticeable shift in climate classification based on GDD has been observed. During the periods of restricted irrigation in both trial years, no precipitation was recorded. When examining the Hydrothermic Index (HyI), the long-term average is 3595.20°C mm. Nevertheless, in the last two years, it has been calculated as 2181.54°C mm and 1328.10°C mm, respectively, indicating a significant decrease in the HyI in the recent past.

Micronutritional Changes

Iron (Fe) is a vital micronutrient that is essential for plant growth and physiological processes. In Mediterranean vineyards, high active lime content and alkalinity can cause chlorosis, which is a common problem associated with iron deficiency. This nutritional issue can negatively impact plant health, shorten their lifespan in the long run, and cause significant problems in the short term such as stunted root and shoot growth, decreased productivity, and reduced fruit quality (Abadia et al., 2011; Covarrubias & Rombola, 2013). Iron (Fe) does not directly form part of the chlorophyll structure, but it plays a significant role in its formation (Yağmur et al., 2005). The levels of chlorophyll and ferredoxin in plant leaves are dependent on the Fe content, with a decrease in Fe resulting in a corresponding decrease in these pigments. Certain enzymes that rely on Fe for their activity, such as Fe-superoxide dismutase, may become less active when Fe is deficient, leading to necrosis in the areas between the veins, particularly in young leaves. Iron also plays a role in the regulation of stomatal conductance, which affects the uptake of CO₂ and water by the plant. Deficiencies in iron can lead to chlorosis, reduced growth and reduced yield.

The 'Karahana' and 'Sauvignon Blanc' cultivars tend to have the highest Fe content in both years, the 'Karacakiz' cultivar was introduced alongside the other two in 2020. While the AWC response of cultivars generally exhibited a decreasing trend, the 'Adakarası' cultivar was identified as an exception in 2019. In the first year of the experiment, the 'Adakarası' cultivar exhibited the highest Fe value in the AWC₂₅ treatment, while in other cultivars, the highest Fe concentrations were found in the AWC₇₅ and AWC₁₀₀ treatments. In 2020, higher Fe content was also detected in all cultivars with the AWC₁₀₀ treatments. The cultivars 'Yapıncak' and 'Vasilaki' had the lowest Fe content (Figure 1). AWC₁₀₀ means statistically significantly differed from other AWCs in 2020.

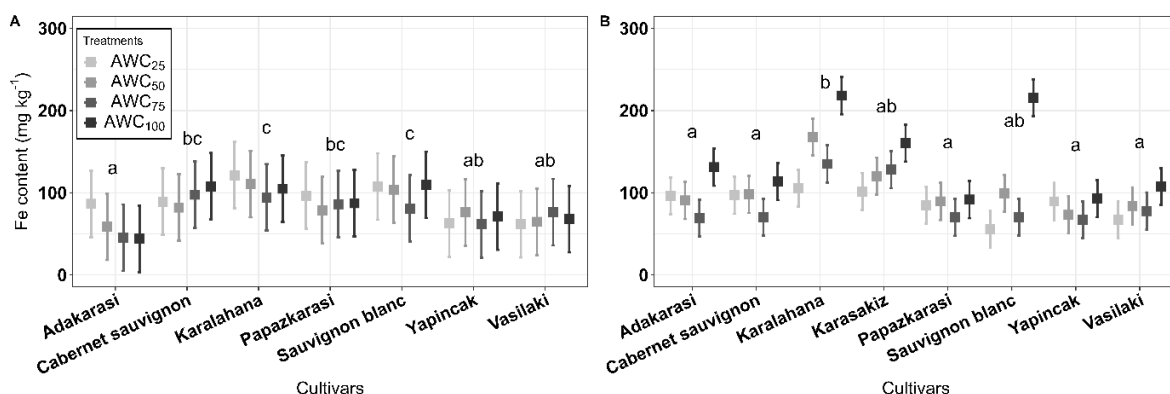


Figure 1. Fe content of the cultivars is presented as the mean $\pm$ standard error based on replicate measurements. Year 2019 is labeled as 'A' and 2020 as 'B'. Statistical differences between cultivar means ($p < 0.05$) were assessed using the Tukey test ($n = 15$), as treatment and interaction effects were not significant. The lowest mean value is listed first in alphabetical order.

Studies have examined the interaction of leaf iron content with grapevine plants, high active-limestone resistance of rootstocks (Bavaresco et al., 1991; Covarrubias & Rombola, 2013; Vannozzi et al., 2017), fertilizer (Nikolic & Kastori, 2000; Reyes et al., 2006), and the impacts of iron deficiency on development and physiological reactions (Bertamini & Nedunchezian, 2003). However, there is limited research on the genotypic reactions of varieties (Özdemir, 2018). According to Bertamini and Nedunchezian (2003), Fe deficiency diminishes the vegetative growth of the 'Pinot Noir' cultivar. It also impacts membrane permeability, decreases both the exchange of CO₂ and photosynthesis levels, and results in reduced leaf area and dry matter accumulation. In our study, since all the plant nutritional values given are within threshold values, it is not possible to make evaluations regarding the lack or toxicity of Fe.

However, the interactions of cultivars and changing AWCs are not statistically significant similarly to Oliveira et al. (2015), which reported that there was no difference in the iron content of Syrah grape leaves when different irrigation regimes were applied, they have been found to differ.

Copper (Cu) is a heavy metal that serves as a catalyst for various chemical reactions in plants. It is responsible for the synthesis of enzymes such as polyphenol oxidase, monoamine oxidase, and other phenolases during the photosynthesis cycle (Kovacic et al., 2013). Higher plants need small quantities of Cu for normal

functioning of the plant (Rehman et al., 2019). Insufficient Cu can lead to a reduction in biological functions and ultimately plant death, whereas high amounts of Cu can be poisonous to living organisms. Elevated copper concentrations can adversely impact a range of physiological processes, including photosynthesis, root growth, enzyme function, pigment and protein production, as well as cell division (Cambrolle et al., 2015; Castro et al., 2021; Lai et al., 2010; Juang et al., 2012). Studies investigating the effects of copper compounds used for *Plasmopara viticola* (Berk. et. Curt.) and *Botrytis cinerea* Pers. management have found that excess soil Cu can be an oxidative stress-enhancing factor (Miotto et al., 2014). Elevated copper concentrations have been observed in various components of the wine production system, including grape berries, must, winemaking equipment, and the final wine product, which may be attributable to environmental copper contamination of water and soil resources (Sun et al., 2018). This trend has negative effects on both the performance of yeast during fermentation and the safety of wine consumers, as noted by Sun et al. (2016). However, it has been shown that sufficient P can limit the negative impact of extreme Cu by regulating physiological processes (Baldi et al., 2018). The level of copper concentration that leads to toxicity varies depending on the grapevine cultivar and the rooting conditions, as noted in studies by Cambrolle et al. (2015), Kopittke et al. (2010) and Tiecher et al. (2018).

Since the content of Cu in all applications and varieties falls within the limit values, it is not possible to discuss the effects of deficiency or excess (Jones et al., 1991). The Cu content of cultivars showed no statistically significant difference in both years. Among the cultivars, 'Karalahana' exhibited the highest Cu content, while 'Sauvignon Blanc' showed the lowest. In 2020, the mean Cu content was higher than in the first year. 'Adakarasi' had the highest Cu content, while 'Cabernet Sauvignon' had the lowest. Notably, 'Papazkarasi' was an exception in 2020, while other varieties tended to have increased Cu content with increasing levels of irrigation (Figure 2).

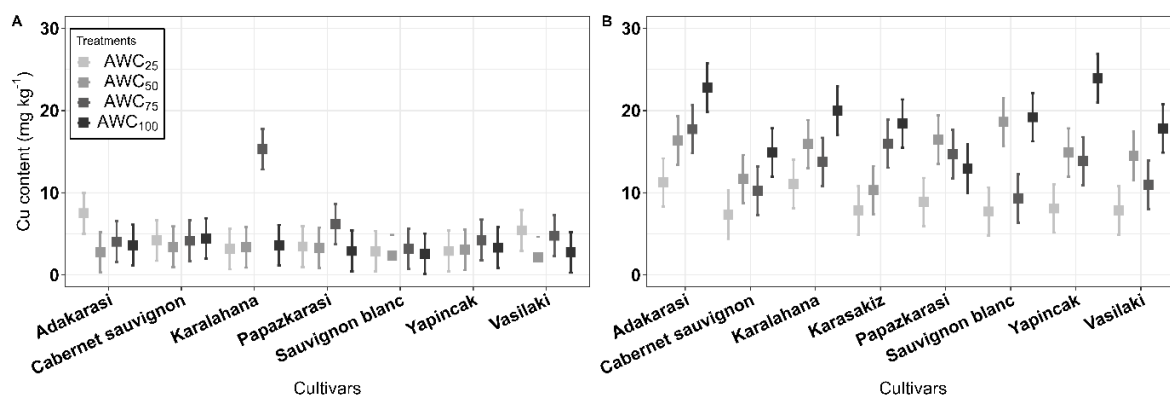


Figure 2. Cu content of the cultivars is presented as the mean $\pm$ standard error based on replicate measurements. Year 2019 is labeled as 'A' and 2020 as 'B'.

It is possible that the storage of copper elements in perennial vegetative organs, rather than in one year old shoots of grapevine species and the increased root amount in the second year may be related (Juang et al., 2012). Statistically significant differences were found between the AWCs in 2020. AWC₂₅ had the lowest Cu content, while AWC₁₀₀ had the highest Cu content. The AWC₁₀₀ treatments resulted in the highest Cu contents in 2020, while AWC₇₅ was found in higher Cu content 2019. This result contradicts that of Oliveira et al. (2015), who showed that the Cu content of leaves did not significantly vary under different irrigation regimes in five-year-old soil grown grapevines. On the other hand, Cambrolle et al. (2015) discovered that wild species exhibited greater tolerance to Cu in their research conducted with 41B rootstock - a hybrid of two *Vitis vinifera* L. ssp. *sylvestris* subspecies *Vitis vinifera* L. cv. Chasselas and *Vitis berlandieri* Planch. Additionally, cultivars may display genotypic differences in terms of the uptake, transport, and utilization of this nutrient element.

Zinc (Zn) is a micronutrient that is more commonly deficient in rapidly growing young tissues and in arid conditions due to its slow transport in soil and plants as a divalent ion. Zn deficiency is a frequently encountered problem in dry and semi-dry climates where viticulture is intense, including Türkiye (Cakmak et al., 1996; White & Zasoski, 1999). Availability of a sufficient Zn source is one of the requirements for plants to cope with drought during the vegetation period (Grewal & Williams, 2000). Zn plays an important role in the formation and operation of some growing hormones and many enzymes, including fruit set stage, cell division, strong attachment of berries

to clusters, integrity of cell membranes, and photosynthesis cycles (Ramos & Romero, 2016). Its deficiency causes irregular growth, low berry set, growth retardation, and yield losses in young leaves. It has also been notified that Zn shortage decreases water-use efficiency in plants, and sufficient Zn levels make plants more resistant to water deficit in the soil. Zn enhances resistance to damage caused by biotic and abiotic stress (Cakmak et al., 1996; Zhao & Wu, 2017; Sabir & Sari, 2019; Cakmak, 2000).

During the initial year of the trial, it was observed that the Zn contents of all cultivars tended to decrease as the water content increased. The ‘Papazkarası’ cultivar showed the maximum Zn amount, while the ‘Yapıncak’ cultivar resulted the lowest content in 2019. In the second year, Zn content increased with increasing irrigation, except for ‘Karalahana’ and ‘Yapıncak’ cultivars. In 2020, the ‘Adakarası’ cultivar produced the richest Zn level, while the Karasakız and ‘Cabernet Sauvignon’ cultivars represented the lowest concentration. The AWC₂₅ plants reached the highest Zn content in 2019, whereas the AWC₅₀ and AWC₁₀₀ plants had the highest Zn content in 2020 (Figure 3). Unlike Oliveira et al. (2014) results were statistically significant.

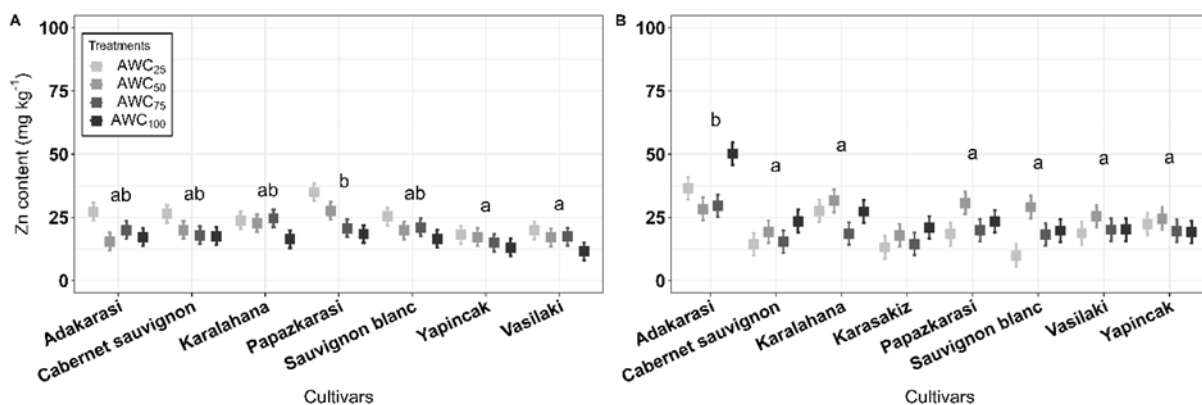


Figure 3. Zn content of the cultivars is presented as the mean $\pm$ standard error based on replicate measurements. Year 2019 is labeled as 'A' and 2020 as 'B'. Statistical differences between cultivar means ($p < 0.05$) were assessed using the Tukey test ($n = 15$), as treatment and interaction effects were not significant. The lowest mean value is listed first in alphabetical order.

According to Sabir and Sarı (2019), Zn fertilization promotes vegetative and generative growth in Italia and Alphonse Lavallée cultivars grafted on 99R. Therefore, the high Zn content in ‘Adakarası’, especially in 2020, could be related to the variety's strong vegetative development and its tendency to form continuous clusters even with AWC₂₅ and AWC₅₀ treatments until the end of the study. Sabir and Sarı (2019) also found that foliar application of Zn increases berry weight, length, and diameter in plants under limited irrigation. In the current research, these two cultivars exhibited distinct patterns in terms of Zn nutrient accumulation.

Manganese (Mn) is a bivalent micronutrient that is commonly deficient in both younger and older leaves, presenting as interveinal and mosaic forms of chlorosis. Mn is critical for photosynthetic processes and the structural integrity of numerous enzymes. The symptoms of Mn deficiency are more severe on leaves exposed to the sun in advanced phenological periods, and it may also delay the maturity of berries (Salisbury & Ross, 1992).

In 2019, the ‘Cabernet Sauvignon’ cultivar recorded the maximum Mn levels, while the ‘Vasilaki’ cultivar represented the lowest Mn content. The responses of changing AWC treatments among cultivars did not show any trend. However, genotypic differences in response to various AWCs were not determined to be statistically significant. In 2020, Mn contents were detected at higher levels than in the previous year. Most cultivars, except for ‘Karalahana’ and ‘Papazkarası’, responded to increased irrigation by increasing the leaf Mn content. ‘Karalahana’ and ‘Papazkarası’ cultivars had the highest Mn contents in the AWC₅₀ application (Figure 4). Leibar et al. (2017) also reported that restricted irrigation caused an increase in Mn content during the harvest period in the Tempranillo cultivar. However, according to Oliveira et al. (2015), full, regulated, and deficit irrigation regimes did not have a statistically significant effect on the Mg content of the leaves. In terms of the main effect of the cultivar, the cultivar ‘Karalahana’ had the maximum Mn concentration, whereas the cultivar ‘Vasilaki’ contained the least Mn.

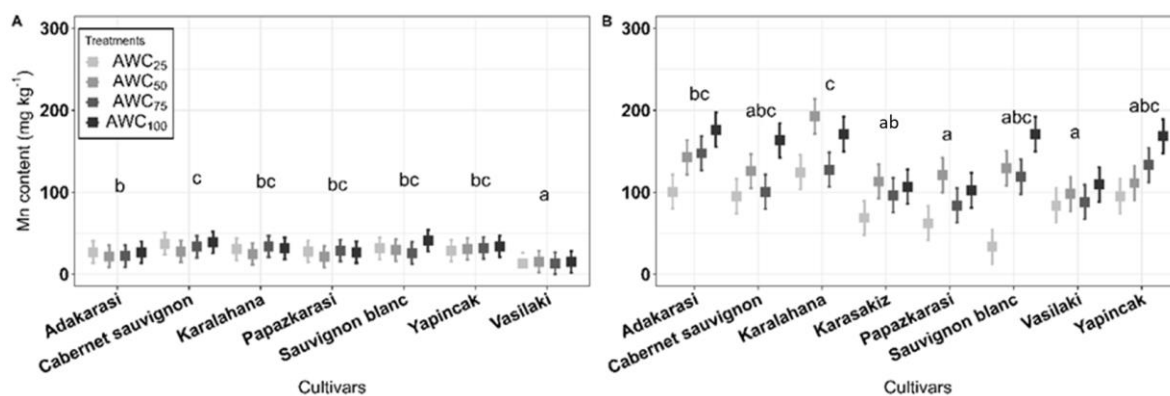


Figure 4. Mn content of the cultivars is presented as the mean $\pm$ standard error based on replicate measurements. Year 2019 is labeled as 'A' and 2020 as 'B'. Statistical differences between cultivar means ($p < 0.05$) were assessed using the Tukey test ($n = 15$), as treatment and interaction effects were not significant. The lowest mean value is listed first in alphabetical order.

Boron (B) is absorbed by plants as boric acid and is slowly distributed throughout the tissues. Its lack is known to limit root growth and hinder cell division in shoot and leaf tips. Since it participates in the elongation of the pollen tube, its insufficiency results in a reduction in berry set. The uptake of B is reduced in arid conditions. Nevertheless, it is a nutrient element that exhibits high mobility in the environment particularly in cases of excessive irrigation or precipitation (Salisbury & Ross, 1992; Pearson & Goheen, 1998). B fertilization is proven to boost berry set, growth and yield (Christensen et al., 2005; Güneş et al., 2015).

The 'Cabernet Sauvignon' and 'Sauvignon Blanc' cultivars had the maximum B contents in 2019, while the 'Karahana' cultivar had the lowest. With statistically significant differences, increasing AWC treatments appeared to increase B content in the 'Cabernet Sauvignon', 'Papazkarasi', and 'Vasilaki' cultivars. 'Adakarasi', 'Karahana', and 'Yapincak' cultivars had the highest content in AWC₇₅ treatments. In 2020, the 'Sauvignon Blanc' cultivar found the richest B amount, and the 'Karahana' cultivar had the lowest, as in the previous year. 'Adakarasi', 'Cabernet Sauvignon', 'Sauvignon Blanc', 'Yapincak', and 'Karacakiz' cultivars showed the maximum B content in AWC₁₀₀ treatment, while 'Karahana', 'Papazkarasi', and 'Vasilaki' cultivars had the highest B content in AWC₅₀. Nevertheless, no statistically significant differences were found (Figure 5). In both years, the B content tended to increase with increasing irrigation. However, it was determined that the levels of B content did not increase to a toxic level and did not exhibit any toxicity symptoms throughout the experimental years.

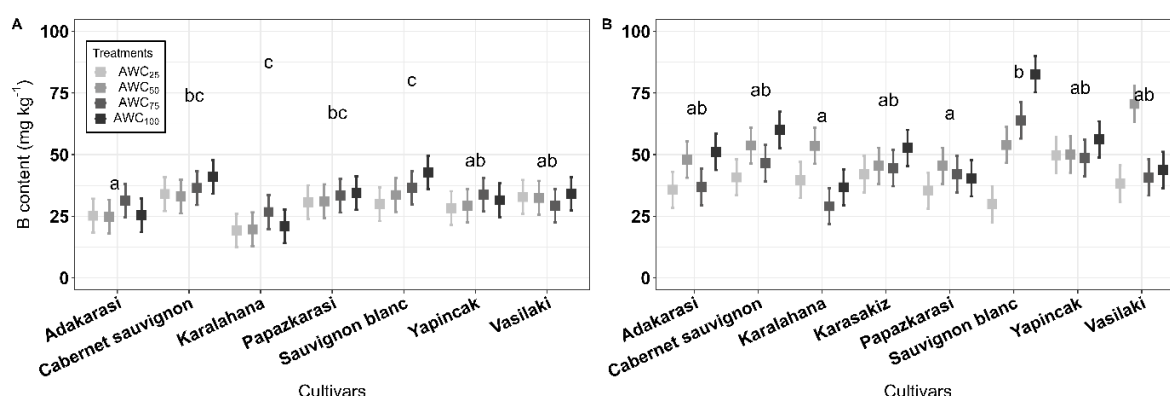


Figure 5. Content B of the cultivars is presented as the mean $\pm$ standard error based on replicate measurements. Year 2019 is labeled as 'A' and 2020 as 'B'. Statistical differences between cultivar means ($p < 0.05$) were assessed using the Tukey test ($n = 15$), as treatment and interaction effects were not significant. The lowest mean value is listed first in alphabetical order.

Molybdenum (Mo) plays a crucial role in the nitrate reductase enzyme, which converts nitrate to nitrite, thereby supporting plant metabolism. Additionally, it is responsible for the functionality of enzymes responsible for abscisic acid production (Masi & Boselli, 2011). Mo also provides yield increase by increasing cluster weight and reducing millerandage in clusters by increasing berry set (Longbottom et al., 2005; Williams et al., 2005).

In 2019, the 'Adakarasi' cultivar exhibited the maximum Mo concentration, while 'Cabernet Sauvignon' displayed the lowest. The highest contents were observed in 'Adakarasi', 'Papazkarasi', 'Sauvignon Blanc', and 'Yapincak' cultivars in AWC₂₅ treatments, and in 'Cabernet Sauvignon', 'Karalahana', and 'Vasilaki' cultivars in AWC₇₅ treatments. However, these changes were not statistically significant. AWCs that decreased in terms of AWC main effect tended to contain higher Mo, and the mean differences were statistically significant. In 2020, unlike the previous year, 'Cabernet Sauvignon' showed the greatest Mo concentration, while 'Sauvignon Blanc' exhibited the lowest. Although the Cultivar x AWC interaction was not statistically significant, 'Adakarasi', 'Cabernet Sauvignon', 'Papazkarasi', 'Vasilaki', and 'Karacakiz' cultivars exhibited the highest contents in AWC₁₀₀. The highest content was determined in AWC₅₀ in 'Karalahana' and 'Sauvignon Blanc' cultivars, and in AWC₂₅ in 'Yapincak' cultivars. This time, AWC main effects responded with higher contents to increased water capacity (Figure 6).

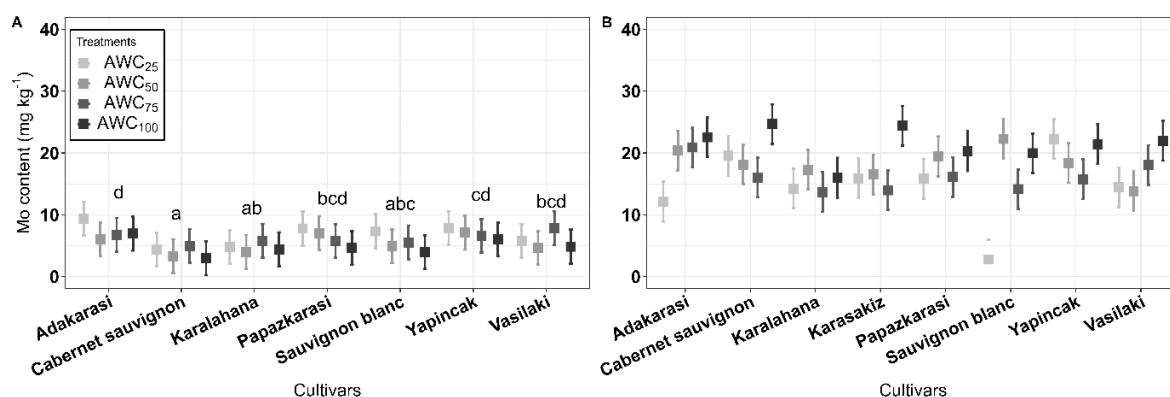


Figure 6. Mo content of the cultivars is presented as the mean $\pm$ standard error based on replicate measurements. Year 2019 is labeled as 'A' and 2020 as 'B'. Statistical differences between cultivar means ($p < 0.05$) were assessed using the Tukey test ($n = 15$), as treatment and interaction effects were not significant. The lowest mean value is listed first in alphabetical order.

In both years, it was observed that the Mo contents significantly exceeded the optimal range of 0.15-0.35 mg kg⁻¹ (Jones et al., 1991). Excessive Mo in plants does not have a toxic effect; rather, it is the high amount of soluble Mo in the growing medium that causes excessive intake by the plants. Under suitable conditions, this amount can increase up to 100 times, but it does not cause poisoning (Turan and Horuz, 2012). Mo is mobile in phloem bundles and can be found in high amounts in plant tissues when applied externally and during the appropriate phenological period (Gupta, 1997). Williams et al. (2007) applied Mo nutrient element to the Merlot cultivar and some rootstocks by spraying it on leaves. They reported that the petiole content of the vines without Mo application before flowering was 0.07-0.13 mg kg⁻¹, whereas during the flowering period, it was found to be at the content of 4.20-10.30 mg kg⁻¹ in the Mo-applied vines. In the current study, although no extra dose of Mo was applied, high amounts of Mo content were detected in all cultivars. However, it was determined that it had no effect on the general physiology of the plant.

Sodium (Na) is a micronutrient that can cause physiological disruptions, such as limiting nutrient uptake from roots and distribution to shoots, leading to problems in yield and vegetative growth when it accumulates excessively with chlorine (Walker et al., 2010). Although the use of rootstocks in viticulture is a strategy to combat salinity, the use of salinity-tolerant genotypes may also be another approach (Fisarakis et al., 2001). However, it is reported that Na can be beneficial for plants in cases of potassium-deficient growing media (Maathuis, 2014).

In 2019, the 'Karalahana' cultivar showed the maximum Na concentration, whereas the 'Cabernet Sauvignon' cultivar showed the minimum. 'Adakarasi', 'Papazkarasi', 'Sauvignon Blanc', and 'Yapincak' cultivars showed higher Na contents in response to AWC₂₅ treatment. The highest contents of 'Cabernet Sauvignon', 'Karalahana', and 'Vasilaki' cultivars were observed in AWC₇₅ treatment. In 2020, the cultivar 'Yapincak' exhibited the maximum Na concentration, while the cultivar 'Cabernet Sauvignon' exhibited the lowest Na concentration among the cultivars. 'Adakarasi', 'Papazkarasi', and 'Karacakiz' cultivars had their highest Na content in AWC₁₀₀ treatment, whereas 'Yapincak' cultivar had its highest Na content in AWC₇₅ treatment. 'Karalahana', 'Sauvignon Blanc', and Vasilaki cultivars showed higher Na contents in AWC₅₀ treatment. AWC₂₅

treatment caused a higher Na content only in 'Cabernet Sauvignon' cultivar (Figure 7). In terms of AWC main effects, AWC₅₀ resulted in a statistically significant higher content. Lebiar et al. (2017) reported that Na deficiency was observed only during the veraison period in vines exposed to water stress.

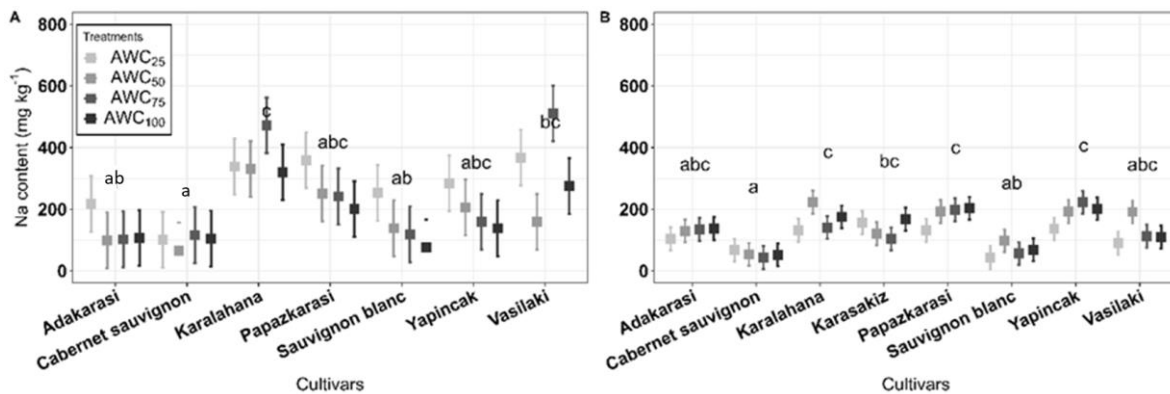


Figure 7. Na content of the cultivars is presented as the mean $\pm$ standard error based on replicate measurements. Year 2019 is labeled as 'A' and 2020 as 'B'. Statistical differences between cultivar means ($p < 0.05$) were assessed using the Tukey test ($n = 15$), as treatment and interaction effects were not significant. The lowest mean value is listed first in alphabetical order.

Bivariate Analysis

Figure 8 shows a correlation matrix of the micronutrients examined. Fe has a positive correlation with Mn, Cu, and Zn, with values of 0.50, 0.42, and 0.33, respectively. This indicates that as the levels of Fe increase, the levels of Mn, Cu, and Zn also tend to increase. Cu has a positive correlation with Zn (0.42) and a higher correlation with Mn (0.80), which suggests that increasing Cu levels tend to elevate the concentrations of Zn and Mn as well. The highest positive correlation in the entire matrix is between Mn and Mo, with a value of 0.82. Mn was also found to be positively correlated with B, with a value of 0.65. In contrast, Na has a negatively correlated effect on Mn (-0.24) and B (-0.25). This suggests that as the levels of Na increase, the levels of Mn and B tend to decrease.

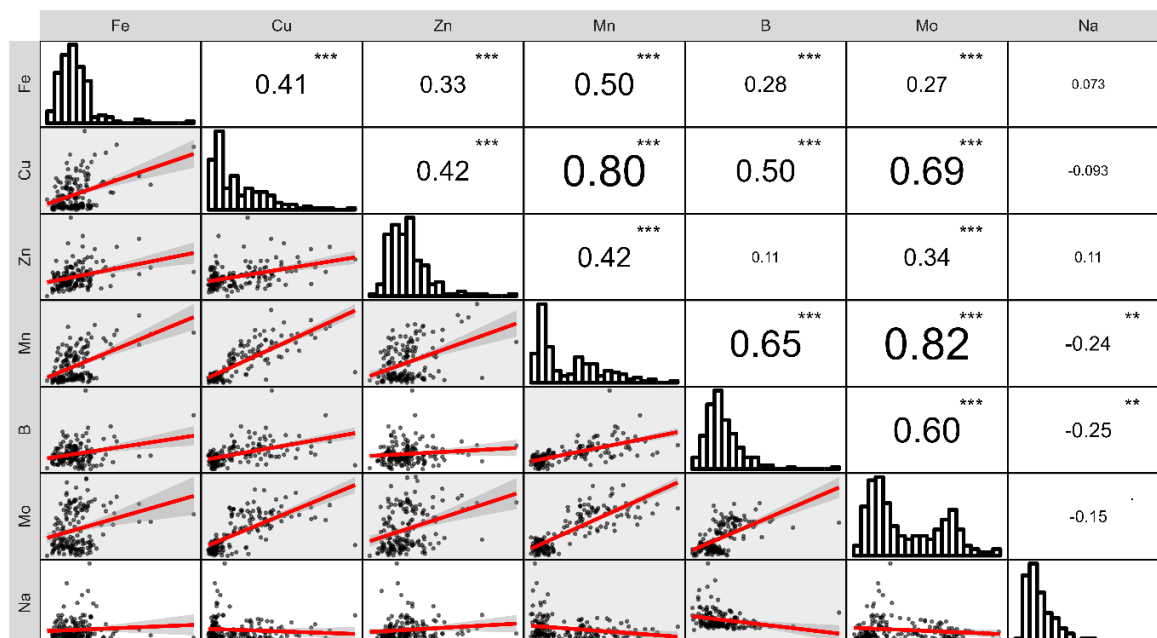


Figure 8. The scatterplot matrix displays selected variables, presenting bivariate scatterplots with fitted linear regression distributions. The red line represents the trend in the relationships between the variables. Frequency histogram overlays are also provided. The Pearson's coefficients of determination (R^2) and the statistical significance of the coefficients are indicated by the text size and * symbol above the diagonal with absent representing p-values greater than 0.05, * indicating p-values less than 0.05, ** indicating p-values less than 0.01, and *** indicating p-values less than 0.001. Fe; Iron content (mg kg^{-1}), Cu; Copper content (mg kg^{-1}), Zn; Zinc content (mg kg^{-1}), Mn; Manganese content (mg kg^{-1}), B; Boron content (mg kg^{-1}), Mo; Molybdenum content (mg kg^{-1}), Na; Sodium content (mg kg^{-1}).

Hierarchical Clustering Analyses (HCA)

Due to the distinct variations in micronutrient variables, a Hierarchical Clustering Analysis (HCA) was conducted. This analysis resulted in the differentiation of six clusters among both the seven cultivars and variables, each distinguished by varying Euclidean distances (Figure 9).

In the sixth cluster, the 'Cabernet Sauvignon' cluster exhibited a relatively low distance from the 'Sauvignon Blanc' cluster, implying a strong level of likeness between both cultivars. Moving to the fifth cluster, the 'Papazkarası' cluster assimilated the 'Vasilaki' cluster, albeit with a slightly greater distance compared to the previous step, suggesting a somewhat diminished similarity between these two cultivars. In the fourth cluster, 'Papazkarası' again took the lead by incorporating the 'Yapıncak' cluster. This step displayed a higher distance compared to previous stages, indicating a more pronounced dissimilarity in terms of micronutrient content between these clusters. The third cluster emerged when the cultivar 'Adakarası' absorbed the 'Papazkarası' cluster at a relatively greater distance. In the subsequent second cluster, the 'Adakarası' cluster assimilated the 'Cabernet Sauvignon' cluster, with a relatively high distance, thereby underlining a significant dissimilarity between these two clusters. Finally, in the last step, the 'Adakarası' cluster incorporated the 'Karahana' cluster, resulting in the amalgamation of all data points into a single cluster.

The initial clustering brought together 'Cabernet Sauvignon' and 'Sauvignon Blanc', indicating their close relationship due to remarkably low dissimilarity. As clustering progressed, 'Papazkarası' emerged as a central variety, effectively assimilating 'Vasilaki' and 'Yapıncak'. Despite its divergence from 'Papazkarası', 'Adakarası' absorbed it before encompassing 'Cabernet Sauvignon'. This ascendancy of 'Adakarası' as a central variety underscored its pivotal role in shaping the overall clustering structure. Ultimately, the clustering culminated in a single cluster, amalgamating 'Adakarası' with 'Karahana' (Figure 9).

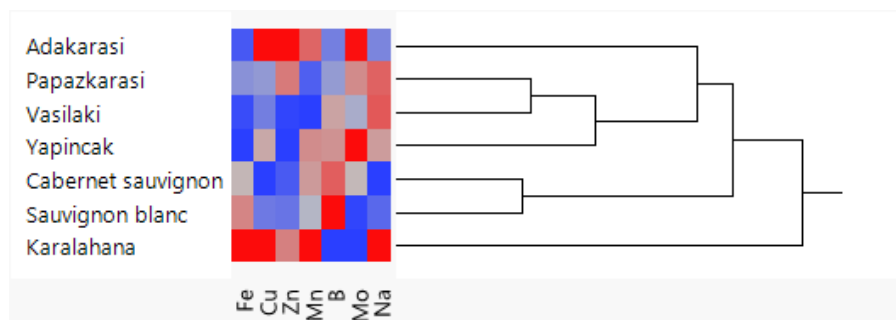


Figure 9. Hierarchical clustering analyses of cultivars in terms of micronutrient variables, where the blue boxes represent low content and red boxes have high content of the variables. Fe; Iron content (mg kg^{-1}), Cu; Copper content (mg kg^{-1}), Zn; Zinc content (mg kg^{-1}), Mn; Manganese content (mg kg^{-1}), B; Boron content (mg kg^{-1}), Mo; Molybdenum content (mg kg^{-1}), Na; Sodium content (mg kg^{-1}).

Principal Components Analysis (PCA)

The data included seven grapevine cultivars and seven micronutrient variables, which were analyzed using Principal Component Analysis (PCA) based on the covariance matrix. Two separate biplots were generated to individually evaluate the responses of the cultivars and variables. The arrangement of the results within the PCA quadrants demonstrated significant diversity among the cultivars.

The initial four principal components comprise 88.56% of the total variance monitored in the dataset, with PC1 contributing 50.41% and PC2 explaining 18.04% of the variation (Figure 10).

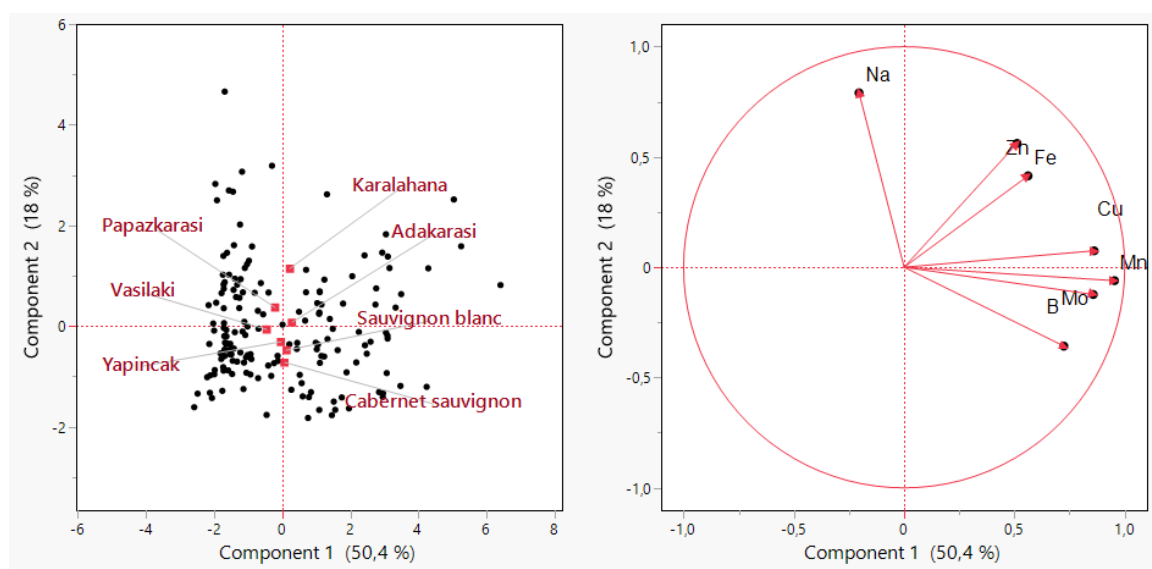


Figure 10. Principal component analysis using mean variable values. Left; PCA biplot of cultivars, right; PCA biplot of micronutrients. All variables are displayed. The variable's contribution level is represented by the size of the arrows. Fe; Iron content (mg kg^{-1}), Cu; Copper content (mg kg^{-1}), Zn; Zinc content (mg kg^{-1}), Mn; Manganese content (mg kg^{-1}), B; Boron content (mg kg^{-1}), Mo; Molybdenum content (mg kg^{-1}), Na; Sodium content (mg kg^{-1}).

