



Journal of Ecological Harmony

Official journal of Atatürk University Faculty of Agriculture

Volume/Cilt 1 • Issue/Sayı 1 • June/Haziran 2025

EISSN 3108-3714

<https://dergipark.org.tr/en/pub/jeh>

Journal of Ecological Harmony

CHIEF EDITOR / BAŞ EDITÖR

Melih OKCU

Department of Field Crops,
Atatürk University, Erzurum, Turkey
*Atatürk Üniversitesi-Tarla Bitkileri Bölümü,
Erzurum, Türkiye*

ASSOCIATE EDITORS / YARDIMCI EDITÖR

Emre ÇOMAKLI

Department of Soil Science and Plant Nutrition,
Atatürk University, Erzurum, Turkey
*Atatürk Üniversitesi- Toprak Bilimi ve Bitki Besleme
Bölümü, Erzurum, Türkiye*

EDITORIAL BOARD / YAYIN KURULU

Adnan BİLGİLİ

Eastern Anatolia Forestry Research Institute,
Erzurum, Türkiye
*Doğu Anadolu Ormancılık Araştırma Enstitüsü
Müdürlüğü, Erzurum, Türkiye*

Alper Erdem YILMAZ

Department of Environment Technologies, Atatürk
University-Erzurum Turkey
*Atatürk Üniversitesi-Çevre Teknolojileri Anabilim
Dalı, Erzurum, Türkiye*

Anıl LÖĞÜN

Department of Econometrics,
Atatürk University, Erzurum, Turkey
*Atatürk Üniversitesi- Ekonometri Bölümü, Erzurum,
Türkiye*

Atila TAŞDEMİR

Department of Environment Technologies, Atatürk
University-Erzurum Turkey
*Atatürk Üniversitesi-Çevre Teknolojileri Anabilim
Dalı, Erzurum, Türkiye*

Bülent TURGUT

Department of Forestry Engineering, Karadeniz
Technical University, Trabzon, Turkey
*Karadeniz Teknik Üniversitesi- Orman Mühendisliği
Bölümü, Trabzon, Türkiye*

Hüseyin AYDIN

Department of Soil Science and Plant Nutrition,
Atatürk University, Erzurum, Turkey
*Atatürk Üniversitesi- Toprak Bilimi ve Bitki Besleme
Bölümü, Erzurum, Türkiye*

Mehmet Ali BAŞARAN

East Anatolian Agricultural Research Institute /
Erzurum, Türkiye
*Doğu Anadolu Tarımsal Araştırma Enstitüsü
Müdürlüğü, Erzurum, Türkiye*

Müdahir ÖZGÜL

Department of Soil Science and Plant Nutrition,
Atatürk University, Erzurum, Turkey
*Atatürk Üniversitesi- Toprak Bilimi ve Bitki Besleme
Bölümü, Erzurum, Türkiye*

Mustafa ÖZGERİŞ

Department of Landscape Architecture,
Atatürk University-Erzurum, Turkey
*Atatürk Üniversitesi- Peyzaj Mimarlığı Bölümü,
Erzurum, Türkiye*

Sedat SEVEROĞLU

Department of Field Crops,
Atatürk University, Erzurum, Turkey
*Atatürk Üniversitesi-Tarla Bitkileri Bölümü,
Erzurum, Türkiye*

Tuba KARABACAK

Department of Field Crops,
Atatürk University, Erzurum, Turkey
*Atatürk Üniversitesi-Tarla Bitkileri Bölümü,
Erzurum, Türkiye*

Yener TOP

Gümüşhane Vocational College,
Gümüşhane University, Gümüşhane, Turkey
*Gümüşhane Üniversitesi Gümüşhane Meslek
Yüksekokulu, Gümüşhane, Türkiye*

ADVISORY BOARD / DANIŞMA KURULU

Ali KOÇ

Department of Field Crops,
Anadolu University, Eskişehir, Turkey
*Anadolu Üniversitesi-Tarla Bitkileri Bölümü,
Eskişehir, Türkiye*

Binali ÇOMAKLI

Department of Field Crops,
Atatürk University, Erzurum, Turkey
*Atatürk Üniversitesi-Tarla Bitkileri Bölümü,
Erzurum, Türkiye*

Doğanay TOLUNAY

Department of Forestry Engineering, Istanbul
University, Istanbul, Turkey
*İstanbul Üniversitesi, Orman Mühendisliği Bölümü,
İstanbul, Türkiye*

Fatih DADAŞOĞLU

Department of Plant Protection,
Atatürk University, Erzurum, Turkey
*Atatürk Üniversitesi- Bitki Koruma Bölümü,
Erzurum, Türkiye*

Ferhat GÖKBULAK

Department of Forestry Engineering, Istanbul
University, Istanbul, Turkey
*İstanbul Üniversitesi, Orman Mühendisliği Bölümü,
İstanbul, Türkiye*

Ferat UZUN

Department of Field Crops,
Ondokuz Mayıs University, Samsun, Turkey
*Ondokuz Mayıs Üniversitesi-Tarla Bitkileri Bölümü,
Samsun, Türkiye*

Hanife MUT

Department of Field Crops,
Bilecik Şeyh Edebali University, Bilecik, Turkey
*Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi-Tarla Bitkileri
Bölümü, Bilecik, Türkiye*

Mustafa TAN

Havsa Vocational College, Trakya University,
Edirne, Türkiye
*Havsa Meslek Yüksekokulu, Trakya Üniversitesi,
Edirne, Türkiye*

Nebi BİLİR

Department of Forestry Engineering, Isparta
University of Applied Sciences, Isparta, Turkey
*Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi- Orman
Mühendisliği Bölümü, Isparta, Türkiye*

Taşkın Öztaş

Department of Soil Science and Plant Nutrition,
Atatürk University, Erzurum, Turkey
*Atatürk Üniversitesi- Toprak Bilimi ve Bitki Besleme
Bölümü, Erzurum, Türkiye*

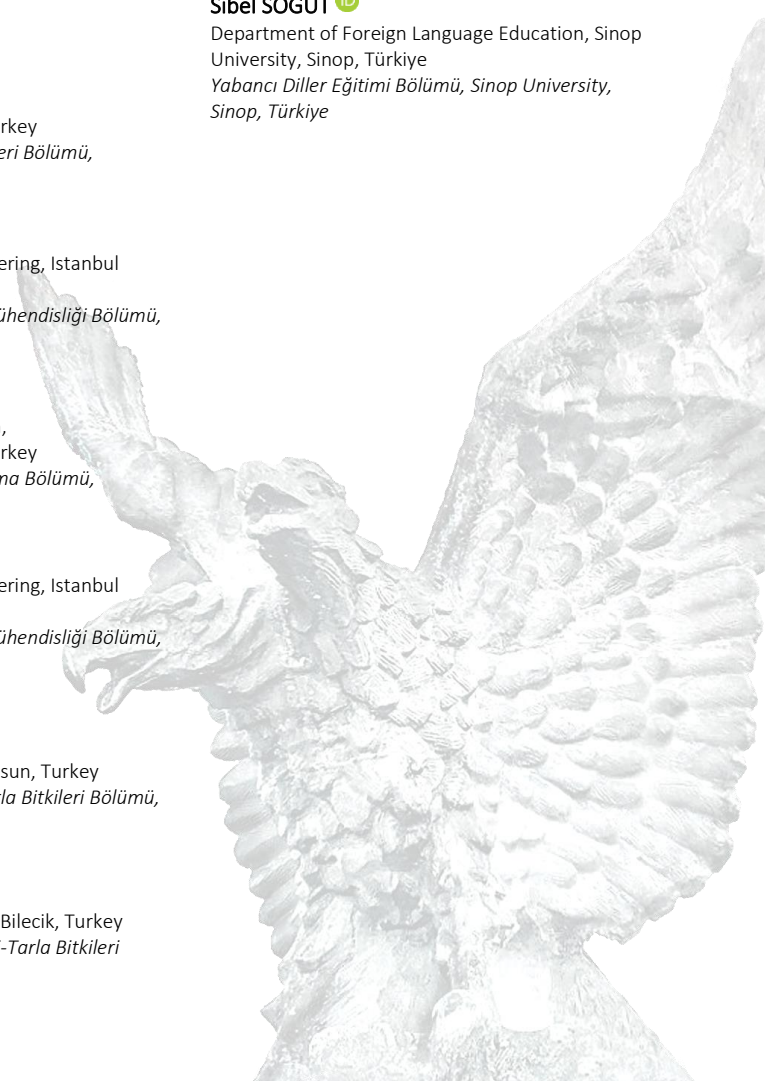
FOREIGN LANGUAGE CONSULTANTS / YABANCI DİL DANIŞMANLARI

Serap ATASEVER BELLİ

Department of English Language and Literature,
Erzurum Technical University, Erzurum, Türkiye
*İngiliz Dili Ve Edebiyatı Bölümü, Erzurum Teknik
Üniversitesi, Erzurum, Türkiye*

Sibel SÖĞÜT

Department of Foreign Language Education, Sinop
University, Sinop, Türkiye
*Yabancı Diller Eğitimi Bölümü, Sinop University,
Sinop, Türkiye*



Journal of Ecological Harmony

About the Journal of Ecological Harmony

Journal of Ecological Harmony is a peer-reviewed, open-access, online-only journal published by Atatürk University. The journal is published biannual in both Turkish and English with articles released in June, and December.