The first principal component (PC1) exhibited relatively higher positive correlations with ‘Adakarasi’, ‘Karahana’ and ‘Sauvignon blanc’. They share some common characteristics or contribute to the pattern represented by PC1. This pattern suggests that PC1 is associated with the presence of the analyzed micronutrients inherent in these specific grape cultivars. ‘Cabernet Sauvignon’ also found itself on the positive side of PC1 with a very small difference. PC1 showed negative correlations with ‘Papazkarasi’ and ‘Vasilaki’. These cultivars have negative loadings on PC1, suggesting that they oppose the pattern represented by PC1. On the other hand, the second principal component (PC2) displayed higher positive correlations with ‘Karahana’, and relatively lower positive correlations ‘Papazkarasi’ and ‘Adakarasi’. Negative correlations in PC2 were ‘Cabernet Sauvignon’ and ‘Sauvignon Blanc’. ‘Vasilaki’ and ‘Yapincak’ have relatively low loadings on both PC1 and PC2, suggesting they don’t strongly align with either of these components.

Regarding micronutrient contents, PC1 exhibited positive correlations with Fe, Cu, Zn, Mn, B, and Mo, while showing a negative correlation with Na. This implies that PC1 is indicative of the abundance of these micronutrients within the grape cultivars. Conversely, PC2 displayed a singular positive correlation with Na, underscoring its association with the presence of sodium in the grape cultivars. Zn, Fe and Cu were also taking place in the positive axis of PC2.

Conclusion

Except for copper in both years and molybdenum in 2020, significant variances in micronutrient levels were observed across all cultivars' leaves. The micronutrient composition in leaves exhibited variations among cultivars for all elements, with each micronutrient being notably influenced by the year. Micronutrient levels, excluding sodium, showed elevated levels in the second year of the trial, likely due to increased root mass and nutrient accumulation in perennial structures. Alterations in leaf nutrient content could be linked to arid conditions and, in certain instances, genetic traits. Enhanced water availability in the root zone may lead to increased dry matter content in leaves, consequently resulting in elevated levels of specific nutrients.

Hierarchical Clustering Analysis (HCA) unveiled distinct clusters among cultivars and variables, including the close 'Cabernet Sauvignon'-'Sauvignon Blanc' relationship and the pivotal role of 'Papazkarasi' in amalgamating 'Vasilaki' and 'Yapincak'. In Principal Component Analysis (PCA), PC1 indicated diverse micronutrients across cultivars, while PC2 highlighted unique compounds in 'Sauvignon Blanc' and 'Yapincak', including sodium content in cultivars.

Yet, delineating the precise reaction of grapevine varieties to abiotic climatic factors remains intricate due to a myriad of factors, encompassing genetic constituents, root dynamics, and fluctuations in transmission

mechanisms across diverse circumstances. Forecasts regarding the crisis project that temperature escalation and disruptions in the atmospheric water balance will impact water and nutrient circulation, as well as the efficacy and accessibility of soil moisture for grapevines. Further investigation is necessary to explore the relationship between crop load and the interaction between rootstock and scion. Additionally, it is vital to scrutinize how distinct cultivars assimilate, convey, utilize, and retain plant micronutrients across various experimental frameworks.

Additional Information and Declarations

Acknowledgements: This study was conducted under the project TAGEM/BBAD/B/19/A1/P6/06, which received support and funding from the General Directorate of Agricultural Research and Policies of the Ministry of Agriculture and Forestry of the Republic of Türkiye.

Authors' Contributions: The trial was planned and designed by SC and EB. Field experiments and measurements were performed by SC, BA, TA. ME. SC and EŞ made formal analysis, data curation, conceptualization and visualization. SC and EŞ wrote the manuscript. EŞ, İK and EB made critical revisions to the manuscript for intellectual content. Final draft of manuscript was read and approved by all authors.

Conflict of Interests: The authors have no conflicts of interest to declare.

Copyright: 2025 Candar et al.

Academic Editor: Dr. Duygu Algan

Layout Editor: Dr. Baboo Ali



This work is licensed under a Creative Commons Attribution CC-BY 4.0 International License.

References

- Abadía, J., Vázquez, S., Rellán-Álvarez, R., El-Jendoubi, H., Abadía, A., Álvarez-Fernández, A., & López-Millán, A.F. (2011). Towards a knowledge-based correction of iron chlorosis. *Plant Physiology and Biochemistry*, 49(4), 471-482. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2011.01.026>
- Bahar, E., Carbonneau, A., & Korkutal, I. (2011). The effect of extreme water stress on leaf drying limits and possibilities of recovering in three grapevine (*Vitis vinifera* L.) cultivars. *African Journal of Agricultural Research*, 6(5), 1151-1160. <https://doi.org/10.5897/AJAR11.003>
- Balda, P., Ibáñez, J., Sancha, J.C., & Toda, F.M. (2014). Characterization and identification of minority red grape varieties recovered in Rioja, Spain. *American Journal of Enology and Viticulture*, 65(2), 148-152. <https://doi.org/10.5344/ajev.2013.13050>
- Baldi, E., Miotto, A., Ceretta, C., Brunetto, G., Muzzi, E., Sorrenti, G., Quartieri, M., & Toselli, M. (2018). Soil application of P can mitigate the copper toxicity in grapevine: Physiological implications. *Scientia Horticulturae*, 238, 400-407. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.04.070>
- Bavaresco, L., Fregoni, M., & Frascini, P. (1991). Investigations on iron uptake and reduction by excised roots of different grapevine rootstocks and a *V. vinifera* cultivar. In: Y. Chen and Y. Hadar, eds., *Iron Nutrition and Interactions in Plants. Developments in Plant and Soil Sciences*, 43. https://doi.org/10.1007/978-94-011-3294-7_18
- Benito, A., Romero, I., Domínguez, N., Escudero, E.G., & Martín, I. (2013). Leaf blade and petiole analysis for nutrient diagnosis in *Vitis vinifera* L. cv. Garnacha tinta. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 19, 285-298. <https://doi.org/10.1111/ajgw.12022>
- Bernardo, S., Dinis, L.T., Luzio, A., Machado, N., Gonçalves, A., Vives-Peris, V., Pitarch-Bielsa, M., López-Climent, M.F., Malheiro, A.C., Correia, C., Gómez-Cadenas, A., & Moutinho-Pereira, J. (2021). Optimising grapevine summer stress responses and hormonal balance by applying kaolin in two Portuguese Demarcated Regions. *Oeno One*, 55, 207-222. <https://doi.org/10.20870/OENO-ONE.2021.55.1.4502>
- Bertamini, A., & Nedunchezian, N. (2003). Photosynthetic functioning of individual grapevine leaves (*Vitis vinifera* L. cv. Pinot noir) during ontogeny in the field. *Vitis*, 42, 13-17. <https://doi.org/10.5073/vitis.2003.42.13-17>
- Bratašev, K., Sivilotti, P., & Vodopivec, B.M. (2013). Soil and foliar fertilization affects mineral contents in *Vitis vinifera* L. cv. "Rebula" leaves. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 13, 650-663. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-95162013005000052>
- Cakmak, I. (2000). Possible roles of zinc in protecting plant cells from damage by reactive oxygen species. *New Phytologist*, 146, 185-205. <https://doi.org/10.1046/j.1469-8137.2000.00630.x>

- Cakmak, I., Yilmaz, A., Kalayaci, M., Ekiz, H., Torun, B., Erenoglu, B., & Braun, H.J. (1996). Zinc deficiency as a critical problem in wheat production in Central Anatolia. *Plant and Soil*, 180, 165–172. <https://doi.org/10.1007/BF00015299>
- Cambrolle, J., Garcia, J.L., Figueroa, M.E., & Cantos, M. (2015). Evaluating wild grapevine tolerance to copper toxicity. *Chemosphere*, 120, 171–178. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2014.06.044>
- Cancela, J.J., Fandiño, M., González, X.P., Rey, B.J., & Mirás-Avalos, A.J.M. (2018). Seasonal variation of macro and micronutrients in blades and petioles of *Vitis vinifera* L. cv. Mencía and Sousón. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 181, 498–515. <https://doi.org/10.1002/jpln.201700446>
- Candar, S., Açıkbaz, B., Ekiz, M., Zobar, D., Korkutal, İ., & Bahar, E. (2021). Influence of water scarcity on macronutrients contents in young leaves of wine grape cultivars. *Ciencia e Técnica Vitivinícola*, 36, 104–115. <https://doi.org/10.1051/CTV/CTV20213602104>
- Candar, S., Demirkapı, E.K., Ekiz, M., Alço, T., Korkutal, İ., & Bahar, E. (2022b). Effects of restricted irrigation on root morphological properties of wine grapes (*Vitis vinifera* L.). *Mustafa Kemal University Journal of Agricultural Sciences*, 27, 601–614. <https://doi.org/10.37908/mkutbd.1104298>
- Candar, S., Korkutal, İ., & Bahar, E. (2019). Effect of canopy microclimate on Merlot (*Vitis vinifera* L.) grape composition. *Applied Ecology and Environmental Research*, 17, 15431–15446. https://doi.org/10.15666/aeer/1706_1543115446
- Candar, S., Korkutal, İ., & Bahar, E. (2022a). Changes of vine water status and growth parameters under different canopy managements on cv. Merlot (*Vitis vinifera* L.). *Journal of Turkish Agricultural Engineering*, 19, 1–15. <https://doi.org/10.33462/jotaf.795232>
- Candar, S., Seçkin, G.U., Kizildeniz, T., Korkutal, İ., & Bahar, E. (2023). Variations of chlorophyll, proline, and abscisic acid (ABA) contents in grapevines (*Vitis vinifera* L.) under water deficit conditions. *Erwerbs-Obstbau*, 65, 1965–1977. <https://doi.org/10.1007/s10341-023-00875-y>
- Capozzi, V., Garofalo, C., Chiriatti, M.A., Grieco, F., & Spano, G. (2015). Microbial terroir and food innovation: The case of yeast biodiversity in wine. *Microbiological Research*, 181, 75–83. <https://doi.org/10.1016/j.micres.2015.10.005>
- Carbonneau, A., & Bahar, E. (2009). Vine and berry responses to contrasted water fluxes in ecotron around ‘veraison’. Manipulation of berry shrivelling and consequences on berry growth, sugar loading and maturation, Proceedings of the 16th International GiESCO Symposium, July 12-15, University of California, Davis, USA, p.145-152.
- Carvalho, A., Leal, F., Matos, M., & Brito, J.L. (2019). Heat stress tolerance assayed in four wine-producing grapevine varieties using a cytogenetic approach. *Ciência e Técnica Vitivinícola*, 34, 61–70. <https://doi.org/10.1051/ctv/20193401061>
- Castro, C., Carvalho, A., Pavia, I., Bacelar, E., & Lima-Brito, J. (2021). Development of grapevine plants under hydroponic copper-enriched solutions induced morpho-histological, biochemical and cytogenetic changes. *Plant Physiology and Biochemistry*, 166, 887–901. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2021.07.003>
- Charrier, G., Delzon, S., Domec, J.C., Zhang, L., Delmas, C.E.L., Merlin, I., Corso, D., King, A., Ojeda, H., Ollat, N., Prieto, J.A., Scholach, T., Skinner, P., van Leeuwen, C., & Gambetta, G.A. (2018). Drought will not leave your glass empty: Low risk of hydraulic failure revealed by long-term drought observations in world’s top wine regions. *Science Advances*, 4, eaao696. <https://doi.org/10.1126/SCIADV.AAO6969>
- Chaves, M.M., Zarrouk, O., Francisco, R., Costa, J.M., Santos, T., Regalado, A.P., Rodrigues, M.L., & Lopes, C.M. (2010). Grapevine under deficit irrigation: hints from physiological and molecular data. *Annals of Botany*, 105, 661–676. <https://doi.org/10.1093/AOB/MCQ030>
- Christiansen, P. (2005). Use of tissue analysis in viticulture. Proceedings of Varietal Winegrape Production Short Course, University of California Davis Extension, pp.30–37. Available at: <http://cecentralsierra.ucanr.edu/files/96235.pdf> (accessed on 11.05.2021).
- Covarrubias, J.I., & Rombolà, A.D. (2013). Physiological and biochemical responses of the iron chlorosis tolerant grapevine rootstock 140 Ruggeri to iron deficiency and bicarbonate. *Plant and Soil*, 370, 305–315. <https://doi.org/10.1007/s11104-013-1623-2>
- Dami, I., & Smith, M. (2019). Grapevine Nutrient Management: Petiole Sampling and Analysis. Ohio State University Extension. Available at: <https://ohioline.osu.edu/factsheet/hyg-1438> (accessed on 11.05.2021).
- De Ollas, C., Morillón, R., Fotopoulos, V., Puértolas, J., Ollitrault, P., & Arbona, V. (2019). Facing climate change: biotechnology of iconic Mediterranean woody crops. *Frontiers in Plant Science*, 10, 427. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00427>
- Dobermann, A., Bruulsema, T., Cakmak, I., Gerard, B., Majumdar, K., McLaughlin, M., Reidsma, P., Vanlauwe, B., Wollenber, E., Zhang, F., & Zhang, X. (2023). A New Paradigm for Plant Nutrition. In: J. von Braun, K. Afsana, L.O. Fresco and M.H.A. Hassan, eds., Science and Innovations for Food Systems Transformation. *Springer*, 361–374. https://doi.org/10.1007/978-3-031-15703-5_19

- Ergül, A., Perez-Rivera, G., Söylemezoğlu, G., Kazan, K., & Arroyo-Garcia, R. (2011). Genetic diversity in Anatolian wild grapes (*Vitis vinifera* subsp. *sylvestris*) estimated by SSR markers. *Plant Genetic Resources*, 9, 375–383. <https://doi.org/10.1017/S1479262111000013>
- Fisarakis, I., Chartzoulakis, K., & Stavrakas, D. (2001). Response of Sultana vines (*Vitis vinifera* L.) on six rootstocks to NaCl salinity exposure and recovery. *Agricultural Water Management*, 51, 13–27. [https://doi.org/10.1016/S0378-3774\(01\)00115-9](https://doi.org/10.1016/S0378-3774(01)00115-9)
- Fraga, H., Atauri, I.G.C., Malheiro, A.C., & Santos, J.A. (2016). Modelling climate change impacts on viticultural yield, phenology and stress conditions in Europe. *Global Change Biology*, 22, 3774–3788. <https://doi.org/10.1111/gcb.13382>
- Gambetta, G.A., Herrera, J.C., Dayer, S., Feng, Q., Hochberg, U., & Castellarin, S.D. (2020). The physiology of drought stress in grapevine: Towards an integrative definition of drought tolerance. *Journal of Experimental Botany*, 71, 4658–4676. <https://doi.org/10.1093/jxb/eraa245>
- Grewal, H.S., & Williams, R. (2000). Zinc nutrition affects alfalfa responses to water stress and excessive moisture. *Journal of Plant Nutrition*, 23, 949–962. <https://doi.org/10.1080/01904160009382073>
- Gupta, U.C. (1997). Molybdenum in Agriculture. Cambridge: University Press <https://doi.org/10.1017/CBO9780511574689>
- Güneş, A., Köse, C., & Turan, M. (2015). Yield and mineral composition of grapevine (*Vitis vinifera* L. cv. Karaerik) as affected by boron management. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 39, 742–752. <https://doi.org/10.3906/tar-1412-13>
- Hizarci, Y., Ercisli, S., Yuksel, C., & Ergul, A. (2012). Genetic characterization and relatedness among autochthonous grapevine cultivars from Northeast Turkey by simple sequence repeats (SSR). *Journal of Applied Botany and Food Quality*, 85, 224–228. <https://doi.org/10.1080/13102818.2015.1105726>
- Hoagland, D.R., & Arnon, D.I. (1950). The water-culture method for growing plants without soil. Circular. California Agricultural Experiment Station, 347. Available at: <https://archive.org/details/watercultureme3450hoag/mode/2up> (accessed on 07.11.2021).
- Ilahi, W.F.F., & Ahmad, D. (2017). A study on the physical and hydraulic characteristics of cocopeat perlite mixture as a growing media in containerized plant production. *Sains Malaysiana*, 46, 975–980. <https://doi.org/10.17576/jsm-2017-4606-17>
- Jones Jr, J.B., Wolf, B., & Mills, H.A. (1991). Plant Analysis Handbook. Micro-Macro Publishing, Inc. USA.
- Jones, G.V. (2007). Climate change: observations, projections, and general implications for viticulture and wine production, OIV Climate and Viticulture Congress, April 10-14, Spain.
- Juang, K.W., Lee, Y., & Lai, H.Y. (2012). Copper accumulation, translocation, and toxic effects in grapevine cuttings. *Environmental Science and Pollution Research*, 19, 1315–1322. <https://doi.org/10.1007/s11356-011-0657-3>
- Kizildeniz, T., Mekni, I., Santesteban, H., Pascual, I., Morales, F., & Irigoyen, J.J. (2015). Effects of climate change including elevated CO₂ concentration, temperature and water deficit on growth, water status, and yield quality of grapevine (*Vitis vinifera* L.) cultivars. *Agricultural Water Management*, 159, 155–164. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2015.06.015>
- Kizildeniz, T., Pascual, I., Irigoyen, J. J., & Morales, F. (2018). Using fruit-bearing cuttings of grapevine and temperature gradient greenhouses to evaluate effects of climate change (elevated CO₂ and temperature, and water deficit) on the cv. red and white Tempranillo: Yield and must quality in three consecutive growing seasons (2013-2015). *Agricultural Water Management*, 202, 299–310. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2017.12.001>
- Kizildeniz, T., Pascual, I., Irigoyen, J. J., & Morales, F. (2021). Future CO₂, warming and water deficit impact white and red Tempranillo grapevine: Photosynthetic acclimation to elevated CO₂ and biomass allocation. *Physiologia Plantarum*, 172, 1779–1794. <https://doi.org/10.1111/PPL.13388>
- Kopittke, P. M., Blamey, F. P. C., Asher, C. J., & Menzies, N. W. (2010). Trace metal phytotoxicity in solution culture: a review. *Journal of Experimental Botany*, 61, 945–954. <https://doi.org/10.1093/jxb/erp385>
- Kovačič, G. R., Lešnik, M., & Vršič, S. (2013). An overview of the copper situation and usage in viticulture. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 19, 50–59.
- Lai, H.Y., Juang, K.W., & Chen, B.C. (2010). Copper concentrations in grapevines and vineyard soils in central Taiwan. *Soil Science and Plant Nutrition*, 56, 601–606. <https://doi.org/10.1111/j.1747-0765.2010.00494>
- Leibar, U., Pascual, I., Aizpurua, A., Morales, F., & Unamunzaga, O. (2017). Grapevine nutritional status and K concentration of must under future expected climatic conditions texturally different soils. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 17, 385–397. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-95162017005000028>
- Longbottom, M., Dry, P., & Sedgley, M. (2005). Molybdenum and fruitset of Merlot transforming flowers into fruit. Proceedings of a seminar held in Mildura, Victoria, *Australian Society of Viticulture and Oenology*, p.25–26.

- Lorenz, D.H., Eichhorn, K.W., Bleiholder, H., Klose, R., Meier, U., & Weber, E. (1995). Growth stages of the grapevine: phenological growth stages of the grapevine (*Vitis vinifera* L. ssp. *vinifera*) - Codes and descriptions according to the extended BBCH scale. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 1, 100–103. <https://doi.org/10.1111/j.1755-0238.1995.tb00085.x>
- Maathuis, F.J. (2014). Sodium in plants: perception, signalling, and regulation of sodium fluxes. *Journal of Experimental Botany*, 65, 849–858. <https://doi.org/10.1093/jxb/ert326>
- Martínez, E. M., Rey, B. J., Fandiño, M., & Cancela, J. J. (2016). Impact of water stress and nutrition on *Vitis vinifera* cv. ‘Albariño’: Soil-plant water relationships, cumulative effects and productivity. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 14, 2–15. <https://doi.org/10.5424/sjar/2016141-7534>
- Masi, E., & Boselli, M. (2011). Foliar application of molybdenum: Effects on yield quality of the grapevine Sangiovese (*Vitis vinifera* L.). *Advances in Horticultural Science*, 25, 37–43. <https://doi.org/10.2307/42882807>
- Miotto, A., Ceretta, C. A., Brunetto, G., Nicoloso, F. T., Girotto, E., Farias, J. G., Tiecher, T. L., Conti, L. D., & Trentin, G. (2014). Copper uptake, accumulation and physiological changes in adult grapevine in response to excess copper in soil. *Plant and Soil*, 374, 593–610. <https://doi.org/10.1007/s11104-013-1886-7>
- Nikolic, M., & Kastori, R. (2000). Effect of bicarbonate and Fe supply on Fe nutrition of grapevine. *Journal of Plant Nutrition*, 23, 1619–1627. <https://doi.org/10.1080/01904160009382128>
- Oertel, C., Matschullat, J., Zurba, K., Zimmermann, F., & Erasmi, S. (2016). Greenhouse gas emissions from soils-A review. *Geochemistry*, 76, 327–352. <https://doi.org/10.1016/j.chemer.2016.04.002>
- OIV. (2014). Recommendation, strategies for monitoring grape berry maturation to reduce the sugar content and to control quality. CI-TECVIT 2014-03-05.
- Oliveira, V. S., Lima, A. M. N., Monteiro Salviano, A., Bassoi, L. H., & Pereira, G. E. (2015). Heavy metals and micronutrients in the soil and grapevine under different irrigation strategies. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 39, 162-173. <https://doi.org/10.1590/01000683rbcs20150284>
- Özdemir, G. (2018). Determination of the effects of different iron applications on the nutrient uptake of vines in Öküzgözü and Boğazkere grape varieties (in Turkish with English abstract). International Congress on Agriculture and Animal Sciences, Alanya/Turkey, 7–8 November 2018.
- Öztürk, M. Z., Çetinkaya, G., & Aydın, S. (2017). Climate types of Turkey according to Köppen-Geiger Climate Classification (in Turkish with English abstract). *Coğrafya Dergisi*, 35, 17–27. <https://doi.org/10.26650/jgeog295515>
- Papp, B., & Sabovljevic, M. (2003). Contribution to the bryophyte flora of Turkish Thrace. *Studia Botanica Hungarica*, 34, 43–54.
- Patakas, A., & Noitsakis, B. (1999). Osmotic adjustment and partitioning of turgor responses to drought in grapevines leaves. *American Journal of Enology and Viticulture*, 50, 76–80.
- Patakas, A., Nikolaou, N., Zioziou, E., Radoglou, K., & Noitsakis, B. (2002) ‘The role of organic solute and ion accumulation in osmotic adjustment in drought-stressed grapevines’, *Plant Science*, 163, pp.361–367. [https://doi.org/10.1016/S0168-9452\(02\)00140-1](https://doi.org/10.1016/S0168-9452(02)00140-1)
- Paustian, K., Lehmann, J., Ogle, S., Reay, D., Robertson, G. P., & Smith, P. (2016). Climate-smart soils. *Nature*, 532, 49–57. <https://doi.org/10.1038/nature17174>
- Pearson, R. C., & Goheen, A. C. (1998). Compendium of Grape Diseases. 4th ed. *American Phytopathological Society*, St Paul, MN, USA.
- R Core Team. (2016). R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- Ramos, M., & Romero, M.P. (2016). Effects of soil characteristics and leaf thinning on micronutrient uptake and redistribution in 'Cabernet Sauvignon'. *Vitis*, 55, 113–120.
- Rehman, M., Liu, L., Wang, Q., Saleem, M. H., Bashir, S., Ullah, S., & Peng, D. (2019). Copper environmental toxicology, recent advances, and future outlook: A review. *Environmental Science and Pollution Control Series*, 26, 18003–18016. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-05073-6>
- Reyes, J.M., Del Campillo, M.C., & Torrent, J. (2006). Soil properties influencing iron chlorosis in grapevines grown in the Montilla-Moriles area Southern Spain. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 37, 1723–1729. <https://doi.org/10.1080/00103620600710470>
- Rodrigues, M., Chaves, M., Wendler, R., David, M., Quick, W., Leegood, R., Stitt, M., & Pereira, J. (1993). Osmotic adjustment in water stressed grapevine leaves in relation to carbon assimilation. *Functional Plant Biology*, 20, 309–321. <https://doi.org/10.1071/PP9930309>

- Sabir, A., & Sari, G. (2019). Zinc pulverization alleviates the adverse effect of water deficit on plant growth, yield and nutrient acquisition in grapevines (*Vitis vinifera* L.). *Scientia Horticulturae*, 244, 61–67. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.09.035>
- Salisbury, F. B., & Ross, C. W. (1992). *Plant Physiology* (4th ed.). Wadsworth Publishing Company, Beverly.
- Santos, J. A., Fraga, H., Malheiro, A. C., Moutinho-Pereira, J., Dinis, L. T., Correia, C., Moriondo, M., Leolini, L., Dibari, C., Costafreda-Aumedes, S., Kartschall, T., Menz, C., Molitor, D., Junk, J., Beyer, M., & Schultz, H.R. (2020). A review of the potential climate change impacts and adaptation options for European viticulture. *Applied Sciences*, 10, 3092. <https://doi.org/10.3390/app10093092>
- Simonneau, T., Lebon, E., Coupel-Ledru, A., Marguerit, E., Rossdeutsch, L., & Ollat, N. (2017). Adapting plant material to face water stress in vineyards: which physiological targets for an optimal control of plant water status? *OENO One*, 51, 167–179. <https://doi.org/10.20870/oeno-one.2017.51.2.1870>
- Sun, X., Liu, L., Zhao, Y., Ma, T., Zhao, F., Huang, W., & Zhan, J. (2016). Effect of copper stress on growth characteristics and fermentation properties of *Saccharomyces cerevisiae* and the pathway of copper adsorption during wine fermentation. *Food Chemistry*, 192, 43–52. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.06.107>
- Sun, X., Ma, T., Yu, J., Huang, W., Fang, Y., & Zhan, J. (2018). Investigation of the copper contents in vineyard soil, grape must and wine and the relationship among them in the Huaizhuo Basin Region, China: A preliminary study. *Food Chemistry*, 241, 40–50. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.08.074>
- Tiecher, T. L., Soriani, H. H., Tiecher, T., Ceretta, C. A., Nicoloso, F. T., Tarouco, C. P., Clasen, B. E., De Conti, L., Tassinari, A., Melo, G. W. B., & Brunetto, G. (2018). The interaction of high copper and zinc doses in acid soil changes the physiological state and development of the root system in young grapevines (*Vitis vinifera*). *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 148, 985–994. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2017.11.074>
- Tóth, J. P., & Végvári, Z. (2015). Future of winegrape growing regions in Europe. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 22, 64–72. <https://doi.org/10.1111/ajgw.12168>
- Trenti, M., Lorenzi, S., Bianchedi, P. L., Grossi, D., Failla, O., Grando, M. S., & Emanuelli, F. (2021). Candidate genes and SNPs associated with stomatal conductance under drought stress in *Vitis*. *BMC Plant Biology*, 21, 1–21. <https://doi.org/10.1186/s12870-020-02739-z>
- Turan, M., & Horuz, A. (2012). Gübretaş Rehber Kitaplar Dizisi:2, Bitki Beslemenin Temel İlkeleri, Bitki Besleme “Sağlıklı Bitki, Sağlıklı Üretim” ed. Karaman, M.R., Ankara, p.304–309.
- Vandegheuchte, M.W., Bloemen, J., Vergeynst, L.L., & Steppe, K. (2015). Woody tissue photosynthesis in trees: Salve on the wounds of drought? *New Phytologist*, 208, 998–1002. <https://doi.org/10.1111/nph.13599>
- Vannozzi, A., Donnini, S., Vigani, G., Corso, M., Valle, G., Vitulo, N., Bonghi, C., Zocchi, G., & Lucchin, M. (2017). Transcriptional characterization of a widely-used grapevine rootstock genotype under different iron-limited conditions. *Frontiers in Plant Science*, 7, 1994. <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.01994>
- Villette, J., Cuéllar, T., Verdeil, J.L., Delrot, S., & Gaillard, I. (2020). Grapevine potassium nutrition and fruit quality in the context of climate change. *Frontiers in Plant Science*, 11, 123. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00123>
- Vouillamoz, J. F., McGovern, P. E., Ergul, A., Söylemezoğlu, G., Tevzadze, G., Meredith, C.P., & Grando, M.S. (2006). Genetic characterization and relationships of traditional grape cultivars from Transcaucasia and Anatolia. *Plant Genetic Resources*, 4, 144–158. <https://doi.org/10.1079/PGR2006114>
- Walker, R. R., Blackmore, D. H., & Clingeleffer, P. R. (2010). Impact of rootstock on yield and ion concentrations in petioles, juice and wine of Shiraz and Chardonnay in different viticultural environments with different irrigation water salinity. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 16, 243–257. <https://doi.org/10.1111/j.1755-0238.2009.00081.x>
- White, J. G., & Zasoski, R. J. (1999). Mapping soil micronutrients. *Field Crops Research*, 60, 11–26. [https://doi.org/10.1016/S0378-4290\(98\)00130-0](https://doi.org/10.1016/S0378-4290(98)00130-0)
- Williams, C., Maier, N., & Porter, K. (2007). Effect of applied molybdenum and rootstocks on Mo concentrations in vegetative tissue of Merlot grapevines. Molybdenum foliar sprays and other nutrient strategies to improve fruit set and reduce berry asynchrony (hen and chickens). South Australian Research and Development Institute, Project Number: SAR 02/09b Adelaide, pp.39–45.
- Williams, C. M. J., Maier, N. A., & Bartlett, L., (2005). Effect of molybdenum foliar sprays on yield, berry size, seed formation, and petiolar nutrient composition of “Merlot” grapevines. *Journal of Plant Nutrition*, 27, 1891–1916. <https://doi.org/10.1081/PLN-200030023>
- Yağmur, B., Aydin, Ş., & Çoban, H. (2005). The effect of foliar iron (Fe) applications on the mineral elements content of vineyard leaves (in Turkish with English abstract). *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 42, 135–145.
- Yılmaz, E., & Çiçek, İ. (2018). Detailed Köppen-Geiger climate regions of Turkey (in Turkish with English abstract). *Journal of Human Sciences*, 15, 225–242. <https://doi.org/10.14687/jhs.v15i1.5040>

- Yılmaz, F., Shidfar, M., Hazrati, N., Kazan, K., Yüksel, C. Ö., Uysal, T., Özer, C., Yaşasın, A. S., Söylemezoğlu, G., Boz, Y., Çelik, H., & Ergül, A. (2020). Genetic analysis of central Anatolian grapevine (*Vitis vinifera* L.) germplasm by simple sequence repeats. *Tree Genetics and Genomes*, 16, 1–11. <https://doi.org/10.1007/s11295-020-01429-z>
- Zamudio, F. D., Laytte, R., Grallert, C., & Gamboa, G. G. (2021). Nutritional status differentially affect yield and must composition of hybrids and *V. vinifera* varieties established under cold climate conditions. *Ciência e Técnica Vitivinícola*, 36, 89–103. <https://doi.org/10.1051/ctv/20213601089>
- Zhao, K., & Wu, Y. (2017). Effects of Zn deficiency and bicarbonate on the growth and photosynthetic characteristics of four plant species. *PLOS One*, 11, e0169812. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0169812>.



Görsel Sanatlar ve Yapay Zekâ: Türkiye'deki Lisansüstü Çalışmaların İncelenmesi

Gökhan Keleş , Gül Sarıdikmen 

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Güzel Sanatlar Fakültesi, Resim Bölümü, Çanakkale, Türkiye

Makale Geçmişi

Geliş: 31/07/2025

Kabul: 14/08/2025

Araştırma Makalesi

Öz: Bu araştırma, Türkiye’de görsel sanatlar alanında yapay zekâ konulu lisansüstü tezlerin nicel dağılımını incelemektedir. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi’nden elde edilen verilere göre, yapay zekâ içerikli toplam 2.073 tez arasında yalnızca 121’i görsel sanatlar alanında yazılmıştır. Bu oran %5,83 gibi sınırlı bir temsil düzeyine karşılık gelmektedir. Görsel sanatlar kapsamındaki tezlerin büyük çoğunluğu Yüksek Lisans düzeyinde üretilmiş; Doktora ve Sanatta Yeterlik düzeyindeki üretim oldukça sınırlı kalmıştır. Mimarlık, Radyo-Televizyon-Sinema ve Görsel İletişim Tasarımı gibi teknoloji odaklı alanlar öne çıkarken, Resim Anasanat Dalı’nda yalnızca iki Yüksek Lisans tezi tespit edilmiştir. Sanatta Yeterlik düzeyinde ise yalnızca üç tez yayımlanmış, bu tezler Grafik Tasarımı ve Medya Tasarımı Anasanat Dallarına aittir. Elde edilen bulgular, yapay zekânın görsel sanatlar alanındaki akademik temsiliyetinin sınırlı olduğunu ve özellikle yaratıcı disiplinlerde bu alana yönelik akademik üretimin teşvik edilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır.

Anahtar Kelimeler: Yapay zekâ, görsel sanatlar, tez, Sanatta Yeterlik

Visual Arts and Artificial Intelligence: A Review of Postgraduate Studies in Turkey

Abstract: This research examines the quantitative distribution of graduate theses on artificial intelligence in the field of visual arts in Turkey. According to data obtained from the National Thesis Center of the Council of Higher Education, only 121 of the 2,073 theses with artificial intelligence content were written in the field of visual arts. This rate corresponds to a limited representation level of 5.83%. Many theses within the scope of visual arts were produced at the master's level; production at the level of doctorate and proficiency in art has been very limited. While technology-oriented fields such as Architecture, Radio-Television-Cinema, and Visual Communication Design stand out, only two master's theses have been identified in the Department of Painting. At the level of proficiency in art, only three theses have been written, and these theses belong to the Graphic Design and Media Design Departments. The findings reveal that the academic representation of artificial intelligence in the field of visual arts is limited, and academic production in this field should be encouraged, especially in creative disciplines.

Keywords: Artificial intelligence, visual arts, thesis, proficiency in art

✉ Correspondence: gokhankesles25@gmail.com

Citation: Keleş, G., & Sarıdikmen, G. (2025). Görsel sanatlar ve yapay zekâ: Türkiye’deki lisansüstü çalışmaların incelenmesi. *Bilim-Teknoloji-Yenilik Ekosistemi Dergisi*, 6(2), 127-145.



Giriş

Sanat tarihinde teknolojik araçların sanatsal üretime etkisi yüzyıllardır gözlemlenmektedir. Sanatçılar, tarih boyunca yaşadıkları çağın teknolojisini benimsemiş, kimi zaman ise ihtiyaç duydukları teknolojileri bizzat üretmişlerdir. Sanat, her dönemin sosyal, kültürel ve teknolojik koşullarına göre biçimlenmiş; her çağın kendine özgü araçlarını, üretim yöntemlerini ve estetik anlayışlarını yansıtmıştır (Wands, 2006). Rönesans döneminde perspektifin keşfi ve optik aygıtların kullanımı resim sanatını gerçekçi anlatıma yöneltmiş; 19. yüzyılda fotoğrafın icadı, ressamların temsil krizine girmesine yol açmıştır (Benjamin ve ark., 2008). Video, televizyon ve dijital görselleştirme teknikleriyle sanat üretimi çoğul medya ortamlarına 20. yüzyılda taşınmış; sanatçılar yalnızca estetik üreticiler değil, aynı zamanda teknoloji geliştiriciler olarak da konumlanmışlardır (Manovich, 2018).

Modern dönemle birlikte teknoloji, sanat üretiminin yalnızca bir aracı olmaktan çıkmış; aynı zamanda sanatın konusunu, yöntemini ve yapısını dönüştüren temel bir unsur haline gelmiştir. Günümüzde bu dönüşümün en dikkat çekici boyutunu yapay zekâ oluşturmaktadır. Yapay zekâ teknolojileri; grafik tasarımdan resme, fotoğraftan dijital enstalasyona kadar pek çok görsel sanat alanında giderek artan bir biçimde kullanılmakta hem üretim sürecini hem de sanatçının konumunu yeniden tanımlamaktadır (Chatterjee, 2022).

Yapay zekânın sanat üretiminde kullanılmaya başlanması, sanatçının yaratıcı sürecindeki rolünün yeniden değerlendirilmesini gündeme getirmiştir. Bir yandan algoritmaların ürettiği görseller, estetik değer taşıyan sanatsal ürünler olarak kabul edilirken, diğer yandan bu ürünlerin özgünlük, yaratıcı niyet ve sanatsal özne gibi kavramlarla ne ölçüde bağdaştığı tartışma konusu haline gelmiştir (Boden, 2010). Özellikle görsel sanatlarda – resim, illüstrasyon, grafik tasarım gibi alanlarda – yapay zekâ ile üretilmiş eserlerin sayısı hızla artmakta; üretim süreci giderek daha çok insan-makine etkileşimine dayanmaktadır. Bu bağlamda sanatçı ile algoritma arasında gelişen iş birliği hem pratik hem de kuramsal düzeyde yeni tanımlamaları zorunlu kılmaktadır.

Sanatın teknolojik ilerlemelerle kurduğu çok katmanlı ilişki yalnızca ifade biçimlerini değil, aynı zamanda sanatçının konumunu ve ortaya çıkan ürünlerin estetik ve etik çerçevelerini de dönüştürmüştür. Bu dönüşümün, yapay zekâ gibi ileri teknolojilerin etkisiyle Türkiye'deki akademik üretime nasıl yansıdığı, kuramsal olduğu kadar uygulamalı düzeyde de araştırılması gereken güncel bir konudur. Bu bağlamda, Türkiye'de yürütülen lisansüstü tezlerin içerik ve eğilimlerinin sistematik olarak incelenmesi, görsel sanatlar ve yapay zekâ ilişkisini anlamaya yönelik literatürdeki boşluğu dolduracak nitelikte önemli bir katkı sağlayacaktır.

Bu çalışma, yapay zekâ teknolojilerinin Türkiye'de görsel sanatlar alanındaki akademik yansımalarını sistematik olarak incelemeyi amaçlamaktadır. Özellikle, Resim Anasanat Dalında hazırlanmış tezlerle, Sanatta Yeterlik düzeyindeki tezler ayrı gruplar olarak ele alınmış; her iki grup hem içerik hem de sayısal açıdan analiz edilmiştir. Araştırmanın temel sorusu, “Yapay zekânın son yıllarda artan etkisi, Türkiye'de görsel sanatlar alanındaki lisansüstü tezlere, özellikle Resim Anasanat Dalı ve Sanatta Yeterlik düzeyindeki çalışmalara nasıl yansımıştır?” şeklinde belirlenmiştir.

Bu bağlamda çalışmada aşağıdaki alt sorulara yanıt aranmıştır:

- Türkiye'de yayımlanan toplam lisansüstü tez sayısı nedir?
- Yapay zekâ konulu tezlerin sayısı ve tüm tezlere oranı nedir?
- Görsel sanatlarda yapay zekâ temalı kaç Yüksek Lisans, Doktora ve Sanatta Yeterlik tezi vardır? Bu tezler hangi yıllarda, dillerde, üniversitelerde, anabilim/anasanat dallarında ve tez türlerinde yoğunlaşmaktadır? Sanatta Yeterlik ve Resim Anasanat Dalı oranları nedir?
- Yapay zekâ tezlerinde 2018 sonrasında artış var mı? Varsa artış oranı nedir?
- Görsel sanatlar tezlerinin 2018 sonrasında oranı nedir? Sanatta Yeterlik ve Resim Anasanat Dalı oranı nedir?

Disiplinler arası yapısı nedeniyle, yapay zekâ ve sanat kesişiminde çalışan araştırmacıların karşılaştığı en temel sorunlardan biri, literatürdeki dağınıklık ve metodolojik belirsizliktir. Uygulamalar, genellikle deneme-yanılma yoluyla veya sınırlı sayıda örnek üzerinden yürütülmektedir. Bu durum, alanın bilgi birikiminin sistematik ve sürdürülebilir biçimde gelişmesini engellemekte, akademik çalışmaların yaygınlık kazanmasını geciktirmektedir. Bu nedenle, yapay zekâ ve sanat ilişkisine dair sistematik literatür incelemeleri, alanın kurumsallaşması açısından kritik önem taşımaktadır.

Uluslararası literatürde yapay zekâ ve sanat ilişkisini konu alan çalışmalar artış göstermektedir. Özellikle sanat pratiğindeki dönüşüm, sanatçının rolü ve algoritmik üretim biçimlerinin yaratıcı süreç üzerindeki etkisi çeşitli kuramsal çerçevelerle tartışılmaktadır (Yüksel & Aşan Yüksel, 2024). Ancak Türkiye’de bu konuda yapılmış kapsamlı ve tematik analizler sınırlıdır. Örneğin, Sevgi Kavut’un 2022 yılında yayımladığı “Türkiye’de Yapay Zekâ Alanında Yazılan Tezlerin İçerik Analizi Yöntemiyle İncelenmesi” başlıklı çalışmasında, 2019-2021 yılları arasında yazılmış tezler incelenmiş ve görsel sanatlar alanındaki tez sayısının oldukça düşük olduğu tespit edilmiştir. Kavut’un çalışması, yapay zekâ temalı tezlerin daha çok mühendislik alanında yoğunlaştığını göstermektedir. Dolayısıyla, Türkiye’de yapay zekâ ve görsel sanatlar kesişimine odaklanan kapsamlı bir akademik analiz ihtiyacı hâlen devam etmektedir.

Bu çalışmada, yapay zekâ ile görsel sanatlar arasındaki etkileşim tarihsel ve kavramsal olarak özetlenmiş, ardından Türkiye’de bu alanda gerçekleştirilmiş lisansüstü tezler sistematik olarak incelenmiştir. İncelemede; tezlerin ele aldığı konular, yürütüldüğü üniversiteler, anabilim/anasanat dalları, tez türleri, yazım dilleri ve yıllara göre dağılımları analiz edilmiş; Türkiye’de yapay zekâ ve görsel sanatlar alanındaki akademik eğilimlerin bir profili çıkarılmaya çalışılmıştır.

Materyal ve Yöntem

Bu çalışma, doküman analizi yöntemiyle yürütülen nicel bir araştırmadır. Araştırma sürecinde, belirli bir konuya ilişkin olarak daha önce hazırlanmış lisansüstü tezler sistematik biçimde taranmış, elde edilen veriler yapılandırılmış bir çerçevede sınıflandırılarak tanımlayıcı istatistiksel yöntemlerle değerlendirilmiştir. Bu yöntem aracılığıyla, Türkiye’de görsel sanatlar alanında yapay zekâ temalı tez çalışmalarının çeşitli değişkenlere göre dağılımı ortaya konulmuştur. Nicel araştırma yaklaşımı çerçevesinde yürütülen bu çalışmada, sayısal veriler aracılığıyla mevcut akademik üretimin eğilimlerini, yoğunlaştığı tematik ve kurumsal alanları belirlemek amaçlanmıştır. Böylece hem alan yazında gözlemlenen gelişmeler hem de gelecek araştırmalar için yönlendirici olabilecek yapısal örüntüler nesnel biçimde sunulmuştur.

Araştırmanın evrenini, Yükseköğretim Kurulu (YÖK) Ulusal Tez Merkezi’nde Mayıs 2025 tarihine kadar yayımlanmış olan tüm lisansüstü tezler oluşturmaktadır. Bu geniş evrenden, araştırmanın amacı doğrultusunda amaçlı örnekleme yöntemi ile bir örneklem seçilmiştir. Örneklem oluşturulurken hem çalışma konusunun özgünlüğü hem de disiplinler arası geçişkenlik dikkate alınmış; çok katmanlı bir filtreleme süreci benimsenmiştir.

Öncelikli olarak, YÖK Ulusal Tez Merkezi veri tabanında tanımlı 2364 farklı Anabilim ve Anasanat Dalı sistematik biçimde taranmıştır. Bu kapsamlı liste temelinde, yalnızca görsel sanatlarla ilişkili olan anabilim/anasanat dallarının belirlenmesi sağlanmış ve bu doğrultuda bir örneklem çerçevesi oluşturulmuştur. Bu örneklem sürecinde, yalnızca görsel sanatlar disiplinleriyle bütünlük bir biçimde yapay zekâ konusunu ele alan lisansüstü tezlerin belirlenmesi hedeflenmiştir.

Veri toplama süreci, YÖK Ulusal Tez Merkezi’nde yayımlanmış tezler üzerinden çok aşamalı ve sistematik bir biçimde yürütülmüştür. İlk olarak, Ulusal Tez Merkezi’nde tanımlı olan tüm anabilim ve anasanat dalları taranmış ve bu alanların 2364 farklı başlık altında sınıflandırıldığı tespit edilmiştir. Bu başlıkların tamamı bir Excel dosyası hâlinde düzenlenmiş ve Mayıs 2025 sürümüne ait *ChatGPT-4o* modeline yüklenerek, yalnızca sanat ve özellikle görsel sanatlarla ilişkili alanların ayıklanması sağlanmıştır. Bu süreçte, grafik, resim, heykel, seramik, geleneksel sanatlar, tekstil, moda, mimarlık, radyo-televizyon, iletişim gibi uygulamalı sanat disiplinleri dikkate alınmış ve bu alanlarda yazılmış tezlere odaklanılmıştır.

Ayıklanan bu alanlara ait tezlerin tamamı, YÖK Ulusal Tez Merkezi’nin gelişmiş arama seçenekleri aracılığıyla taranmıştır. Arama işlemlerinde, tezlerin başlık, özet ve anahtar kelimeler alanları dikkate alınarak “yapay zekâ” ve “yapay zeka” ifadeleri kullanılmıştır. Ayrıca, “zekâ” kelimesinde bulunan düzeltme işaretinin (şapka) bazı tezlerde kullanılmamış olabileceği öngörülerek her iki yazım biçimi (“zekâ” ve “zeka”) ayrı ayrı

taranmıştır. Bu tarama sonucunda elde edilen veriler, *GitHub* üzerinde yayımlanmış açık kaynaklı “YÖK Tez Merkezi Veri Kazıma Aracı” kullanılarak meta veri olarak indirilmiş ve analiz için uygun biçimde yapılandırılmıştır.

Yalnızca adında yapay zekâ ifadesi geçen tezlerle sınırlı kalmamak adına, başlıklarında veya içeriklerinde sanat, tasarım, resim, grafik, heykel, seramik, geleneksel, tekstil, moda, çizim, yağlı boya, suluboya, akrilik, tuval, afiş, broşür, kartvizit, ambalaj, büst, rölyef, figür, vitrifiye, çanak, çömlek, tabak, bardak, çini, tezhip, hat, kıyafet gibi anahtar kelimelerden en az birine yer veren tezler de ayrıca taranmıştır. Bu ikinci tarama süreci, görsel sanatlar ve yapay zekâ ilişkisini daha geniş bir çerçevede değerlendirmek amacıyla gerçekleştirilmiştir. Tarama sonucunda elde edilen tezlerin önceki listeye eşleşen veya mükerrer biçimde yer alan kayıtları ayıklanmış, böylece sadece özgün tez kayıtlarından oluşan temiz bir veri seti oluşturulmuştur.

Elde edilen tezler, içerik açısından tek tek incelenmiş ve yalnızca görsel sanatlarla doğrudan ilişkili olan tezler araştırma örnekleme kapsamına alınmıştır. Bu doğrultuda her bir tezin tez türü (Yüksek Lisans, Doktora, Sanatta Yeterlik), yazım dili, yayımlandığı üniversite türü, yılı ve ait olduğu anabilim/anasanat dalı gibi bilgileri sistematik olarak toplanmış ve sayısal analizler için kullanılmak üzere yapılandırılmış bir veri seti hâline getirilmiştir.

Bu veri seti, hem Türkiye’de yayımlanan toplam lisansüstü tez sayısına hem de yapay zekâ konulu tezlerin dağılımına dair genel eğilimleri ortaya koymak, ayrıca görsel sanatlar alanındaki yapay zekâ temalı tezlerin yıllara, dillere, üniversitelere ve alanlara göre analizini gerçekleştirmek üzere kullanılmıştır. Özellikle Sanatta Yeterlik tezleri ve Resim Anasanat Dalı tezleri, ayrı birer başlık altında ayrıntılı olarak değerlendirilmiştir. Bulgulara ilişkin detaylı bilgiler, çalışmanın ilgili bölümlerinde sunulmuştur.

Veri analiz sürecinde nicel analiz yöntemleri kullanılmış; analizler, Duygu Koçak’ın (2025) “Yapay Zekâ Destekli Veri Analizi: ChatGPT-4.0 ile Geçerlik ve Güvenirlilik Kestirimleri” başlıklı çalışmasının sonuçlarından ilhamla OpenAI (2025) tarafından geliştirilen büyük dil modeli *ChatGPT-4o* (Mayıs 2025 sürümü) desteğiyle gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda, analiz için *ChatGPT 4-o*’ya (Mayıs 2025 sürümü) yöneltilen komutlar (promptlar), çalışmanın ekler bölümünde ayrıntılı biçimde sunulmuştur.

Elde edilen tezler, tez türü (Yüksek Lisans, Doktora, Sanatta Yeterlik), yazım dili, üniversite türü, yıllara göre dağılım, anabilim/anasanat dalları gibi değişkenlere göre frekans ve yüzdelik dağılımlar ile analiz edilmiştir. Bu analizler Microsoft Excel yazılımı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Veriler, çizelge ve grafikler aracılığıyla görselleştirilmiş; yorumlamalar bu veriler üzerinden yapılmıştır. Nicel analiz süreci, özellikle alandaki akademik eğilimleri göstermek ve genel profil çıkarmak amacıyla kullanılmıştır.

Günümüzde nicel araştırma desenleri, sosyal bilimlerdeki çok boyutlu olgulara ilişkin genel eğilimleri ve örüntüleri belirlemede yaygın biçimde kullanılmaktadır. Özellikle büyük ölçekli veri kümeleri üzerinden sayısal analiz yapılmasına olanak tanıyan bu yaklaşım, ölçülebilir sonuçlara ulaşmayı ve genellemeler yapmayı mümkün kılmaktadır (Garip, 2023, s. 4). Bu tür çalışmalar, nesnel veri toplama ve istatistiksel çözümleme süreçleriyle sosyal olguların belirli yönlerini sistematik biçimde incelemeye olanak sağlar.

Bu bağlamda, bu çalışma nicel bir araştırma tasarımı benimsemiştir. Araştırmada, görsel sanatlar ve yapay zekâ ilişkisine dair eğilimleri ve dağılımları ortaya koymak amacıyla sayısal veriler kullanılmış; elde edilen bulgular tanımlayıcı istatistikler aracılığıyla analiz edilmiştir. Bu yönüyle çalışma, belirli bir konuda yazılmış tezlerin nicel özelliklerini analiz ederek, alanın mevcut durumunu ve genel eğilimlerini nesnel biçimde ortaya koymayı hedeflemektedir.

İngilizce artificial intelligence teriminin karşılığı olarak yaygın biçimde “yapay zeka” yazımı tercih edilmiş olsa da bu çalışmada Türk Dil Kurumunun çevrimiçi olarak yayımladığı Güncel Türkçe Sözlük’te de yer aldığı üzere, düzeltme işareti (şapka) taşıyan “yapay zekâ” ifadesi esas alınmıştır.

Bulgular ve Tartışma

Türkiye’deki genel durumu görmek için önce Ulusal Tez Merkezinin istatistikler sekmesinde yer alan yıllara göre dağılım tablosu incelenmiştir (Yükseköğretim Kurulu, 2025b). Tablodaki veriler, 1959’dan 2025’e kadar Türkiye’de yayımlanmış toplam 918.256 lisansüstü tezi olduğunu göstermektedir. Dağılımda en yüksek payı Yüksek Lisans (%70.56; $f=647758$) alırken, onu Doktora (%17.91; $f=164512$) ve Tıpta Uzmanlık (%10.63; $f=97625$) tezleri izlemektedir. Görece daha düşük oranlara sahip tez türleri ise Diş Hekimliği Uzmanlık (%0.49;

f=4508), Sanatta Yeterlik (%0.31; f=2851) ve Tıpta Yan Dal Uzmanlık (%0.10; f=949) olarak sıralanır.

Yüksek Lisans tezleri, 1980'lerin ortasından itibaren ciddi bir artış eğilimi göstermiş, 2000'li yıllardan sonra dramatik bir artışla 2020'li yıllara ulaşmıştır.

Sanatta Yeterlik tezleri, ilk kez 1988 yılında (f=7) kayda geçmiştir. 2025 yılı da dâhil olmak üzere toplam sayısı 2.851'dir ve bu, genel toplam içinde %0.31 oranla oldukça düşük bir paya sahiptir. Bu tez türü, diğer türlere kıyasla sayıca sınırlı kalmıştır.

2025 yılı henüz tamamlanmamış olmasına rağmen bu yılın ilk beş ayında 8.594 tez kaydı yapılmıştır. Bu sayı, 2024'ün toplamına (f=64846) göre oldukça düşüktür. Bu durum, yılın henüz tamamlanmamasından kaynaklı eksik veri olasılığına işaret etmektedir.

2018 sonrası dönem, tüm tez türlerinde belirgin bir artışın gözlendiği yıllardır. Özellikle 2019 yılında yayımlanan 76675 tez ile en yüksek yıllık üretim gerçekleşmiştir.

Lisansüstü tez üretimine ilişkin genel dağılım verileri, yapay zekâ temalı tezlerin konumunu daha ayrıntılı değerlendirebilmek için temel bir çerçeve sunmaktadır. Bu bağlamda, yapay zekâ konulu tezlerin yıllara göre sayısal dağılımına Çizelge 1'de yer verilmiştir. Çizelge, 1990–2025 yılları arasında ilgili alanda üretilen tezlerin türlerine göre yıllık frekans ve yüzde oranlarını içermektedir.

Çizelge 1. Yapay zekâ hakkında yazılan tezlerin yıllara göre sayısal dağılımı

Table 1. Statistical distribution of theses on artificial intelligence by year

Yıl	Yüksek Lisans		Doktora		Tıpta Uzmanlık		Diş Hek. Uzm.		Sanatta Yeterlik	
	f	%	f	%	f	%	f	%	f	%
2025	158	11.20	29	5.66	10	10.10	2	4.17		
2024	456	32.32	143	27.93	49	49.49	17	35.42	1	33.33
2023	225	15.95	98	19.14	21	21.21	20	41.67		
2022	161	11.41	68	13.28	11	11.11	3	6.25	2	66.67
2021	102	7.23	45	8.79	5	5.05	4	8.33		
2020	50	3.54	16	3.13	1	1.01				
2019	61	4.32	19	3.71			1	2.08		
2018	28	1.98	7	1.37			1	2.08		
2017	10	0.71	6	1.17						
2016	15	1.06	8	1.56						
2015	11	0.78	5	0.98						
2014	12	0.85	8	1.56						
2013	6	0.43	6	1.17						
2012	11	0.78	5	0.98						
2011	14	0.99	10	1.95	1	1.01				
2010	12	0.85	7	1.37						
2009	14	0.99	6	1.17						
2008	8	0.57	5	0.98	1	1.01				
2007	5	0.35	9	1.76						
2006	10	0.71	2	0.39						
2005			3	0.59						
2004	11	0.78								
2003	8	0.57	3	0.59						
2002	2	0.14	1	0.20						
2001	5	0.35								
2000	3	0.21								
1999	1	0.07	1	0.20						
1998	3	0.21	1	0.20						
1997	1	0.07								
1996			1	0.20						
1995	1	0.07								

1994	2	0.14								
1993	1	0.07								
1992	1	0.07								
1991	2	0.14								
1990	1	0.07								
Toplam	1411	100	512	100	99	100	48	100	3	100

Kaynak: (Yükseköğretim Kurulu, 2025a)

Çizelge 1’de yer alan verilere göre; 1990–2025 yılları arasında Türkiye’de yapay zekâ temalı 1411 Yüksek Lisans, 512 Doktora, 99 Tıpta Uzmanlık, 48 dış hekimliği uzmanlık ve 3 Sanatta Yeterlik tezi olmak üzere toplam 2.073 tez çalışması yapıldığı görülmektedir. Tüm tez türleri incelendiğinde, üretimin 2018 sonrası dönemde belirgin biçimde arttığı göze çarpmaktadır.

Yüksek Lisans tezlerinin %32.32’si 2024 yılında yayımlanmıştır ($f=456$), bu oranla 2024 yılı açık ara en yüksek üretim yılı olmuştur. Bu oran 2023 yılında %15.95 ($f=225$), 2022’de %11.41 ($f=161$), 2021’de ise %7.23 ($f=102$) düzeyindedir. 2025 yılı verileri, henüz yıl tamamlanmadan oluşturulduğundan %11.20 ($f=158$) oranı, artış eğiliminin devam ettiğini göstermekle birlikte eksik veri barındırma potansiyeline sahiptir.

Doktora tezleri açısından da 2024 yılı %27.93 ($f=143$) ile en yüksek orana sahiptir. Bunu %19.14 ($f=98$) ile 2023 ve %13.28 ($f=68$) ile 2022 yılı takip etmektedir. 2025 yılı, %5.66 ($f=29$) oranında görünmekte olup bu veri, yıl tamamlandığında yukarı yönlü değişebilir. 2015 öncesinde yıllık oranlar %1’in altında seyretmiş, 2010’lu yıllarda ise ancak sınırlı düzeyde bir artış yaşanmıştır. Bu eğilim, Doktora düzeyindeki yapay zekâ çalışmalarının yakın dönemde ivme kazandığını göstermektedir.

Tıpta Uzmanlık tezlerinde de benzer bir yoğunlaşma 2024 yılında %49.49 ($f=49$) oranıyla zirveye ulaşmıştır. 2023 yılı %21.21 ($f=21$), 2022 yılı %11.11 ($f=11$), 2025 yılı ise %10.10 ($f=10$) ile diğer üretim odaklı yıllar olmuştur. Diğer yıllarda üretim ya hiç yapılmamış ya da tekli örneklerle sınırlı kalmıştır.

Dış hekimliği uzmanlık tezlerinde ise toplam $f=48$ tez bulunmaktadır. Bu tezlerin %41.67’si 2023 ($f=20$), %35.42’si 2024 ($f=17$), %8.33’ü 2021 ($f=4$), %6.25’i 2022 ($f=3$) ve %4.17’si 2025 ($f=2$) yıllarında yayımlanmıştır. 2018 öncesinde yalnızca tekli örnekler mevcuttur.

Sanatta Yeterlik düzeyinde yayımlanan tez sayısı toplamda yalnızca $f=3$ ’tür. Bu tezlerin %66.67’si 2022 ($f=2$), %33.33’ü 2024 ($f=1$) yılına aittir. Diğer tüm yıllarda bu tez türünde herhangi bir üretim bulunmamaktadır. Üretimin yalnızca iki yıla sıkışmış olması, süreklilikten yoksun bir yapıyı ortaya koymaktadır.

Yapay zekâ temalı tez üretimi, 2018 sonrası dönemde belirgin şekilde artmıştır. Özellikle 2023 ve 2024 yılları tüm tez türlerinde zirve yaparken, 2025 verileri ise yıl tamamlanmadığı için sınırlıdır. 1990’lardan 2010’ların ortasına kadar düşük seyreden üretim, 2010’ların sonundan itibaren yükselişe geçmiş; 2024 ise en yüksek üretimin gerçekleştiği yıl olmuştur. 2018 yılında OpenAI tarafından tanıtılan *Generative Pre-trained Transformer* (GPT) teknolojisi, Kasım 2022’de ChatGPT 3.5 modeliyle geniş kullanıcı kitlesinin erişimine açılmıştır (OpenAI, 2025). Bu gelişmeler doğrultusunda, 2018–2025 yılları arasında yapay zekâ temalı tezlerin sayısı, aynı dönemde yayımlanan toplam tez sayılarıyla karşılaştırılmış ve oranları hesaplanmıştır.

Çizelge 2. 2018 - 2025 yılları arasında yapay zekâ tezlerinin yıllara göre dağılımı

Table 2. The annual distribution of theses on artificial intelligence from 2018 to 2025

Yıl	Yüksek Lisans		Doktora		Tıpta Uzmanlık		Dış Hek. Uzm.		Sanatta Yeterlik	
	f	%	f	%	f	%	f	%	f	%
2025	158	12.73	29	6.82	10	10.31	2	4.17		
2024	456	36.74	143	33.65	49	50.52	17	35.42	1	33.33
2023	225	18.13	98	23.06	21	21.65	20	41.67		
2022	161	12.97	68	16.00	11	11.34	3	6.25	2	66.67
2021	102	8.22	45	10.59	5	5.15	4	8.33		
2020	50	4.03	16	3.76	1	1.03	0			

2019	61	4.92	19	4.47	0	1	2.08			
2018	28	2.26	7	1.65	0	1	2.08			
Toplam	1241	100	425	100	97	100	48	100	3	100

Kaynak: (Yükseköğretim Kurulu, 2025a)

2018–2025 yılları arasında Türkiye’de yapay zekâ konusunu ele alan toplam 1814 lisansüstü tez yayımlanmıştır. Bu tezlerin büyük çoğunluğu Yüksek Lisans düzeyinde gerçekleştirilmiştir. Yüksek Lisans tezleri 1241 ile toplamın %68.41’ini oluştururken, Doktora düzeyinde 425 tez yazılmış ve bu sayı %23.43’lük bir paya sahiptir. Tıpta Uzmanlık alanında yayımlanan 97 tez %5.35, dış hekimliği uzmanlık alanında yer alan 48 tez %2.65 oranındadır. Sanatta Yeterlik kapsamında yayımlanan yalnızca 3 tez ise toplamın %0.17’sine karşılık gelmektedir. 2018–2025 döneminde yayımlanan hiçbir tıpta yan dal uzmanlık tezinin yapay zekâ içeriği bulunmamaktadır (Çizelge 2).

Yüksek Lisans kategorisinde en yüksek üretim 2024 yılında gerçekleşmiştir. Bu yıl yayımlanan 456 tez, toplam Yüksek Lisans tezlerinin %36.74’ünü oluşturmaktadır. Onu izleyen yıllar sırasıyla 2023 (225 tez, %18.13), 2022 (161 tez, %12.97) ve 2025’in ilk ayları (158 tez, %12.73) şeklindedir. 2021 yılı 102 tezle %8.22 oranında temsil edilmektedir. 2020 ve öncesi yıllarda ise üretim oldukça sınırlıdır; 2020’de 50, 2019’da 61 ve 2018’de yalnızca 28 tez yayımlanmıştır.

Doktora düzeyindeki tezlerin yıllık dağılımı da benzer bir yoğunluk artışını göstermektedir. 2024 yılı 143 teze açık ara öndedir (%33.65). Bunu 2023’te yayımlanan 98 (%23.06) ve 2022’de yayımlanan 68 tez (%16.00) takip etmektedir. 2021 yılında 45, 2025 yılı ilk aylarında ise 29 tez yer almaktadır. 2020 ve öncesinde yayımlanan tez sayıları tek haneli yüzdelerle ifade edilmektedir; 2019’da 19, 2018’de 7 tez kayda geçmiştir (Çizelge 2).

Tıpta Uzmanlık alanında en fazla üretim 2024 yılına aittir. Bu yıl yayımlanan 49 tez, toplamın %50.52’sine karşılık gelmektedir. 2023’te 21 (%21.65), 2022’de 11 (%11.34) ve 2025’te 10 tez (%10.31) yayımlanmıştır. 2021 ve 2020 yıllarında ise sayılar oldukça düşüktür (5 ve 1 tez). 2019 ve 2018 yıllarında bu kategoriye ait herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır (Çizelge 2).

Dış hekimliği uzmanlık alanında en yüksek üretim 2023 yılına aittir; bu yıl yayımlanan 20 tez, toplamın %41.67’sini oluşturur. 2024 yılında 17 tez (%35.42), 2022’de 3 tez (%6.25) ve 2025’te 2 tez (%4.17) yayımlanmıştır. 2021’de 4 tez bulunurken, 2020’de bu sayıya ulaşamamıştır. 2019 ve 2018 yıllarında ise yalnızca birer tez yer almaktadır (Çizelge 2).

Sanatta Yeterlik kapsamında yayımlanan toplam 3 tezin dağılımı ise yalnızca iki yıla aittir. 2022 yılında yayımlanan 2 tez bu alandaki toplamın %66.67’sini oluştururken, üçüncü tez 2024 yılında yayımlanmıştır (%33.33). Diğer tüm yıllarda bu kategoride herhangi bir yapay zekâ temalı çalışmaya rastlanmamıştır (Çizelge 2).

Genel dağılım değerlendirildiğinde, üretimin 2022 ile 2024 yılları arasında yoğunlaştığı, 2025’in ise henüz tamamlanmamış bir yıl olmasına rağmen kayda değer sayılara ulaştığı görülmektedir. 2018–2020 aralığında üretim hem niceliksel hem de oransal olarak oldukça sınırlıdır. Tüm bu veriler, yapay zekâ konusundaki lisansüstü akademik üretimin son beş yıl içerisinde belirgin biçimde ivme kazandığını ortaya koymaktadır.

Çizelge 3. 2018-2025 arasında Türkiye’de yapay zekâ hakkında yazılmış tezlerin tez türlerine göre dağılımı

Table 3. Distribution of theses written on artificial intelligence in Turkey between 2018 and 2025, categorized by thesis type

Tez İçeriği	Dağılım	
	f	%
Yapay zekâ	Yüksek Lisans	1241
	Doktora	425
	Tıpta Uzmanlık	97
	Dış Hekimliği Uzmanlık	48
	Sanatta Yeterlik	3
	Tıpta Yan Dal Uzmanlık	0

	Toplam	1814	100
Diğer	Yüksek Lisans	300894	72.73%
	Doktora	71812	17.36%
	Tıpta Uzmanlık	35897	8.68%
	Diş Hekimliği Uzmanlık	3762	0.91%
	Sanatta Yeterlik	1310	0.32%
	Tıpta Yan Dal Uzmanlık	45	0.01%
	Toplam	413720	100

Kaynak: (Yükseköğretim Kurulu, 2025a)

2018–2025 yılları arasında Türkiye’de yayımlanan yapay zekâ temalı lisansüstü tez sayısı toplam 1814’tür. Bu tezlerin 1241’i Yüksek Lisans düzeyinde üretilmiş ve bu oran toplam üretimin %68.41’ini oluşturmuştur. Doktora düzeyindeki tez sayısı 425 olup tüm yapay zekâ tezleri içinde %23.43’lük bir paya sahiptir. Tıpta Uzmanlık alanında yazılmış 97 tez, %5.35 ile daha sınırlı bir üretimi temsil etmektedir. Diş hekimliği uzmanlık kategorisinde 48 tez yer almakta ve bu tezler tüm yapay zekâ konulu tezlerin %2.65’ini oluşturmaktadır. Sanatta Yeterlik düzeyinde ise yalnızca 3 tez yayımlanmıştır; bu sayı %0.17’lik bir oranla, yapay zekâ içeriği barındıran tez türleri arasında en düşük temsile sahiptir. Tıpta yan dal uzmanlık düzeyinde herhangi bir yapay zekâ tezine rastlanmamıştır (Çizelge 3).

Aynı dönemde, yapay zekâ dışındaki tüm lisansüstü tezlerin toplamı 413720’dir. Bu grubun içinde Yüksek Lisans tezleri büyük bir çoğunlukla öne çıkmaktadır: 300.894 tezle toplamın %72.73’ünü oluşturmaktadır. Doktora düzeyinde 71812 tez yazılmıştır (%17.36). Tıpta Uzmanlık kategorisinde 35897 (%.68), diş hekimliği uzmanlık alanında 3762 (%0.91), Sanatta Yeterlik alanında ise 1310 tez (%0.32) yer almaktadır. Tıpta yan dal uzmanlık tezlerinin sayısı ise yalnızca 45’tir (%0.01) (Çizelge 3).

Sanatta Yeterlik düzeyinde yapay zekâ konulu tezlerin toplam Sanatta Yeterlik üretimi içerisindeki oranı oldukça düşüktür. 1310 Sanatta Yeterlik tezinin yalnızca üçü bu konuya odaklanmış olup, bu oran %0.23’e karşılık gelmektedir Aynı dönemde yayımlanan tüm lisansüstü tezlerin toplamı 415534’tür. Yapay zekâ temalı Sanatta Yeterlik tezlerinin bu toplam içindeki oranı yaklaşık %0.0007’dir (yüz binde birden daha az). Ayrıca, Sanatta Yeterlik tezleri yapay zekâ içerikli tüm lisansüstü tezlerin %0.17’sini oluşturmaktadır.

2018 -2025 Yılları arasında Türkiye’de yapay zekâ hakkında yazılmış tezlerin aynı yıllar arasında farklı konularda yazılmış diğer tezlerle oranı ise şu şekildedir (Çizelge 3).

Çizelge 4. 2018 -2025 arası Türkiye’de yapay zekâ hakkında yazılmış tezlerin farklı konulardaki tezlerle oranı

Table 4. The ratio of theses on artificial intelligence to theses in other subjects in Turkey from 2018 to 2025

Tezler	Dağılım	
	f	%
Yapay zekâ hakkında yazılmış tezler	1786	0.44
Diğer tezler	413720	99.56

Kaynak: (Yükseköğretim Kurulu, 2025a)

2018–2025 yılları arasında Türkiye’de yayımlanan toplam tez sayısı 415.484’tür. Bu tezlerin yalnızca 1712’si yapay zekâ konusunu ele almıştır. Yapay zekâ temalı tezlerin toplam tez üretimi içerisindeki oranı %0.41’dir. Buna karşılık, yapay zekâ dışındaki konularda yazılan tezlerin sayısı 413.772 olup toplamın %99.59’unu oluşturmaktadır.

Veriler, yapay zekânın akademik gündeme özellikle son yıllarda daha görünür şekilde dâhil olmaya başladığını ortaya koysa da bu konudaki üretimin genel lisansüstü tez hacmi içerisinde hâlâ çok sınırlı kaldığını göstermektedir. 2018–2025 gibi sekiz yıllık bir dönemde yalnızca binde dört seviyesinde temsil edilen bu konu, teknolojik ve toplumsal etkileri göz önüne alındığında akademik üretimde beklenen karşılığı bulamamıştır.

Görsel sanatlar özelinde yapay zekâ temalı lisansüstü tezlerle ilişkin bulgular, bu alandaki akademik

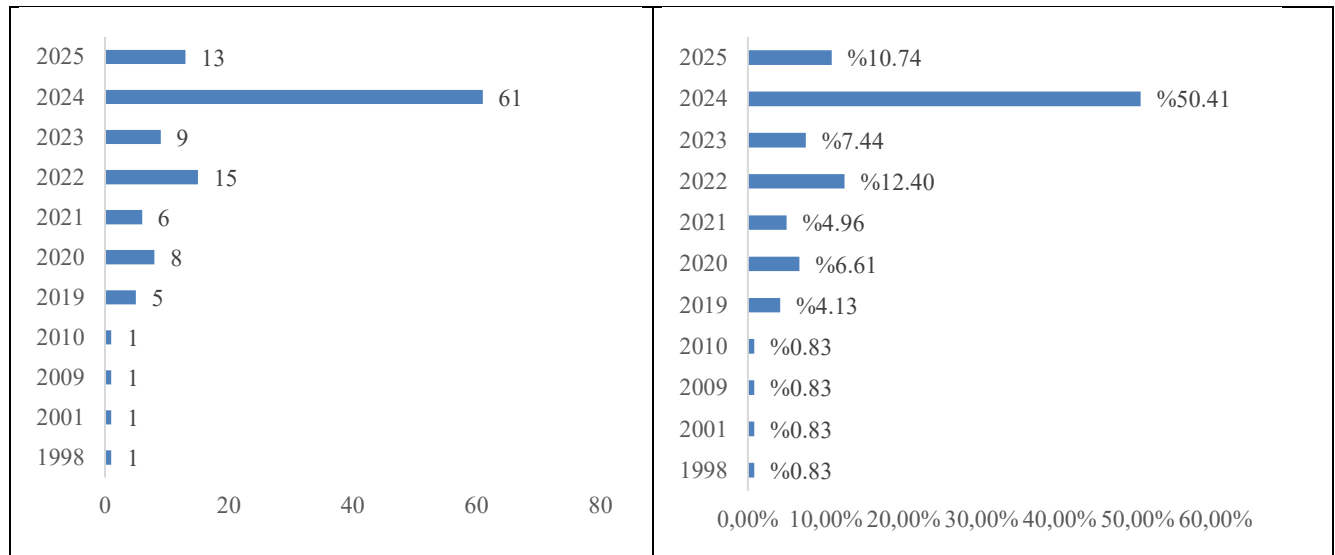
üretimin genel eğilimler içindeki konumunu daha ayrıntılı biçimde ortaya koymaktadır. Yapay zekânın farklı disiplinlerdeki yansımalarına kıyasla görsel sanatlar alanında bu konunun nasıl ele alındığı, teknolojik gelişmelerin sanatsal üretimle ne ölçüde buluştuğunu göstermesi açısından ayrı bir önem taşımaktadır. Bu çerçevede, görsel sanatlarda yapay zekâyâ odaklanan lisansüstü tez çalışmalarına ilişkin veriler, Çizelge 5-7 ile Şekil 1-4’te detaylı biçimde sunulmuştur.

Çizelge 5. Görsel sanatlar alanında yapay zekâ hakkında yazılmış tezlerin genel özellikleri

Table 5. General characteristics of theses on Artificial Intelligence in the field of visual arts

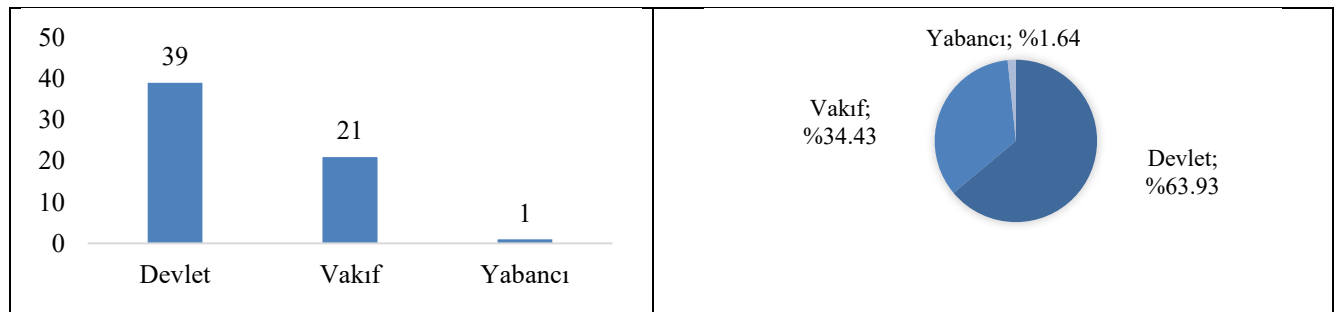
Açıklama		Dağılım	
		f	%
Yıl	2025	13	10.74
	2024	61	50.41
	2023	9	7.44
	2022	15	12.40
	2021	6	4.96
	2020	8	6.61
	2019	5	4.13
	2010	1	0.83
	2009	1	0.83
	2001	1	0.83
	1998	1	0.83
Toplam		121	100
Üniversite Türü	Devlet	39	63.93
	Vakıf	21	34.43
	Yabancı	1	1.64
Toplam		61	100
Tez Türü	Yüksek Lisans	94	77.69
	Doktora	24	19.83
	Sanatta Yeterlik	3	2.48
Toplam		121	100
Dil	Türkçe	101	83.47
	İngilizce	20	16.53
	Toplam	121	100

Kaynak: (Yükseköğretim Kurulu, 2025a)



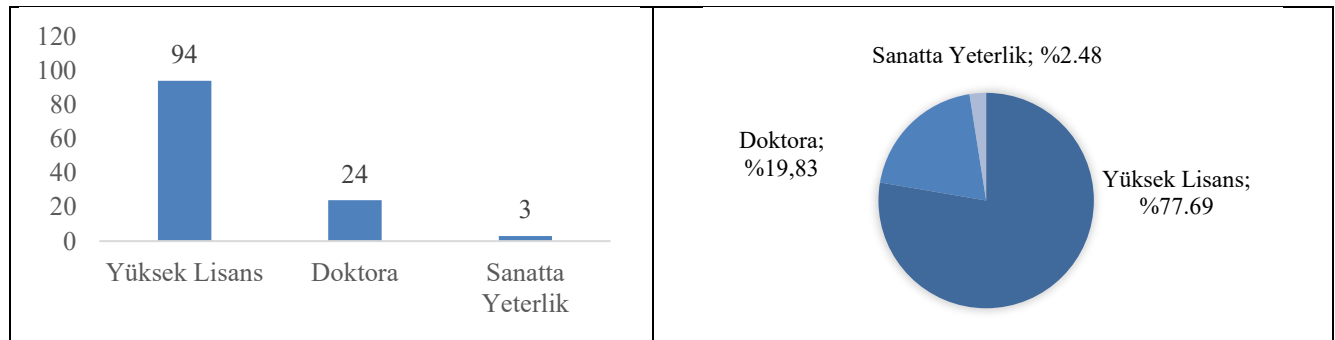
Şekil 1. Tezlerin yayımlandığı yıllara göre sayısal ve yüzdelik dağılım grafikleri

Figure 1. Numerical and percentage distribution of theses by publication year



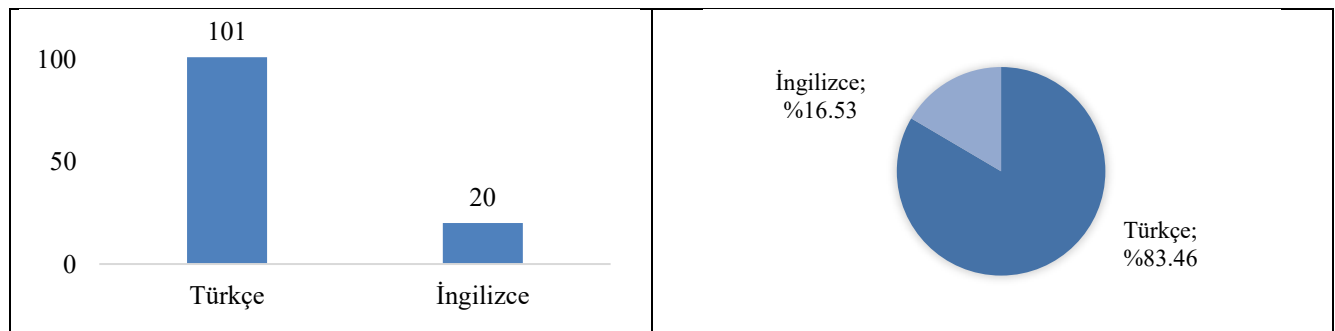
Şekil 2. Tezlerin üniversite türlerine göre sayısal ve yüzdelik dağılım grafikleri

Figure 2. Charts of the numerical and percentage distribution of theses by university type



Şekil 3. Tez türüne göre sayısal ve yüzdelik dağılım grafikleri

Figure 3. Charts of the numerical and percentage distribution of theses by thesis type



Şekil 4. Tezlerin yazım dillerine göre sayısal ve yüzdelik dağılım grafikleri

Figure 4. Charts of the numerical and percentage distribution of theses by language

1998–2025 yılları arasında görsel sanatlar alanında yapay zekâ konulu toplam 121 tez yayımlanmıştır. Bu tezlerin %77.69'u Yüksek Lisans, %19.83'ü Doktora ve yalnızca %2.48'i Sanatta Yeterlik düzeyindedir. Bu tezler, yapay zekâ hakkında yazılmış toplam 2.073 lisansüstü tez içinde %5.84'lük bir orana karşılık gelmektedir. Başka bir ifadeyle, yapay zekâ temalı her 17 tezdten yalnızca biri görsel sanatlar alanında üretilmiştir.