Aims, Scope, and Audience

Journal of Ecological Harmony aims to publish studies of the highest scientific caliber in the field of agricultural sciences.

Journal of Ecological Harmony aims to contribute to the literature with original research, compilations and technical notes in all areas of science such as ecosystem services and sustainability, sustainable land management, biodiversity and health interactions, land/soil/water systems, climate-biodiversity interactions, land/land use/land cover change, rural-urban environment and landscape planning, and pasture management/forage crops/green area management.

The target audience of the journal consists of researchers who are interested in or working in the field of agricultural sciences.

To guarantee that all papers published in the journal are maintained and permanently accessible, articles are stored in Dergipark which serves as a national archival web site and at the same time permits LOCKSS to collect, preserve, and serve the content.

You can find the current version of the Instructions to Authors at <https://dergipark.org.tr/en/pub/jeh/writing-rules>

Journal of Ecological Harmony Hakkında

Journal of Ecological Harmony, Atatürk Üniversitesi tarafından yayınlanan hakemli, açık erişimli, yalnızca çevrimiçi bir dergidir. Dergi, Haziran ve Aralık aylarında olmak üzere Türkçe ve İngilizce olarak yılda iki kez yayınlanmaktadır.

Amaç, Kapsam ve Hedef Kitle

Journal of Ecological Harmony, ziraat alanında en yüksek bilimsel kaliteye sahip çalışmalarını yayınlamayı amaçlamaktadır.

Journal of Ecological Harmony, ekosistem hizmetleri ve sürdürülebilirlik, sürdürülebilir arazi yönetimi, biyolojik çeşitlilik ve sağlık etkileşimleri, arazi/toprak/su sistemleri, iklim-biyolojik çeşitlilik etkileşimleri, arazi/arazi kullanımı/arazi örtüsü değişimi, kırsal-kentsel çevre ve peyzaj planlaması ve mera yönetimi/yem bitkileri/yeşil alan yönetimi bilimlerinin bilimlerin tüm alanlarında özgün araştırma, derleme ve teknik not ile literatüre katkı sağlamayı amaçlamaktadır.

Derginin hedef kitlesi, ziraat alanına ilgi duyan ya da bu alanda çalışan araştırmacılardan oluşmaktadır.

Dergide yayınlanan tüm yazıların korunmasını ve kalıcı olarak erişilebilir olmasını sağlamak için makaleler, ulusal bir arşiv sitesi olarak hizmet veren ve aynı zamanda LOCKSS'in içeriği toplamasına, korumasına ve sunmasına izin veren Dergipark'ta saklanmaktadır.

Yazarlara Bilgi'nin güncel versiyonuna <https://dergipark.org.tr/en/pub/jeh/writing-rules> adresinden ulaşabilirsiniz.



Contact (Editor in Chief) / İletişim (Baş Editör)

Melih OKCU

Atatürk University, Faculty of Agriculture, Erzurum, Turkey
Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Erzurum, Türkiye

✉ melihokcu@atauni.edu.tr

🌐 <https://avesis.atauni.edu.tr/melihokcu>

☎ +90 442 231 2403

Contact (Publisher) / İletişim (Yayıncı)

Atatürk University

Atatürk University, Erzurum, Turkey
Atatürk Üniversitesi Rektörlüğü 25240 Erzurum, Türkiye

✉ ataunijournals@atauni.edu.tr

🌐 <https://bilimseldergiler.atauni.edu.tr>

☎ +90 442 231 15 16

Journal of Ecological Harmony

CONTENTS / İÇİNDEKİLER

RESEARCH ARTICLES / ARAŞTIRMA MAKALELERİ

- 1** Effects of Different Nitrogen Doses and Harvest Times on the Botanical Composition and Forage Quality of Meadows
Farklı Azot Dozu ve Biçim Zamanı Uygulamalarının Çayırların Botanik Kompozisyonu ve Yem Kalitesi Üzerine Etkileri
Mustafa YILMAZ, Binali ÇOMAKLI, Sedat SEVEROĞLU, M. Kerim GÜLLAP
- 17** The Effect of Nitrogen Fertilizer Forms on the Growth, Yield, and Quality of Potato Varieties with Different Maturity
Farklı Olgunlaşma Sürelerine Sahip Patates Çeşitlerinin Büyüme, Verim ve Kalitesine Azotlu Gübre Formlarının Etkisi
Nagihan ÖZYILDIRIM TÜFEKÇİBAŞI, Erdoğan ÖZTÜRK
- 24** Exploring Soil Characteristics and Agricultural Sustainability in Western Anatolia's Colluvial Deposits
Batı Anadolu'nun Koluviyal Depozitlerinde Toprak Özelliklerinin ve Tarımsal Sürdürülebilirliğin Araştırılması
Sevda ALTUNBAŞ, İbrahim ATALAY, Muzaffer SİLER, İnci TOLAY

REVIEW ARTICLES / DERLEME MAKALELERİ

- 32** Çevresel Sürdürülebilirlik Açısından Tarımsal Atıkların Değerlendirilmesi
Evaluation of Agricultural Wastes in Terms of Environmental Sustainability
- 40** The Transformation of Sunflower (*Helianthus annuus* L.) Cultivation in Turkey Over the Last Quarter Century: Production Dynamics, Yield Increases, and Policy Impacts
Türkiye'de Ayçiçeği (Helianthus annuus L.) Tarımının Son Çeyrek Yüzyıldaki Değişimi: Üretim Dinamikleri, Verimlilik Artışları ve Politik Etkileşimler



Effects of Different Nitrogen Doses and Harvest Times on the Botanical Composition and Forage Quality of Meadows

Farklı Azot Dozu ve Biçim Zamanı Uygulamalarının Çayırların Botanik Kompozisyonu ve Yem Kalitesi Üzerine Etkileri

Mustafa YILMAZ¹

¹Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Erzurum, Türkiye

Binali ÇOMAKLI¹

¹Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Erzurum, Türkiye

Sedat SEVEROĞLU¹

¹Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Erzurum, Türkiye

M. Kerim GÜLLAP¹

¹Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Erzurum, Türkiye



Bu çalışma elim bir trafik kazasında rahmetli olan Mustafa YILMAZ'ın aziz hatırasına şükran duyguları ile sunulmaktadır.

This study is dedicated with gratitude to the cherished memory of Mustafa YILMAZ, who tragically lost his life in a traffic accident.

Geliş Tarihi/Received 03.05.2025
Revizyon Talebi/Revision Requested 13.05.2025
Son Revizyon/Last Revision 26.05.2025
Kabul Tarihi/Accepted 28.05.2025
Yayın Tarihi/Publication Date 30.06.2025

Sorumlu Yazar/Corresponding author: Sedat SEVEROĞLU

E-mail: sedat.severoglu@atauni.edu.tr

Cite this article: Yılmaz, M., Çomaklı, B., Severoğlu, S., Güllap, M.K. (2025). Effects of Different Nitrogen Doses and Harvest Times on the Botanical Composition and Forage Quality of Meadows. *Journal of Ecological Harmony*, 1(1), 1-16.