Yıl bazında incelendiğinde, en fazla yapay zekâ içerikli tez 2024 yılında yayımlanmıştır (f=61, %50.41). Bu yılı 2025 yılının ilk aylarında yayımlanan 13 tez (%10.74) ve 2022 yılına ait 15 tez (%12.40) takip etmektedir. 2023 yılında ise 9 tez yayımlanmıştır (%7.44). 2021'de 6 tez (%4.96), 2020'de 8 tez (%6.61), 2019'da 5 tez (%4.13) bulunmaktadır. Daha eski yıllarda ise bu konuya yönelik üretim oldukça sınırlıdır: 2010, 2009, 2001 ve 1998 yıllarında yalnızca birer tez (%0.83) yer almaktadır. Bu dağılım, yapay zekâ konusuna olan akademik ilginin özellikle son üç yılda belirgin bir şekilde arttığını göstermektedir.

Yapay zekâ temalı tezlerin üretiminde devlet üniversiteleri başı çekmektedir. Devlet üniversitelerinde 39 tez üretilmiş olup bu sayı toplamın %63.93'üne karşılık gelmektedir. Vakıf üniversitelerinde 21 tez üretilmiştir (%34.43). Yabancı üniversiteler ise yalnızca 1 tez ile temsil edilmiştir (%1.64). Bu durum, Türkiye'deki yapay zekâ içerikli görsel sanatlar tezlerinin büyük ölçüde kamu kurumlarında üretildiğini göstermektedir.

Toplam 121 tezin 94'ü Yüksek Lisans düzeyinde olup bu tezler tüm üretimin %77.69'unu oluşturmaktadır. Doktora düzeyinde 24 tez bulunmaktadır (%19.83). Sanatta Yeterlik kapsamında ise yalnızca 3 tez yayımlanmıştır (%2.48). Bu dağılım, yapay zekânın en çok Yüksek Lisans seviyesinde çalışıldığını, Sanatta Yeterlik düzeyinde ise hâlâ oldukça sınırlı olduğunu göstermektedir.

Tezlerin 101'i Türkçe olarak yazılmıştır (%83.47) ve 20'si İngilizcedir (%16.53). Türkçe yazılmış tezlerin açık ara önde olması, konunun yerli literatürde önemli bir yer edinmeye başladığını ortaya koyarken, İngilizce tezlerin oranı da uluslararası akademik iletişim açısından kayda değer bir temsiliyet sağlamaktadır.

Çizelge 6. Üniversitelere göre dağılım

Table 6. Distribution in terms of universities

Üniversite Adı	Üniversite Türü	Dağılım					
		Yüksek Lisans		Doktora		Sanatta Yeterlik	
		f	%	f	%	f	%
Afyon Kocatepe Üniversitesi	Devlet	2	2.13				
Altınbaş Üniversitesi	Vakıf	1	1.06				
Anadolu Üniversitesi	Devlet	1	1.06			1	33.33
Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi	Devlet			1	4.17	1	33.33
Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi	Devlet	1	1.06				
Atatürk Üniversitesi	Devlet	2	2.13				
Bahçeşehir Üniversitesi	Vakıf	3	3.19	1	4.17		
Balıkesir Üniversitesi	Devlet			1	4.17		
Çankaya Üniversitesi	Vakıf	1	1.06				
Dokuz Eylül Üniversitesi	Devlet	3	3.19				
Düzce Üniversitesi	Devlet	2	2.13				
Ege Üniversitesi	Devlet			1	4.17		
Eskişehir Teknik Üniversitesi	Devlet	2	2.13	1	4.17		
Fatih Sultan Mehmet Vakıf Üniversitesi	Vakıf	1	1.06				
Fırat Üniversitesi	Devlet	1	1.06				
Galatasaray Üniversitesi	Devlet	1	1.06	1	4.17		
Gazi Üniversitesi	Devlet	3	3.19				
Gebze Teknik Üniversitesi	Devlet	1	1.06				
Giresun Üniversitesi	Devlet	1	1.06	1	4.17		
Hacettepe Üniversitesi	Devlet	2	2.13	1	4.17		
Hasan Kalyoncu Üniversitesi	Vakıf			1	4.17		

İhsan Doğramacı Bilkent Üniversitesi	Vakıf	1	1.06				
İnönü Üniversitesi	Devlet	1	1.06				
İstanbul Arel Üniversitesi	Vakıf	2	2.13			1	33.33
İstanbul Aydın Üniversitesi	Vakıf	2	2.13				
İstanbul Beykent Üniversitesi	Vakıf	1	1.06				
İstanbul Bilgi Üniversitesi	Vakıf	3	3.19				
İstanbul Gelişim Üniversitesi	Vakıf	1	1.06				
İstanbul Kültür Üniversitesi	Vakıf	1	1.06				
İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi	Vakıf	1	1.06				
İstanbul Şehir Üniversitesi	Vakıf	2	2.13				
İstanbul Teknik Üniversitesi	Devlet	6	6.38	4	16.67		
İstanbul Üniversitesi	Devlet	3	3.19	3	12.50		
İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa	Devlet	1	1.06				
İzmir Ekonomi Üniversitesi	Vakıf	1	1.06				
Kırklareli Üniversitesi	Devlet	1	1.06				
Kocaeli Üniversitesi	Devlet	2	2.13				
Konya Teknik Üniversitesi	Devlet			1	4.17		
Kütahya Dumlupınar Üniversitesi	Devlet	1	1.06				
Maltepe Üniversitesi	Vakıf	1	1.06				
Manisa Celal Bayar Üniversitesi	Devlet	1	1.06				
Marmara Üniversitesi	Devlet	3	3.19	1	4.17		
Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi	Devlet	5	5.32	1	4.17		
Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi	Devlet	2	2.13				
Ondokuz Mayıs Üniversitesi	Devlet	2	2.13				
Ordu Üniversitesi	Devlet	1	1.06				
Orta Doğu Teknik Üniversitesi	Devlet	3	3.19	1	4.17		
Sakarya Üniversitesi	Devlet	1	1.06				
Selçuk Üniversitesi	Devlet	2	2.13				
Sivas Cumhuriyet Üniversitesi	Devlet	1	1.06				
Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi	Devlet			1	4.17		
TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi	Vakıf	2	2.13				
Toros Üniversitesi	Vakıf	1	1.06				
Trakya Üniversitesi	Devlet	1	1.06				
Uludağ Üniversitesi	Devlet			1	4.17		
University of Leeds	Yabancı	1	1.06				
Üsküdar Üniversitesi	Vakıf	1	1.06				
Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi	Devlet	1	1.06				
Yaşar Üniversitesi	Vakıf			1	4.17		
Yeditepe Üniversitesi	Vakıf	3	3.19				
Yıldız Teknik Üniversitesi	Devlet	4	4.26	1	4.17		
Toplam		94	100	24	100	3	100

Kaynak: (Yükseköğretim Kurulu, 2025a)

Üniversitelere göre dağılım incelendiğinde; 1998-2025 yılları arasında Türkiye’de yapay zekâ konulu toplam 121 lisansüstü tez yayımlanmıştır. Bu tezlerin 94’ü Yüksek Lisans, 24’ü Doktora ve 3’ü Sanatta Yeterlik düzeyindedir. Veriler, yapay zekâ odaklı tezlerin büyük kısmının Yüksek Lisans düzeyinde üretildiğini, Doktora ve Sanatta Yeterlik tezlerinin ise oldukça sınırlı kaldığını göstermektedir.

Yüksek Lisans tezlerinin %77.66’sı devlet üniversitelerinde (f=73), %21.28’i vakıf üniversitelerinde (f=20) ve %1.06’sı yabancı bir üniversitede (f=1) üretilmiştir. Doktora düzeyindeki tezlerin %75’i devlet üniversitelerine

(f=18), %25'i ise vakıf üniversitelerine (f=6) aittir. Sanatta Yeterlik düzeyindeki üç tezden ikisi devlet (f=2), biri ise vakıf üniversitesinde (f=1) yayımlanmıştır. Yabancı üniversite kategorisinde yalnızca bir Yüksek Lisans tezi yer almaktadır.

Yüksek Lisans düzeyinde en fazla tez, İstanbul Teknik Üniversitesi'nde (f=6) üretilmiştir. Bu üniversiteyi Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi (f=5) ve Yıldız Teknik Üniversitesi (f=4) takip etmektedir. Doktora düzeyinde en fazla üretim yine İstanbul Teknik Üniversitesi'ne aittir (f=4) ve onu İstanbul Üniversitesi (f=3) izlemektedir.

Sanatta Yeterlik düzeyinde yapay zekâ temalı tezler, yalnızca üç üniversitede yayımlanmıştır: Anadolu Üniversitesi, Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi ve İstanbul Arel Üniversitesi. Her birinde birer tez bulunmaktadır. Bu durum, Sanatta Yeterlik düzeyinde yapay zekâ konusunun hem sayıca hem de üniversite çeşitliliği açısından oldukça sınırlı bir alana sıkıştığını göstermektedir.

Çizelge 7. Tezlerin anasanat/anabilim dallarına göre sayısal ve yüzdelik dağılımı

Table 7. Numerical and percentage distribution of theses by academic department

Anabilim/Anasanat Dalı	Dağılım					
	Yüksek Lisans		Doktora		Sanatta Yeterlik	
	f	%	f	%	f	%
Mimarlık Anabilim Dalı	18	19.15	6	25.00		
Radyo Televizyon ve Sinema Anabilim Dalı	12	12.77	5	20.83		
Grafik Tasarımı Anasanat / Anabilim Dalı	8	8.51			2	66.67
İç Mimarlık Anabilim Dalı	7	7.45	1	4.17		
Görsel İletişim Tasarımı Anabilim / Anasanat Dalı	6	6.38		0.00		
Hukuk Anabilim Dalı	5	5.32	1	4.17		
Sanat ve Tasarım Anasanat Dalı	5	5.32	1	4.17		
İletişim Anabilim Dalı	5	5.32	1	4.17		
Resim-İş Eğitimi Bilim Dalı	4	4.26				
Mimari Tasarımda Bilişim Bilim Dalı	3	3.19	2	8.33		
Endüstriyel Tasarım Anabilim Dalı	3	3.19				
Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı	2	2.13	1	4.17		
Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı	2	2.13				
Enformatik Anabilim Dalı	2	2.13				
Fotoğraf Anasanat Dalı	2	2.13				
Resim Anasanat Dalı	2	2.13				
Bilgisayar ve Öğretim Teknolojileri Eğitimi Bilim Dalı	1	1.06				
Biyomedikal Mühendisliği Anabilim Dalı	1	1.06				
Fizik Anabilim Dalı	1	1.06				
Geleneksel Türk El Sanatları Anabilim Dalı	1	1.06				
Görsel Kültür Anabilim Dalı	1	1.06				
Kentsel Tasarım Anabilim Dalı	1	1.06				
Kimya Anabilim Dalı	1	1.06				
Makine Mühendisliği Anabilim Dalı	1	1.06				
Coğrafi Bilgi Teknolojileri Bilim Dalı			1	4.17		
Felsefe Anabilim Dalı			1	4.17		
Kültür Varlıklarını Koruma Anabilim Dalı			1	4.17		
Medya Tasarımı Anasanat Dalı				0.00	1	33.33
Reklamcılık Anabilim Dalı			1	4.17		
Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı			2	8.33		
Toplam	94	100	24	100	3	100

Kaynak: (Yükseköğretim Kurulu, 2025a)

2018–2025 yılları arasında görsel sanatlar alanında yapay zekâ konulu lisansüstü tezlerin anasanat ve anabilim dallarına göre dağılımı incelendiğinde, en yüksek üretim Mimarlık Anabilim Dalı'nda gerçekleşmiştir. Bu alanda toplam 18 Yüksek Lisans tezi (%19.15) ve 6 Doktora tezi (%25.00) yayımlanmıştır. Mimarlığı, Yüksek

Lisans düzeyinde 12 tezle (%12.77) Radyo, Televizyon ve Sinema Anabilim Dalı izlemiştir; bu alanda ayrıca 5 Doktora tezi (%20.83) de yer almaktadır.

Grafik Tasarımı Anasanat/Anabilim Dalı'nda 8 Yüksek Lisans tezi (%8.51) yayımlanmıştır. Bu alanda ayrıca 2 Sanatta Yeterlik tezi (%66.67) yer almakta olup, toplam üç Sanatta Yeterlik tezinin büyük çoğunluğu bu alanda üretilmiştir. Heykel Anasanat Dalı'nda ise 1 Sanatta Yeterlik tezi (%33.33) bulunmaktadır. Sanatta Yeterlik düzeyinde yalnızca bu iki alanda üretim yapılmıştır.

İç Mimarlık Anabilim Dalı'nda 7 Yüksek Lisans (%7.45) ve 1 Doktora tezi (%4.17) yer alırken, Görsel İletişim Tasarımı Anasanat/Anabilim Dalı'nda 6 Yüksek Lisans tezi (%6.38) bulunmaktadır. İletişim Tasarımı Anabilim Dalı ile Oyun Tasarımı ve Teknolojileri Anabilim Dalı'nda ise her birinde 5 Yüksek Lisans tezi (%5.32) yer almaktadır.

Dijital Oyun Tasarımı, Görsel İletişim, Grafik, Plastik Sanatlar, Disiplinlerarası Güzel Sanatlar, Endüstri Ürünleri Tasarımı, Film Tasarımı, Fotoğraf, Geleneksel Türk Sanatları, Sahne Tasarımı, Seramik ve Cam gibi diğer anasanat/anabilim dallarında ise bir veya iki tez yayımlanmış; bu alanların her biri toplam üretimin %2 ila %4 arasında değişen oranlarda temsil edilmiştir.

Doktora düzeyinde en yüksek üretim sırasıyla Mimarlık (%25.00), Radyo Televizyon ve Sinema (%20.83) ve Dijital Sanatlar (%8.33) anabilim dallarında gerçekleşmiştir. Diğer alanlarda Doktora düzeyinde üretim ya çok sınırlı kalmış ya da hiç bulunmamaktadır.

Resim Anasanat Dalı'nda yapay zekâ konulu 2 Yüksek Lisans tezi yayımlanmıştır. Bu sayı, görsel sanatlar alanındaki yapay zekâ temalı Yüksek Lisans tezlerinin %2.13'üne karşılık gelmektedir. Doktora veya Sanatta Yeterlik düzeyinde ise Resim Anasanat Dalı'nda yayımlanmış herhangi bir tez bulunmamaktadır. Dolayısıyla, bu alanın genel yapay zekâ temsili, yalnızca Yüksek Lisans düzeyinde ve oldukça sınırlı sayıdadır.

Genel Eğilim ve Akademik Bağlam

Bulgular, Türkiye'de lisansüstü akademik üretimin son 40 yılda keskin bir yükseliş gösterdiğini ortaya koymaktadır. Özellikle Yüksek Lisans ve Doktora tezlerinin niceliksel artışı, yükseköğretim sisteminin yaygınlaşması ve üniversite sayısındaki artışla ilişkilendirilebilir. Ancak tez üretiminin niteliksel yönüne ilişkin bir yorum yapabilmek için içeriksel analiz gereklidir.

Sanatta Yeterlik tezlerinin sayıca düşük olması, bu alandaki uzmanlaşmanın sınırlı sayıda kurumla yürütülmesi ve özel yeterlilik koşulları ile açıklanabilir. Buna rağmen, bu tezler niteliksel olarak disipline katkı sağlayan kritik örneklerdir.

Çizelge 1'deki veriler, Türkiye'de yapay zekâ konulu lisansüstü tezlerin 1990 yılından itibaren varlık göstermeye başladığını ve bu alandaki ilk çalışmaların oldukça sınırlı sayıda olduğunu ortaya koymaktadır. 1990'lardan 2010'a kadar süren yaklaşık yirmi yıllık dönemde yapay zekâ, lisansüstü tezlerde nadiren ele alınmıştır. 2010 sonrasında ise yapay zekânın hem teknolojik hem de toplumsal etkilerinin görünürlüğünün artmasıyla birlikte tez üretiminde artış yaşanmıştır.

2018 yılı bu artışın hız kazandığı dönüm noktasıdır. Bu yıldan sonra her yıl yapay zekâ temalı tez sayılarında istikrarlı bir yükseliş gözlenmiştir. 2024 yılında 665'e ulaşan tez sayısı, şimdiye kadar bu alandaki en yoğun akademik üretimi temsil etmektedir. 2025 yılı henüz tamamlanmamış olduğu için bu yılki verilerin yıl sonuna kadar önemli ölçüde artması olasıdır.

Yüksek Lisans ve Doktora tezleri, yapay zekâ konusundaki akademik üretimin temelini oluşturmaktadır. Yüksek Lisans tezleri toplamın yaklaşık üçte ikisini oluştururken, Doktora düzeyinde yapılan çalışmalar da hatırı sayılır düzeydedir. Diğer tez türlerinin üretimi ise daha sınırlıdır.

Çizelge 2, Türkiye'de yapay zekâ temalı tez üretiminin son beş yıllık dönemde hızla arttığını ve özellikle 2022–2024 aralığında tepe noktasına ulaştığını göstermektedir. Bu eğilim, yalnızca Yüksek Lisans ve Doktora çalışmalarında değil, aynı zamanda tıpta ve diş hekimliğinde uzmanlık tezlerinde de kendini göstermektedir. Ancak 2018–2020 arasındaki oldukça düşük üretim düzeyi, yapay zekânın akademik alana geç entegre olduğunu ve kurumsal farkındalığın yeni oluşmaya başladığını düşündürmektedir.

Yüksek Lisans ve Doktora tezlerinin büyük oranda bu yükselişi taşıması, yapay zekânın teorik ve bireysel araştırma alanlarında yoğun ilgi gördüğünü ortaya koymaktadır. Tıpta Uzmanlık ve diş hekimliği uzmanlık tezlerinde gözlenen üretim artışı ise, bu teknolojinin klinik ve uygulamalı boyutlarda da giderek daha fazla

benimsenmeye başlandığını göstermektedir. Buna karşın, bu alanlarda hâlen sınırlı üretim yapılmakta, tez sayıları birkaç yıl içinde yoğunlaşmakta ve düzenli bir akademik yönelimin izleri henüz görülmemektedir.

Veriler, 2018–2025 yılları arasında yapay zekânın özellikle Yüksek Lisans ve Doktora düzeylerinde akademik ilgiyi yoğun biçimde çektiğini ortaya koymaktadır. Yüksek Lisans tezlerinin yaklaşık üçte ikilik oranı, bu konunun bireysel araştırmalar ve teorik temelli çalışmalar açısından öne çıktığını göstermektedir. Doktora tezlerinin de kayda değer sayılara ulaşması, yapay zekânın derinlemesine bilimsel sorgulamalara konu edildiğini göstermektedir. Buna karşın tıpta ve diş hekimliğinde uzmanlık düzeyindeki üretim sayıları sınırlıdır. Bu alanlarda yapay zekânın kullanımı giderek artsa da akademik tez üretimi henüz geniş ölçekli bir eğilim sergilememektedir.

2018 sonrası dönemde yapay zekâ, toplumsal yaşamda, ekonomik yapılarda ve sanat da dâhil olmak üzere birçok disiplinde etkisini artıran stratejik bir alan hâline gelmiştir. Ancak bu dönüşüm, Türkiye’de lisansüstü tez üretimine aynı ölçüde yansımamıştır. Toplam 415484 tez arasında yalnızca %0.41’i yapay zekâyı odaklanmış olup, bu oran akademik sistemde yapay zekâyı gösterilen ilginin henüz kurumsallaşmadığını göstermektedir.

Bu düşük oran, üniversitelerin yapay zekâ alanına yönelik program, danışmanlık, laboratuvar ve disiplinlerarası araştırma olanaklarının sınırlı olmasından kaynaklanıyor olabilir. Aynı zamanda bu oran, tez konularının güncel bilimsel ve teknolojik gelişmelerle ne ölçüde örtüştüğü sorusunu da gündeme getirmektedir. Bu yönüyle tablo, sadece bir sayısal gösterge değil; aynı zamanda yapay zekâ alanında Türkiye yükseköğretim sisteminde var olan yapısal boşlukların da bir işareti olarak değerlendirilebilir.

Elde edilen bulgular, yapay zekâ konusunun görsel sanatlar alanında son yıllarda ciddi bir ivme kazandığını ortaya koymaktadır. 2022 yılı sonrasında özellikle 2024 yılında üretimin yoğunlaşması, bu temanın yeni akademik ilgiler arasında hızla ön plana çıktığını göstermektedir. Yıllara göre bu yükselişin büyük ölçüde Yüksek Lisans düzeyinde gerçekleşmesi, konunun bireysel araştırmalar ve proje tabanlı çalışmalarda daha erişilebilir olduğunu göstermektedir. Doktora düzeyindeki çalışmalar ise daha sınırlı sayıda olmakla birlikte, bu alanda derinlemesine kuramsal tartışmaların henüz gelişim aşamasında olduğunu düşündürmektedir.

Tezlerin üretildiği üniversitelerin dağılımı, yapay zekânın görsel sanatlar bağlamında devlet üniversitelerinde daha yaygın biçimde ele alındığını ortaya koymaktadır. %63.93’lük oranla devlet üniversiteleri açık farkla öndedir. Bu durum, kamuya ait akademik kurumların bu alandaki araştırma üretimini sürüklediğini, vakıf üniversitelerinin ise sınırlı katkı sunduğunu göstermektedir. Öte yandan, yalnızca %1.64’lük oranla temsil edilen yabancı üniversitelerdeki düşük üretim, Türkiye merkezli akademik çalışmaların bu konuda hâlen daha içe dönük bir yapıda olduğunu da ima etmektedir.

Tezlerin büyük çoğunluğunun Türkçe yazılmış olması (%83.47), araştırmaların yerel akademik topluluklara yönelik kurgulandığını göstermektedir. İngilizce yazılan tezlerin %16.53’lük oranı ise uluslararası akademik iletişimin hâlâ sınırlı düzeyde gerçekleştiğine işaret etmektedir. Bu tablo, özellikle disiplinler arası ve küresel iş birliklerinin artması açısından bir gelişim alanına işaret etmektedir.

Veriler, yapay zekâ temalı tezlerin üretiminin çok sayıda üniversiteye yayıldığını ancak üretimin belirli üniversitelerde yoğunlaştığını ortaya koymaktadır. İstanbul Teknik Üniversitesi, Yüksek Lisans ve Doktora düzeylerinde en yüksek üretimi gerçekleştiren kurumdur. Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi ve Yıldız Teknik Üniversitesi gibi sanat ve mühendislik ağırlıklı devlet üniversitelerinin de öne çıktığı görülmektedir.

Vakıf üniversiteleri arasında Bahçeşehir Üniversitesi, İstanbul Bilgi Üniversitesi ve Yeditepe Üniversitesi gibi kurumlar dikkat çekmektedir. Ancak toplam üretim içinde vakıf üniversitelerinin payı, devlet üniversitelerine kıyasla belirgin şekilde düşüktür.

Bulgular, yapay zekâ konulu lisansüstü tezlerin özellikle mimarlık, iletişim ve tasarım odaklı anabilim/anasanat dallarında yoğunlaştığını göstermektedir. Mimarlık Anabilim Dalı hem Yüksek Lisans hem de Doktora düzeyinde en yüksek tez üretimini gerçekleştiren alandır. Bu durum, yapay zekânın özellikle mekânsal tasarım, kent planlama, yapı fiziği ve mimari simülasyon gibi disiplinlerde hem kuramsal hem de uygulamalı bağlamlarda yoğun bir biçimde ele alındığını ortaya koymaktadır.

Radyo, Televizyon ve Sinema ile Görsel İletişim Tasarımı gibi alanlarda da dikkate değer bir üretim gözlemlenmiştir. Bu yönelim, yapay zekânın görsel anlatım biçimleri, dijital medya içerikleri ve yaratıcı üretim süreçleri üzerindeki etkisinin bu disiplinlerde giderek artan biçimde araştırma nesnesi hâline geldiğini göstermektedir. Özellikle iletişim tasarımı temelli alanlarda yapay zekâ hem estetik çözümleme hem de teknik uygulama bağlamında önemli bir yer edinmiştir.

Sanatta Yeterlik Tezleri

1988–2025 yılları arasında Türkiye’de yayımlanan Sanatta Yeterlik tezlerinin toplam sayısı 2851’dir. Bu sayı, tüm lisansüstü tezlerin yalnızca %0.31’ini oluşturmaktadır. Sanatta Yeterlik tezlerinin yıllık üretimi düzenli bir seyir izlememekte, bazı yıllarda artış gösterirken bazı dönemlerde ciddi düşüşler yaşanmaktadır. Ancak son on yıla bakıldığında üretimin belirli bir düzeyde sürdüğü görülmektedir. Örneğin, 2019 yılında 169, 2020 yılında 136, 2024 yılında ise 236 Sanatta Yeterlik tezi yayımlanmıştır. Buna rağmen, bu tez türü uzun yıllar boyunca toplam üretim içinde oldukça sınırlı kalmış ve lisansüstü akademik sistemdeki temsil oranı dikkate değer biçimde düşük olmuştur.

Sanatta Yeterlik düzeyinde yapay zekâ temalı tezlerin toplam sayısı 3’tür. Bu tezlerin yalnızca 2022 (2 tez) ve 2024 (1 tez) yıllarında üretildiği görülmektedir. 1990’dan 2022’ye kadar geçen 32 yıllık sürede bu düzeyde yapay zekâyı konu alan herhangi bir çalışmanın yayımlanmamış olması, önemli bir boşluğa işaret etmektedir. Sanatta Yeterlik, akademik sistemde hem yaratıcı hem de uygulamalı bilgi üretimi açısından en yüksek düzeylerden biri olarak kabul edilmesine rağmen, bu düzeyde yapay zekâ gibi güncel ve dönüştürücü bir konunun neredeyse hiç temsil edilmemesi oldukça çarpıcıdır.

Bu durum, görsel sanatlar alanında yapay zekânın yaratıcı süreçler üzerindeki etkisine yönelik üst düzey akademik üretimin hâlâ sınırlı kaldığını ve bu alandaki kuramsal ve uygulamalı katkının yeterince gelişmediğini ortaya koymaktadır. Özellikle son yıllarda yapay zekâ teknolojilerinin sanat üretiminde aktif biçimde kullanılmaya başlanması dikkate alındığında, bu tez türünde üretimin yok denecek kadar az olması, sanat ve teknoloji kesişiminde oluşan bilgi boşluğunun Sanatta Yeterlik düzeyinde kapatılamadığını göstermektedir.

Bu bağlamda, yalnızca düşük sayılarla sınırlı kalmayan, aynı zamanda yıllar içinde süreklilik de göstermeyen bu dağılım, Sanatta Yeterlik alanının yapay zekâ eksenli gelişmelere yeterince entegre olamadığını düşündürmektedir. Bu eğilim devam ederse, alandaki kurumsal ve yaratıcı akademik yapıların çağdaş teknolojik paradigmalara arasındaki mesafenin daha da açılması riski ortaya çıkabilir.

Sanatta Yeterlik alanında yalnızca üç yapay zekâ temalı tez yayımlanmıştır. Bu üretimin iki yıla sıkışmış olması hem süreklilik hem de çeşitlilik açısından ciddi bir eksiklik anlamına gelmektedir. Sanatta Yeterlik, yaratıcı bilgi üretiminin ve özgün araştırmanın en üst düzey akademik biçimi olarak kabul edilmesine rağmen, yapay zekâ gibi çağın belirleyici bir temasına bu denli sınırlı ilgi gösterilmesi dikkat çekicidir. Bu tablo, alandaki güncel teknolojik gelişmelere yönelik kurumsal refleksin hâlâ zayıf olduğunu ve dijital dönüşümün bu alana içeriksel olarak yansımadağını göstermektedir.

Sanatta Yeterlik düzeyinde yalnızca üç yapay zekâ temalı tez yayımlanmış olması, bu düzeyin toplam üretimi içinde yalnızca %0.23’lük bir orana karşılık gelmektedir. Aynı zamanda, bu tezler yapay zekâ konulu tüm lisansüstü tezlerin yalnızca %0.17’sini oluşturmaktadır. Bu veriler, Sanatta Yeterlik düzeyinde yapay zekâ temalı akademik üretimin son derece sınırlı kaldığını ortaya koymaktadır. Ayrıca, 2018–2025 yılları arasında Türkiye’de yayımlanan toplam 415534 lisansüstü tez içinde yapay zekâ temalı Sanatta Yeterlik tezlerinin oranı yaklaşık %0.0007’dir. Bu oran, yaklaşık her 138500 tezden yalnızca birinin Sanatta Yeterlik düzeyinde ve yapay zekâ içerikli olduğunu göstermektedir. Bu durum, sanat alanında yapay zekâyâ yönelik akademik yönelimin hem sayı hem içerik bakımından oldukça geride kaldığını ortaya koymaktadır.

Sanatta Yeterlik düzeyinde yapay zekâ konulu yalnızca üç tezin bulunması, yaratıcı disiplinlerin bu alana henüz sınırlı biçimde yöneldiğini ortaya koymaktadır. Bu tezlerin yalnızca üç farklı üniversitede üretilmiş olması, kurumsal farkındalığın ve destek mekanizmalarının eksikliğini göstermektedir. Sanatta Yeterlik, yaratıcı ve özgün bilgi üretiminin en ileri biçimi olarak görülse de yapay zekâ gibi dijital dönüşümün merkezinde yer alan bir konunun bu düzeyde temsil edilmemesi, ciddi bir içerik boşluğu olduğunu göstermektedir. Bu durum, sanat temelli lisansüstü programlarda teknolojiyle entegrasyonun teşvik edilmesi gerektiğine işaret etmektedir.

Sanatta Yeterlik düzeyinde yapay zekâ konulu tezler yalnızca üç farklı üniversite bünyesinde üretilmiştir. Bu üç tez hem sayıca az hem de yalnızca üç farklı üniversiteye dağılmış durumdadır. Bu durum, sanatsal üretimin en ileri akademik düzeyinde yapay zekâ içeriklerinin henüz yaygınlaşmadığını ve kurumsal farkındalığın oldukça düşük olduğunu ortaya koymaktadır.

Sanatta Yeterlik düzeyinde yayımlanan toplam üç tez, yalnızca Grafik Tasarımı ve Heykel anasanat dallarında toplanmıştır. Bu durum, Sanatta Yeterlik düzeyinde yapay zekâ konusunun henüz yaygınlaşmadığını göstermektedir. Özellikle Grafik Tasarımı alanındaki iki tez, sanatsal görselleştirme, algoritmik kompozisyon ve

yapay zekâ temelli biçim araştırmaları açısından dikkat çekici bir eğilimi işaret etmektedir. Buna karşın Heykel Anasanat Dalı'ndaki tek tez, bu alanın teknolojik dönüşümlere henüz sınırlı düzeyde yanıt verdiğini göstermektedir. Sanatsal üretimin en ileri akademik düzeylerinden biri olan Sanatta Yeterlik kapsamında yapay zekâyâ dair üretimlerin sınırlı olması, disiplinin çağdaş gelişmelere uyum sürecinde gecikmeler yaşadığını düşündürmektedir.

Resim Anasanat Dalı Tezleri

Resim Anasanat Dalı, görsel sanatlar içerisinde en temel ve yaygın disiplinlerden biri olmasına rağmen, yapay zekâ içerikli akademik üretim açısından sınırlı bir temsil göstermektedir. Yalnızca Yüksek Lisans düzeyinde yayımlanmış iki tez bulunması, bu alanda yapay zekâyâ yönelik akademik ilginin henüz yeterince gelişmediğini ortaya koymaktadır. Oysa yapay zekâ teknolojileri, özellikle kavramsal sanat, algoritmik estetik ve görsel dönüşüm gibi alanlarda resim disiplinine yeni ifade biçimleri kazandırabilecek niteliktedir. Bu bağlamda, Resim Anasanat Dalı'nda yapay zekâ destekli yaratım süreçlerinin hem kuramsal hem de uygulamalı yönleriyle ele alınması, disiplinin çağdaş yönelimlerle yeniden yapılandırılması açısından önem taşımaktadır. Söz konusu sınırlı üretim, eğitim programlarının içeriklerinin güncellenmesi ve disiplinler arası etkileşimlerin teşvik edilmesi gerekliliğini de gündeme getirmektedir.

Yönelimler

2018 sonrası dönemde yapay zekâ, dijitalleşme ve yaratıcı teknoloji odaklı temaların yaygınlaşması, özellikle görsel sanatlar ve Sanatta Yeterlik alanlarına da sıçramış olabilir. Bu eğilimin sayısal verilerle desteklenmesi için tematik dağılım ve anabilim dalı bazlı analizlerin yapılması gereklidir. İlgili veriler sağlandığında bu yönelimler ayrıntılı olarak incelenebilir.

Yapay zekâ konusunun 2018 sonrası akademik tez üretiminde hızlı bir yükseliş göstermesi, bu alanın farklı disiplinlerde artan biçimde ele alınmaya başlandığını göstermektedir. Ancak yönelimlerin tematik düzeyde değerlendirilebilmesi için tez başlıklarına ve içeriklerine yönelik ayrı bir analiz gereklidir.

Tez üretiminin belirli yıllarda yoğunlaşması, yapay zekâyâ akademik ilginin hâlâ sistematik değil, dalgalı ve dönemsel olduğunu göstermektedir. Bu eğilimin daha sürdürülebilir bir yapıya kavuşabilmesi için disiplinler arası açılımlar, kurumsal yatırımlar ve özellikle yaratıcı alanlarda içeriksel derinleşme gerekmektedir. Sanatsal ve uygulamalı alanlardaki düşük temsil düzeyi, yapay zekânın Türkiye'deki akademik üretimde hâlâ belirli alanlarla sınırlı kaldığını ve çok boyutlu bir dönüşüm potansiyelinin yeterince harekete geçirilemediğini ortaya koymaktadır.

Genel dağılımda yapay zekânın Yüksek Lisans ve Doktora çalışmalarında baskın biçimde ele alındığı; ancak sanatsal ve tıbbi uzmanlık gibi uygulamalı alanlarda sınırlı kaldığı görülmektedir. Sanatta Yeterlik özelinde ortaya çıkan üretim boşluğu, yalnızca sayısal yetersizliği değil, aynı zamanda içeriksel bir yönelimsizliği de işaret etmektedir. Bu durum, teknoloji odaklı dönüşümlerin özellikle yaratıcı ve uygulamalı disiplinlere entegrasyonunda daha fazla kurumsal ve içeriksel çaba gerektirdiğini ortaya koymaktadır.

Yapay zekâ gibi çağın dönüşümünü belirleyen bir alanın tez üretiminde bu kadar düşük düzeyde temsil edilmesi, sadece sayısal bir azlık değil, aynı zamanda akademik sistemde stratejik yönelim eksikliği de göstermektedir. Bu durum, sadece teknik alanlarda değil, aynı zamanda sanat, sosyal bilimler ve sağlık gibi çok disiplinli alanlarda da yapay zekânın entegre edilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır. Mevcut oran, bu ihtiyacın hâlâ yeterince karşılanmadığını açık biçimde göstermektedir.

Yüksek Lisans ve Doktora düzeyindeki tezlerin geniş kurumsal dağılımı, yapay zekâ konusunun Türkiye'de farklı üniversitelerde akademik ilgi gördüğünü göstermektedir. Ancak Doktora düzeyinde üretim, özellikle İstanbul Teknik Üniversitesi gibi belirli merkezlerde yoğunlaşmıştır. Sanatta Yeterlik düzeyinde üretim ise hem nicelik hem de dağılım açısından oldukça sınırlıdır. Bu durum, özellikle yaratıcı disiplinlerde yapay zekânın akademik düzeyde daha fazla teşvik edilmesi gerektiğine işaret etmektedir.

Anabilim/anasanat dallarına göre dağılım, yapay zekâ konusunun sadece teknoloji odaklı bölümlerde değil, aynı zamanda görsel sanatların estetik ve kavramsal alanlarında da araştırma konusu edildiğini göstermektedir. Ancak bazı alanlardaki düşük temsil oranı, içeriksel çeşitliliğin henüz yeterince gelişmediğini düşündürmektedir. Disiplinler arası Güzel Sanatlar, Geleneksel Türk Sanatları veya Seramik gibi alanlarda da tezler yer almakla

birlikte, bu üretimler oldukça sınırlı sayıdadır. Bu durum, yaratıcı disiplinlerde yapay zekâya dayalı içeriklerin hâlâ gelişmekte olan bir eğilim olduğunu göstermektedir.

Sonuç

Bu araştırmada, Türkiye’de yapay zekâ temalı lisansüstü tezlerin özellikle görsel sanatlar alanındaki dağılımı nicel veri analizi yoluyla kapsamlı biçimde değerlendirilmiştir. YÖK Ulusal Tez Merkezi’nde yayımlanmış toplam 2.073 yapay zekâ içerikli lisansüstü tez arasında, görsel sanatlar alanına ait yalnızca 121 tez tespit edilmiştir. Bu sayı, toplam yapay zekâ temalı tezlerin yalnızca %5.83’üne karşılık gelmektedir. Söz konusu 121 tezin %77.69’u Yüksek Lisans, %19.83’ü Doktora, %2.48’i ise Sanatta Yeterlik düzeyinde yazılmıştır.

Elde edilen bulgular, yapay zekâ konusunun görsel sanatlar bağlamında akademik tez üretiminde henüz sınırlı düzeyde yer bulduğunu göstermektedir. En yüksek üretim Mimarlık, Radyo-Televizyon-Sinema ve Görsel İletişim Tasarımı gibi teknoloji ve tasarım temelli alanlarda yoğunlaşmıştır. Buna karşın, Resim Anasanat Dalı gibi geleneksel ve merkezi sanat disiplinlerinde yalnızca 2 Yüksek Lisans tezine rastlanmış, Doktora veya Sanatta Yeterlik düzeyinde hiçbir tez kaydedilmemiştir.

Sanatta Yeterlik kategorisinde ise yalnızca 3 tez yapay zekâ konusunu ele almış, bunlar da yalnızca iki farklı anasanat dalında (Grafik Tasarımı ve Medya Tasarımı) üretilmiştir. Bu durum, sanatsal üretimin en ileri akademik biçimi olan Sanatta Yeterlik düzeyinde, yapay zekâ içeriklerinin henüz kurumsal ve içeriksel bir yönelim oluşturamadığını ortaya koymaktadır.

Genel olarak, görsel sanatlar alanındaki yapay zekâ temalı tez üretimi son yıllarda artış göstermiş olsa da disiplinlerarası çeşitliliğin ve derinliğin halen gelişim sürecinde olduğu anlaşılmaktadır. Bu bulgular, sanat eğitiminin dijitalleşen dünyaya adaptasyonu, akademik programların teknolojiyle bütünleşmesi ve çağdaş üretim paradigmalarının yeniden tanımlanması açısından önemli bir boşluğu işaret etmektedir.

Ek Bilgiler ve Beyanlar

Araştırmacıların Katkı Oranı: Bu çalışma, Gökhan Keleş’in Sanatta Yeterlik tez çalışması sürecinde danışmanı Gül Sarıdikmen ile ortaklaşa hazırlanmıştır.

Çıkar Çatışması Beyanı: Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

Telif Hakkı: 2025 Keleş & Sarıdikmen

Akademik Editör: Dr. Duygu ALGAN

Mizanpaj Editörü: Dr. Baboo ALİ



Bu çalışma Creative Commons CC-BY 4.0 Uluslararası Lisansı kapsamında lisanslanmıştır.

Kaynaklar

- Alkan, A., & Sevlı, O. (2023). Türkiye’de yapay zekâ alanında yazılmış Yüksek Lisans tezlerinin incelenmesi. *Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 6(1), 931–947. <https://doi.org/10.47495/okufbed.1062622>
- Anadol, R. (t.y.). *Unsupervised*. Refik Anadolu Studio. Erişim 19 Mayıs 2025, <https://refikanadol.com/works/unsupervised/>
- Benjamin, W., Jephcott, E., Livingstone, R., & Eiland, H. (2008). *The work of art in the age of its technological reproducibility, and other writings on media* (M. W. Jennings, B. Doherty, & T. Y. Levin, Eds.). Harvard University Press. <https://doi.org/10.2307/j.ctv1nzfgns>
- Boden, M. A. (2010). *Creativity and art: Three roads to surprise*. Oxford University Press.
- Chatterjee, A. (2022). Art in an age of artificial intelligence. *Frontiers in Psychology*, 13, Article 1024449. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.1024449>
- Cohen, H. (1995). The further exploits of AARON, painter. *Stanford Humanities Review*, 4(2), 141–158.
- Colton, S., & Wiggins, G. A. (2012). Computational creativity: The final frontier? In L. De Raedt et al. (Eds.), *Proceedings of the 20th European Conference on Artificial Intelligence (ECAI 2012)* (pp. 21–26). IOS Press. <https://doi.org/10.3233/978-1-61499-098-7-21>
- Cunningham, C. V., Radvansky, G. A., & Brockmole, J. R. (2025). Human creativity versus artificial intelligence: Source attribution, observer attitudes, and eye movements while viewing visual art. *Frontiers in Psychology*, 16, Article 1509974. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2025.1509974>

- Çanğa Bayer, E. (2024). *Yapay zekâ ve metinlerarasılık perspektifinde sanat, iktidar ve teknoloji ilişkisi* (Tez No. 863193) [Doktora tezi, Giresun Üniversitesi]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezDetay.jsp?id=863193>
- Derinoğlu, H. (2024). *Okul öncesi dönemi çocuk resimlerinin çözümlenmesinde yapay zekâ araçlarının rolü* (Tez No. 878522) [Yüksek Lisans tezi, Gazi Üniversitesi]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezDetay.jsp?id=878522>
- Dilmaç, S. (2024). Yapay zekânın yaratıcılığı üzerine bir tartışma. *Art Vision*, 30(53), 240–252. <https://doi.org/10.32547/artvision.1454216>
- Garip, S. (2023). Sosyal Bilimlerde Nicel Araştırma Geleneği Üzerine Kuramsal Bir İnceleme. *International Journal of Social Science Research*, 12(1), 1-19.
- Göktürk, Ş. (2022). *Yapay zekâ sanat eserlerinde sergi alanlarının analizi* (Tez No. 748266) [Yüksek Lisans tezi, İzmir Ekonomi Üniversitesi]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezDetay.jsp?id=748266>
- Gülpinar, Ş., & Boyraz, B. (2024). Sanatın dijital çağda yeniden tanımlanması: Yapay zekâ perspektifinden bir inceleme. *Yıldız Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 8(1), 1–14. <https://doi.org/10.14744/ysbed.2024.00039>
- Heigl, R. (2025). Generative artificial intelligence in creative contexts: A systematic review and future research agenda. *Management Review Quarterly*. <https://doi.org/10.1007/s11301-025-00494-9>
- Jones, J. (2018, October 26). Call that art? Can a computer be a painter? *The Guardian*. <https://www.theguardian.com/artanddesign/shortcuts/2018/oct/26/call-that-art-can-a-computer-be-a-painter>
- Kadioğlu, D. (2025). *Yapay zekâ tarafından üretilen görsellerin sanatsal statüsünü keşfetmek* (Tez No. 917758) [Doktora tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezDetay.jsp?id=917758>
- Kavut, S. (2022). Türkiye’de yapay zeka alanında yazılan tezlerin içerik analizi yöntemiyle incelenmesi. *Türkiye İletişim Araştırmaları Dergisi* (41), 80–98. <https://doi.org/10.17829/turcom.1051167>
- Kemp, M. (1990). *The science of art: Optical themes in Western art from Brunelleschi to Seurat*. Yale University Press.
- Kinsella, E. (2018, October 25). The first AI-generated portrait ever sold at auction shatters expectations, fetching \$432,500—43 times its estimate. *Artnet News*. <https://news.artnet.com/market/first-ever-artificial-intelligence-portrait-painting-sells-at-christies-1379902>
- Koçak, D. (2025). Yapay zekâ destekli veri analizi: ChatGPT-4.0 ile geçerlik ve güvenirlik kestirimleri. *İnönü Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 12(23), 1–22. <https://doi.org/10.29129/inujgse.1617323>
- McAdoo, T. (2023, Nisan 7). *How to cite ChatGPT*. APA Style. <https://apastyle.apa.org/blog/how-to-cite-chatgpt>
- Manovich, L. (2018). *AI aesthetics*. Strelka Press. https://manovich.net/content/04-projects/172-ai-aesthetics/manovich.ai_aesthetics_2018.pdf
- Oksanen, A., Cvetkovic, A., Akin, N., Latikka, R., Bergdahl, J., Chen, Y., & Savela, N. (2023). Artificial intelligence in fine arts: A systematic review of empirical research. *Computers in Human Behavior: Artificial Humans*, 1(2), Article 100004. <https://doi.org/10.1016/j.chbah.2023.100004>
- OpenAI. (2025). *ChatGPT* (Mayıs sürümü) [Büyük dil modeli]. <https://chatgpt.com>
- Paul, C. (2015). *Digital art* (3rd ed.). Thames & Hudson.
- Rush, M. (2005). *New media in art* (2nd ed.). Thames & Hudson.
- Wands, B. (2006). *Dijital çağın sanatı* (O. Akinhay, Çev.). Akbank Yayınları.
- Winter, D. (2024). Aesthetic aspects of digital humanism: An aesthetic-philosophical analysis of whether AI can create art. In H. Werthner et al. (Eds.), *Introduction to digital humanism* (pp. 211–224). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-031-45304-5_14
- Yavuz, H. (2020). *Yapay yaşam sanatı ve yapay zekânın sanatta kullanımı* (Tez No. 639169) [Yüksek Lisans tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezDetay.jsp?id=639169>
- Yükseköğretim Kurulu. (2025a). *Ulusal Tez Merkezi*. <https://tez.yok.gov.tr>
- Yükseköğretim Kurulu. (2025b). *Ulusal Tez Merkezi: Yıllara göre tez istatistikleri*. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/IstatistikiBilgiler?islem=2>
- Yüksel, İ., & Aşan Yüksel, O. (2024). Sanatta yapay zeka devrimi: yaratıcılığın yeni boyutları. *Sanat ve Tasarım Dergisi*, 14(2), 261–285. <https://doi.org/10.20488/sanattasarim.1602572>



Effects of Single, Double and Triple Bacterial Formulations on Soil Microbiological Properties in Black Cumin Cultivation

Cafer Türkmen¹ , Sevim Akçura² , Yakup Çıkkılı¹ , Ramazan Çakmakçı² 
Nuray Mücella Müftüoğlu¹ 

¹Çanakkale Onsekiz Mart University, Faculty of Agriculture, Department of Soil Science and Plant Nutrition, Türkiye

²Çanakkale Onsekiz Mart University, Faculty of Agriculture, Department of Field Crops, Çanakkale, Türkiye

Abstract: Microorganisms are essential for the function, health, fertility, productivity, quality, and sustainable development of the soil ecosystem. The study was conducted to determine the effects of bacterial formulations on the biochemical and microbial properties of the soils. Possible effects of bacterial formulations in six single strains (*Pseudomonas fluorescens*, *P. fluorescens*, *P. fluorescens*, *Bacillus licheniformis*, *B. megaterium*, and *B. subtilis*), two double combinations (*Pseudomonas fluorescens* + *B. megaterium*, and *P. fluorescens* + *B. subtilis*), and three triple combinations (*P. fluorescens* + *B. megaterium* + *B. subtilis*, *P. fluorescens* + *B. licheniformis* + *B. megaterium*, and *P. fluorescens* + *B. licheniformis* + *B. subtilis*) on the urease, catalase, dehydrogenase and alkaline phosphatase enzyme activities, extractable ammonium and nitrate nitrogen contents, soil respiration and mesophyll aerobic microorganism counts were investigated. Soil biological properties were affected by the bacterial treatments at different levels. Most effective bacterial treatments were ordered as *P. fluorescens* > *P. fluorescens* > *P. fluorescens*. It was concluded that single bacterial treatments were more effective than the double and triple bacterial combinations.

Keywords: Black cumin, microbial fertilization, soil biology, soil enzymes

Çörekotu Yetiştiriciliğinde Tekli, Çiftli ve Üçlü Bakteriyel Uygulamaların Toprağın Mikrobiyolojik Özelliklerine Etkileri

Öz: Mikroorganizmalar, toprak ekosisteminin işlevi, sağlığı, verimliliği, üretkenliği, kalitesi ve sürdürülebilir gelişimi için gereklidir. Bu çalışma, siyah kimyon olarak da bilinen çörekotunun yetiştirildiği toprakların biyokimyasal ve mikrobiyal özellikleri üzerinde bakteri formülasyonlarının etkilerini belirlemek için yürütülmüştür. Altı tek suş (*Pseudomonas fluorescens*, *P. fluorescens*, *P. fluorescens*, *Bacillus licheniformis*, *B. megaterium* ve *B. subtilis*), iki adet çift kombinasyon (*P. fluorescens* + *B. megaterium* ve *P. fluorescens* + *B. subtilis*) ve üç adet üçlü kombinasyondaki (*P. fluorescens* + *B. megaterium* + *B. subtilis*, *P. fluorescens* + *B. licheniformis* + *B. megaterium* ve *P. fluorescens* + *B. licheniformis* + *B. subtilis*) formülasyonlarının üreaz, katalaz, dehidrogenaz ve alkali fosfataz enzim aktiviteleri, ekstrakte edilebilir amonyum ve nitrat azot içerikleri, toprak solunumu ve mezofil aerobik mikroorganizma sayıları üzerine olası etkileri araştırılmıştır. Toprak biyolojik özelliklerinin farklı düzeylerde uygulanan bakteriyel uygulamalardan etkilendiği belirlenmiş, en etkili bakteriyel uygulamalar *P. fluorescens*, *P. fluorescens*, *P. fluorescens* olarak sıralanmıştır. Tekli bakteriyel uygulamaların ikili ve üçlü bakteriyel kombinasyonlardan daha etkili olduğu sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Çörekotu, mikrobiyal gübreleme, toprak biyolojisi, toprak enzimleri

✉ Correspondence: turkmen@comu.edu.tr

Citation: Türkmen, C., Akçura, S., Çıkkılı, Y., Çakmakçı, R., & Müftüoğlu, N. M. (2025). Effects of single, double and triple bacterial formulations on soil biological properties in black cumin cultivation. *Journal of Science-Technology-Innovation Ecosystem*, 6(2), 147-157.



Introduction

Global climate change has brought forward the concept of sustainable agriculture. Within the concept of sustainable agriculture, environment-friendly inputs, various plant growth-promoting practices, and plant growth-promoting bacteria are widely used.

Some microorganisms within the plant rhizosphere can dissolve organic and chemical substances and thus they can produce the plant growth promoting substances and facilitate nutrient intake of plants (Çakmakçı, 2019a). Bacteria such as *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Azospirillum*, *Azotobacter*, *Arthrobacter*, *Achromobacter*, *Micrococcus*, *Enterobacter*, *Rhizobium*, *Agrobacterium*, *Pantoea* and *Serratia* can be included in the plant growth and development promoting microorganisms (Verma et al., 2019). Besides plant growth-promoting bacteria, chemical fertilizers are enriched with organic matter and microorganisms, and such practices offer more sustainable and economical agriculture (Goenadi et al., 2018). However, efficiency of these microbial products largely depends on the use of local strains, well-developed chelating materials and preservatives and the development of compounds that stimulate and enrich bacteria (Çakmakçı, 2019a).

Soil enzymes play an important role in the mineralization of plant nutrients, decomposition of organic matter and supply of plant nutrients. Soil enzyme activities play a critical role in the sustainability of soil fertility and soil ecosystem (Burns & Dick, 2002).

Little is known about the re-inoculation of the PGPR-derived microorganisms and their effects on different plants and soil enzyme activities (Singh et al., 2021). Soil respiration has been used to estimate the nutrient cycles, fertility and the ability to sustain soil biological activities (Anderson & Domsch, 2010). Among microbial products, numerous studies have focused on the use of plant growth-promoting bacteria (PGPB). In particular, research on drought stress and halotolerant PGPB has gained increasing attention in parallel with climate change (Arora et al., 2020). In addition, substantial research has addressed the management of biotic and abiotic factors affecting PGPB applications for soil nutrient management and sustainable productivity (Ahmed et al., 2019), as well as the combined use of PGPB strains with fungi, especially mycorrhizal fungi (Yadav et al., 2022a).

Many productivity studies have been conducted by researchers applying PGPB to various plants. Examples of recent studies on widely cultivated plants worldwide include wheat (Verma et al., 2014; Valenzuela-Aragon et al., 2019; Chandra et al., 2019; Yadav et al., 2022b), maize (Calzavara et al., 2018; Olanrewaju & Babalola, 2019; Amezcuita-Aviles et al., 2022), and rice (Kumar et al., 2021; Wang et al., 2022). However, studies on the application of PGPB to black cumin (*Nigella sativa* L.), a medicinal and aromatic plant highly beneficial to human health, have been quite limited and generally focused on yield and quality (Shalan, 2005; Dimitrijević et al., 2018; Egamberdieva et al., 2019; Merajipoor et al., 2020; Akçura & Çakmakçı, 2023).

In this study, local (Turkish origin) PGPB strains were applied for the first time to soils cultivated with black cumin, a crop widely grown in the arid regions of the Mediterranean Basin and Western Asia (D'Antuono et al., 2002). The objective was to determine changes in selected soil biological and biochemical properties through the application of newly developed single, dual, and triple bacterial formulations, in addition to plant yield parameters, which were previously reported by Akçura & Çakmakçı (2023).

Materials and Methods

In present experiments, newly developed single, double and triple bacterial formulations were used as the primary materials of the study. Alluvial soils were used as the growing media and Çameli (*Nigella sativa* L. cv. Çameli) black cumin variety was used as the plant material. There were 12 treatments including six single, two double and three triple bacterial formulations and a control without bacterial treatments (Table 1).

Table 1. Experimental treatments

Number	Treatment	Treatment composition	Symbol
1	Control	No bacteria application	C
2	Single strains	<i>P. fluorescens</i> RC24	PF1
3		<i>P. fluorescens</i> RC36	PF2
4		<i>P. fluorescens</i> RC38	PF3
5		<i>B. licheniformis</i> RC33	BL
6		<i>B. megaterium</i> RC61	BM
7		<i>B. subtilis</i> RC121	BS
8	Mixed double strains	<i>P. fluorescens</i> RC24 <i>B. megaterium</i> RC61	PF1 + BM
9		<i>P. fluorescens</i> RC36 <i>B. subtilis</i> RC121	PF2 + BS
10	Mixed triple strains	<i>P. fluorescens</i> RC24 <i>B. megaterium</i> RC61 <i>B. subtilis</i> RC121	PF1 + BM + BS
11		<i>P. fluorescens</i> RC36 <i>B. licheniformis</i> RC33 <i>B. megaterium</i> RC61	PF2 + BL + BM
12		<i>P. fluorescens</i> RC38 <i>B. licheniformis</i> RC33 <i>B. subtilis</i> RC121	PF3 + BL + BS

The single, double, and triple formulations of local the bacterial strains were prepared from the isolates of Prof. Dr. Ramazan Çakmakçı collection, which were isolated from the root rhizosphere of various cultivated and wild plants (Çakmakçı et al., 2010; Çakmakçı, 2019b). The experimental soils were prepared for analysis according to Müftüoğlu et al. (2014), and the analysis methods and results are provided in Table 2.

Table 2. Soil properties of the experimental area

Element/Analysis	Analysis values	Evaluation	Methods
Sand (%)	73.36	Sandy-loam	Bouyoucos (1951)
Silt (%)	14.90		
Clay (%)	11.74		
pH (1 / 2.5 soil / water)	7.08	Neutral	Jackson (1958)
Salt (1 / 2.5 soil / water, dS m ⁻¹)	0.23	Unsaline	Jackson (1958)
Carbonate (%)	1.36	Low	Allison & Moodie (1965)
Organic matter (%)	0.97	Very low	Walkley & Black (1934)
Total nitrogen (%)	0.04	Very low	Bremner (1965)
Available P ₂ O ₅ (kg da ⁻¹)	25.56	Very high	Olsen (1954)
Available K ₂ O (kg da ⁻¹)	28.32	Low	Page et al. (1982)
Field capacity (%)	15.54	Very low	Allmaras & Gardner (1956).
Wilting point (%)	7.70	Very low	
Profitable moisture (%)	7.84	Very low	

The *Nigella* plant requires 5 kg N da⁻¹, 4 kg P₂O₅ da⁻¹ and 3 kg K₂O da⁻¹ plant nutrients (Kaya et al., 2021). Based on soil fertility analyses, 8 kg N (24 kg da⁻¹, ammonium nitrate 33%) and 4 kg K₂O (8 kg da⁻¹, potassium sulphate 50%) were applied to the experimental fields and phosphorus fertilization was not applied because phosphorus (25 kg da⁻¹ P₂O₅) was found more than the plant requirement. The strains selected from the frozen bacterial isolates were first inoculated on petri dishes containing sterile Nutrient Agar medium and incubated at 27 °C and the fresh and pure cultures were obtained for 24 hours. These fresh cultures were transferred to 500 mL nutrient broth containing liquid media and grown in a horizontal shaker incubator at 150 cycles min⁻¹ and 27 °C

for 48 hours. Absorbance of these cultures was measured with a turbidimeter, and the absorbance was equalized with sterile water. Single, double and triple formulations of the bacterial cultures obtained in this way were adjusted in the laboratory to have at least 1×10^8 viable colony units per mL.

Seed sowing was performed manually and the number of seed applied is 1.2 kg da^{-1} . Sprinkler irrigation was used initially to ensure sufficient germination and soil moisture was brought to the field capacity.

Selected single, double and triple bacterial combinations were prepared in 100 mL each and suspensions containing $1 \times 10^8 \text{ CFU mL}^{-1}$ bacteria were prepared. This suspension was transferred to the final liquid nutrient medium consisting of natural spring water (4.6 L), sugar beet molasses (300 mL) and sugar beet sugar (30 g), bringing the total volume to 5.0 L. From this final liquid nutrient medium for each bacterial treatment, 200 mL of bacterial suspension was separated per plot. Then, the seeds were inoculated by spraying 50 mL of bacterial suspension in each row during the hours when the sun was not active and the seeds were immediately covered with approximately 3 - 4 cm of soil. Weed control was practiced manually during the experiments. Since the soils of the experimental area were sandy-loam, sprinkler irrigation was practiced 3 times based on the plant water consumption.

Biological fertilizer applications were carried out approximately four months before harvest on black cumin plants, which have a vegetation period of about 9 months. Following the harvest of black cumin plants, soil samples were taken from 0 - 20 cm depth of 36 plots and transported to the laboratory in $+4^\circ\text{C}$ containers. A part of the samples was subjected to analyses for biological and biochemical properties of the soils. Another part of the samples was subjected to analyses for texture, soil reaction, salinity, carbonate, total nitrogen, and available phosphorus (Table 2). Urease enzyme activity was determined spectrophotometrically at 578 nm in the presence of standard urea solutions after adding substrate to soil samples and incubating them at 37°C for 3 hours, as reported by Hoffmann and Teicher (1961).

Catalase enzyme activity was determined as reported by Beck (1971); after adding 10 ml of phosphate buffer (pH=7) solution to 5 g of pre-prepared soil and incubating at 27°C for 30 minutes, the volume of O_2 released from the 3% H_2O_2 that was broken down in 3 minutes was measured in using Scheibler calcimeter as ml. Soil dehydrogenase activity was determined by adding a 3% triphenyl tetrasodium chloride (TTC) solution to soil samples and incubating them at 27°C for 24 hours and then measuring of the resulting triphenyl formazan (TPF) at 485 nm using a spectrophotometer with a series of standard TPF solutions (Casida, 1977). Alkaline phosphatase enzyme activity was determined by adding buffered (pH=11) sodium p-nitrophenyl phosphate solution (0.025 M) and toluene to the soil, incubating at 37°C for 60 minutes, and measuring the amount of free p-nitrophenol at 410 nm using a spectrophotometer with a series of standard solutions (Tabatabai, 1994). To determine ammonium (NH_4) and nitrate (NO_3) in soil, samples were initially extracted with 2 M potassium chloride (KCl), followed by nitrogen distillation and H_2SO_4 titration (Kacar, 2016).

Soil respiration was determined by measuring the amount of CO_2 released from the soil and retained in an alkaline (BaOH) solution over 24 hours at 27°C in a closed system (Anderson, 1983). For total mesophyll aerobic bacteria counts, soil dilutions were sown in Nutrient Agar media and incubated at 27°C for three days, then a colony counter was used (Wollum, 1982). Experiments were conducted in randomized block design with three replications (12 treatments $\times$ 3 replications = 36 plots). Experimental data were subjected to analysis of variance using SAS 9.0 statistical analysis software. Significant means were compared with the use of Duncan's multiple comparison test ($p < 0.05$).

Results and Discussion

The changes in soil urease and catalase enzyme activities with six single, two double, and three triple bacterial combinations are provided in Table 3.

Table 3. Effects of the experimental treatments on the urease and catalase enzyme activities*

Treatments	Urease enzyme activity ($\mu\text{g NH}_3 - \text{N g}^{-1}$)			Catalase enzyme activity ($\text{mg O}_2 \text{ 5 g}^{-1}$)		
Control	23.95	± 0.41	c	4.68	± 0.12	d
PF1	35.35	± 0.45	a	6.41	± 0.06	a
PF2	34.64	± 0.98	a	4.74	± 0.06	d
PF3	25.48	± 0.52	bc	5.20	± 0.03	bc
BL	27.86	± 0.76	b	6.64	± 0.11	a
BM	18.64	± 0.50	d	5.31	± 0.06	b
BS	27.76	± 1.08	bc	4.70	± 0.08	d
PF1 + BM	25.59	± 0.43	bc	4.64	± 0.10	d
PF2 + BS	25.61	± 0.59	bc	4.85	± 0.12	cd
PF1 + BM + BS	26.70	± 0.97	bc	4.95	± 0.08	bcd
PF2 + BL + BM	24.32	± 1.04	bc	4.60	± 0.06	d
PF3 + BL + BS	24.63	± 0.74	bc	6.77	± 0.11	a

*Values are presented in mean $\pm$ SE and means indicated with different letters within the same column are significantly different ($p < 0.05$).

The PF1, PF2 and BL treatments significantly increased and the BM treatments significantly decreased the urease enzyme activity as compared to the control treatment. The increases by the other treatments were not found to be significant. Urease enzyme activities were higher in single bacterial treatments, except for BM, than in double and triple mixtures. Soil urease enzyme activities for three hours of incubation are expressed in $\text{mg NH}_3 - \text{N}$ (100 g^{-1} soil) and classified as: low ($< 8 \text{ mg}$), normal ($8 - 16 \text{ mg}$), and high ($> 16 \text{ mg}$) (Hoffmann & Hoffmann, 1966). Present values varied between $18.64 - 35.35 \mu\text{g NH}_3 - \text{N g}^{-1}$ ($1.864 - 3.535 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ soil), thus classified in low group. Such a case can be attributed to low organic matter levels, sandy-loam texture, low field capacity of the soil and post-harvest hot/dry weather conditions of harvest season.

The PF1, PF3, BL, BM and PF3 + BL + BS treatments significantly increased the catalase enzyme activity as compared to the control treatment and the changes with the other treatments were not found to be significant. Catalase enzyme activity varies with temperature, oxygen, soil moisture, and nutrients, all of which also affect microbial activity (Kandeler, 2007). Catalase enzyme activity also changes with the soil tillage (Erdel, 2021).

It is also closely related to the soil organic matter content and N, P, K fertilization usually increases catalase enzyme activity (Kandeler, 2007). Catalase and dehydrogenase-like enzymes are intracellular enzymes and these enzymes play a vital role in the biodegradation of organic compounds. Enzyme activities are considered to be the most sensitive sensors of microbial activity changes in the soil environment in response to different factors, including drought (Hueso et al., 2012). Türkmen et al. (2013) indicated that there were significant differences in the enzyme activities of different depth segments ($3.72 - 7.42 \text{ mg O}_2 \text{ 5 g}^{-1}$) and catalase enzyme activity was higher in the topsoil. Present findings ($4.60 - 6.77 \text{ mg O}_2 \text{ 5 g}^{-1}$) comply with the results of that study.

Changes in the soil dehydrogenase and alkaline phosphatase enzyme activities with six single, two double, and three triple bacterial combinations are provided in Table 4.

Table 4. Effects of the experimental treatments on the dehydrogenase and alkaline phosphatase activities*

Treatments	Dehydrogenase ($\mu\text{g TPF g}^{-1}$)			Alkaline phosphatase ($\mu\text{g pNP g}^{-1}$)		
Control	13.12	± 0.54	c	21.21	± 0.18	e
PF1	7.910	± 0.32	ef	28.77	± 0.41	a
PF2	13.47	± 0.13	bc	25.45	± 0.78	bcd
PF3	17.45	± 0.43	a	25.63	± 0.35	bcd
BL	9.350	± 0.19	e	20.94	± 0.98	e
BM	7.200	± 0.07	f	22.25	± 0.49	e
BS	11.07	± 0.34	d	23.25	± 0.93	de
PF1 + BM	12.02	± 0.19	cd	26.26	± 0.08	abc
PF2 + BS	9.000	± 0.33	e	27.52	± 1.04	ab
PF1 + BM + BS	13.44	± 0.28	bc	25.26	± 0.56	bcd
PF2 + BL + BM	14.69	± 0.23	b	23.49	± 0.75	cde
PF3 + BL + BS	7.360	± 0.17	f	26.13	± 0.25	abcd

*Values are presented in mean $\pm$ SE and means indicated with different letters within the same column are significantly different ($p < 0.05$).

The PF3 and PF2 + BL + BM treatments significantly increased and PF1, BM and PF3 + BL + BS treatments significantly decreased the dehydrogenase enzyme activity. The changes by the other treatments were not found to be significant.

Dehydrogenase enzyme activity can also be used as an indicator of total microbial activity in any ecosystem (Casida, 1977). Hridya et al. (2014) indicated that dehydrogenase enzyme activity increased in the soils treated with the microbial fertilizers and there was a significant relationship between the dehydrogenase enzyme activity and the microbial populations. In addition, soil moisture, soil reaction, soil organic matter, local climate, and soil characteristics also result in significant changes in such enzymatic reactions (Burns & Dick, 2002; Wolińska & Stępniewska, 2012). Okur et al. (2007) reported the dehydrogenase enzyme activity of biofarm, humic acid and leonardite-treated soils as between 22.86 - 119.74 $\mu\text{g TPF g}^{-1}$ and indicated that the effects of plant variety and fertilizers on soil dehydrogenase, alkaline phosphatase, β -glucosidase, and protease activities were significant at 1% level. Present dehydrogenase enzyme activities varied between 7.2 - 17.45 $\mu\text{g TPF g}^{-1}$ and such values were lower than the values reported in the previous studies. Such a case could be attributed to quite low field capacity and available moisture content of the experimental soils (Burns & Dick, 2002; Wolińska & Stępniewska, 2012).

The PF1, PF2, PF3, PF1 + BM, PF2 + BS, PF1 + BM + BS and PF3 + BL + BS treatments significantly increased the alkaline phosphatase enzyme activity as compared to the control treatment and the changes with the other treatments were not found to be significant. Alkaline phosphatase enzyme plays an important role in agricultural production through catalyzing hydrolysis of organic phosphorus. Soil alkaline phosphatase enzyme activity varies with several factors, especially with the soil reaction (Burns & Dick, 2002). Like the other enzyme activities, the alkaline phosphatase enzyme activity is significantly influenced by soil moisture, soil reaction, soil organic matter, climate, and other soil properties (Burns & Dick, 2002; Wolińska & Stępniewska, 2012). Okur et al. (2007) reported the soil alkaline phosphatase enzyme activities as between 306.2 - 475.1 $\mu\text{g pNP g}^{-1} \text{ h}^{-1}$. Present alkaline phosphatase enzyme activities (20.94 - 28.77 $\mu\text{g pNP g}^{-1}$) were quite lower than the findings of the previous studies. As it was in the other enzyme activities, such lower values can be attributed to dry conditions, low organic matter levels and light soil texture of the study area. Changes in the extractable ammonium and nitrate contents of the soil with single, double, and triple bacterial combinations are given in Table 5.

Table 5. Effects of the experimental treatments on the soil extractable ammonium and nitrate contents*

Treatments	Ammonium ($\mu\text{g g}^{-1}$)			Nitrate ($\mu\text{g g}^{-1}$)		
Control	15.04	± 0.15	abc	7.34	± 0.09	a
PF1	15.12	± 0.08	ab	6.27	± 0.12	cd
PF2	15.50	± 0.05	a	6.54	± 0.12	bc
PF3	14.47	± 0.17	bcde	7.12	± 0.14	ab
BL	14.12	± 0.07	def	6.07	± 0.13	cde
BM	13.61	± 0.12	f	5.60	± 0.15	de
BS	14.35	± 0.14	cdef	5.61	± 0.14	de
PF1 + BM	14.82	± 0.12	abcd	5.77	± 0.14	de
PF2 + BS	14.40	± 0.20	bcde	6.13	± 0.17	cde
PF1 + BM + BS	13.87	± 0.28	ef	5.48	± 0.02	e
PF2 + BL + BM	14.44	± 0.16	bcde	6.52	± 0.14	bc
PF3 + BL + BS	14.82	± 0.02	abcd	7.37	± 0.16	a

*Values are presented in mean $\pm$ SE and means indicated with different letters within the same column are significantly different ($p < 0.05$).

Extractable ammonium contents increased with the PF1 and PF2 treatments as compared to the control treatment, but these increases were not significant. The BL, BM and PF1 + BM + BS treatments significantly reduced the extractable ammonium contents and the changes with the other treatments were not significant. While the changes in extractable nitrate contents were not significant in the PF3 and PF3 + BL + BS treatments, the other treatments caused a significant decrease as compared to the control. Present extractable NO_3 contents varied between 5.48-7.68 $\mu\text{g g}^{-1}$ and extractable NH_4 contents varied between 13.60-15.53 $\mu\text{g g}^{-1}$. Such changes were similar with the changes reported on below literature.

It was reported that the compost-based organic fertilization treatments in paddy soils caused different effects on N mineralization and these effects may also result from enzyme activities (Yagüe et al., 2023). The enzyme urease plays the upmost active role in the nitrogen cycle and hydrolyses urea up to ammonium and carbon dioxide (Burns & Dick, 2002). Inorganic forms of nitrogen in soil such as NH_4 and NO_3 exhibit continuous variability. These variations are highly correlated with soil moisture, soil salinity, and soil reaction (Zhang & Wienhold, 2002). Most of the nitrogen in the soil is in organic form and with the mineralization of organic matter, nitrogen is constantly released in inorganic forms and NH_3 and NH_4 levels change instantaneously (Paul, 2016). It was reported in an incubation study in which plant growth-promoting bacteria (PGPB) were applied together with the urea fertilizer that NH_4 and NO_3 levels extracted in different weeks could reach the highest value of 29.797 mg k^{-1} and these levels varied based on PGPB applications and time (Akter et al., 2023).

Changes in the soil respiration and microorganism counts with single, double, and triple bacterial treatments are provided in Table 6.

Table 6. Effects of the experimental treatments on the soil respiration and number of mesophyll bacteria*

Treatments	Soil respiration ($\mu\text{g CO}_2 \text{ g}^{-1} \text{ h}^{-1}$)			Number of bacteria (number $\times 10^6 \text{ g}^{-1}$)		
Control	23.53	± 0.15	bcd	92.60	± 0.61	d
PF1	24.06	± 0.68	bc	92.11	± 0.77	d
PF2	27.11	± 0.34	a	99.27	± 1.02	c
PF3	25.60	± 0.37	ab	126.90	± 0.22	a
BL	22.49	± 0.64	cde	71.61	± 0.91	g
BM	25.38	± 0.51	ab	52.19	± 0.49	h
BS	23.78	± 0.29	bc	77.88	± 0.32	f
PF1 + BM	21.57	± 0.07	de	86.90	± 0.57	e
PF2 + BS	22.56	± 0.38	cde	76.96	± 1.02	f
PF1 + BM + BS	25.33	± 0.27	ab	85.06	± 0.53	e
PF2 + BL + BM	24.55	± 0.26	bc	108.20	± 0.36	b
PF3 + BL + BS	20.81	± 0.33	e	87.87	± 0.28	e

*Values are presented in mean $\pm$ SE and means indicated with different letters within the same column are significantly different ($p < 0.05$).

Soil respiration significantly increased only in the PF2 treatment ($27.11 \mu\text{g CO}_2 \text{ g}^{-1}$ dry soil per hour) as compared to the control treatment. In triple mixture treatments (PF3+BL+BS), respiration decreased significantly ($20.81 \mu\text{g CO}_2 \text{ g}^{-1}$ dry soil per hour). The changes with the other treatments were not found to be significant.

Soil respiration is a result of microorganism activities and varies with several factors such as soil texture, soil moisture, soil organic matter, and soil temperature (Yigi & Zhou, 2010). Organic matter mineralization is a highly complex process and depends on various variables, thus different materials may undergo different mineralization processes (Yiqi & Zhou, 2010; Qin et al., 2019). Ergün (2017) indicated that hazelnut biochar treatments could affect CO_2 values and a daily average of $11.77 \text{ mg CO}_2 100 \text{ g}^{-1}$ was produced. As well as continuous soil conditions and applications, different expressions of soil CO_2 production (day-hour, gram-microgram, per gram or per 100 grams of CO_2 production) and differences in the measurement methods of researchers make it difficult to discuss CO_2 production levels.

Number of microorganisms increased significantly with the PF2, PF3 and PF2 + BL + BM treatments, while significant decreases were determined in the other treatments. In an incubation study conducted by mixing different doses of sewage sludge into the soils of Çanakkale Dardanos campus, the researchers reported number of microorganisms as between 5×10^6 - 15×10^6 per g dry soil (Uzunboy & Türkmen, 2018).

Conclusion

Present findings revealed that single, double, and triple bacterial combinations applied to a sandy-loam soil in which black cumin seeds were grown had significant effects on the investigated soil properties. *P. fluorescens* RC36 treatments were found to be effective in the extractable ammonium and respiration; *P. fluorescens* RC38 in the dehydrogenase enzyme activity and microorganism count; *P. fluorescens* RC24 in the urease and alkaline phosphatase enzyme activities; *B. licheniformis* RC33 + *B. subtilis* RC121 + *P. fluorescens* RC38 treatments in

the extractable nitrate and catalase enzyme activity. It was determined that the soil biological properties were affected by the bacterial treatments at different strains. The most effective bacterial treatments were ordered as *P. fluorescens* RC36> *P. fluorescens* RC38> *P. fluorescens* RC24 and they all positively affected the biological properties investigated. It was concluded based on present findings that single bacterial treatments provided significant increases in the soil enzyme activities. New local bacterial strains to be identified should be tested in different textured soils, plant species and under different climate conditions. Development of microbial fertilizers is an important issue for sustainable soil fertility, sustainable food production, sustainable environment, and healthy life.

Additional Information and Declarations

Acknowledgements: The authors are grateful to the Balıkesir Metropolitan Municipality Farmer Training Center (BAÇEM) for collaboration and the provision of research area of the institution.

Authors' Contributions: The authors of the article declare that the data, information and documents presented in this article was obtained within the framework of academic and ethical rules and that all information, documents, evaluations and results were presented in accordance with scientific ethics and moral rules.

Conflict of Interests: All authors declare that they have no financial or other substantive conflicts of interest.

Copyright: 2025 Türkmen et al.

Academic & Layout Editor: Dr. Baboo Ali



This work is licensed under a Creative Commons Attribution CC-BY 4.0 International License.

References

- Ahmed, T., Shahid, M., Noman, M., Hussain, S., Khan, M. A., Zubair, M., ... Mahmood, F. (2019). Plant growth-promoting rhizobacteria as biological tools for nutrient management and soil sustainability. In *Plant Growth Promoting Rhizobacteria for Agricultural Sustainability* (pp. 95-110). Springer, Singapore.
- Akçura, S., Çakmakçı, R. (2023). Bitki gelişimini teşvik edici bakterilerin şam çörek otunda (*Nigella damascena* L.) bazı bitkisel özellikler üzerine etkisi. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 7(3), 472-488 (in Turkish).
- Akter, A., Zuan, A. T. K., Kasim, S., Amin, A. M., Ab Aziz, Z. F., Md Rahmatullah, N., Sadeq, B. M., Chompa, S. S., Rahman, Md E. (2023). Nitrogen Dynamics in Soil Treated with Plant-growth Promoting Bacteria and Urea Fertilizer. *Pertanika Journal of Science & Technology*, 31(6), 2995-3011. <https://doi.org/10.47836/pjst.31.6.20>.
- Allison, L. E., & Moodie, C. D. (1965). Carbonate. In: C.A. Black et al.(ed.) *Methods of Soil Analysis, Part 2. Agronomy*, 9, 1379-1400. Am. Soc. Of Agron., Inc., Madison, Wisconsin, USA.
- Allmaras, R. R., & Gardner, C. O. (1956). Soil Sampling for Moisture Determination in Irrigation Experiments 1. *Agronomy Journal*, 48(1), 15-17. e-ISSN: 1435-0645.
- Amezquita-Aviles, C. F., Coronel-Acosta, C. B., Santos-Villalobos, S. D. L., Santoyo, G., & Parra-Cota, F. I. (2022). Characterization of native plant growth-promoting bacteria (PGPB) and their effect on the development of maize (*Zea mays* L.). *Biotechnia*, 24(1), 15-22. <https://doi.org/10.18633/biotechnia.v24i1.1353>.
- Anderson, J. P. E. (1983). Soil respiration. In: *Methods of Soil Analysis Part 2 Chemical and Microbiological Properties* (Ed. JPE. Anderson), 831-871. <http://doi.org/10.2134/agronmonogr9.2.2ed.c41>.
- Anderson, T. H., & Domsch, K. H. (2010). Soil microbial biomass: the eco-physiological approach. *Soil Biology and Biochemistry*, 42(12), 2039-2043. <http://doi.org/10.1016/j.soilbio.2010.06.026>.
- Arora, N. K., Fatima, T., Mishra, J., Mishra, I., Verma, S., Verma, R., ... Bharti, C. (2020). Halo-tolerant plant growth promoting rhizobacteria for improving productivity and remediation of saline soils. *Journal of Advanced Research*, 26, 69-82. <https://doi.org/10.1016/j.jare.2020.07.003>.
- Beck, T. H. (1971). Die messung der katalaseaktivität von böden. *Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde*, 130(1), 68-81. <http://doi.org/10.1002/jpln.19711300108>.
- Bouyoucos, G. J. (1951). A Recalibration of Hydrometer Method for Making Mechanical Analysis of Agronomy Journal, 43:434-438. e-ISSN: 1435-0645.
- Bremner, J. M. (1965). Inorganic forms of nitrogen In: C.A. Black et al(ed). *Methods of Soil Analysis, Part 2. Agronomy* 9:1179-1237. Am. Soc. of Agron., Inc. Madison, Wisconsin, USA. <https://doi.org/10.2134/agronmonogr9.2.c33>.
- Burns, R. G., & Dick, R. P. (2002). *Enzymes in The Environment: Activity, Ecology, and Applications*. CRC Press. New York. eBook ISBN 9780429207570. 640 s. <http://doi.org/10.1201/9780203904039>.