Content of this journal is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.

ABSTRACT

The study was conducted in a semi-natural meadow located in Kızmusu village, Hınıs district, Erzurum province. The research investigated the effects of different nitrogen (N) doses and harvest times (B) on dry matter yield (DMY), forage quality, and botanical composition in meadow ecosystems.

The findings revealed that increasing nitrogen doses linearly enhanced dry matter yield (DMY), but higher doses (22,5 kg/da) reduced nitrogen use efficiency (NUE) and suppressed the legume ratio. Delaying the cutting time increased DMY but negatively affected forage quality by reducing crude protein (CP) content and relative feed value (RFV), which was associated with increased lignification in late cutting. Optimal results were obtained with the 15 kg/da dose of nitrogen and cutting at the early to mid-flowering stage). This combination balanced DMY (723,5 kg/da), CP (13,8%), and RFV (129,1) while preserving the legume ratio (20.7%) and NUE (8,6 kg N/kg).

To simultaneously optimize high yield and high quality, a nitrogen dose of 15 kg N/da and early-to-mid cutting time are critical. Farmers should manage their strategies based on their objectives (prioritizing quality for dairy cattle or yield for roughage) and adopt practices that maintain biodiversity in the sward, ensuring both economic and ecological sustainability.

Keywords: Botanical composition, Harvest time, Forage quality, Nitrogen fertilization

Öz

Çalışma, Erzurum iline bağlı Hınıs ilçesi Kızmusu köyünde yarı doğal bir çayır alanında yürütülmüştür. Araştırmada, farklı azot (N) dozları ve biçim zamanlarının (B) çayır ekosistemlerinde kuru ot verimi, yem kalitesi ve botanik kompozisyon üzerindeki etkileri incelenmiştir.

Elde edilen bulgulara göre, azot dozunun artması kuru ot verimini (KOV) doğrusal olarak artırmış, ancak yüksek dozlar (22,5 kg/da) azot kullanım etkinliğini (AKE) düşürmüş ve baklagil oranını baskılamıştır. Biçim zamanının gecikmesi, KOV'ni artırsa da ham protein oranını ve nispi yem değerini düşürerek yem kalitesini olumsuz etkilemiştir. Bu durum, geç biçimde artan lignifikasyon ile ilişkilendirilmiştir. Optimal sonuçlar, azotun 15 kg/da dozu ile çiçeklenme başlangıcı döneminde yapılan biçimle elde edilmiştir. Bu kombinasyon, KOV'ni 723,5 kg/da, HP'i %13,8 ve NYD'ni 129,1 seviyelerinde dengelerken, baklagil oranını (%20,7) ve AKE'ni (8,6 kg N/kg) korumuştur.

Sonuç olarak, yüksek verim ile yüksek kalitenin aynı anda optimize edilebilmesi için 15 kg N/da dozu ve erken-orta biçim zamanı kritik öneme sahiptir. Çiftçilerin hedeflerine göre strateji belirlemesi (süt sığırcılığı için kalite, kaba yem için verim öncelikli) ve toprakta biyolojik çeşitliliği koruyan uygulamalara yönelmesi hem ekonomik hem de ekolojik sürdürülebilirlik açısından tavsiye edilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Azotlu gübreleme, Biçim zamanı, Botanik kompozisyon, Yem kalitesi

Giriş

İnsanoğlunun yeterli ve dengeli bir biçimde beslenebilmesi açısından bitkisel ürünler kadar hayvansal ürünlerde oldukça önemli bir yere sahiptir. Çünkü yaş ve beslenme biçimine göre değişkenlik göstermekle birlikte, tüketilmesi gereken günlük ortalama protein miktarının (70 g), yaklaşık %43'lük bir bölümünün hayvansal proteinden oluşması gerekmektedir (Lonnie vd., 2018). Bu da hiç kuşkusuz hayvansal üretimin artırılması ile mümkün olabilmektedir. Hayvansal üretim açısından en önemli sınırlayıcı faktör ise nitelikli kaba yemin sağlanmasıdır. Ancak birçok araştırmacı Türkiye'de kaliteli kaba yem ihtiyacının sadece %40-65'inin karşılanabildiğini bildirmiştir (Gökkuş, 1994; Alçiçek vd., 2010; Yavuz vd., 2020; Hanoğlu Oral & Gökkuş, 2021; Gökkuş & Coşkun, 2023).

Hayvansal üretim için olmazsa olmaz kabul edilen kaynaklar çayır-meralar, yem bitkileri ve bitkisel üretimden elde edilen sap saman artıklarıdır. Ülkemizde yem bitkileri ekiliş alanının artırılmasına yönelik yapılan politikalar sonucunda yem bitkileri ekiliş alanı son zamanlarda uygun bir seviyeye ulaşmıştır. Gerek dünya siyasetinde daha büyük öneme sahip bitkilerin yetiştirilmesi gerekliliği ve gerekse yem bitkilerinin tahıllar gibi daha yüksek ekonomik değere sahip bitkiler ile rekabet edememesi sonucunda artık bu alanların artırılması mümkün olmamaktadır. Bu durumda ya yem bitkilerinde birim alandan alınan verimin artırılması ya da çayır ve mera alanlarının daha etkin bir şekilde kullanılması önem kazanmaktadır. Ancak meraların ortak kullanım alanı olması, yönetim ilkelerine aykırı olarak zamansız ve aşırı otlatılması (Gökkuş, 2020), çayırların biçim zamanının geciktirilmesi, aşırı sulanması ve gübre ihtiyacının yeterince karşılanmaması (Çomaklı vd., 2005) gibi nedenler, bu alanların verim ve kalitesinin önemli ölçüde kaybolmasına yol açmıştır. Bu durum ise, bu alanların kaba yem ihtiyacını karşılamada yetersiz kalmasına neden olmaktadır.

Türkiye'nin yaklaşık 13,1 milyon ha mera, 1,5 milyon ha çayır olmak üzere toplamda 14,6 milyon ha çayır-mera varlığı bulunmaktadır. Ülkemizde çayır-mera arazisi bakımından, yaklaşık 5,7 milyon ha'lık bir alanla (%39) Doğu Anadolu Bölgesi en yüksek paya sahiptir (TÜİK, 2024). Bu alanın yaklaşık 4,7 milyon ha'ı mera ve geri kalanı ise çayır arazisidir. Dolayısıyla çayır-meralar bu bölgede kaba yem ihtiyacını karşılayan en önemli üretim alanlarıdır. Meralar genellikle otlatma mevsimi boyunca açık alanlarda, çayırlar ise kapalı barınaklarda çiftlik hayvanlarının yem ihtiyaçlarını karşılayan en önemli kaynaklardır. Ancak yüksek miktarda mera arazisi bulunan Doğu Anadolu Bölgesi'nde, kışların uzun ve soğuk geçmesi, meralarda otlatmayı kısıtlamakta ve hayvanlar yaklaşık 200 gün barınaklarda çayır otuyla

beslenmektedir (Çomaklı vd., 2005). Zira, bölgedeki hayvan beslemesinde kullanılan kaba yemlerin %50'sinden fazlasının çayırlardan temin edildiği ifade edilmiştir (Serin & Tan, 1998). Ancak, ilkbaharda erken otlatma, aşırı sulama, biçim zamanının geciktirilmesi ve gübrelemenin doğru ve zamanında yapılmaması gibi yanlış yönetim stratejileri, bu bölge çayırlarının temel problemleri arasında yer almaktadır (Menteşe, 1998; Koç & Gökkuş, 1998). Bu uygulamalar sonucu klimaks bitki örtülerini kaybeden bu alanlar, ancak ıslah edilerek önceki kaliteli ve verimli üretim kapasitelerini geri kazanabilmektedirler. Bu alanların durumlarına göre kullanılabilecek ıslah yöntemleri ise doğru yönetim, su düzeni sağlama (özellikle drenaj), sulama, yabancı bitki mücadelesi, yapay tohumlama ve gübrelemedir (Altın vd., 2021).

Tarım alanlarında yetiştiriciliği yapılan bitkiler gibi çayır-meralarda yetişen ve özellikle yeşil aksamından yararlanılan bitkiler de gübre uygulamalarına olumlu tepki vermektedir. Bu doğal alanlarda yapılan gübreleme, otun verimini, kalitesini ve lezzetliliğini artırmasının yanı sıra ürünün otlatma mevsimi süresince dengeli bir şekilde dağılımını sağlamaktadır (Altın, 1992; Heady & Child, 1994). Nitekim Altın (1992) çayır ve meralarda yapılan gübreleme uygulamalarının bitki tür bileşimini istenilen doğrultuda değiştirebileceğini ve Tükel vd. (1996) ise ot verimini ve kalitesini artırabileceğini bildirmişlerdir.

Çayır-mera ekosistemlerinde en çok eksikliği görülen besin elementleri azot, fosfor ve potasyumdur. Azot, bitkilerin vejetatif gelişimini teşvik ederken, fosfor kök gelişimi ve enerji metabolizması için kritik öneme sahiptir. Potasyum ise bitkilerin su dengesi ve hastalıklara karşı direncini artırmaktadır. Azotlu gübreleme, çayır-mera bitkilerinin yeşil aksam üretimini önemli ölçüde artırmaktadır. Araştırmalar, azot uygulamasının fotosentez hızını yükselterek ot verimini ve protein içeriğini artırdığını göstermektedir (Field, 1986; Evans, 1989). Ayrıca, azotlu gübreleme ile bitkiler daha erken olgunlaşmakta ve otlatma periyodu uzamaktadır (Altın vd., 2021). Ancak, azotun tek başına uygulanması yerine, fosfor ve potasyum gibi diğer besin elementleriyle birlikte kullanılması daha etkili sonuçlar vermektedir. Örneğin, Koç vd. (2003), Erzurum'da yaptıkları bir çalışmada en yüksek kuru ot veriminin 15 kg N ve 10 kg P₂O₅'un birlikte uygulanmasıyla elde edildiğini belirtmişlerdir. Fosforlu gübreleme, özellikle baklagillerin artmasını sağlayarak yemin besin değerini yükseltmektedir (Valentine, 1989). Fosfor, toprakta hareket kabiliyeti düşük olduğu için sonbahar yağışları öncesinde uygulanması önerilmektedir (Altın, 1975; Bakır, 1985). Bu sayede, bitkilerin ilkbaharda fosfor ihtiyacı karşılanabilmektedir. Potasyum ise Türkiye topraklarında genellikle yeterli düzeyde bulunmakla birlikte, çayırlardan yapılan yoğun ot

hasadı nedeniyle zamanla eksiklik gösterebilmektedir (Whitehead, 1995). Gübrelemenin bilinçsiz ve kontrolsüz yapılması, toprak kirliliği ve ekolojik dengenin bozulması gibi ciddi sorunlara yol açmaktadır (Yetgin, 2020). Türkiye'de üreticilerin önemli bir kısmı, toprak analizi yaptırmadan gübreleme yapmakta ve fazla gübre kullanımının verimi artıracağını düşünmektedirler (Yılmaz vd., 2009).

Bu çalışmada, üç farklı biçim zamanı (erken, normal ve geç fenolojik dönemler) ile dört farklı azot dozunun çayırların verim ve kalite parametreleri üzerine etkileri kapsamlı olarak incelenmiştir. Araştırmanın temel amacı; (1) botanik kompozisyonadaki buğdaygil/baklagil oranı değişimleri, (2) kuru ot verimi (kg/da), (3) azot kullanım etkinliği (AKE), (4) ham protein oranı ve verimi, (5) ADF ve NDF içerikleri, (6) nispi yem değeri (NYD) gibi önemli parametreler üzerindeki etkileşimleri ortaya koymaktır.

Yöntem

Araştırma, Erzurum iline bağlı Hınıs ilçesi Kızmosa köyünde yarı doğal bir çayır alanında yürütülmüştür. Araştırmanın yürütüldüğü çayır alanının deniz seviyesinden yüksekliği 1680 m ve koordinatları 39° 40' 15" N ve 41° 76' 79" E olarak belirlenmiştir. Uzun yıllar ortalamasına göre yıllık toplam yağış miktarı 452,8 mm, yıllık ortalama sıcaklığı 8,5 °C ve yıllık ortalama nispi nemi %61'dir. Toprak analiz sonuçlarına göre deneme alanının topraklarının tekstür sınıfı tınlı (Soil Survey Division Staff, 1993), 7,37 pH değeri ile nötr (Ülgen & Yurtsever, 1995), 0,36 mmhos/cm elektriksel iletkenlik (EC) ile tuzsuz (Richards, 1954), %11,98 kireç (CaCO₃) içeriği ile orta kireçli (Ülgen & Yurtsever, 1995), %2,72 organik madde içeriği ile orta, 4,15 kg/da değeri ile alınabilir fosfor bakımından az ve 1,47 me/100g değeri ile ekstrakte edilebilir potasyum bakımından yüksek (Aydın & Sezen, 1995) sınıfta yer almıştır.

Araştırma, tesadüf bloklar deneme desenine göre (Yıldız & Bircan, 1994) 3 tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Çalışmada farklı azot uygulaması ve biçim zamanlarının çayırın botanik kompozisyonu, azot kullanım etkinliği, ham protein (HP) oranı, ham protein verimi (HPV), nispi yem değeri (NYD), ADF ve NDF oranlarına etkisi incelenmiştir.

Çayır alanı, her bir blokta 12 adet parsel olacak şekilde 3 bloka ayrılmıştır. Her bir parsel alanının 6 m² (3 m x 2 m) olarak ayarlandığı çalışmada, parseller ve bloklar arasında 2 m mesafe bırakılmış ve toplam deneme alanı 598 m² (13 m x 46 m) olarak ayarlanmıştır. Araştırmada %21 oranında amonyum (NH₄) azotu içeren Amonyum Sülfat gübresi ile granül formunda olan, %43 oranında P₂O₅ içeren TSP gübresi kullanılmıştır. Kimyasal gübreler parsellere şansa bağlı olarak dağıtılmıştır. Amonyum sülfat gübresinin dört

azot (N) seviyesi (N₀: Kontrol, N₁: 7,5 kg N/da, N₂: 15 kg N/da ve N₃: 22,5 kg N/da) Nisan ayının son haftasında (23 Nisan) ve büyümenin başlamasından önce uygulanmıştır. Fosforlu gübre ise 5 kg P₂O₅/da (Altın, 1975) olacak şekilde her parselde standart olarak verilmiştir. Ayrıca araştırmada 3 farklı biçim zamanı (B₁: erken; B₂: normal ve B₃: geç biçim) uygulanmıştır. Biçimler 15 gün arayla yapılmış, 1. biçim 10 Haziran, 2. biçim 25 Haziran ve 3. Biçim 10 Temmuz'da yapılmıştır.

Biçim zamanında 50 cm x 50 cm'lik çerçeve (kuadrat) yardımıyla biçilen otlar tartılarak ağırlığa göre botanik kompozisyon, orta kısmından 1 m²'lik alan içerisinden biçilen 500 g yeşil otun 70°C'de kurtulup, tartılmasıyla kuru ot üretimi, toplam N içeriği Kjeldahl yöntemiyle belirlenmiş ve ham protein oranını belirlemek için 6,25 ile çarpılmıştır (Jones, 1981). Ham protein verimi, ham protein oranının kuru ot verimi ile çarpılmasıyla belirlenmiştir. Öğütülen ot numuneleri ANKOM Fiber Analyzer cihazında analiz edilerek, NDF ve ADF oranları belirlenmiştir. AKE, Nichols vd. (1990)'nın, NYD ise, ADF ve NDF oranlarından elde edilen %SKM ve %KMA oranları kullanılarak, Rohweder vd. (1978)'nin belirlediği esaslara göre aşağıdaki formüller yardımıyla hesaplanmıştır.

$$AKE = \frac{N \text{ verilen parsel verimi} - \text{Kontrol parsel verimi}}{\text{Uygulanan azot miktarı}}$$

$$\%SKM = 88,9 - (0,779 \times \%ADF)$$

$$\%KMA = \frac{120}{\%NDF}$$

$$NYD = (\%SKM) \times (\%KMA) \times (0,775)$$

Elde edilen verilere R programı kullanılarak varyans analizi yapılmış ve ortalamalar Duncan testi ile karşılaştırılmıştır.