- Çakmakçı, R. (2019a). A review of biological fertilizers current use, new approaches, and future perspectives. *International Journal of Innovative Studies in Sciences and Engineering Technology*, 5 (7), 83-92.
- Çakmakçı, R. (2019b). The variability of the predominant culturable plant growth-promoting rhizobacterial diversity in the acidic tea rhizosphere soils in the eastern black sea region. *Alinteri Journal of Agriculture Sciences*, 34(2), 175-181.
- Çakmakçı, R., Dönmez, M. F., Ertürk, Y., Erat, M., Haznedar, A., & Sekban, R. (2010). Diversity and metabolic potential of culturable bacteria from the rhizosphere of Turkish tea grown in acidic soils. *Plant and Soil*, 332, 299-318.
- Calzavara, A. K., Paiva, P. H. G., Gabriel, L. C., Oliveira, A. L. M., Milani, K., Oliveira, H. C., ... Stolf-Moreira, R. (2018). Associative bacteria influence maize (*Zea mays* L.) growth, physiology and root anatomy under different nitrogen levels. *Plant Biology*, 20(5), 870-878. <https://doi.org/10.1111/plb.12841>.
- Casida, Jr L. E. (1977). Microbial metabolic activity in soil as measured by dehydrogenase determinations. *Applied and Environmental Microbiology*, 34(6), 630-636. <http://doi.org/10.1128/aem.34.6.630-636.1977>.
- Chandra, D., Srivastava, R., Gupta, V. V., Franco, C. M., Paasricha, N., Saifi, S. K., ... Sharma, A. K. (2019). Field performance of bacterial inoculants to alleviate water stress effects in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Plant and Soil*, 441(1), 261-281. <https://doi.org/10.1007/s11104-019-04115-9>.
- D'Antuono, L. F., Moretti, A., & Lovato, M. F. S. (2002). Seed yield, yield components, oil content and essential oil content and composition of *Nigella sativa* L. and *Nigella damascena* L. *Industrial Crops Production*, 15, 59-69.
- Dimitrijević, S., Pavlović, M., Maksimović, S., Ristić, M., Filipović, V., Antonović, D., & Dimitrijević-Branković, S. (2018). Plant growth-promoting bacteria elevates the nutritional and functional properties of black cumin and flaxseed fixed oil. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 98(4), 1584-1590. <https://doi.org/10.1002/jsfa.8631>.
- Egamberdieva, D., Wirth, S., Bellingrath-Kimura, S. D., Mishra, J., & Arora, N. K. (2019). Salt-tolerant plant growth promotes rhizobacteria for enhancing crop productivity of saline soils. *Frontiers in Microbiology*, 10, 2791.
- Erdel, E. (2021). Determination of soil enzyme activities in different wheat growing stages under different tillage systems. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 11(4), 3243-3253. (in Turkish with an abstract in English).
- Ergün, Y. A. (2017). Biyokömür ve ahır gübresi uygulamalarının topraktaki bazı enzim aktivitelere, CO₂ üretimine, besin elementi içeriğine ve domates bitkisinin gelişimine etkisi. Yüksek Lisans, Ordu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ordu, (in Turkish).
- Goenadi, D. H., Mustafa, A. B., & Santi, L. P. (2018). Bio-organo-chemical fertilizers: a new prospecting technology for improving fertilizer use efficiency (FUE). *Earth and Environmental Science*, 183.
- Hoffmann, E. D., & Hoffmann, G. G. (1966). Die bestimmung der biologischen tatigkeit in boden mit enzymmethoden. In: *Advances in Enzymology and Related Areas of Molecular Biology* (Ed. FF. Nord), (28), 365-390. <http://doi.org/10.1002/9780470122730.ch6>.
- Hoffmann, G. G., & Teicher, K. (1961). Ein kolorimetrisches verfahren zur bestimmung der ureaseaktivität in Böden. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 95(1), 55-63. <http://doi.org/10.1002/jpln.19610950107>.
- Hridya, A. C., Byju, G., & Misra, R. S. (2014). Effects of microbial inoculations on soil chemical, biochemical and microbial biomass carbon of cassava (*Manihot esculenta* Crantz) growing Vertisols. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 60(2), 239-249. <http://doi.org/10.1080/03650340.2013.791023>.
- Hueso, S., García, C., & Hernández, T. (2012). Severe drought conditions modify the microbial community structure, size and activity in amended and unamended soils. *Soil Biology and Biochemistry*, 50, 167-173. <http://doi.org/10.1016/j.soilbio.2012.03.026>.
- Jackson, M. L. (1958). *Soil Chemical Analysis*. Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs, New Jersey, USA. <https://doi.org/10.1002/jpln.19590850311>.
- Kacar, B. (2016). Bitki, Toprak ve Gübre Analizleri 3: Fiziksel ve Kimyasal Toprak Analizleri. Yayın No: 1524, Gıda Tarım ve Hayvancılık No: 15, ISBN: 978-605-320-430-5, Basım Sayısı: 1. Basım, Eylül 2016, NOBEL Akademik Yayıncılık Eğitim Danışmanlık Tic. Ltd. Şti., Nobel Akademik Yayıncılık, 614 s. (in Turkish).
- Kandeler, E. (2007). Physiological and biochemical methods for studying soil biota and their functions. In: *Soil Microbiology. Ecology and Biochemistry* (Ed. EA. Paul, Third Edition), 3, 53-58. <http://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B978008047514150007X>.
- Kaya, A. R., Eryiğit, T., & Aysabar, Z. (2021). Her yönüyle çörek otu (*Nigella* sp.) ve ilgili çalışmalar. İKSAD Yayınevi, ISBN: 978-625-367-132-7 (in Turkish).
- Kumar, A., Singh, S., Mukherjee, A., Rastogi, R. P., & Verma, J. P. (2021). Salt-tolerant plant growth-promoting *Bacillus pumilus* strain JPV511 to enhance plant growth attributes of rice and improve soil health under salinity stress. *Microbiological Research*, 242, 126616. <https://doi.org/10.1016/j.micres.2020.126616>.
- Merajipoor, M., Dehnavi, M. M., Salehi, A., & Yadavi, A. (2020). Improving grain yield, water and nitrogen use efficiency of *Nigella sativa* with biological and chemical nitrogen under different irrigation regimes. *Scientia Horticulturae*, 260, 108869. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.108869>.

- Müftüoğlu, N. M., Türkmen, C., & Çıkılı, Y. (2014). Toprak ve Bitkide Verimlilik Analizleri (2. Basım). Nobel Akademik Yayıncılık Eğitim Danışmanlık Tic., Ltd., Şti. Ankara Dağıtım, Mithatpaşa Cad, No: 74 B01/02 Kızılay–Ankara, ISBN: 978-605-133-895-8, 218 s. (in Turkish).
- Okur, N., Kayıkçıoğlu, H. H., Tunç, G., & Tüzel, Y. (2007). The effect of some organic amendments using organic agriculture on microbial activity in soil. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 44(2), 65-80. (in Turkish with an abstract in English). <http://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/59260>.
- Olanrewaju, O. S., & Babalola, O. O. (2019). Bacterial consortium for improved maize (*Zea mays* L.) production. *Microorganisms*, 7(11), 519. <https://doi.org/10.3390/microorganisms7110519>.
- Olsen, S. R. (1954). Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate (No. 939). US Dept. of Agriculture.
- Page, A. L., Miller, R. H., & Keeney, D. R. (1982). Methods of soil analysis. Part 2. American Society of Agronomy. Soil Science Society of America, Madison, WI, USA. <http://doi.org/10.2134/agronmonogr9.2.2ed.c37>.
- Paul, E. A. (2016). The nature and dynamics of soil organic matter: Plant inputs, microbial transformations, and organic matter stabilization. *Soil Biology and Biochemistry*, 98, 109-126. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0038071716300281>.
- Qin, K., Dong, X., Jifon, J., & Leskovar, D. I. (2019). Rhizosphere microbial biomass is affected by soil type, organic and water inputs in a bell pepper system. *Applied Soil Ecology*, 138, 80-87. <http://doi.org/10.1016/j.apsoil.2019.02.024>.
- Richards, L. A. (1954). Diagnosis and improvement of saline and alkali soils (Vol. 78, No. 2, p. 154). LWW.
- Shalan, M. N. (2005). Influence of biofertilizers and chicken manure on growth, yield and seeds quality of *Nigella sativa* L. plants. *Egyptian Journal of Agricultural Research*, 83, 811-828.
- Singh, S., Kumar, V., Dhanjal, D. S., Dhaka, V., Thotapalli, S., Singh, J., Al-Ani, L. K. T., & Aguilar-Marcelino, L. (2021). Rhizosphere biology: a key to agricultural sustainability. In: Current Trends in Microbial Biotechnology for Sustainable Agriculture (Ed: C. Singh, N. Yadav), 161-182. https://doi.org/10.1007/978-981-15-6949-4_7#DOI.
- Tabatabai, M. A. (1994). Soil enzymes. In: Methods of Soil Analysis: Part 2 Chemical and Microbiological Properties. (Ed. RW. Weaver, S. Angle, P. Bottomley, D. Bezdicek, S. Smith, A. Tabatabai, A. Wollum), 37, 903-947. <http://doi.org/10.2136/sssabookser5.2.c37>.
- Türkmen, C., Müftüoğlu, N. M., & Kavdır, Y. (2013). Change of some soil quality characteristics under different pasture reclamation methods of rangelands. *Journal of Agricultural Sciences*, 19(4), 245-255. (in Turkish with an abstract in English). http://doi.org/10.1501/Tarimbil_0000001250.
- Uzunboy, N., & Türkmen, C. (2018). Effect of municipal sewage sludge on mass loss of bioplastic. *ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 6, 275-280. (in Turkish with an abstract in English). <http://doi.org/10.33202/comuagri.504381>.
- Valenzuela-Aragon, B., Parra-Cota, F. I., Santoyo, G., Arellano-Wattenbarger, G. L., & de los Santos-Villalobos, S. (2019). Plant-assisted selection: a promising alternative for in vivo identification of wheat (*Triticum turgidum* L. subsp. Durum) growth promoting bacteria. *Plant and Soil*, 435(1), 367-384. <https://doi.org/10.1007/s11104-018-03901-1>.
- Verma, M., Mishra, J., & Arora, N. K. (2019). Plant growth-promoting rhizobacteria: diversity and applications. *Environmental Biotechnology: For Sustainable Future*. (Ed: RC. Sobti, NK. Arora, R. Kothari), 129-173.
- Verma, P., Yadav, A. N., Kazy, S. K., Saxena, A. K., & Suman, A. (2014). Evaluating the diversity and phylogeny of plant growth promoting bacteria associated with wheat (*Triticum aestivum*) growing in central zone of India. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 3(5), 432-447.
- Walkley, A., & Black, I. A. (1934). An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science*, 37(1), 29-38.
- Wang, G., Li, B., Peng, D., Zhao, H., Lu, M., Zhang, L., ... Ji, J. (2022). Combined application of H₂S and a plant growth promoting strain JIL321 regulates photosynthetic efficacy, soil enzyme activity and growth-promotion in rice under salt stress. *Microbiological Research*, 256, 126943. <https://doi.org/10.1016/j.micres.2021.126943>.
- Wolińska, A., & Stępniewska, Z. (2012). Dehydrogenase activity in the soil environment. *Dehydrogenases* (Ed: R. A. Canuto), 8, 183-210. <http://www.intechopen.com/chapters/40938>.
- Wollum, A. G. (1982). Cultural Methods for Soil Microorganisms 1. Methods of soil analysis. Part 2. Chemical and microbiological properties, (methodsofsoilan2), 781-802. <https://doi.org/10.2134/agronmonogr9.2.2ed.c37>.
- Yadav, R., Chakraborty, S., & Ramakrishna, W. (2022b). Wheat grain proteomic and protein–metabolite interactions analyses provide insights into plant growth promoting bacteria–arbuscular mycorrhizal fungi–wheat interactions. *Plant Cell Reports*, 1-21. <https://doi.org/10.1007/s00299-022-02866-x>.
- Yadav, R., Ror, P., Beniwal, R., Kumar, S., & Ramakrishna, W. (2022a). *Bacillus* sp. and arbuscular mycorrhizal fungi consortia enhance wheat nutrient and yield in the second-year field trial: Superior performance in comparison with chemical fertilizers. *Journal of Applied Microbiology*, 132(3), 2203-2219. <https://doi.org/10.1111/jam.15371>.

- Yagüe, M. R., Lobo, C., & García, P. (2023). Organic fertilization induces changes in soil nitrogen mineralization and enzyme activities. *Plant, Soil and Environment*, 69 (1), 38-43. <http://doi.org/10.17221/274/2022-PSE>.
- Yiqi, L., & Zhou, X. (2010). *Soil Respiration and The Environment*. Academic Elsevier Press. ISBN 978-0-12-088782-8. 328 s. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-088782-8.X5000-1>.
- Zhang, R., & Wienhold, B. J. (2002). The effect of soil moisture on mineral nitrogen, soil electrical conductivity, and pH. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 63, 251-254. <http://link.springer.com/article/10.1023/A:1021115227884>.



Yoncaya Farklı Oranlarda İlave Edilen Şeker Sorgum Posasının Silaj Kalitesi Üzerine Etkilerinin Belirlenmesi

Beyza Yazıcı , Emine Budaklı Çarpıcı 

Bursa Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Bursa, Türkiye

Makale Geçmişi

Geliş: 04/12/2025

Kabul: 28/12/2025

Araştırma Makalesi

Öz: Bu çalışma, yoncaya (*Medicago sativa* L., Y) farklı oranlarda ilave edilen şeker sorgum (*Sorghum bicolor* var. *saccharatum* (L.) Mohlenbr.) posasının (ŞSP) silaj kalitesi üzerine etkilerini belirlemek amacıyla tesadüf parselleri deneme desenine göre üç tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Araştırmada sonbahar döneminde biçim yapılan Mirna yonca çeşidi ile özsuyu çıkarılmış olan Gülşeker ŞSP bitki materyali olarak kullanılmıştır. Denemede 5 farklı karışım oranı (%100 Y, %100 ŞSP, %25 Y+%75 ŞSP, %50 Y+%50 ŞSP ve %75 Y+%25 ŞSP) ele alınarak 5 farklı silaj grubu oluşturulmuştur. Silajlarda kuru madde (KM) oranı, pH, Fleig puanı, ham protein (HP), asit deterjanda çözünmeyen lif (ADF), nötr deterjanda çözünmeyen lif (NDF), nispi yem değeri (NYD) ve net enerji (NE) değerleri incelenmiştir. Araştırmada incelenen tüm özellikler bakımından karışım oranları arasında önemli farklılıkların olduğu tespit edilmiştir. Karışıma ilave edilen ŞSP miktarı arttıkça silajın KM oranı yükselmiş, buna karşılık HP oranı önemli ölçüde azalmıştır. ŞSP oranındaki artışla birlikte silajların pH değerleri düşmüş, Fleig puanı yükselmiş ve böylece fermentasyon kalitesinin iyileştiği görülmüştür. Lif içerikleri açısından ADF ve NDF değerleri ŞSP oranına paralel olarak artmış; buna bağlı olarak NYD özellikle yonca ağırlıklı silajlarda yüksek, ŞSP ağırlıklı silajlarda ise düşük bulunmuştur. NE içeriği de benzer şekilde en yüksek %100 yonca silajında elde edilmiştir. Sonuç olarak, ŞSP ilavesinin silajların fermentasyon kalitesini artırdığı; ancak en yüksek besleme ve enerji değerlerinin yonca oranı yüksek karışımlarda sağlandığı belirlenmiştir. Bu nedenle, incelenen tüm özellikler dikkate alındığında %75 Y+%25 ŞSP karışımı ile protein takviyesi yapmak koşuluyla %50 Y+%50 ŞSP karışımları önerilebilir.

Anahtar Kelimeler: Yonca, şeker sorgum posası, karışım oranı, silaj, kalite

Determining the Effects of Adding Different Amounts of Sweet Sorghum Bagasse to Alfalfa on Silage Quality

Abstract: This study was conducted in a completely randomized design with three replications to determine the effects of adding Sweet sorghum (*Sorghum bicolor* var. *saccharatum* (L.) Mohlenbr.) bagasse (SSB) at different rates to alfalfa (*Medicago sativa* L., A) on silage quality. The Mirna alfalfa variety, harvested in the fall, and de-juiced Gülşeker SSB plant material were used in the study. Five different mixture ratios (100% A, 100% SSB, 25% A+75% SSB, 50% A+50% SSB, and 75% A+25% SSB) were considered in the experiment, creating five different silage groups. The dry matter (DM) content, pH, Fleig score, crude protein (CP), acid detergent

Article History

Received: 04/12/2025

Accepted: 28/12/2025

Research Article

✉ Correspondence: ebudakli@uludag.edu.tr

Citation: Yazıcı, B., & Çarpıcı, E. B. (2025). Yoncaya farklı oranlarda ilave edilen şeker sorgum posasının silaj kalitesi üzerine etkilerinin belirlenmesi. *Bilim-Teknoloji-Yenilik Ekosistemi Dergisi*, 6(2), 159-166.

fiber (ADF), neutral detergent fiber (NDF), relative feed value (RFV) and net energy (NE) values of the silages were examined. Significant differences were found between the mixture ratios in terms of all characteristics examined in the study. As the amount of SSB added to the mixture increased, the DM content of the silage increased, while the CP content decreased significantly. With the increase in the SSB ratio, the pH values of the silages decreased, the Fleig score increased, and thus the fermentation quality improved. In terms of fiber contents, ADF and NDF values increased in parallel with the CP ratio; accordingly, the RFV was found to be high, especially in alfalfa-dominant silages, and low in SSB-dominant silages. Similarly, the NE content was highest in 100% alfalfa silage. In conclusion, it was determined that adding SSB silage improved the fermentation quality of silages; however, the highest feeding and energy values were achieved in mixtures with a high alfalfa ratio. Therefore, considering all the characteristics examined, a 50% A + 50% SSB silage mixture can be recommended, provided that protein supplementation is carried out with a 75% A + 25% SSB silage mixture.

Keywords: Alfalfa, sweet sorghum bagasse, mixture ratio, silage, quality



Giriş

Yonca (*Medicago sativa* L.) geniş bir adaptasyon kabiliyetine sahip, çok farklı şekillerde faydalanılan yüksek değerde ve bol ürün veren bir yem bitkisidir. Değişik iklim ve toprak koşullarına uyum gösterdiği için Türkiye'nin hemen her yöresinde yetiştirilmektedir (Engin & Mut, 2017). Ülkemizde yem bitkileri içerisinde en fazla ekim alanına sahip baklagil yem bitkisi olup, 2023 yılı TÜİK verilerine göre 6.004.043 da'lık alanda yonca ekimi yapılmıştır. Yonca genel olarak yeşil ot, kuru ot, un ve silaj olarak değerlendirilmekle birlikte bazı ülkelerde ise otlatılarak değerlendirmektedir (Çaçan & Kökten, 2020). Son yıllarda yaşanan iklim değişikliklerinden dolayı yoncanın kurutulmasında sorunlar yaşanmakta ve bu durumda üreticileri yoncadan silaj yapmaya yöneltmiştir (Ergin, 2019). Yonca ve üçgül gibi bitkilerde kurutma işlemleri yapılırken yağmur nedeniyle yaşanan KM kayıpları % 14-43 arasında değişmektedir. Bu değişim ise otun sindirilmesini % 27 azaltmaktadır (Dumlu Gül & Tan 2013). Bu durumda da otun kurutulması yerine farklı değerlendirme yöntemleri ön plana çıkmaktadır. Ancak, baklagil yem bitkilerinin silolanması güç olduğundan fermentasyon kalitesini artırmak amacıyla çeşitli katkı maddelerine ihtiyaç duyulmaktadır (Kılıç, 2010, Çiftçi ve ark., 2005). Bu amaçla yoncanın silaj kalitesini artırmaya yönelik farklı bitkilerle karışımları ya da karbonhidrat kaynağı olarak farklı organik katkı maddeleri ile silajlar yapılmıştır (Dumlu & Tan, 2009; Canbolat ve ark., 2010; Kızılsimşek ve ark., 2011; Canbolat ve ark., 2013; Sultany, 2015; Budaklı Çarpıcı ve ark., 2017; Turan & Seydoşoğlu, 2020; Erişçi ve ark., 2022; Kardeş ve ark., 2023; Dündar, 2024). Dumlu & Tan (2009), baklagil-buğdaygil karışımlarından elde edilen silajların daha kaliteli olduğunu bildirmişlerdir. Yonca silajında kalitenin artırılmasına yönelik olarak katkı maddesi kullanımına ilişkin olarak Canbolat ve ark. (2010), yoncada silaj kalitesini artırmak amacıyla yaptıkları bir çalışmada, üzüm posası ilavesinin HP, ham kül, NDF ve ADF içeriklerini azalttığını, ancak suda çözünen karbonhidrat, ham yağ ve polifenol içeriklerini ise artırdığını rapor etmişlerdir. Canbolat ve ark. (2013), yonca silajına farklı oranlarda gladiçya meyvesi (GM) ilave ettikleri bir çalışmada ise GM oranına bağlı olarak silajın HP, ham yağ, ham kül, ADF ve NDF içeriğinin azaldığını, buna karşılık suda çözünebilir karbonhidrat ve toplam tanen içeriklerinin ise arttığını tespit etmişlerdir. Sultany (2015), buğday samanının ise özellikle silajın KM içeriğini ve Fleig puanını artırdığını bildirmiştir. Erişçi ve ark. (2022), %5 ve %10 oranında elma ilave ederek yaptıkları yonca silajlarında % 10 elma ilavesinin yonca silajının kalitesini iyileştirdiğini rapor etmişlerdir. Dündar (2024), yoncada silaj kalitesinin artırılması amacıyla yonca +% 40 çim karışım oranının ideal olabileceğini bildirmiştir. Ancak yoncanın son biçiminden elde edilen materyalin silaj olarak değerlendirilmesinde biyoetanol üretiminde kullanıma potansiyeli olan şeker sorgum (*Sorghum bicolor* var. *saccharatum* (L.) Mohlenbr.) bitkisinde özsuynun elde edilmesi sonrasında ortaya çıkan posanın kullanılmasına ilişkin literatürde yapılmış bir çalışma bulunmamaktadır.

Bu çalışmada, yonca + şeker sorgum posası karışımlarında silaj kalitesinin incelenmesi amacıyla farklı özellikler (KM, pH, HP, Fleig puanı, ADF, NDF, NYD ve NE) ele alınmış ve silaj kalitesi açısından en uygun karışım oranının belirlenmesi amaçlanmıştır.

Materyal ve Yöntem

Bu araştırma, Bursa Uludağ Üniversitesi (BUÜ) Ziraat Fakültesi Tarımsal Uygulama ve Araştırma Merkezi deneme alanları ile Tarla Bitkileri Bölüm Laboratuvarlarında yürütülmüştür. Denemenin yürütüldüğü 4 aylık vejetasyon dönemi dikkate alındığında 2024 yılı ve uzun yıllar ortalamasına ait aylık ortalama sıcaklık ve aylık toplam yağış değerleri sırasıyla 23.18 °C-67.5 mm ve 21.73 °C-166.5 mm olmuştur. Deneme alanının toprak özellikleri incelendiğinde ise killi, hafif alkali, az kireçli ve organik madde içeriğinin düşük olduğu belirlenmiştir. Araştırmada, bitki materyali olarak şeker sorgum posası (*Sorghum bicolor* var. *saccharatum* (L.) Mohlenbr cv. Gülşeker) ve yonca (*Medicago sativa* L. cv. Mirna) kullanılmıştır.

ŞSP elde etmek amacıyla şeker sorgum bitkisi 2024 yılında B.U.Ü. Ziraat Fakültesi TUAM deneme alanında ikinci ürün olarak 6 Temmuz 2024 tarihinde ekilmiş ve bitkiler hamur olum döneminde (28.10.2024) hasat edilmiştir. Hasat edilen salkımlı bitkilerin salkım ve yaprak kısımları ayrılmış ve saplar özel tasarlanmış bir makineden sıkılarak özsu çıkarılmıştır. Özsu çıkarılan şeker sorgum saplarından elde edilen posa (ŞSP) silaj yapımı öncesinde 1.5-2.0 cm boyutlarında parçalanmıştır. Denemede kullanılan Mirna yonca çeşidi ise BUÜ TUAM’nde yer alan üretim tarlalarından temin edilmiştir. Kullanılan yonca çeşidinin 3. yılı olup bitkinin sonbaharda yapılan son biçimine ait ot materyali kullanılmıştır. Bu amaçla yoncada 28.10.2024 tarihinde yonca elle biçim yapılmış ve silaj yapımı öncesinde 1.5-2.0 cm boyutlarında parçalanmıştır. Denemede 5 farklı karışım oranı (%100 Y, %100 ŞSP, %25 Y+%75 ŞSP, %50 Y+%50 ŞSP ve %75 Y+%25 ŞSP) ele alınmış ve 5 farklı silaj grubu oluşturulmuştur. Karışımlar yaş ağırlık esasına göre belirlenmiştir.

Deneme materyali olarak hazırlanan yaklaşık 1 kg’lık taze karışımlar, 1 kg kapasiteli vakum torbalarına doldurulmuş ve ticari tip bir vakum paketleme cihazı kullanılarak vakum altında kapatılmıştır. Silajlar, 24 ± 2 °C’de laboratuvar koşullarında 60 gün süreyle fermentasyona bırakılmıştır. 60 gün sonunda fermentasyon süreci tamamlanmış olan silaj paketleri 27.12.2024 tarihinde açılmıştır. Silajlardan alınan taze örneklerin yaş ağırlıkları belirlendikten sonra, 68 °C’de 48 saat kurulumuş ve KM oranları belirlenmiştir. Kurutulan örnekler, değirmende (1 mm çaplı) öğütülerek kimyasal analizlerde kullanılmıştır. Örneklerin HP içerikleri ise AOAC (2000) tarafından bildirilen yöntem esas alınarak Kjeldahl metoduna göre tespit edilmiştir. Örneklerin hücre duvarı bileşenlerini oluşturan ADF ve NDF analizleri Van Soest ve ark. (1991) tarafından bildirilen yöntemler kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Fermentasyon dönemi sonrasında açılan silajlardan 40 g tartılmış ve üzerine 360 ml saf su ilave edilmiştir. Karışım, 3 dakika boyunca çalkalanmış ve ardından örnekler filtre kâğıdından süzümüştür. Süzüntüden elde edilen çözeltilerin pH değerleri, dijital pH metre (Sartorius PB-20, Goettingen, Germany) kullanılarak ölçümüştür. Silaj örneklerinde KM oranı ve pH değerleri belirlendikten sonra Fleig puanları hesaplanmıştır (İptaş ve ark., 2009). Silaj örneklerinin NYD, Schroeder (1994) tarafından geliştirilen aşağıdaki eşitlikler ile saptanmıştır.

$$\text{Sindirilebilir kuru madde (SKM)} = 88.9 - (0.779 \times \% \text{ADF}) \dots\dots\dots (1)$$

$$\text{Kuru Madde Tüketimi (KMT)} = 120 / \% \text{NDF} \dots\dots\dots (2)$$

$$\text{NYD} = (\% \text{SKM} \times \% \text{KMT}) / 1.29 \dots\dots\dots (3)$$

Silaj örneklerinin NE değerleri ise aşağıdaki eşitlikten yararlanılarak hesaplanmıştır (Yücel ve ark., 2019).

$$\text{NE (Mcal kg}^{-1}\text{)} = 1.892 - (0.0141 \times \text{ADF}) \dots\dots\dots (4)$$

Araştırma sonucunda elde edilen veriler JUMP paket programında tesadüf parselleri deneme desenine uygun olarak varyans analizine tabi tutulmuştur. Önemlilik testlerinde %1 ve %5, farklı grupların belirlenmesinde ise LSD testi kullanılmıştır (Turan, 1995).

Bulgular ve Tartışma

Farklı karışım oranlarının ele alındığı silajlara ait incelenen özelliklere ilişkin sonuçlar Çizelge 1 ve Çizelge 2’de verilmiştir. Karışım oranlarının incelenen tüm özellikler açısından etkileri % 1 olasılık düzeyinde çok önemli bulunmuştur.

Karışımlardan elde edilen silajların KM oranları %25.93-31.50 değişmiş ve en yüksek KM oranı %31.50 ve %31.10 ile sırasıyla % 25 Y-%75 ŞSP ve %100 ŞSP silajlarında tespit edilmiştir. Karışımında yer alan ŞSP miktarının artmasına bağlı olarak silajlarda KM oranı artış eğilimi göstermiştir (Çizelge 1). Yoncanın yüksek nem içeriğine karşılık ŞSP’nin daha yüksek KM düzeyine sahip olması, karışımlarda KM’yi artırarak fermentasyon için daha uygun bir ortam oluşturmuştur. Kardeş ve ark. (2023) yoncaya ilave edilen şeker mısıırı atığı miktarındaki artışa bağlı olarak silajın KM oranının arttığını bildirmişlerdir.

Araştırmada en yüksek pH değeri 5.01 ile %100 yonca, en düşük ise % 100 ŞSP silajında tespit edilmiş olup karışımdaki yonca oranının artması ile birlikte pH artış eğilimi göstermiştir (Çizelge 1). Bu durum, silaj

içerisindeki artan yonca miktarına bağlı olarak kolay fermente olabilen suda çözünebilir karbonhidratın azalması ve proteinlerin amonyağa parçalanması ile birlikte pH değerinin düşmesinin engellenmesinden kaynaklanmaktadır (Kaplan,2011; Budaklı Çarpıcı ve ark., 2017; Kardeş ve ark, 2023). Genel olarak baklagil yem bitkilerinin yüksek tampon kapasiteleri nedeniyle silolanmaları çok zordur (Filya, 2001; Yücel & Akkaya, 2022). Bu nedenle yoncaya ilave edilen italyan çimi, şeker mısır atığı, gladiçya meyvesi veya tarımsal ürünlerden elde edilen çeşitli atıklar silaj pH'sının düşmesine neden olarak silaj kalitesini iyileştirmeye yardımcı olmaktadır (Canbolat ve ark., 2013; Acar ve Bostan, 2016; Budaklı Çarpıcı ve ark., 2017; Erişçi ve ark. 2022; Kardeş ve ark, 2023; Dündar, 2024).

Silaj kalitesinin genel bir göstergesi olan Fleig puanı, karışımdaki ŞSP oranı arttıkça belirgin şekilde yükselmiş ve en yüksek değerler %25 Y+%75 ŞSP (99.69) ve %100 ŞSP (104.01) silajlarından elde edilmiştir. %100 yonca silajının düşük Fleig puanı (56.33), düşük KM oranı ve yüksek pH ile uyumlu olarak düşük fermantasyon kalitesini göstermektedir (Çizelge 1). Araştırmamızda elde ettiğimiz bu sonuçlar, yoncanın tek başına silaj kalitesinin artırılmayacağını ve karbonhidratça zengin katkı maddeleri ile desteklenmesi gerektiğini bildiren birçok araştırma sonuçları ile uyum içerisindedir (Canbolat ve ark., 2013; Acar & Bostan, 2016; Budaklı Çarpıcı ve ark., 2017; Kardeş ve ark, 2023). Araştırmamızda yalın yonca silajı hariç diğer tüm silajların Fleig puanı, 80'nin üzerinde olup silaj kaliteleri iyi ve çok iyi grupta yer almıştır (Çizelge 1).

Çizelge 1. Yonca-şeker sorgum posası silajlarına ait KM oranı, pH, Fleig puanı ve HP değerleri

Table 1. Ratio of DM, pH and CP values, and Fleig score of alfalfa-sweet sorghum bagasse

Karışımlar	KM (%)	pH	Fleig puanı	HP (%)
%100 Y	25.93 c	5.01 a	56.33 d	18.97 a
%75 Y+%25 ŞSP	26.80 c	4.39 b	83.13 c	14.75 b
%50 Y+%50 ŞSP	29.14 b	4.33 b	90.08 b	9.85 c
%25 Y+%75 ŞSP	31.50 a	4.21 c	99.69 a	5.50 d
%100 ŞSP	31.10 a	4.08 d	104.01 a	2.13 e
F değerleri				
	**	**	**	**

Aynı sütunda aynı harf ile gösterilen ortalama değerler arasında fark yoktur ($p < 0.05$).

** : %1 olasılık düzeyinde önemlidir.

Silajların HP oranları %2.13-18.97 arasında değişmiş ve en yüksek HP oranı %100 yonca silajında tespit edilmiştir. Karışıma ilave edilen ŞSP oranlarına bağlı olarak HP oranı giderek azalmıştır (Çizelge 1). HP oranı silaj içerisindeki en önemli besin gruplarından birisi olup silajlarda protein oranının yüksek olması tercih edilmektedir (Dündar, 2024). Silajlarda HP oranının azalmasıdaki nedenin baklagil oranındaki azalış olduğu birçok araştırmacı tarafından da bildirilmiştir (Mut ve ark., 2020; Kızıllışımşek ve ark., 2023; Demiroğlu Topçu & Kahya, 2023; Kardeş ve ark., 2023). ŞSP'nin HP içeriğinin çok düşük olması nedeniyle beklenen bir durumdur. Zira ŞSP'nde yapılan silajlarda HP oranının çeşitlere ve bitkinin yetiştirildiği ekolojik koşullara bağlı olarak %2.53-6.41 arasında değişim gösterdiği birçok araştırmacı tarafından rapor edilmiştir (Yücel ve ark., 2017; Yücel ve ark., 2019; Yücel, 2020; Taş ve ark., 2021; Yücel ve ark., 2023).

Silajların sindirilebilirliği açısından önemli bir kriter olan ADF oranı silajlarda %21.49-42.07 arasında değişmiş olup en yüksek ADF oranı %100 ŞSP ile %25 Y+%75 ŞSP ve %50 Y+%50 ŞSP karışımlarından elde edilmiştir. Bu durum yonca silajının ADF oranının ŞSP silajının ADF oranından düşük olmasından kaynaklanmış ve silajdaki ŞSP miktarının artması silajın ADF oranının artırmıştır. Araştırmamızda %100 yonca silajında tespit edilen ADF oranı literatürde yer alan bazı araştırmacıların sonuçlarından (Canbolat ve ark., 2013; Acar & Bostan, 2016; Arslan Duru, 2019; Erişçi ve ark. 2022; Dündar, 2024) düşük olmakla birlikte özellikle son biçimlerden yapılan yoncanın ele alındığı Duru (2024)'un sonuçlarıyla uyum içerisindedir. Ateş (2012), kaliteli bir kaba yemde ADF oranının %30 ve altında olması gerektiğini bildirmiştir. Bu açıdan değerlendirildiğinde %75 Y+%25 ŞSP karışımları düşük ADF içeriği ile ön plana çıkmaktadır. Erişçi ve ark. (2022), ADF oranı arttıkça yemin sindirilme derecesinin azaldığını bildirmişlerdir.

Silajın önemli kalite kriterlerinden biri olan NDF oranındaki artış, lif içeriği artmasından dolayı hayvanların yem tüketiminin azalmasına neden olmaktadır (Erişçi ve ark., 2022). Silajların NDF oranları %27.33-63.33 arasında değişmiş ve ŞSP oranının artmasına bağlı olarak NDF içeriği önemli ölçüde artış göstermiştir (Çizelge 2). Bu durum özellikle özsuğu alınmış olan posanın NDF içeriğinin yoncaya oranla oldukça yüksek olmasından kaynaklanmaktadır. Ateş (2012), kaliteli bir kaba yemde NDF oranının %40 ve altında bir değeri olması gerektiğini rapor etmiştir. Bu açıdan değerlendirildiğinde silajı tüketen hayvanların yem tüketiminin artması açısından %75 Y+%25 ŞSP karışımı ön plana çıkmıştır (Çizelge 2). Çalışmamızda %100 yonca silajında tespit edilen NDF oranı literatürde bildirilen sonuçlardan oldukça düşük olmuştur (Canbolat ve ark., 2013; Acar & Bostan, 2016; Arslan Duru, 2019; Erişçi ve ark. 2022; Dündar, 2024). Bu durum çeşit farklılığının yanı sıra sonbaharda yapılan son biçim yoncasının kullanılmasından da kaynaklanmış olabilir. ŞSP silajlarının incelendiği çalışmalarda NDF oranları çeşitlere ve ekolojilere bağlı olarak %41.62-71.57 arasında geniş bir varyasyon göstermekte olup çalışmamızda tespit ettiğimiz NDF oranı bu geniş referans aralığında yer almıştır (Yücel ve ark., 2017; Yücel ve ark., 2019; Taş ve ark., 2021; Yücel ve ark., 2024).

Silajların NYD'si 82.51-246.11 arasında değişim göstermiştir. En yüksek NYD değeri %100 yonca, en düşük ise %100 ŞSP ile %25 Y+%75 ŞSP karışımından elde edilmiştir (Çizelge 2). Yüksek ADF ve NDF oranları sindirilebilirlikte azalmaya yol açtığından, ŞSP'nin sadece enerji açısından değil, aynı zamanda lif yapısı yönünden de kaliteyi sınırlayan bir materyal olduğu söylenebilir. Zira, NDF'deki artışa paralel olarak NYD'nin düşmesi, artan ŞSP oranının yem kalitesini olumsuz etkilediğini göstermektedir. %100 Y silajının 246,11 olan NYD %100 ŞSP silajında 82,51'e düşmüştür. Bu değerler, yoncanın yüksek yem kalitesine karşın ŞSP'nin lif içeriğinin yem değerini sınırladığını doğrulamaktadır. Yem bitkilerinin pazar değerlerinin belirlenmesi amacıyla kullanılmakta olan NYD bakımından %100 yonca ile %75 Y+%25 ŞSP karışımı başlangıç sınıfında, %50 Y+%50 ŞSP karışımı 2. sınıf, %25 Y+%75 ŞSP karışımı 3. sınıf ve %100 ŞSP ise 4. Sınıf yem grubunda yer almaktadır. %100 yonca silajının NYD'nin Acar & Bostan (2016) 143.19, Kardeş ve ark. (2023) 148.4 ve Dündar (2024) 143.7 olduğunu belirtmişlerdir. Çalışmamızda sonbahar döneminde yapılan son biçim yonca materyalinin ADF ve NDF içeriklerinin literatürde yer alan değerlerden oldukça düşük olması nedeniyle %100 yonca silajında tespit edilen NYD de oldukça yüksek çıkmıştır.