Bulgular

Botanik kompozisyon (%)

Buğdaygiller, baklagiller ve diğer familyalar üzerine farklı azot dozu (N) ve biçim zamanının (B) etkileri istatistiksel manada çok önemli (P<0.01) olmuştur. Buğdaygiller ve baklagiller için NxB interaksyonu istatistiksel olarak önemli çıkmasına karşın diğer familyalar için interaksyon önemsiz bulunmuştur (Tablo 1).

Tablo 1.

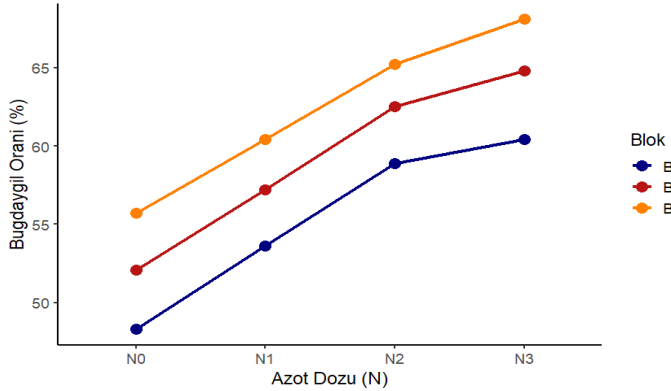
Farklı azot dozu ve biçim zamanı uygulamalarının botanik kompozisyona ait varyans analiz sonuçları

VK	DF	Buğdaygil	Baklagil	Diğergil
Blok	2	1,1 öd	0,9 öd	1,2 öd
N	3	38,4 **	42,6 **	25,3 **

B	2	55,2 **	61,8 **	18,7 **
N × B	6	4,2 **	3,8 *	2,1 öd
Hata	22	-	-	-

**: $P < 0.01$, *: $P < 0.05$, öd: önemli değil

Artan azot dozu ile buğdaygillerin oranı artarken, baklagillerin ve diğer familyaların oranı azalmıştır (Şekil 1). Kontrol grubunda (N_0) buğdaygil oranı %48,3-55,7 aralığında iken, maksimum azot uygulamasında (N_3) %60,4-68,1 aralığına yükselmiştir. Azot uygulanmayan parsellerde (N_0) baklagil oranı, %22,4-28,5 arasında iken, N_3 uygulamasında %15,2-22,1 arasına düşmüştür. Diğer familyaların oranı, N_0 'da %21,9-23,2 aralığından, N_3 'te %16,7-17,5 aralığına gerilemiştir. Bu bitki grubunda N_2 ile N_3 uygulamaları arasında önemli bir değişiklik gözlemlenmemiştir (Tablo 2).



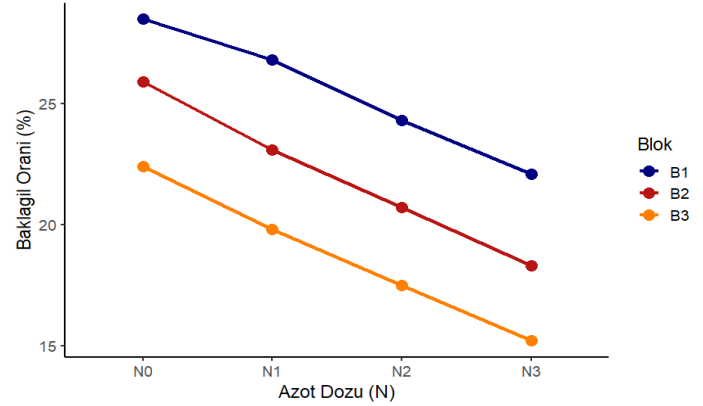
Şekil 1. Azot dozları (N) ve bloklar (B) arasındaki interaksiyonun buğdaygil oranına etkisi

Tablo 2.

Farklı azot dozu ve biçim zamanı uygulamalarının çayır botanik kompozisyonu üzerine etkileri (%)

N	B	Buğdaygil	Baklagil	Diğer Familya
N ₀	B ₁	48,3±2,1d	28,5±1,8a	23,2±1,5a
	B ₂	52,1±1,9c	25,9±1,6b	22,0±1,3a
	B ₃	55,7±2,3b	22,4±1,4c	21,9±1,7a
N ₁	B ₁	53,6±1,8c	26,8±1,5a	19,6±1,2b
	B ₂	57,2±2,0b	23,1±1,3b	19,7±1,1b
	B ₃	60,4±2,4a	19,8±1,2c	19,8±1,4b
N ₂	B ₁	58,9±2,2b	24,3±1,4a	16,8±1,0c
	B ₂	62,5±2,1a	20,7±1,2b	16,8±1,1c
	B ₃	65,2±2,5a	17,5±1,1c	17,3±1,3c
N ₃	B ₁	60,4±2,3b	22,1±1,3a	17,5±1,2c
	B ₂	64,8±2,4a	18,3±1,1b	16,9±1,0c
	B ₃	68,1±2,6a	15,2±1,0c	16,7±1,2c

Araştırmada biçim zamanının geciktirilmesi ile buğdaygil oranının arttığı ve baklagil oranının azaldığı görülmüştür (Şekil 2). Diğer familya oranları arasında ise düzensiz bir biçimde azalmalar ve artışlar tespit edilmiştir. Erken biçim (B_1), baklagiller ve diğer familyalar için en uygun dönem olurken, buğdaygiller için en uygun dönem geç biçim (B_3) olmuştur. En yüksek buğdaygil, baklagil ve diğer familya oranları sırasıyla N_3B_3 (%68,1), N_0B_1 (%28,5) ve N_0B_1 (%23,2) uygulamalarında kaydedilmiştir.



Şekil 2. Azot dozları (N) ve bloklar (B) arasındaki interaksiyonun baklagil oranına etkisi

Kuru ot verimi (kg/da)

Kuru ot verimi üzerine farklı azot dozu (N), biçim zamanı (B) ve bunların interaksiyonlarının etkileri istatistiksel olarak çok önemli ($p < ,01$) sınıfta yer almıştır (Tablo 3).

Tablo 3.

Farklı azot dozu ve biçim zamanı uygulamalarının KOV, AKE, HP ve HPV'ne ait varyans analiz sonuçları

VK	SD	KOV	AKE	HP	HPV
Blok	2	1,2 öd	0,7 öd	0,8 öd	0,8 öd
N	3	45,6 **	25,4 **	38,2 **	185,6 **
B	2	62,3 **	31,8 **	75,6 **	1,2 öd
N × B	6	5,8 **	2,8 **	3,2 *	0,9 öd
Hata	22	-	-	-	-

**: $p < ,01$, *: $p < ,05$, öd: önemli değil

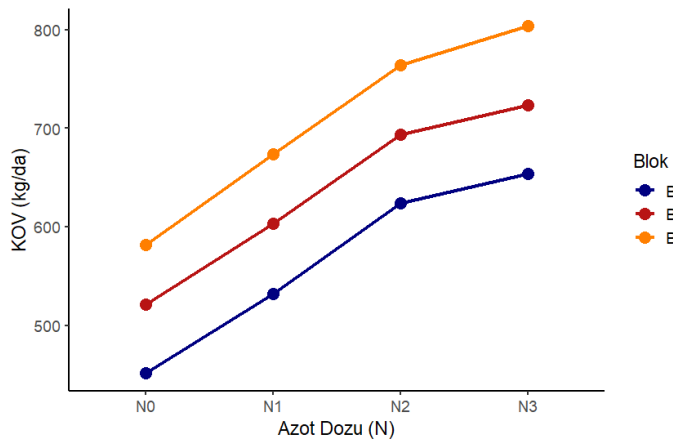
Tablo 4.

Farklı azot dozu ve biçim zamanı uygulamalarının KOV, AKE, HPO, HPV üzerine etkileri

N	B	KOV (kg/da)	AKE (kg/kg N)	HP (%)	HPV (kg/da)
N ₀	B ₁	451,3±1,3d	-	12,1±0,5d	54,5±2,8d
	B ₂	521,5±1,1c	-	10,8±0,4e	56,2±2,5d

	B ₃	581.5±1,4b	-	9,5±0,3f	55,1±2,7d
	B ₁	531,8±1,1c	10,7±0,8a	13,5±0,6c	71,6±3,2c
N ₁	B ₂	603,4±1,3b	9,5±0,7b	12,2±0,5d	73,2±3,0c
	B ₃	673,7±1,4a	8,2±0,6c	10,7±0,4e	71,7±3,1c
	B ₁	623,7±1,2b	9,8±0,7b	14,8±0,7b	91,8±4,0b
N ₂	B ₂	693,5±1,1a	8,6±0,6c	13,4±0,6c	92,5±3,8b
	B ₃	763,7±1,3a	7,3±0,5d	11,9±0,5d	90,4±3,9b
	B ₁	653,4±1,4a	8,5±0,6c	15,2±0,7a	98,8±4,2a
N ₃	B ₂	723,5±1,2a	7,1±0,5d	13,8±0,6b	99,4±4,0a
	B ₃	803,8±1,5a	6,0±0,4e	12,3±0,5c	98,4±4,1a

Artan azot dozu ve biçim zamanının ilerlemesi ile kuru ot veriminin artış gösterdiği gözlemlenmiştir (Şekil 3). Kontrol uygulamasında (N₀) kuru ot verimi 451,3-581,5 kg/da arasında ölçülürken, N₁ uygulamasında 531,8-673,7 kg/da, N₂ uygulamasında 623,7-763,7 kg/da ve N₃ uygulamasında 653,4-803,8 kg/da arasında kaydedilmiştir (Tablo 4).

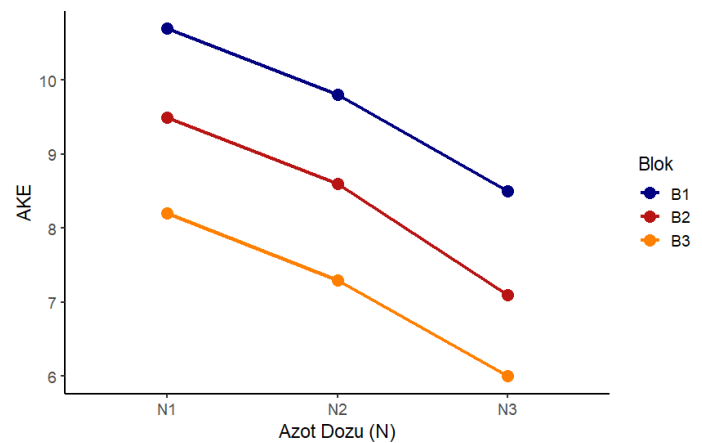


Şekil 3. Azot dozları (N) ve bloklar (B) arasındaki interaksiyonun kuru ot verimine etkisi

Araştırmada her azot dozu uygulamasında biçim zamanının gecikmesi ile kuru ot verimi artış göstermiştir. Geç biçim (B₃), ortalama verimi erken biçime (B₁) göre %25,4 artırmıştır. N₃B₃, kontrol uygulamasından (N₀B₁) %78,1 daha yüksek verime sahip olmuştur (Tablo 4).

Azot kullanım etkinliği (kg/kg N)

Azot kullanım etkinliği üzerine farklı azot dozu (N), biçim zamanı (B) ve bunların interaksiyonlarının etkileri istatistiksel olarak %1 önem seviyesinde çok önemli olarak belirlenmiştir (Tablo 3).

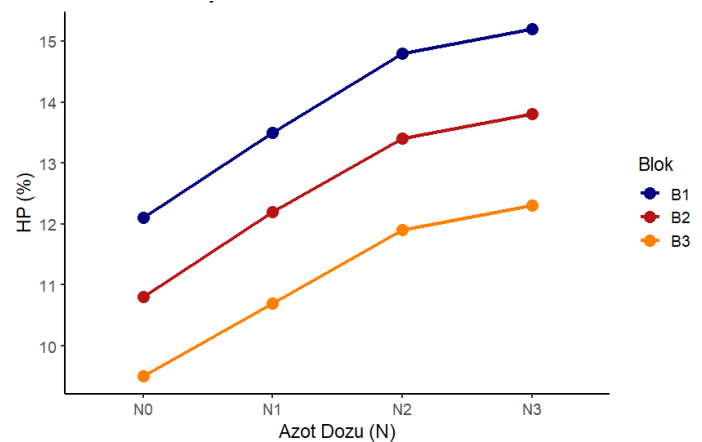


Şekil 4. Azot dozları (N) ve bloklar (B) arasındaki interaksiyonun azot kullanım etkinliğine etkisi

Azot dozunun artışına paralel olarak azot kullanım etkinliği belirgin olarak azalmıştır (Şekil 4). N₁ uygulamasında 8,2-10,7 kg/kg N aralığında olan azot kullanım etkinliği, N₃ uygulamasında 6,0-8,5 kg/kg N aralığında ölçülmüştür. Azot kullanım etkinliği açısından N₁ ile N₃ uygulamaları arasında %29,9 verimlilik kaybı oluşmuştur. Benzer şekilde biçim zamanı geciktikçe azot kullanım etkinliği de azalmıştır. Erken biçim 8,5-10,7 kg/kg N ve geç biçim 6,0-8,2 kg/kg N aralığında değişirken, bu biçimler arasında %23,4'lük bir verim kaybı belirlenmiştir (Tablo 4).

Ham protein oranı (%)

Farklı azot dozu ve biçim zamanı uygulamalarının ham protein oranı üzerine etkileri %1'de önemli olurken, N x B interaksiyonu %5'te önemli olmuştur (Tablo 3).



Şekil 5. Azot dozları (N) ve bloklar (B) arasındaki interaksiyonun ham protein oranına etkisi

Ham protein oranı farklı azot dozu uygulamalarının etkisiyle artarken, biçim zamanı geciktikçe azalmıştır (Şekil 5). En yüksek protein oranı %15,2 ile N₃B₁ muamelesinde

gözlemlenirken, en düşük oran %9,5 ile N₀B₃ muamelesinde kaydedilmiştir. Erken biçimden elde edilen maksimum değer (%15,2), kontrol grubunun erken biçiminden elde edilen değere (%12,1) göre %25,6 oranında bir artışa karşılık gelmektedir. Ham protein oranları açısından en yüksek değerler erken biçimlerden alınırken, bunu sırasıyla orta biçimler ve geç biçimler takip etmiştir.

Ham protein verimi (kg/da)

Ham protein verimi üzerine farklı azot dozu uygulamasının etkileri çok önemli ($p < ,01$) sınıfta yer alırken, biçim zamanı ve N x B interaksiyonunun etkileri önemsiz olarak belirlenmiştir (Tablo 3).

Artan azot dozuna bağlı olarak ham protein veriminde önemli artışlar kaydedilirken, geciken biçim zamanları arasında düzensiz artış ve azalmalar tespit edilmiştir. Kontrol grubunda (N₀) ham protein verimi 54,5-56,2 kg/da aralığında iken, maksimum azot uygulamasında (N₃) 98,4-99,4 aralığına yükselmiştir. Artan azot dozu (N₀-N₃ arasında) ile ham protein verimleri yaklaşık %81 artış göstermiştir. Biçim zamanları dikkate alındığında en yüksek ham protein verimi normal biçim (B₂) yapılan parsellerde kaydedilmiştir. Normal biçimden elde edilen en yüksek değer 99,4 kg/da iken, en düşük değer ise 56,2 kg/da olarak belirlenmiştir.

Nötral Deterjan Fiber (NDF) oranı (%)

Farklı azot dozu ve biçim zamanı uygulamalarının NDF oranı üzerine etkileri istatistiksel olarak çok önemli ($P < 0,01$) grupta yer alırken, bunların interaksiyonları ise önemsiz olarak tespit edilmiştir (Tablo 5).

Tablo 5.