Çizelge 2. Yonca-şeker sorgum posası silajlarına ait ADF, NDF, NYD ve NE değerleri

Table 2. Values of ADF, NDF, RFV and NE of alfalfa-sweet sorghum bagasse

Karışımlar	ADF (%)	NDF (%)	NYD	NE (Mcal kg ⁻¹)
%100 Y	21.49 b	27.33 d	246.11 a	1.59 a
%75 Y+%25 ŞSP	26.15 b	38.00 c	168.13 b	1.52 a
%50 Y+%50 ŞSP	36.86 a	49.33 b	114.10 c	1.37 b
%25 Y+%75 ŞSP	40.84 a	60.00 a	88.80 d	1.32 b
%100 ŞSP	42.07 a	63.33 a	82.51 d	1.30 b
F değerleri				
	**	**	**	**

Aynı sütunda aynı harf ile gösterilen ortalama değerler arasında fark yoktur (p<0.05).

** : %1 olasılık düzeyinde önemlidir.

Yoncaya ilave edilen ŞSP oranlarına bağlı olarak silajların NE değerleri 1.30-1.59 Mcal kg⁻¹ arasında değişmiş ve silaj grupları iki farklı istatistikî grupta yer almışlardır. En yüksek NE değerleri baklagil oranının azalmasına bağlı olarak azalış göstermiş ve bunun sonucunda da %100 ŞSP silajında en düşük seviyeler ortaya çıkmıştır (Çizelge 2). Bu durum ŞSP'nin enerji yoğunluğunun yoncaya göre daha düşük olduğunu ortaya koymaktadır.

Sonuç

Bu çalışmada, sonbahar yağışları nedeniyle kurutmada güçlük yaşanan yoncanın muhafazasında silaj kalitesini artırmak amacıyla farklı oranlarda özsuğu alınmış ŞSP ilavesinin etkileri değerlendirilmiştir. Çalışmadan elde edilen sonuçlar, ŞSP'nin yonca silajının birçok kimyasal özelliği üzerinde belirgin değişimlere neden olduğunu göstermiştir. ŞSP oranındaki artışla birlikte silajların KM oranı önemli ölçüde yükselmiş, %100

yonca silajında %25.93 olan KM oranı, %75 ŞSP içeren karışımda %31.50'ye yükselmiştir. Bu durum, ŞSP'nin yüksek KM içeriği nedeniyle sonbahar koşullarında yaşanan kurutma sorunlarını azaltmak için etkili bir materyal olduğunu göstermektedir. Ayrıca, fermantasyon kalitesinin bir göstergesi olan pH değeri de ŞSP miktarının artması ile birlikte önemli ölçüde düşmüştür. Hem KM oranının yüksek hem de pH değerinin düşük olması nedeniyle ŞSP ilavesiyle birlikte karışımların Fleig puanında da değişimler olmuş ve Fleig puanları artış göstererek silajlar “iyi–çok iyi” sınıflarına ulaşmıştır. Silajlarda artan ŞSP oranı HP oranlarını azaltırken, ADF ve NDF oranlarını da artırmıştır. Bu durum yem değer indekslerine de yansımış ve NYD %100 yoncada 246.11 iken %75-100 ŞSP ilavelerinde önemli düzeyde düşüş göstermiştir. Sonuç olarak; silaj kalitesi açısından incelenen tüm özellikler bir bütün olarak ele alındığında ŞSP ilavesinin yonca silajının fermantasyon kalitesini (KM, pH, Fleig puanı) belirgin biçimde iyileştirdiği ancak yem değerini etkileyen bazı kalite parametrelerinde (HP, NYD, NE) ise düşüşlere neden olduğu tespit edilmiştir. Bu nedenle, yağış problemlerinin yaşandığı bölgelerde yonca silajında kalitenin artırılması amacıyla %25-50 oranında ŞSP kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

Ek Bilgiler ve Beyanlar

Teşekkür: Bu makale, TÜBİTAK tarafından 1919B012410635 kod numarası ile 2209-A Üniversite Öğrencileri Araştırma Projeleri Destekleme Programı tarafından desteklenen projeden hazırlanmıştır. Maddi desteklerinden dolayı TÜBİTAK'a teşekkürlerimizi sunarız.

Araştırmacıların Katkı Oranı: Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan eder.

Çıkar Çatışması Beyanı: Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

Telif Hakkı: 2025 Yazıcı & Çarpıcı

Akademik Editör: Dr. Duygu ALGAN

Mizanpaj Editörü: Dr. Baboo Ali



Bu çalışma Creative Commons CC-BY 4.0 Uluslararası Lisansı kapsamında lisanslanmıştır.

Kaynaklar

- Acar, Z., & Bostan, M. (2016). Değişik doğal katkı maddelerinin yonca silajının kalitesine etkilerinin belirlenmesi. *Anadolu Tarım Bilim. Derg.*, 31: 433-440.
- AOAC, (2000). Official Methods of Analysis. 17th Edition, Gaithersburg, MD, USA, AOAC International.
- Arslan Duru, A. (2019). Lavanta (*Lavandula angustifolia*) katkısının yonca silajlarının kalitesi üzerine etkisi. *Uluslararası Mühendislik Araştırma ve Geliştirme Dergisi*, 11(2), 426-431.
- Ateş, E. (2012). The mineral, amino acid and fiber contents and forage yield of pea (*Pisum arvense* L.), fiddleneck (*Phacelia tanacetifolia* Benth.) and their mixtures under dry land conditions in the Western Turkey. *Romanian Agricultural Research*, 29, 237-244.
- Budaklı Çarpıcı, E., Tatar, N., Öztürk, Y., Erol, S., & Arslan, Ö. (2017). Farklı oranlarda mısır ve şeker mısırı atığı ile karıştırılan yonca silajında kalitenin belirlenmesi. *KSÜ Doğa Bilimleri Dergisi*, 20, 65-67.
- Canbolat, Ö., Kalkan, H., Karaman, Ş., & Filya, İ. (2010). Üzüm posasının yonca silajlarında karbonhidrat kaynağı olarak kullanılması. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 16(2), 269-276.
- Canbolat, Ö., Kalkan, H., & Filya, İ. (2013). Yonca silajlarında katkı maddesi olarak gladiçya meyvelerinin (*Gleditsia triacanthoso*) kullanılma olanakları. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 19(2), 291-297.
- Çaçan, E., & Kökten, K. (2020). Bazı yonca genotiplerinin (*Medicago sativa* L.) kes verimi ve kes kalitesi açısından karşılaştırılması. *Euroasia Journal of Mathematics, Engineering, Natural & Medical Sciences*, 8(9), 266-272.
- Çiftçi, M., Çerçi, İ. H., Dalkılıç, B., Güle, T., & Ertaş, O. N. (2005). Elmanın karbonhidrat kaynağı olarak yonca silajına katılma olanağının araştırılması. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 16(2), 93-98.
- Demiroğlu Topçu, G. D., Kahya, M. E. (2023). Determination of some silage properties of berseem clover (*Trifolium alexandrinum* L.) and Italian ryegrass (*Lolium multiflorum* Lam.) mixtures. *Research Journal of Biology Sciences*, 16(1), 8-15.
- Dumlu, Z., & Tan, M. (2009). Erzurum şartlarında yetişen bazı baklagil yem bitkileri ve karışımlarının silaj değerlerinin belirlenmesi. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 40(2), 15-21.
- Dumlu, Z., & Tan, M. (2013). Baklagil yem bitkilerinin silajlık olarak kullanılması. *Journal of Agricultural Faculty of Atatürk University*, 44(1), 189-193.

- Duru, M. (2024). The effect of addition of laurel (*Laurus nobilis* L.) leaf powder to alfalfa silages on silage quality and in vitro gas production parameters. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, 12(3), 412-417.
- Dündar, A. A. (2024). Yonca (*Medicago sativa* L.) ve italyan çimi (*Lolium multiflorum* L.) karışımlarının silaj kalitesinin belirlenmesi. Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Tarla Bitkileri Anabilim Dalı.
- Engin, B., & Mut, H. (2017). Farklı yonca çeşitlerinin ot verimi ve bazı kalite özelliklerinin belirlenmesi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 27(2), 212-219.
- Ergin, S. (2019). Yonca silajına tuz ve laktik asit bakteri inokulant ilavesinin silaj kalitesi, fermentasyon profili ve mikrobiyel özellikleri üzerine etkileri. Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Hayvan Besleme ve Beslenme Hastalıkları Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.
- Erişçi, D., Bingöl, N. T., & Avcı, A. (2022). Elma (*Malus Pumila*) katkısının yonca silaj kalitesi üzerine etkisi. *Van Veterinary Journal*, 33(3), 135-140. <https://doi.org/10.36483/vanvetj.1185934>
- Filya, İ. (2001). Silaj fermentasyonu. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 32(1), 87-93.
- İptaş, S., Geren, H., & Yavuz, M. (2009). Forage plant volume I: Silage making technique. Eds: Avcıoğlu, R., Hatipoğlu, R., Karadağ, Y. Turkish Republic of Ministry of Agriculture and Rural Affairs, General Directorate of Agricultural Production and Development, İzmir.
- Kaplan, M. (2011). Effect of ensiling of alfalfa with sorghum on the chemical composition and nutritive value of silage mixtures. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 10(18), 23682371.
- Kardeş, Y. M., Mut, H., & Gülümser, E. (2023). Şeker mısırına farklı oranlarda ilave edilen yoncanın silaj kalitesine etkisi. *Journal of Institute of Science and Technology*, 13(3), 2205-2216.
- Kılıç, A. (2010). Silo Yemi. Hasad Yayıncılık.
- Kızıllımsık, M., Erol, A., & Kaplan, M. (2011). Karbonhidrat ve organik asit kaynağı olarak bazı meyve posaları ilavesinin yonca silajı kalitesi üzerine etkileri. Türkiye 9. Tarla Bitkileri Kongresi. 12-15 Eylül 2011. Bursa. s: 1720-1725.
- Kızıllımsık, M., Demiroğlu Topçu, G., & Akbay, F. (2023). The effect of different mixture ratios of maize (*Zea mays* L.) and soybean (*Glycine max* L.) on some silage quality characteristics. *International Journal of Applied Biology and Environmental Science (IJABES)*, 5(2), 53-63.
- Mut, H., Gülümser, E., Çopur Doğrusöz, M., & Başaran, U. (2020). Değişik arkadaş bitkilerin yonca silaj kalitesine etkisi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 23(4), 975-980. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.669234>
- Schroeder, J. W. (1994). Interpreting forage Analysis. Extension Dairy Specialist (NDSU). AS-1080, North Dakota State University.
- Sultany, A. (2015). Buğday samanı ve inokulant katkısının yonca silaj kalitesi ve besin madde kompozisyonu üzerine etkilerinin belirlenmesi. Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi.
- Taş, T. (2021). Evaluation of sweet sorghum bagasse as an alternative feed resource for livestock in semi-arid regions. *MAS Journal of Applied Sciences*, 7(7). <https://doi.org/10.52520/masjaps.50>
- Turan, Z. M. (1995). Araştırma ve Deneme Metodları. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders Notları*, No:62, Bursa, 121s.
- Turan, N., & Seydoşoğlu, S. (2020). Farklı oranlarda karıştırılan yonca, korunga ve italyan çimi hasıllarının silaj ve yem kalitesine etkisinin araştırılması. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 7(3), 526-532.
- Van Soest, P. J., Robertson, J. B., & Lewis, B. A. (1991). Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, 74(10), 3583-3597.
- Yücel, C., İnal, İ., Gündel, F., Yücel, D., Aktaş, A., Karaağaç, H. A., Hatipoğlu, R., & Dweikat, İ. (2017). Biyoetanol üretiminde kullanılmış tatlı sorgum saplarının silaj kalite özelliklerinin belirlenmesi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Doğa Bilimleri Dergisi*, 20, 144-148. <https://doi.org/10.18016/ksudobil.354004>
- Yücel, C., Yücel, D., Yücel, H., & Oluk, A. C. (2019). Öz suyu alınmış tatlı sorgum sapları ile yapılan silajların bazı kalite özellikleri. *Şırnak Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 1(1), 1-15.
- Yücel, C. (2020). Evaluation of sweet sorghum biomass as an alternative livestock feed. *International Journal of Innovative Approaches in Agricultural Research*, 4(1), 10-20. <https://doi.org/10.29329/ijiaar.2020.238.2>
- Yücel, C., & Akkaya, M. R. (2022). Mısır ve soyanın farklı karışım oranları ile farklı biçim dönemlerinde yapılan silajlarının fermentasyon özelliklerinin belirlenmesi. *ISPEC Tarım Bilimleri Dergisi*, 6(4), 730-742.
- Yücel, C., Bilgin, F. D., İnal, İ., & Hatipoğlu, R. (2023). Bagasse yield and quality traits of silage made from juice-extracted sweet sorghum (*Sorghum bicolor* var. *saccharatum* (L.) Mohlenbr.) stalks. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 35(4), 379-387. <https://doi.org/10.9755/ejfa.2023.v35.i4.3017>
- Yücel, C., Yücel, H., & Oluk, C. A. (2024). Tatlı sorgum posası ile yapılan silajların bazı kalite özellikleri. *MAS JAPS*, 9(1), 1-12. <https://doi.org/10.5281/zenodo.10612690>



Çanakkale Kenti Çeperinde Yer Alan Tarihi Çiftliklerin Sürdürülebilirliği Doğrultusunda Bir Araştırma

Erdem Salcan 

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Mimarlık ve Tasarım Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Çanakkale, Türkiye

Makale Geçmişi

Geliş: 22/09/2025

Kabul: 22/12/2025

Araştırma Makalesi

Öz: Kırsal mimarlık mirasının korunması, mimarlık disiplininin ele aldığı güncel başlıklar arasında yer almaktadır. Bu kapsamda, Çanakkale kentini çevreleyen kırsal alanda süregelen geleneksel mimari dokunun tanımlanması yönünde, yakın geçmişten günümüze çok sayıda bilimsel araştırma yürütülmüş ve bu araştırmaların sonuçlarına literatürde yer verilmiştir. Çanakkale kentini çevreleyen bölge, geçmişten günümüze bu yörede varlığını sürdürmüş farklı etnik kimliklere sahip toplum kesimlerinin birer ürünü niteliğindeki kırsal mimari miras öğeleri ile bunları kapsayan özgün bir geleneksel dokuya ev sahipliği yapmaktadır. Bölge, Çanakkale kentinin geçmişi boyunca kent merkezi ile çok yönlü ve süreklilik halinde bir etkileşim içinde olmuştur. Bu etkileşimi oluşturan başlıca süreçler, kent halkının, başta tarım ve hayvancılığa dayalı temel besin maddelerinin temini ile yöresel ticarete yön veren ürünlerin üretimidir. Bu yöndeki faaliyetler, uzun yıllar boyunca yörede yer alan çiftlikler aracılığıyla yürütülmüştür. Çalışma kapsamında, bu çiftliklerden günümüze ulaşabilen örneklerin her biri birer kırsal mimari miras ögesi olarak ele alınarak, kuruldukları ve faaliyetlerini sürdürdükleri süreçte geleneksel dokudaki özgün konumları ve günümüzdeki özellikleri, "Mimarlıkta Bağlam Kavramı" ışığında ele alınmıştır. Yapılan tespit ve değerlendirmelerden yararlanılarak, söz konusu çiftliklerin güncel koruma yaklaşımı çerçevesinde gelecek nesillere aktarılması doğrultusunda öneriler getirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Çiftlik, mimarlıkta bağlam, kırsal mimari miras, sürdürülebilirlik

A Research on the Sustainability of Historical Farms Located on the Periphery of Çanakkale City

Abstract: The conservation of rural architectural heritage is among the current topics addressed by the architectural discipline. In this context, numerous scientific studies have been conducted from the recent past to the present to define the traditional architectural texture in the rural area surrounding the City of Çanakkale, and the results of these studies have been included in the literature. The surrounding region of Çanakkale City hosts a large number of rural architectural heritage elements and a unique traditional texture encompassing them, each a product of the different ethnic identities of the society that has existed in this region from past to present. This region has had a multifaceted and continuous interaction with the city center throughout Çanakkale's history. The primary processes that shape this interaction are the provision of basic foodstuffs for the city's population, primarily through agriculture and animal husbandry, and the production of many other products that shape local trade. These activities were carried out for many years through farms located in the region. Within the scope of this study, each surviving example of these farms is considered as a rural architectural heritage element, and their unique position within the traditional fabric during their establishment and operation, as well as their present-day characteristics, are examined in light of the "Concept of Context in Architecture." Making use of the findings and evaluations made, suggestions were made to transfer the farms in question to future generations within the framework of the current protection approach.

Keywords: Farm, context in architecture, rural architectural heritage, sustainability

Article History

Received: 22/09/2025

Accepted: 22/12/2025

Research Article

✉ Correspondence: erdemsalcan@comu.edu.tr

Citation: Salcan, E. (2025). Çanakkale kenti çeperinde yer alan tarihi çiftliklerin sürdürülebilirliği doğrultusunda bir araştırma. *Bilim-Teknoloji-Yenilik Ekosistemi Dergisi*, 6(2), 167-183.



Giriş

Kırsal mimarlık; halk tarafından yapılmış tüm evler ve diğer yapıları kapsar. Seçilen çevrenin olanakları ve elde varolan malzemelerle, çoğunlukla konut sahibi ya da yerel yapı ustaları tarafından geleneksel tekniklerle inşa edilen, halk mimarlığının tüm formları belirli gereksinimleri karşılamaya yönelik olan ve bu gereksinimlerin ardındaki kültürün, yaşam tarzının, ekonomik faaliyetin ve değerlerin izlerini taşıyan bir mimarlık kavramı olarak tanımlanmıştır (Çekül, 2012). Kırsal mimari mirasın ve geleneksel mimari dokunun sürdürülebilirliği, mimarlık disiplininin ele aldığı güncel başlıklar arasındadır. Geleneksel mimari doku, yöreye özgü toplumsal, kültürel ve inanç tercihleri, çeşitli olanaklar ve olanaksızlıklar, iklim ve arazi koşulları, sosyal ve ekonomik koşullar ile ticari faaliyetlerin doğrudan ya da dolaylı ilişki ve etkileşimlerinin mekâna olan yansımaları sonucu ortaya çıkan bir kavramdır. Bu açıdan ele alındığında, herhangi bir yöreye özgü geleneksel mimari dokunun sürdürülebilirliği açısından onu oluşturan ilişkilerin tanımlanması başlıca gereklilikler arasındadır. “Bağlam” ise, geleneksel mimari dokunun şekillenmesinde etkisi olan yöreye özgü ilişki ve etkileşimleri tanımlamak açısından başvurulabilecek elverişli bir kavram olarak öne çıkmaktadır. Bağlam (Context) kelimesi kökünü, Latince’deki “text”, yani örüntüden almaktadır (Isenstadt, 2005). Türkçe’de ise bağlam; “herhangi bir olguda olaylar, durumlar, ilişkiler örgüsü veya bağlantısı; kontekst’e karşılık gelmektedir (TDK, 2025). Bağlam, “bir olayın, ifadenin veya fikrin ortamını oluşturan ve tam olarak anlaşılabilmesi için gerekli koşullar olarak tanımlanmıştır (Oxford Learners Dictionary, 2020).

Bağlam kavramının mimarlık disiplinin ele aldığı başlıklardan biri haline gelmesi, 1950’li yıllara tarihlenmektedir (Gümüş, 2019). Mimarlık alanında bağlam kavramı, kırsal mimari, yerellik, bölgeselcilik gibi kavramların etkisinde kalmış ve bu yönde tanımlamalar getirilmiştir (Alagöz ve Güner, 2022). Bağlam kavramı, ilk olarak 1963 yılında Cornell Üniversitesi’nde yürütülen tartışmalar kapsamında mimarlık pratiğinde yer edinmiştir (Caragonne, 1996). Geçmişten günümüze literatürde mimarlık ve bağlam kavramları arasındaki ilişkiyi tanımlamaya yönelik çok sayıda açıklamaya yer verilmiştir.

Mimarlık ve bağlam kavramları ilişkisi için, “tasarımı etkileyen öteki ile kurulacak ilişki” (Tümer, 1999); her sefere özgü bir “durum tasviri”, hem öznesel hem de tarihsel, kültürel ve toplumsal boyutu olan bir kavram olduğunu (Bilgin, 2001), mimari yapının daima bir bağlamda yer aldığını ve bağlamın yapının yer aldığı çevreye tutunmak için bir araç olduğu (Tschumi, 2005) olarak tanımlamalar getirilmiştir.

Mimarlık ve bağlam ilişkisini disiplinlerarası bir yaklaşımla ele alan tanımlamalara ise, mimari yapının yer aldığı fiziksel doku, zemin ya da kültürel – tarihsel çevreyi oluşturduğu (Johnson, 1994), yapının etrafıyla kurduğu fiziksel ilişkilerin yanı sıra kültürel ve sosyal alanları da içine alan, bunların da alt açılımları olan kavramsal bağlamları da kapsadığı (İnceoğlu ve İnceoğlu, 2004), “olay, ifade veya fikir” niteliğinde bir yapı olduğu ve onu çevreleyen koşullar, inşa edildiği, sosyal, politik, kültürel ve ekonomik çevreden daha belirgin fiziksel ortama kadar uzandığı (Architects Design Partnership, 2007) olarak yer vermek mümkündür.

Mimarlık ve bağlam kavramları açısından için öne çıkan diğer bir yaklaşım ise bu kavramı iki aşamalı olarak ele almaktadır. Bu aşamaların ilki mimari yapının bulunduğu topoğrafya ve koşullar, ikincisini ise daha geniş kapsamda sosyal, kültürel, ekonomik, yasal, tarihi ve yakın çevreye ait tüm doğal, yapay ve diğer fiziksel koşullardır (Bielefeld & El Khouli, 2005: 15-32), (Tigges & Janson, 2014). Bunu destekleyen bir diğer tanımlamada ise bağlam, mimarlık ve bağlam ilişkisi “çok katmanlı bir değerlendirmeyi gerektiren coğrafi, sosyal, tarihi, fiziki, politik, psikolojik, ekonomik, kültürel vb. her verinin özne tarafından bağlam kabul edilebileceği bir “ilişkisel yaklaşımlar bütünü” olarak tanımlanmıştır (Alagöz & Güner, 2022).

Materyal ve Yöntem

Bu çalışmanın ilk aşamasını, Çanakkale kenti ile onu çevreleyen köyler arasında kalan kırsal alanda varlığını sürdürmüş olan çiftliklerin saptanması ve tanımlanması içermektedir. Bu sürece ait çalışmalar, 2 alt başlık dahilinde yürütülmüştür. Bu aşamalardan ilki, yörede faaliyet göstermiş çiftliklerin belirlenmesi ve özgün özelliklerinin ortaya koyulması yönünde yürütülen çalışmaları kapsamaktadır. Bu süreçte, yöreyi ele alan tarihi haritalar, ilgili kurum arşivleri ve literatürde inceleme yürütülmüş, yöre halkı ile bireysel görüşmeler gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın ikinci aşaması ise güncel özelliklerinin belirlenmesi yönünde yürütülen çalışmalardır. Bu süreçte, çiftliklerin bulunduğu konumlarda yerinde inceleme, tespit ve belgeleme çalışması yürütülerek, güncel durumları kayıt altına alınmıştır. İlk aşama kapsamında elde edilen materyaller çalışmanın yöntemi doğrultusunda ele alınmış, çeşitli bulgulara ulaşılmış ve bulguların değerlendirilmesiyle sonuç bölümü şekillendirilmiştir. Çalışmanın yöntemini;

Çiftliklerin kuruldukları ve işletildikleri döneme özgü bağlamsal özelliklerin ortaya konulmasına yönelik haritalar oluşturulması ve bu haritalar üzerinden analize yönelik değerlendirmeler yapılması,

Çiftliklerin güncel bağlamsal özelliklerinin ortaya konulmasına yönelik haritalar oluşturulması ve haritalar üzerinden analize yönelik değerlendirmeler yapılması,

Yukarıda yer verilen maddeler kapsamında elde edilen bulguların, çiftliklerin bağlamsal özelliğinde gerçekleşen değişimin tanımlanması doğrultusunda karşılaştırmalı olarak ele alınması,

Elde edilen sonuçlar gözönüne alınarak, çiftliklerin gelecek nesillere aktarılması güncel koruma yaklaşımı çerçevesinde ele alınarak gelecek nesillere aktarılması doğrultusunda öneriler getirilmesi belirlenmektedir.

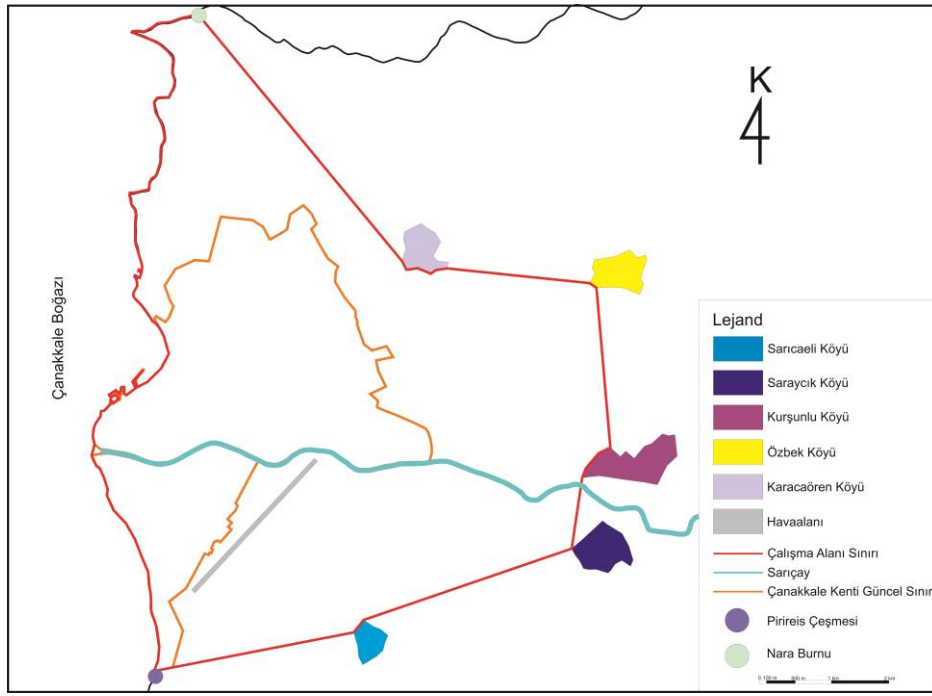
Bulgular ve Tartışma

Çiftlik kelimesinin kökeni Farsça “cuft” tan gelmektedir. Kelime, Türkçeye “çift” olarak geçmiştir. Çift kelimesine “lık” eki eklenerek “çiftlik” kelimesi türemiştir. Kanunnameler, çiftlik kavramının tanımlanması, arazi büyüklükleri ve niteliklerinin belirlenmesi açısından öncelikli belgelerdir (Orhan, 2023). Çiftliklerle ilgili kanunnamelerde, verimli bölgelerdeki arazilerde 60 dönüm, orta seviyelerdeki bölgelerdeki arazilerde 100 dönüm, ve kurak bölgelerdeki arazilerde 150 dönüme kadar “çift”, köylü bu çift içinde bir çift öküz ve üretim alet ve edevatıyla üretim gerçekleştirmesi halinde “çifthane”, mekan da “çiftlik” olarak tanımlanmıştır (Orhan, 2023).

Çiftlik kavramı için getirilen bir diğer açıklama ise, “çift sürüp mahsulat yetiştirmeğe mahsus mahal, bir sahibin tasarrufunda bulunan müteaddid tarlalarla bağ ve orman ve mera ve saire mecmuu ki amele ile veyahut ortaklaşa işleyen ve çiftliğin mahsus hane veya kulübelerinde ikamet eden çiftçiler marifetiyle işlenir” olarak yer verilmiştir (Sami, 2021), (Orhan, 2023). 1858 tarihli Arazi Kanunnamesi’nin 131. maddesinde, çiftlik “halk arasında çiftlik ekilip-biçilmek üzere inşa edilen binalar, tedarik edilen hayvanlar, tohum, çift alet-edevatıyla diğer malzemeleri barındıran arazilerin bulunduğu yer” olarak tanımlanmıştır.

Çiftlikler, Osmanlı Devleti’nin toprak sisteminin temelini oluşturmaktadır. Bu bağlamda çiftlikler, “arazi mülkiyeti açısından ortaya çıkabilecek rekabete bağlı olumsuzluklar karşısında bir kontrol mekanizması oluşturarak toplumsal barışa katkı sağlayan öğeler olarak” değerlendirilmektedir (Orhan, 2023). Mimarlık disiplini açısından ele alındığında çiftlikler; arazideki yerleşimleri, geleneksel yapıları, üretim ve ticaret sürecindeki rolleri ile öne çıkmaktadır. Çiftliklerin, kırsal yaşamdaki yeri göz önüne alındığında geleneksel kırsal doku ile bulunduğu yöredeki bağlam özelliklerini belirleyen başlıca öğeler arasında olduğu değerlendirilmektedir.

Çalışma alanını, Çanakkale Kenti’nin kara (kuzeydoğu, doğu ve güneydoğu yönlerinde) yönündeki sınırı ile, Kent’e bu yönde en yakın konumda yer alan Nara Burnu, Karacaören Köyü, Kurşunlu Köyü, Saraycık Köyü, Özbek Köyü, Sarıcaeli Köyü arasında kalan kırsal alan oluşturmaktadır (Şekil 1). Geçmişten günümüze bu bölgede faaliyet göstermiş olduğu belirlenen ve çalışma kapsamında ele alınan tarihi çiftlikler, Halil Paşa, Cebidelik (Kepenek), Demircioğlu ve Hacı Paşa Çiftliğidir. Çalışmanın izleyen bölümlerinde, yukarıda sıralanan bu çiftliklerin tanımlanması için elde edilen bulgulara yer verilmiştir.



Şekil 1. Çalışma alanına ait harita

Figure 1. Map of the study area.

Halil Paşa Çiftliği

Halil Paşa Çiftliği'ne ait kalıntılar, Çanakkale ile Bursa'yı birbirine bağlayan E-80 Karayolu'ndan Çanakkale – Bursa yönünde ayrılarak Özbek Köyü'ne erişimi sağlayan bağlantı yolu üzerinde yer almaktadır (Şekil 2,3,4 ve 19). (Eren,1994)'de, bir kaynak belirtilmeksizin Özbek Köyü'nün geçmişinin Fatih Sultan Mehmet dönemine kadar uzandığını belirtir. Özbek Köyü'nün geçmişi ile ilgili bir diğer görüş ise, Köy'ün Piri Reis Haritası'nda yer almadığı için en erken XVI. yy. sonrasına tarihlenebileceği belirtilmiştir (Uysal, 2008). Geçmişte bu bölgede, bir çiftliğin varlığına dair bilgi içeren en eski tarihli belge, 1844 yılına tarihlenen bir haritadır (Şekil 2).



Şekil 2. Çanakkale Boğazi ve yakın çevresini ele alan 1844 tarihli bir haritada Halil Paşa Çiftliği'nin konumu

Figure 2. The location of the Halil Paşa Farm on an 1844 map of the Dardanelles and its immediate surroundings

Kaynak/Source: <https://www.davidrumsey.com>, erişim tarihi/access date: 30.11. 2025 22.29.

Tapu Kadastro Genel Müdürlüğü Arşivi'nde, Çanakkale Merkez Özbek Köyü Göztepe Mevkii 122 Ada 6 Parselde yer alan çeşme ve arsası olarak tanımlanmaktadır. Günümüzde bu bölgede, oldukça harap durumda bir adet hamam yapısı ile devşirme malzemeler kullanılarak inşa edilmiş geleneksel bir çeşme varlığını sürdürmektedir. Hamam, çeşme ve mezarlığı kapsayan alan, Çanakkale Kültür Varlıklarını Koruma Bölge Kurulu'nun 26.10.2016 tarih ve 3299 sayılı kararıyla koruma altına alınmıştır. Halil Paşa Çiftliği'ne ait kalıntıların tespiti ve belgelenmesi doğrultusunda yukarıda yer verilen kalıntıların bulunduğu ve çiftlik arazisi olduğu değerlendirilen alanda bir tespit ve belgeleme çalışması yapılmıştır. Bu kapsamda, çiftliğe ait olduğu öngörülen çeşme, konak hamamı, su kuyusu, öğütme, ezme vb. gibi amaçlar doğrultusunda kullanılmış çeşitli devşirme öğeler, kesin olarak tanımlanamayan bazı mimari kalıntılar ile çiftliğin kiracısı Nazîfzâde Mehmet Necati Bey'in annesi Fatîma Zehra Hanım'a ait mezar ile bu kalıntıları her yönde çevreleyen oldukça yaşlı meşe ağaçlarından oluşan parçalı durumda korunun varlığını sürdürdüğü saptanmıştır¹ (Şekil 3,4,5,6,7). Çeşme ve hamam yapısını çevreleyen arazilerde tarım ve hayvancılık faaliyetleri yoğun şekilde sürmektedir.



Şekil 3. Halil Paşa Çiftliği'nin bulunduğu alanının ve bu alan içinde yer alan kalıntıların kuzeydoğu yönünde panoramik bir görünümü
Figure 3. A panoramic view of the area where Halil Paşa Farm is located and the ruins within this area, towards the northeast
 Kaynak/Source: (Mimar Erdem Salcan Arşivi, 2025)



Şekil 4. Halil Paşa Çiftliği arazisinde tespit edilen kalıntıların konumunu içeren uydu görüntüsü

Figure 4. A satellite image containing the location of the remains identified in the Halil Paşa Farm

Kaynak/Source: Google Earth, 12.02.2025 tarihli uydu görüntüsünden yararlanılarak düzenlenmiştir / This Google Earth image has been edited using satellite imagery date: 12.12.202

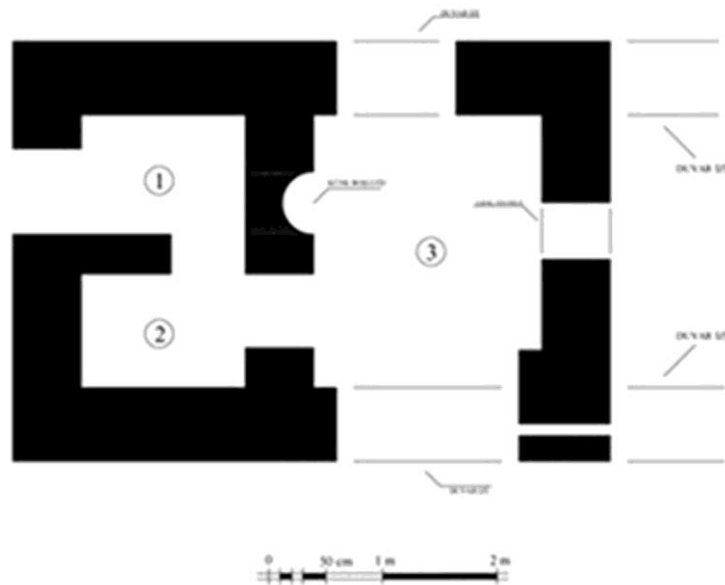
¹ Çalışma kapsamında kaynak belirtilmeyen tüm şekiller, Mimar Erdem Salcan Arşivi'nden alınmıştır.

Hamam yapısı üzerinde yürütülen incelemede, yapının 3 farklı mekânı kesin sınırları ile tanımlanmıştır. Bu mekânlar yanında, izleri saptanan bir diğer kısım ise sarnıçtır. Sarnıca ait duvar kalıntıları, bu kısmın kesin sınırlarını ortaya koymaktan uzaktır. Sarnıç kısmını oluşturan duvarların bir kısmı günümüze ulaşmıştır. Bu mekânlardan, 1 numaralı mekânın soyunmalık, 2 numaralı mekanın ılıkılık, 3 numaralı mekanın sıcaklık ve 4 numara ile belirtilen mekanın ise sarnıç olduğu değerlendirilmektedir (Şekil 5 ve 6). Kapsadığı alan ve plan özellikleri açısından ele alındığında bu hamamın, geçmişte bu noktada yer alan fakat günümüze ulaşamayan bir konağa ait müstemilat hamamı olduğu değerlendirilmektedir.



Şekil 5. Hamam yapısına ait kalıntıların genel görünüm, 2025

Figure 5. General view of the remains of the bath building, 2025



Şekil 6. Hamamın planı, 2025

Figure 6. Plan of the bath, 2025

Hamam yapısında soyunmalık (1 numaralı mekan), ılıkılık (2 numaralı mekan) ve sıcaklık (3 numaralı mekan) bulunmaktadır (Şekil 6).Soyunmalık yapının kuzey kısmında yer almaktadır ve yaklaşık 143 x 105 cm ölçülerinde bir alanı kapsamaktadır (Şekil 5 ve 6).Mekânın üst örtüsü, tonozdur (Şekil 5).Soyunmalığı çevreleyen beden duvarları üzerinde biri kuzey yönünde dış mekâna açılan diğeri güney yönünde sıcaklığa açılan 2 adet kapı bulunmaktadır (Şekil 6).Ana binadan hamama erişimin kuzey yönündeki beden duvarı üzerinde yer alan kapı ile sağlandığı değerlendirilmektedir.Soyunmalığa ait duvarların iç yüzeyleri horasan harcı ile sıvalıdır.Yapı bütününde ılıkılık (2 numaralı mekân), soğukluk ve sıcaklığı birbirine bağlayan bir konumda yer almaktadır.ılıkılık, 143 cm x 100 cm ölçülerinde bir alanı kapsamaktadır.ılıkılığın üst örtüsü, tonoz örtüdür. Yapının tüm duvarlarının kalınlığı 60 cm dir (Şekil 6). Yapının yüksekliği 357 cm olarak saptanmıştır.

Sıcaklık (3 numaralı mekân), yapının güney kısmında yer almaktadır, 200 cm x 240 cm ölçülerinde bir alanı kapsamaktadır (Şekil 6).Sıcaklık kısmında doğu ve batı beden duvarları temel seviyesine kadar yok olmuştur (Şekil 5 ve 6).ılıkılıktan sıcaklığa geçiş 65 cm genişliğinde bir kapı ile sağlanmaktadır.Sıcaklığın zemin döşemesi, tümüyle yok olmuştur.Sıcaklık içinde olması öngörülen kurna ve ayna taşı gibi öğelerin hiçbiri günümüze ulaşmamıştır.Sıcaklığın üst örtüsü, beden duvarlarıyla geçişin Türk üçgenleriyle sağlandığı harman tuğlası ve harçla inşa edilmiş tek bir kubbeden oluşmaktadır.Geçmişte kubbenin üzerini kapladığı öngörülen kiremit örtü, fil gözleri, ve toprak tabaka tümüyle yok olmuştur.Kubbe üzerinde, iç mekânın aydınlatılması için 4 adet fil gözüne yer verilmiştir.Sıcaklığın güney yönündeki beden duvarı üzerinde bulunan yaklaşık 28 cm genişliğindeki boşluğun sıcaklıktan hemen bitişiğinde yer alan su deposuna açılan bir boşluk bulunmaktadır (Şekil 5 ve 6).Sıcaklık ile ılıkılığı ayıran duvarın sıcaklığa bakan yüzeyinde 55 cm genişliğinde, 27.5 cm derinliğinde, yerden tavana kadar uzanan külhan ısısının tüm yapı bütününe dağıtılmasını sağlayan künk kanalının yerleştirilmesi amacıyla oluşturulduğu değerlendirilen bir girinti yer almaktadır (Şekil 5).