Farklı azot dozu ve biçim zamanı uygulamalarının NDF, ADF ve NYD verilerine ait varyans analiz sonuçları

VK	SD	NDF	ADF	NYD
Blok	2	0,9 öd	1,5 öd	1,1 öd
N	3	48,7 **	52,1 **	42,3 **
B	2	71,4 **	68,9 **	58,2 **
N x B	6	2,1 öd	1,9 öd	6,4 **
Hata	22	-	-	-

**: $p < ,01$, *: $p < ,05$, öd: önemli değil

NDF oranı artan azot dozu ile azalış gösterirken, biçim zamanı geciktikçe artış sağlamıştır. Azotun kullanılmadığı parsellerde (N₀) %48,3-56,4 arasında belirlenen NDF oranları, artan azot dozu ile azalarak, N₃ uygulamasında %42,8-51,5 arasında kaydedilmiştir. NDF oranı, en düşük %42,8 ile N₃B₁ muamelesinde belirlenirken, en yüksek %56,4 ile N₀B₂ muamelesinde tespit edilmiştir. N₀ ile N₃ uygulamaları karşılaştırıldığı zaman, NDF oranları açısından

erken biçimlerde %11,4, normal biçimlerde %10,4 ve geç biçimlerde %8,7'lik bir azalma gözlemlenmiştir (Tablo 6).

Tablo 6.

Farklı azot dozu ve biçim zamanı uygulamalarının NDF, ADF oranları ve NYD değerleri üzerine etkileri

N	B	NDF (%)	ADF (%)	NYD
N ₀	B ₁	48,3±1,5a	32,5±1,2a	119,8±1,3d
	B ₂	52,1±1,7a	35,2±1,3a	109,3±1,1e
	B ₃	56,4±1,9a	38,7±1,5a	94,7±0,9f
N ₁	B ₁	46,2±1,4b	30,8±1,1b	129,6±1,5c
	B ₂	50,3±1,6b	33,5±1,2b	114,2±1,2d
	B ₃	54,8±1,8b	36,9±1,4b	99,8±1,0e
N ₂	B ₁	44,0±1,3c	29,1±1,0c	139,7±1,6b
	B ₂	48,1±1,5c	31,8±1,1c	124,5±1,4c
	B ₃	52,9±1,7c	35,2±1,3b	104,3±1,1d
N ₃	B ₁	42,8±1,2c	28,5±0,9c	144,9±1,7a
	B ₂	46,7±1,4c	30,9±1,0c	129,1±1,5b
	B ₃	51,5±1,6b	34,1±1,2b	108,6±1,2c

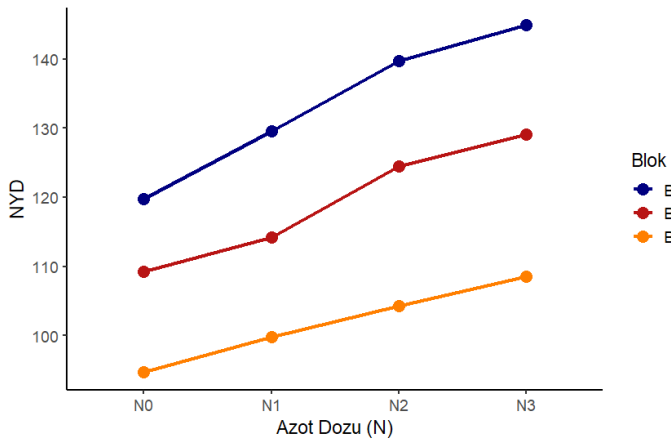
Asit Deterjan Fiber (ADF) oranı (%)

ADF oranı üzerine farklı azot dozu ve biçim zamanlarının etkileri istatistiki manada %1 önem seviyesinde çok önemli olarak belirlenmiş, ancak bunların interaksiyonlarının istatistiksel anlamda önemsiz olduğu gözlemlenmiştir (Tablo 5).

ADF oranı da NDF oranına benzer şekilde azot dozunun artışına paralel olarak azalmış ve biçim zamanı geciktikçe de artmıştır. ADF oranı en düşük muamele %28,5 ile N₃B₁, en yüksek muamele ise %38,7 ile N₀B₃ olarak kaydedilmiştir. Azot dozunun kontrol grubunda %32,5-38,7 aralığında kaydedilen ADF oranı, N₃ uygulamasında %28,5-34,1 aralığında ölçülmüştür. Yani düşük ADF oranları azotun N₃ dozunda tespit edilirken, en yüksek ADF oranları ise azotun N₀ (kontrol) dozunda belirlenmiştir. Biçim zamanları arasında en yüksek ADF oranları geç biçimlerde belirlenirken, en düşük ADF oranları ise erken biçimlerde tespit edilmiştir. ADF oranları erken biçimlere göre, normal biçimlerde %8-9 oranında, geç biçimlerde ise yaklaşık %19-20 oranında artmıştır (Tablo 6).

Nispi yem değeri (NYD)

Nispi yem değeri üzerine farklı azot dozu (N), biçim zamanı (B) ve bunların interaksiyonlarının etkileri istatistiki manada çok önemli ($p < ,01$) olmuştur (Tablo 5).



Şekil 6. Azot dozları (N) ve bloklar (B) arasındaki interaksiyonun nispi yem değerine etkisi

Artan azot dozuna bağlı olarak nispi yem değeri önemli ölçüde artmıştır (Şekil 6). Bunun aksine biçim zamanı geciktikçe nispi yem değeri önemli derecede azalmıştır. En düşük nispi yem değeri kontrol grubunun üçüncü biçiminde 94,7 olarak ölçülürken, en yüksek N_3B_1 muamelesinde 144,9 olarak kaydedilmiştir. Kontrol uygulamasında 94,7-119,8 aralığında ölçülen nispi yem değeri, N_3 uygulamasında 108,6-144,9 aralığında kaydedilmiş ve artış miktarı ortalama %18 olmuştur. Biçim zamanları arasında en yüksek nispi yem değerleri birinci biçimlerden, en düşük değerler ise üçüncü biçimlerden elde edilmiş ve bu biçimler arasındaki azalmalar ortalama %31 civarında olmuştur (Tablo 6).

Tartışma

Botanik kompozisyon (%)

Azot uygulaması, çayır ekosistemlerinde botanik kompozisyonun en belirleyici faktörlerinden biridir. Yapılan çalışmalarda, artan azot dozunun buğdaygil oranını artırdığı, buna karşılık baklagil ve diğer familyaların oranlarını azalttığı rapor edilmiştir (Carlsson & Huss-Danell, 2003; Comaklı vd., 2009; Yolcu vd., 2010; Bijelić vd., 2011; Jensen vd., 2020; Kökten vd., 2022). Buğdaygil oranının artması, özellikle buğdaygillerin yüksek azot kullanım etkinliğiyle ve buğdaygillerde vejetatif büyümeyi teşvik eden nitrat redüktaz enzim aktivitesiyle ilişkilidir (Marschner, 2012). Ayrıca azot, buğdaygillerde vejetatif büyümeyi teşvik ederek fotosentetik yüzey alanını genişletirken, ışık ve besin rekabetinde avantaj sağlamasını ve bu bitki grubunun dominant olmasını temin etmektedir (Hogh-Jensen & Schjoerring, 1997). Baklagil oranının, artan azot dozuyla azalması, baklagillerin biyolojik azot fiksasyon yeteneklerinin yüksek toprak azotu varlığında

baskılanmasıyla açıklanabilir (Jensen vd., 2020). *Rhizobium* simbiyozu, düşük azotlu koşullarda optimize olurken, ekstra azot uygulaması bitkinin kök nodülasyonunu inhibe etmektedir (Carlsson & Huss-Danell, 2003). Diğer familya oranının azalması ise yüksek azotun rekabetçi olmayan türleri baskılamasıyla ilişkili olabilir. Çünkü azot, dominant türlerin (buğdaygiller) büyümesini hızlandırarak, diğer türlerin ışık ve kaynak erişimini kısıtlamakta ve özellikle diğer familya bitkileri ışık penetrasyonu nedeniyle azot rekabetinde dezavantajlı konumda yer almaktadır (Stevens vd., 2004). Nitekim yapılan birçok çalışma, azotlu gübrelemenin buğdaygil oranını artırarak baklagil ve diğer familya oranını azalttığını bildirmesi çalışmamızla paralellik göstermektedir (Hogh-Jensen & Schjoerring, 1997; Carlsson & Huss-Danell, 2003; Stevens vd., 2004; Comaklı vd. 2005; Altın vd., 2010; Kahramanoğulları, 2019; Jensen vd., 2020; Uslu vd., 2021).