Çeşme, hamamın yaklaşık 5 m güneyinde yer almaktadır. Yapı, 2 kısımdan oluşmaktadır. Bu kısımların ilki, özgün olarak tanımlanan ayna duvarı, yalak ve önündeki zeminden oluşan kısım, diğeri ise yakın geçmişte özgün kısma güney yönünde bitişik olarak eklenmiş olan betonarme yalakdır. Çeşme, kabayonu taşlar ve harman tuğlası kullanılarak inşa edilmiş bir ayna duvarı önünde Roma dönemine tarihlenen girlandlı bir lahitin devşirme malzeme olarak kullanıldığı birinci yalak ile güney yönünde bitişik, yine kabayonu taşlar kullanılarak inşa edilmiş toplamda 4 bölümlü bir diğerk yalaktan oluşmaktadır. Çeşmenin önünde, kabayonu ve devşirme parçalar ile 1 adet devşirme sütun kasnağı kullanılarak oluşturulmuş bir zemin döşemesi bulunmaktadır. Yapı, özgünlüğünü korumuştur. Bununla birlikte ayna duvarının bazı kısımlarında çimento harcı kullanılarak derz tamiri yapıldığı ve yalağın betondan imal edilen öğelerle uzatılmış olduğu saptanmıştır. Çeşme günümüzde, özellikle yakın çevrede yaşayanlar tarafından yoğun şekilde kullanılmaktadır (Şekil 7).



Şekil 7. Çeşmenin genel görünümü, 2025.

Figure 7. General view of the fountain, 2025

Cebidelik (Kepenek) Çiftliği

Çiftlik, Cebidelik Mehmed Efendi tarafından 20. yy. başlarında kurulmuştur. Cebidelik Mehmed Efendi; 14 Ekim 1923 – 31 Aralık 1923 tarihleri arasında Çanakkale Belediye Başkanı olarak görev yapmıştır (<https://www.canakkale.bel.tr/tr/sayfa/1124-belediye-tarihi>, erişim tarihi: 03.11.2025). Çiftlik, Çanakkale kent merkezinin 5 km kuzeyinde yer almaktadır. Çiftliğin arazisi, kentin güncel sınırlarının Karacaören Köyü ile arasında yer alan tarım arazileriyle kesiştiği ve günümüzde Karacaören Ovası olarak tanımlanan alanı kapsamaktadır (Şekil 18). Çiftlik, Cebidelik Mehmed Efendi'nin vefatı sonrasında oğlu Süleyman Sami Kepenek tarafından işletilmeye devam etmiş ve bu tarihten itibaren “Kepenek Çiftliği” adıyla anılmaya başlamıştır. Süleyman Sami Kepenek ise, Çanakkale ve Biga Belediye Başkanı, Aydın, İstanbul, Sivas ve Kars Valiliği görevlerini yürütmüştür (<https://www.istanbul.gov.tr/kaynak>, erişim tarihi: 10.12.2025). Tespit ve belgeleme çalışması kapsamında, çiftlik arazisi içerisinde biri çoban evi olmak üzere 2 adet konut, 2 adet hayvan damı, 1 adet çiftlik giriş kapısı, 1 adet çeşme ile 1 adet su kuyusu kullanım dışı olarak varlığını sürdürdüğü saptanmıştır (Şekil 8, 9, 10 ve 11).



Şekil 8. Çoban evinden görünüm, 2025.

Figure 8. View from the shepherd's house, 2025

Çiftliğin varisi Zeynep Künelgin Akbaş ile yapılan 3.11.2025 tarihli görüşmede, geçmişte çiftlik arazisi içerisinde çiftlik sahiplerine ait bir konağın yer aldığı fakat zaman içerisinde bakımsızlık vb. nedenlerle harabeye dönen bu konağın kalıntıları tarımsal faaliyetler kapsamında tarım arazisi oluşturmak için ortadan kaldırıldığı öğrenilmiştir (Şekil 10) (Zeynep Künelgin Akbaş ile yapılan 3.11.2025 tarihli görüşme notları, 2025). Bu konağın da tıpkı, Halil Paşa Çiftliği'ndeki gibi bir konak hamamına sahip olduğu bilinmektedir. Bu hamama ait bir adet kurna parçasından başka herhangi bir kalıntı günümüze ulaşmamıştır. Çiftliğin günümüze ulaşmayan su dolabı, hamam, konak gibi öğelerine ait yalak, dibek taşı, hela taşı niteliğinde çeşitli öğeler de çiftlik arazisi içerisinde çeşitli konumlarda varlığını sürdürmektedir (Şekil 9 ve 10).



Şekil 9. Çiftlik arazisinde tespit edilen bir dibek taşı ve konağın hamamına ait kurna taşı parçası, 2025

Figure 9. A well ring and a piece of basin stone from the mansion's bath found in the farm land, 2025



Şekil 10. Cebidelik (Kepenek) Çiftliği arazisi içerisinde yer alan yapıların ve çiftliğe ait diğer öğelerin konumları

Figure 10. Locations of buildings and other farm items located on the Cebidelik (Kepenek) Farm Land

Kaynak/Source: Google Earth, 15.02.2025 tarihli uydu görüntüsünden yararlanılarak düzenlenmiştir / This Google Earth image has been edited using satellite imagery date: 12.12.2025

Çiftliğin mülkiyeti günümüzde, Cebidelik Mehmed Efendi'nin torunlarına aittir. Çiftlik arazisinin büyük bir kısmı icar yoluyla başka kullanıcılara kiralanmakta, arazideki tarım ve hayvancılık üretimi bu şekilde sürdürülmektedir. Çiftlik arazisinde bir yapılaşma olmamıştır. Bununla birlikte, Çanakkale kentinin Esenler Mahallesi'nde görülen yoğun yapılaşma çiftlik sınırına dayanmıştır (Şekil 10,11 ve 18).



Şekil 11. Cebidelik (Kepenek) Çiftliğine ait hayvan damları ve çiftliğin yakın çevresinde süregelen yoğun yapılaşmadan görünüm, 2025

Figure 11. A view of the animal barns of Cebidelik (Kepenek) Farm and the ongoing dense construction in the immediate vicinity of the farm, 2025

Demircioğlu Çiftliği

Demircioğlu Çiftliği, Çanakkale kent merkezinin 1 km kuzeydoğusunda yer almaktadır. Çiftlik inşa edildiği ve faaliyete geçtiği dönemde, Kent Merkezi ile kırsal alan arasında sınır oluşturan bir noktada yer konumlanmıştır (Şekil. 12 ve 18). Çiftlik, 20. yy. başında, yerel bir tüccar olan Nazmi Demircioğlu tarafından kurulmuş ve işletilmiştir. Nazmi Demircioğlu, 1939 – 1941 yılları arasında Çanakkale Belediye Başkanlığı görevini yürütmüştür (<https://www.canakkale.bel.tr/tr/sayfa/1124-belediye-tarihi>, erişim tarihi: 03.11.2025). Nazmi Demircioğlu'nun vefatından sonra çiftliğin işletmesi, varisleri Bahattin ve Huriye Demircioğlu tarafından 1980'li yıllara kadar sürdürülmüştür.



Şekil 12. Demircioğlu Çiftliği arazisi ve yakın çevresinin, 1970 yılına tarihlenen bir hava fotoğrafı (kırmızı daire ile gösterilen)

Figure 12. An aerial photograph of the Demircioğlu Farm and its surroundings (shown with red circle) dated 1970

Kaynak/Source: Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü Arşivi, 2025 / General Directorate of Land Registry and Cadastre Archive, 2025

Demircioğlu Çiftliği, özgün haliyle arazinin güneybatı köşesinde bir konak, doğu sınırına bitişik barakalar ile bunların arasında yer alan tarım arazisinden oluşan küçük boyutlu bir çiftlik niteliğindedir. Demircioğlu Çiftliği'nde çalışan bahçevan olarak görev yapmış Nazım Eker'in kızı Emine Aygül ile yapılan 10.11.2025 tarihli görüşmede, çiftlikte yöreye özgü meyve ve sebzelerin üretildiği öğrenilmiştir (Emine Aygül ile yapılan 10.11.2025 tarihli görüşme notları, 2025). Demircioğlu Çiftliği'nin arazisinde özellikle 1970 'li yıllarda başlayan kapsamlı bir yapılaşma olmuştur. Çiftliğin bulunduğu bölge günümüzde, tümüyle Çanakkale kent sınırları içerisinde kalmıştır. Demircioğlu Çiftliği'nden günümüze ulaşan tek yapı, 19 ada 44 parselde yer alan, 2. grup taşınmaz kültür varlığı niteliğindeki 2 katlı kargir konak yapısıdır. Bu konak, Edirne Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Bölge Kurulu'nun 5.12.1996 tarih ve 3009 sayılı kararıyla "2. grup korunması gerekli taşınmaz kültür varlığı" olarak koruma altına alınmıştır. Bu yapı, uzun yıllar bakımsız şekilde depo, işlik vb. amaçlar doğrultusunda kullanılmıştır. Yapı, yakın geçmişte onarılmış ve günümüzde bir diş tedavisi kliniği olarak hizmet vermektedir (Şekil 13).



Şekil 13. Demircioğlu Çiftliği'ne ait konak yapısının güncel bir görünümü, 2025

Figure 13. A current view of the mansion building belonging to Demircioğlu Farm, 2025

Hacı Paşa Çiftliği

Hacı Paşa Çiftliği, 1907 ile 1908 yılları arasında “Çanakkale Müstahkem Mevki Komutanı” (Boğaz Komutanı) olarak görev yapmış olan Ferik (Tümgeneral) El - Hac Mehmed Paşa tarafından kurulmuştur. Çiftlik, Çanakkale Kenti’nin güneydoğusunda, Çanakkale Boğazı’na paralel uzanan bir tepenin batı yamacında ve irili ufaklı derelerin kesişimi niteliğindeki bir konumda inşa edilmiştir (Şekil 14, 15,16 ve 18).

Hacı Paşa Çiftliği, Çanakkale Savaşı sürecinde, Müstahkem Mevki Komutanı Cevat (Çobanlı) Paşa tarafından yönetilen bir komuta merkezi olarak kullanılmıştır (Esenkaya, 2016) (Şekil 14 ve 15). Türk resim sanatının asker ressamı ekolü’nün önde gelen isimlerinden biri olan Mehmet Ali Laga bazı resimlerinde Çanakkale Savaşı sürecinde karargah olarak kullanılmakta olan bu çiftliği ele almıştır (Yıldırım ve ark., 2015). Bu resimler, çiftliğin 1915 ile 1917 yılları arasındaki durumunu ortaya koyan belgeler niteliğindedir. Bu resimlerden yararlanılarak çiftlikte, yamaca paralel uzanan bir akarsuyun etrafında konumlanmış çok sayıda tek katlı kargir bina ile bu dereler üzerinde irili ufaklı köprülere yer verilmiştir (Şekil 15). Çiftliğe ait yapıların bulunduğu alan günümüzde, tümüyle yabani otlarla ve ağaçlarla kaplanmıştır. Bu durum, arazideki kalıntıları incelemede engel oluşturmaktadır (Şekil 16 ve 17).



Şekil 14. Çanakkale Müstahkem Mevki Komutanı Cevat (Çobanlı) Paşa ve maiyetindeki askeri personelin Hacı Paşa Çiftliği’ndeki karargahta çekilmiş bir fotoğrafı.

Figure 14. A photograph of the Çanakkale Fortified Area Commander Cevat (Çobanlı) Paşa and his entourage of military personnel taken at the headquarters at Hacı Paşa Farm

Kaynak/Source: <https://www.troaskulturota.com/rota/cevatpasa-etabi/>, erişim tarihi/access date: 20.10.2025 12.15).



Şekil 15. Ressam Mehmet Ali Laga’nın “Cevat Paşa Hazretlerinin Karargahı” olarak isimlendirdiği ve Hacı Paşa Çiftliği’ni Konu Edindiği 14 Şubat 1917 tarihli bir karakalem resim çalışması

Figure 15. A pencil drawing by the painter Mehmet Ali Laga, dated February 14, 1917, which he named "Headquarters of Her Excellency Cevat Paşa" and which depicts the Hacı Paşa Farm

Kaynak/Source: (Yıldırım ve ark., 2015).



Şekil 16. Hacı Paşa Çiftliği arazisinde süregelen yapılaşmaya dair güncel bir fotoğraf, 2025
Figure 16. A current photo of the ongoing construction on the Hacı Paşa Farmland, 2025

Çiftliğin merkezi niteliğindeki alan günümüzde yeşil alan niteliğindedir ve rekreasyonel amaçlar doğrultusunda kullanılmaktadır. Bu alan, yakın geçmişte bu bölgede inşa edilmiş apartman ve konutlarla yoğun şekilde çevrelenmiştir (Şekil 16 ve 17).



Şekil 17. Hacı Paşa Çiftliği'ne ait kalıntıların bulunduğu alan ve yakın çevresine ait güncel durumu ortaya koyan bir uydu görüntüsü
Figure 17. A satellite image showing the current situation of the area where the ruins of The Hacı Paşa Farm are located and its immediate surroundings

Kaynak/Source: Google Earth 15.02.2025 tarihli uydu görüntüsünden yararlanılarak düzenlenmiştir / This Google Earth image has been edited using satellite imagery date: 15.12.2025

Çiftlik arazisinin büyük bir kısmı günümüzde, Çanakkale'nin 1990'lı yıllardan günümüze yerleşmenin güneydoğu yönünde gelişim gösteren kesimi ile Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Terzioğlu Yerleşkesi sınırları içerisinde yer almaktadır. Çanakkale Savaşı sürecinde muharebelerin, çiftlik arazisi içerisinde oluşturulmuş olan bir rasat mevkiinden izlendiği ve yönetildiği belirtilmektedir (Öztürk & Nemutlu, 2016). Yakın geçmişte Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi tarafından bu bölgenin Çanakkale Savaşı sürecinde oynadığı rolü hatırlatmak amacıyla bu noktada bir mekansal düzenleme yapılmıştır (Şekil 18).

Çiftliklerin kurulduğu ve işletildiği tarihten günümüze kadar olan süreçte, yer aldıkları çevre ile olan bağlamsal ilişkisi açısından kapsamlı bir değişim gerçekleşmiştir. Çalışma kapsamında, bu değişimin niteliğinin ortaya konulmasına katkı sağlayabileceği öngörülen bazı değerlendirmeler yapılmıştır. Bu değerlendirmeler; “çiftliklerin özgün bağlam özelliklerine yönelik değerlendirmeler” ve “çiftliklerin güncel bağlam özelliklerine yönelik değerlendirmeler” olmak üzere 2 başlık altında derlenmiştir.

Çiftliklerin Özgün Bağlamsal Özelliklerine Yönelik Değerlendirmeler

Çiftlikler, kentin yakın çevresinde yer alan köylerden bağımsız olarak, bu köylerle (Karacaören, Özbek ve Sarıcaeli, Kurşunlu ve Saraycık Köyleri) kent merkezi arasında yer alan ovada ya da yamaçlarda konumlanmıştır. Çiftlikler, Osmanlı İmparatorluğu ya da Cumhuriyet Döneminde paşa, vali ve belediye başkanı gibi yörenin kamu otoritesi ile doğrudan ilişkili kişileri tarafından kurulmuştur. Bu durum, devlet otoritesinin Çanakkale kentini çevreleyen kırsal alanın kullanılmasına yönelik bilinçli bir yaklaşım olarak nitelenebilir.

Çiftliklerin başlıca kuruluş amacı, Çanakkale halkının gereksinim duyduğu tarım ve hayvancılığa dayalı temel besin maddelerinin üretimidir. Bunun dışında, Cebidelik ve Halil Paşa Çiftliği’nde dış ticaret faaliyetleri kapsamında gereksinim duyulan meşe palamutu üretimi gerçekleştirilmiştir. Yörede üretilen meşe palamutu, İngiltere ve Amerika’da boya sanayinde olarak kullanılmak üzere ihraç edilmiştir. Bu süreçte yürütülen meşe palamutu ticareti, 1950’li yıllara kadar yörenin başta gelen gelir kaynakları arasında yer almıştır. Halil Paşa ve Cebidelik Çiftlikleri ise meşe palamutu üretiminin yürütüldüğü çiftliklerdir. Bu çiftliklerin ürettikleri meşe palamutu, kentin merkezinde Sarıçay’ın kuzey yönündeki kıyısında Musevi asıllı tüccarlara ait palamut depolarında biriktirilmiştir (Şekil 18 ve 19).

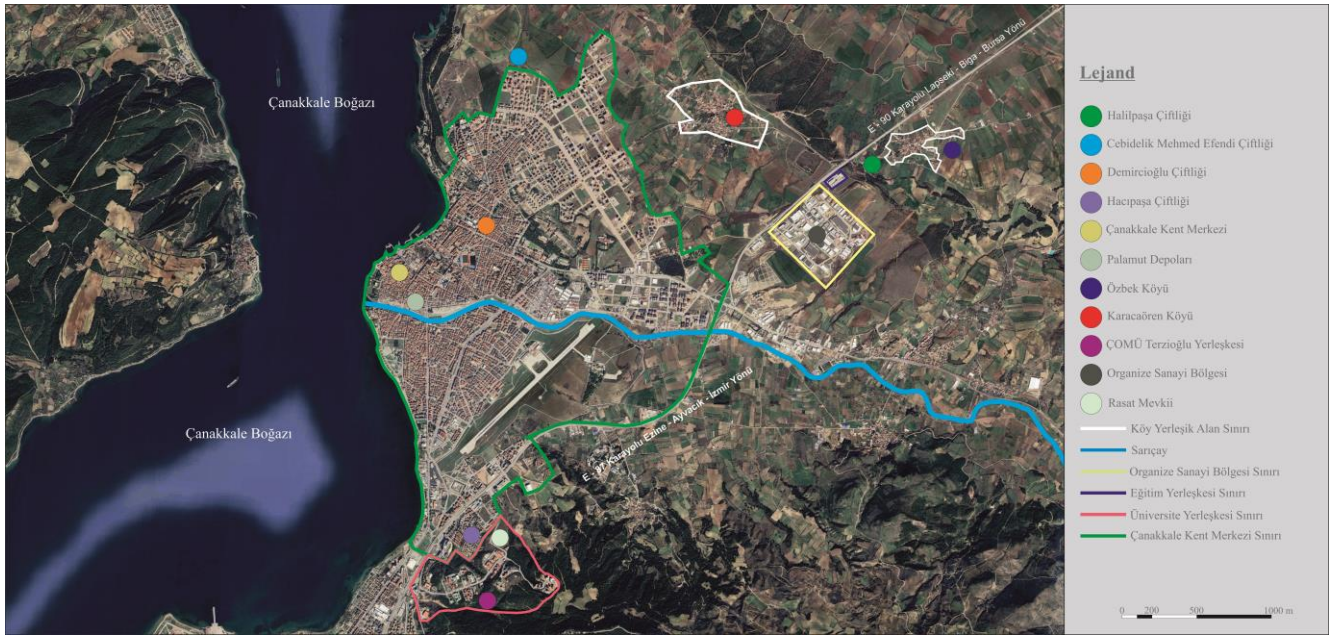
Çiftlikler, bir akarsu veya tatlı su kaynağına yakın konumda ve bunları arazileri içerisinde kapsayacak şekilde kurulmuştur. Bu su kaynaklarının, çiftliklerde yürütülen faaliyetler kapsamında etkin olarak kullanılması ile kontrol ve güvenliklerinin sağlandığı değerlendirilebilir. Çiftlikler, kenti çevreleyen kırsal alanın farklı yönlerinde (kuzey, kuzeydoğu, doğu ve güneydoğu yönünde) ve farklı konumlarda kurulmuştur. Bunun, kenti çevreleyen arazinin etkin kullanımı, bu bölgede güvenliğin sağlanması ve yakın çevrede yer alan diğer yerleşmelere uzanan ulaşım akslarının kontrolü yönündeki kaygıların bir sonucu olarak değerlendirilebilir (Şekil 18).

Hacı Paşa Çiftliği, Çanakkale Boğazı’nın savunmasında önemli bir yeri olan Anadolu Hamidiye Tabyası, Osmanlı Donanması’nın içme suyu ihtiyacını karşıladığı Piri Reis Çeşmesi’ne yakın ve hakim bir konumda yer almaktadır. Çiftliğin kurucusu El Hac Mehmed Paşa’nın bölgede yürüttüğü önemli görevi ile çiftliğin konumu dikkate alındığında, çiftliğin kuruluş sürecinde yukarıda belirtilen ve askeri açıdan stratejik önemi olan bu öğelerin kontrolü yönünde bir yaklaşım benimsendiği değerlendirilmektedir (Şekil 18).

Halil Paşa, Cebidelik ve Demircioğlu Çiftlikleri, kent merkezini çevreleyen Karacaören Ovası ve Özbek Ovası’nda yer almaktadır. Hacı Paşa Çiftliği ise bunlardan farklı olarak, Çanakkale Boğazı’na paralel uzanan bir yükseltinin denize bakan dik eğimli yamacında yer almaktadır. Bu açıdan ele alındığında, Halil Paşa, Cebidelik ve Demircioğlu Çiftliği’ni “Ova Çiftliği”, Hacı Paşa Çiftliği’nin ise bir “Dağ Çiftliği” olarak değerlendirilebilir.

I. Dünya Savaşı (1914 – 1918) kapsamında bu bölgede süregelen Çanakkale Savaşı, çiftlikleri doğrudan etkilemiştir. Bu süreçte süregelen bombardımanlar nedeniyle Çanakkale’de yaşayan sivil halk kent merkezinden uzaklaştırılarak Özbek Köyü ve Halil Paşa Çiftliği arazisine yerleştirilmiş, Cebidelik Çiftliği ise işgal döneminde İngiliz Ordusu’na bağlı Hintli ve Senegalli askerlerden oluşan birliklerin yerleştirildiği bir kışla haline getirilmiştir. Bu süreç, çiftliğin özgün nitelikleri açısından kapsamlı değişime neden olmuştur (Zeynep Künelin Akbaş ile yapılan bireysel görüşme notları, 2025),

Çiftlikler, yörede yer alan kent merkezi, köyler, palamut depoları, ticari alanlar, askeri tesisler, tarım arazileri, meralar ve ulaşım aksları gibi öğelerle birlikte ele alındığında yörenin belirli bir döneminin bağlamsal çerçevesini oluşturmuştur. Çiftlikler, gıda üretimi ve yöresel ticarete olan katkılarının yanı sıra yörede gerçekleşen Çanakkale Savaşı sırasında üstlendikleri tarihsel roller göz önüne alındığında, yörenin mekansal ve tarihsel bağlamını belirleyen başlıca öğeler olduğu değerlendirilebilir.



Şekil 18. Çiftliklerin, Çanakkale kenti ve yakın çevrede yer alan diğer öğelerle olan güncel mekânsal ilişkisini ortaya koyan bir uydu görüntüsü

Figure 18. A satellite image showing the current spatial relationship of the farms with other elements in the Çanakkale City and the immediate surroundings

Kaynak/Source: Google Earth 15.02.2025 tarihli uydu görüntüsünden yararlanılarak düzenlenmiştir / This Google Earth image has been edited using satellite imagery date: 15.12.2025



Şekil 19. Çanakkale kent merkezi'nde yer alan meşe palamutu depolarından görünüm.

Figure 19. View of the acorn warehouses in Çanakkale city center.

Kaynak/Source: <https://www.canakkalebienali.com>, erişim tarihi/access date: 25.10.2025 13.23

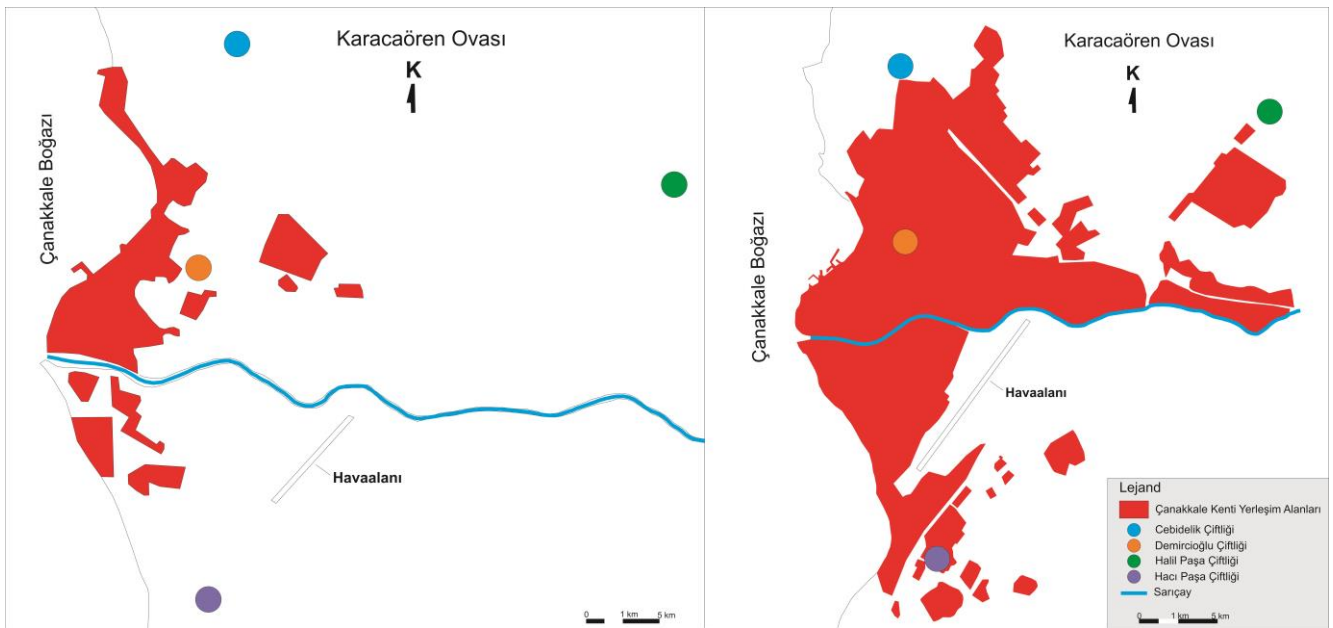
Güncel Bağlama Yönelik Değerlendirmeler

Çalışma kapsamında ele alınan çiftliklerin kurulduklarından günümüze kadar olan süreçte, özgün bağlamsal özelliklerini büyük oranda yitirdiği saptanmıştır. Bu sürecin ilk aşamasını, çiftliklerin ilk sahiplerinin vefatı sonrasında, çiftlik arazilerinin mülkiyeti miras yoluya varislere aktarılması ile başlamıştır. Bu kapsamda, çiftlik arazilerinin ve bu arazilerde bulunan yapılar paylaşılmıştır. Bu paylaşım, çiftliklerin özgün arazi bütünlükleri ve işletme tercihlerinin kaybı ile sonuçlanmıştır. Bu aşamadan itibaren, çiftlik arazileri genel olarak icar yoluyla işletilmeye başlanmıştır. Bu süreçte, Cebidelik, Halil Paşa ve Hacı Paşa Çiftlikleri'ne ait birçok yapının (başta konaklar olmak üzere) yakın çevrelerinde yürütülen tarımsal faaliyetler kapsamında gereksinim duyulan arazi ihtiyacını karşılamak üzere yıkılarak yok edilmiştir.

Bozulmanın 2. aşamasını ise, özellikle 1950'li yıllarda teknolojik değişimlerle birlikte gelişen ulaşım olanaklarının ve bu gelişim yarattığı mekansal açıdan baskı oluşturmaktadır. Çiftçiler kendi ürünlerini herhangi

bir aracıya ihtiyaç duymaksızın kent merkezinde kurulan pazarlarda kent halkına ulaştırma imkanı bulmuştur. Bu durum, çiftliklerin kent halkının gereksinim duyduğu temel besin maddelerinin temin edilmesi sürecindeki etkinliğini sonlandırmıştır. Yörede süregelen meşe palamutu üretimi, boya endüstrisinde kullanılan hammadde tercihlerindeki değişim nedeniyle zamanla azalmış ve günümüzde tümüyle sonlanmıştır. Bu durum, çiftliklerin yanı sıra, bağlamsal bir ilişki içerisinde oldukları palamut depolarının da özgün işlevini yitirmesine neden olmuştur.

Çanakkale kent sınırlarında özellikle 1960'lı yıllardan itibaren süregelen hızlı genişleme ise 3. aşamayı belirlemektedir. Bu süreçte, kentin çeperinde süregelen bu genişlemenin tanımlanması doğrultusunda yürütülen araştırmalar, süreci “kentsel yayılma” kavramı ışığında ele almaktadır. Bu kapsamda “kentsel yayılma”; “plansız, sistematik olmayan, kentin kırsal alanlara doğru büyüdüğü, düşük yoğunluklu, sıçramalı, tek tip arazi kullanımının baskın olduğu, merkezin olanaklarından yararlanamayan bir kentsel gelişme” türü olarak tanımlanmaktadır (Çavuş & Uysal, 2018). Bu süreçte süregelen kentsel genişleme ile birlikte, Demircioğlu ve Hacı Paşa Çiftliklerine ait araziler tümüyle yapılaşmaya maruz kalmış, kentin sınırı 2025 yılı itibarıyla Halil Paşa ve Cebidelik çiftlikleri sınırına dayanmıştır (Şekil 20).



Şekil 20. Çanakkale Kenti ile çiftliklerin 1962 (solda) ve 2025 (sağda) yıllarındaki mekansal ilişkisini ortaya koyan haritalar

Figure 20. Maps showing the spatial relationship between the city of Çanakkale and the farms in 1962 (left) and 2025 (right)

Kaynak/Source: (Çavuş, 2007)'den yararlanılarak düzenlenmiştir / This image has been prepared using information from Çavuş (2007).

Sonuç

Çalışma kapsamında ele alınan çiftlikler kuruldukları ve faaliyet gösterdikleri süreçte, kamu otoritesinin yöre üzerindeki stratejilerinin uygulanmasında kritik görevler üstlenmiş, kenti çevreleyen kırsal alandaki tarım arazilerinin kullanımı açısından belirleyici olmuş, kent yaşamının sürdürülebilirliğine besin ve ticari ürün tedariki ile doğrudan katkı sağlamıştır. Mekansal açıdan ise çiftlikler, yöreyi oluşturan kırsal ve kentsel alanlar bağlamında mekansal geçmiş, geleneksel doku ve tarihsel – kültürel peyzaj kimliğinin oluşumunda rol oynamış, kentsel ile kırsal kesim arasında bir köprü görevi üstlenmiştir.

Çalışma kapsamında ele alınan çiftlikler kuruldukları tarihten günümüze kadar olan süreçte; mülkiyet özelliğindeki, tarım, hayvancılık ve ulaşım alanındaki, iç ve dış ticaret alanındaki, toplumsal bağlamdaki (tarım toplumu kimliğinden uzaklaşılması) kentleşme ve buna bağlı olarak kent sınırlarındaki değişimler sonucunda “özgün bağlam özelliklerini yitirmiş” ve yok olmak üzere olan birer kalıntı niteliğinde günümüze ulaşmıştır. Bu durumun, yörenin tarihsel kimliği, kültürel peyzaj özellikleri ve geleneksel dokusu açısından geri dönüşü mümkün olmayan kayıplara neden olabileceği değerlendirilmektedir. Bu açıdan ele alındığında, çalışma kapsamında ele alınan tüm çiftliklerin güncel koruma yaklaşımı çerçevesinde ele alınarak sürdürülebilirliğinin sağlanması başlıca bir gereklilik olarak kabul edilmektedir.

Bu kapsamda çiftliklerin özgün ve güncel bağlamsal özelliklerini gözönüne alarak, varlıklarını tüm toplumsal kesimlere anımsatan, yörede oluşturulmuş olan kültürel rotalar (Troas Kültür Rotaları) kapsamında birer ziyaret ve deneyim odağı şeklinde planlanması önerilmektedir. Bu yöndeki çalışmaların, Dünya Anıtlar ve Sitler Konseyi (ICOMOS) tüzükleri ve ilgili yasal çerçeveye uygunluk içerisinde oluşturulmuş mekansal düzenlemeler içeren, geleneksel üretim ve kültürel peyzaj kavramları arasındaki ilişkiyi toplumun farklı kesimlerine aktaran, Birleşmiş Milletler Dünya Gıda ve Tarım Örgütü (FAO)'nın güncel stratejileri ve uygulamaları ile toplumu ilişkilendiren bir planlama yaklaşımı çerçevesinde yürütülmesinin sürecin etkinliğine olumlu yönde katkı sağlayacağı değerlendirilmektedir.

Ek Bilgiler ve Beyanlar

Teşekkür: Çalışma kapsamında katkılarını esirgemeyen, Zeynep Künelgin Akbaş ve eşi Hacı Akbaş'a teşekkür ederim.

Çıkar Çatışması Beyanı: Yazar herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

Telif Hakkı: 2025 Salcan



Bu çalışma Creative Commons CC-BY 4.0 Uluslararası Lisansı kapsamında lisanslanmıştır.

Kaynaklar

- Alagöz M., & Güner D. (2022). Mimari bağlam olgusunun mimarlık öğretilerine dönüşümü, *Modular*, 5 (2), 135-154.
- Anonim. (2025). Bağlam kelime anlamı. erişim tarihi: 06.08.2025, <https://sozluk.gov.tr/>.
- Anonim. (2025). Context kelime anlamı. erişim tarihi: 10.12.2025, <https://www.oxfordlearnersdictionaries.com>.
- Anonim. (2025). Belediye tarihi. Erişim tarihi: 03.11.2025, <https://www.canakkale.bel.tr/tr/sayfa/1124-belediye-tarihi>.
- Anonim. (2025). Atlas de l'Empire Ottoman par J.J. Hellert - Planche XXXVIII. erişim tarihi: 03.11.2025, https://www.davidrumsey.com/luna/servlet/view/all?collection_chat_message=dardanelles.
- Anonim. (2025). İcar kelime anlamı, erişim tarihi: 06.08.2025, <https://sozluk.gov.tr/>.
- Anonim. (2025). Süleyman Sami Kepenek, erişim tarihi: 10.12.2025, <https://www.istanbul.gov.tr/kaynak>.
- Architects Design Partnership. (2007), Education and Contextualism, Black Dog Publishing, London, England, 192.
- Bielefeld B., & El Khouli, S. (2010), Adım Adım Tasarım Fikirleri. Yem Yayınları, İstanbul, 85.
- Caragone, A. (1995), The Texas Rangers, The MIT Press, Cambridge, England, 125.
- Çanakkale Kültür Varlıklarını Koruma Bölge Kurulu Arşivi, 2025.
- Çavuş, Canan Z. (2007), Çanakkale'de kentsel gelişimin uzaktan algılama ve gps ölçümleri ile izlenmesi, *İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü Coğrafya Dergisi*, 15, 44-48.
- Çavuş, Z., & Uysal, A. (2018). Çanakkale'de kentsel gelişme, yayılma ve kırsal alanlarla etkileşim. *Planlama*, 105-117.
- Çevre ve Kültür Değerlerini Koruma ve Tanıtma Vakfı (2012). Anadolu'da Kırsal Mimarlık, Çekül Vakfı Yayınları, İstanbul, Türkiye, 27.
- Emine Aygül ile yapılan 10.11.2025 tarihli görüşme notları.
- Dr. Mimar Erdem SALCAN Arşivi, 2025
- Eren, R. (1994), Çanakkale Dili'nin Tarih İçindeki Gelişimi ve Folklor İncelemeleri, İstanbul Ofset, Çanakkale, Türkiye, 340.
- Esenkaya, A. (2016). Çanakkale cephesinde karargahlar, *ÇOMÜ Uluslararası Sosyal Bilimler Dergisi*, 1 (2), 47-80.
- Gümüş, İ. (2019). Bağlamsalcılık kavramının meydan tasarım yarışmaları üzerinden irdelenmesi: 2000 sonrası Bursa örnekleri, *Modular*, 2 (1), 57 – 69.
- Hasol, D. (2002). Ansiklopedik Mimarlık Sözlüğü, Yem Yayınevi, İstanbul, Türkiye, 551.
- Isenstadt, S. (2005). Contested Contexts, Site Matters: Design Concepts, 157-179. In: Histories, and Strategies, (Ed. C. Burns). International Book Chapter, Newyork, USA, pp. 158.
- Johnson, P.A. (1994). Context and Contextualism, 285 – 287, The Theory of Architecture: Concepts, Themes and Practices. John Wiley Sons, Newyork, USA, pp. 326.
- Koçyiğit, R.G. (2022). Mimarlıkta çoklu bağlamsallıklar sorunsalı, *Journal of Architectural Sciences and Applications*, 7 (2), 763-780.
- Orhan, M. (2023). 19. Yüzyılda Osmanlı Çiftlikleri (Selanik Örneği). (Doktora Tezi), Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Konya, Türkiye, 276.
- Sami, Ş. (2021). Kamus-ı Türkî, Alfa Yayınları, İstanbul, Türkiye, pp. 1264.
- Süleyman Saim Kepenek'in torunu Zeynep Künelgin Akbaş ile yapılan 3.11.2025 tarihli görüşme notları
- Tapu Kadastro Genel Müdürlüğü Arşivi, 2025.
- Theunissen, K. (2010). Flows from early modernism into the interior streets of Venturi, Rauch and Scott Brown, *Theory*, 14 (1), 53 – 62.
- Tigges, F. & Janson, A. (2014). Fundamental Concepts of Architecture: The Vocabulary of Spatial Situations, Birkhauser,

- Basel, Switzerland, pp. 396.
- Tschumi, B. (2005), *Event-Cities 3: Concept vs. Context vs. Content*, MIT Press, London, Great Britain, pp. 637.
- Tümertekin, H. (1999). Sıfırdan başlamak, 23-23. Mimarlar Derneği 1927 Anytime: Konferans Bildirileri, Kitap Matbaacılık, Ankara, Türkiye, 53.
- Özbek Köyü Muhtarlığı ile yapılan 10.05.2022 tarihli görüşme notları
- Öztürk E., & Erduran N.F. (2016). Tarihi kültürel peyzaj tasarımı: Çanakkale müstahkem mevki örneği, *ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 4 (1), 61-67.
- Uysal, A.O. (2008). Çanakkale merkeze bağlı köylerde türk eserlerinin durumu. 675-692. Çanakkale Merkez Değerleri Sempozyumu, 25-26 Ağustos 2008, Çanakkale, Türkiye, p. 960.
- Uysal, A.O. (2014). Çanakkale’de bazı geç dönem osmanlı hamamları, *Turkish Studies*, 9 (10), 1083-1114.
- Yıldırım, M., & Öztürk, Sayılır, B. Ş., (2015), Çanakkale Deniz Müzesi Komutanlığı Resim Kataloğu, Deniz Basımevi Müdürlüğü, İstanbul, pp. 140.
- Zeynep Künelgin Akbaş ile 3.11.2025 tarihinde yapılan bireysel görüşme notları.
- 1858 tarihli arazi kanunnamesi
- 3194 sayılı imar kanunu, 1985