Biçim zamanı, fenolojik evrelerle ilişkili olarak botanik kompozisyonu önemli ölçüde şekillendirmektedir. Erken biçim, baklagil oranını korurken, geç biçim buğdaygil baskınlığını artırmaktadır (Frame & Laidlaw, 2013). Bu değişim, baklagillerin generatif dönemde lignifikasyonla birlikte besin kalitesinin düşmesi, buğdaygillerin sap hacmindeki artış ve buna paralel olarak kuru madde oranındaki artışla açıklanabilir (Buxton & Fales, 1994; Altınay, 2019). Ayrıca, geç biçim, buğdaygillerin kök rezervlerini yeniden doldurmasına izin vererek uzun vadeli populasyon stabilitesini desteklemektedir (Smith vd., 2008). Diğer familyalar ise biçim zamanından daha az etkilenmektedir. Bu durum, bu grupların değişen çevre koşullarına tepki olarak gösterdiği adaptasyon yeteneğinin düşük olmasıyla ilişkili olabilir (Phelan vd., 2015). Nitekim yapılan birçok çalışma, biçim zamanının gecikmesiyle buğdaygil oranının artarak baklagil ve diğer familya oranının azaldığını ifade etmesi çalışmamızda bulduğumuz sonuçları destekler niteliktedir (Buxton & Fales, 1994; Menteşe, 1998; Smith vd., 2008; Frame & Laidlaw, 2013; Phelan vd., 2015).

Sonuç olarak çayır ekosistemlerinde azot yönetimi ve biçim zamanı, botanik kompozisyonu şekillendiren iki kritik faktördür. Azot uygulaması, buğdaygillerin rekabet üstünlüğünü artırarak, baklagil ve diğer familyaları baskılamaktadır. Biçim zamanı ise bu etkiyi modüle etmektedir. Erken biçim, baklagil varlığını korurken, geç biçim buğdaygil verimini maksimize etmektedir. Ancak, yüksek azot ve geç biçim kombinasyonu, biyoçeşitlilik kaybına ve ekosistem servislerinin azalmasına yol açabilir (Stevens vd., 2004). Bu nedenle, sürdürülebilir yönetim için 15 kg N/da gibi orta düzey azot dozları ile erken-orta biçim kombinasyonları önerilebilir. Bu oran, hem verim hem de botanik çeşitlilik dengesini sağlayarak uzun vadeli ekosistem sağlığını desteklemektedir (Phelan vd., 2015).

Kuru ot verimi (kg/da)

Azot dozu ve biçim zamanı, kuru ot verimini şekillendiren iki temel agronomik faktördür. Elde edilen sonuçlar, azot dozu artışının kuru ot verimini istatistiksel olarak anlamlı düzeyde artırdığını göstermiştir. Bu durum, artan azot dozunun kuru madde birikimini, kök gelişimini ve toprak nemi kullanımını teşvik etmesiyle açıklanabilir (Fathi, 2020). Ayrıca, yüksek N seviyelerinin, yaprak oluşumunu artırarak, fotosentez yüzey alanını genişletmesi ve böylece biyokütle verimini yükseltmesiyle ilişkilendirilebilir (Fathi, 2020; Fathi, 2022). Bunun yanı sıra artan azotla birlikte yaprak yüzeyinin dayanıklılığı, fotosentez süresi ve verimliliği de artmakta, bu da bitkinin daha fazla kuru madde biriktirmesine olanak tanımaktadır (Zebarth & Sheard, 1992). Öte yandan, klorofil içeriği, fotosentetik verimlilik ve kuru madde birikiminin belirlenmesinde kritik bir parametredir. Çünkü yaprak azotunun yaklaşık %70'i kloroplastlarda depolanmakta ve bu da klorofil sentezini doğrudan etkilemektedir (Fathi and Zeidali, 2021; Moenirad vd., 2021). Dolayısıyla, N dozundaki artış, klorofil üretimini destekleyerek, fotosentetik kapasiteyi ve sonuçta kuru ot verimini yükseltmiştir. Nitekim yapılan birçok çalışmada azotlu gübrelemenin kuru ot verimini artırdığının bildirilmesi çalışmamızla paralellik göstermektedir (Hatipoğlu vd., 2001; Çınar vd., 2005; Gür, 2008; Comakli vd., 2009; Altın vd., 2010; Hrevušová vd., 2015; Kahramanoğulları, 2019; Uslu vd., 2021).

Azotlu gübrelemeye benzer şekilde, biçim zamanının geciktirilmesi de kuru ot veriminde belirgin bir artışa yol açmıştır. Bitkilerin vejetatif gelişim süresinin uzamasına paralel olarak kuru madde üretiminin artması beklenen bir durumdur. Ayrıca, geç biçim uygulamalarının yaprak alan indeksini artırarak, fotosentetik aktiviteyi uzattığı ve bu sayede kuru madde birikimini maksimize ettiği bilinmektedir (Buxton, 1996). Ancak, geç biçimin ham protein oranında azalmaya yol açması, verim ile kalite arasındaki dengeyi vurgulamaktadır. Nitekim literatürde biçim zamanının gecikmesiyle kuru ot veriminin arttığını bildiren çalışmalar (Menteşe, 1998; Keady & O'Kiely, 1998; Madakadze vd., 1999; Elliott & Abbott, 2003; Aydın & Uzun, 2005; Comakli vd., 2005; Mueller vd., 2005; Brum vd., 2009), bu araştırmada elde edilen sonuçlarla örtüşmektedir. Bu durum, vejetatif dönemin uzatılmasının biyokütle birikimini teşvik ettiği hipotezini de desteklemektedir (Buxton, 1996).

Azot kullanım etkinliği (kg/kg N)

Çalışma sonuçlarına göre, azot kullanım etkinliği (AKE) azot dozunun artışı ve biçim zamanının gecikmesine paralel olarak azalmıştır. Bu durum, aşırı N uygulamasının bitkilerde azot dengesinin bozarak, toprak mikrobiyal

aktivitesini ve bitki metabolizmasını olumsuz etkilenmesinden kaynaklanmış olabilir. Nitekim Galindo vd. (2024), AKE'nin sadece gübreleme ve biçim stratejilerine bağlı olarak değil, aynı zamanda bitki topluluğu dinamikleri ve toprak-bakteri etkileşimlerine bağlı olarak da azaldığını bildirmiştir. Özellikle, yararlı bakterilerin varlığına rağmen fazla N'nin toprak pH'sını değiştirmesi ve kök bölgesinde iyon rekabetine yol açması, AKE'yi düşürmektedir. Ayrıca, buğdaygil oranının N₃ seviyesinde yüksek oranda artması, buğdaygillerin N'yi verimli kullanmak yerine biyokütle birikimine yönelmesiyle ilişkilendirilebilir. Buğdaygillerin yüksek N talebi, toprakta azot birikimine ve mikrobiyal dengesizliğe yol açarak AKE'yi azaltmaktadır.

Çayır ekosisteminde biçim uygulaması, bitki tür çeşitliliğini artırır da, bu durum AKE üzerinde dolaylı bir etkiye sahip olmuştur. Örneğin, buğdaygil oranının artması, baklagillerin azot fiksasyonu yeteneğini azaltarak toprak N havuzuna katkısını azaltmakta ve bitkilerin gübre N'sine bağımlılığını artırmaktadır (Zhou vd., 2019). Bu da AKE'nin düşmesine neden olmaktadır. Ayrıca, buğdaygillerin baskınlığı, kök bölgesinde N rekabetini şiddetlendirerek azotun alım verimliliğini sınırlamaktadır. Veriler, AKE'nin N₃ seviyesinde keskin bir düşüş gösterdiğini ortaya koymaktadır. Bu durum, 15 kg N/da eşiğini aşan uygulamaların AKE'yi düşürdüğü hipoteziyle örtüşmektedir (Lu vd., 2019). Özellikle buğdaygil ağırlıklı sistemlerde, yüksek N dozları bitkilerin azotu lüks tüketimine yönlendirmekte ve kök gelişimini baskılayarak topraktan N alımını azaltmaktadır (Li vd., 2017).

Ham protein oranı (%)

Çayırların besin içeriği, otlatma, biçim ve gübre kullanımı gibi faktörlerinden büyük ölçüde etkilenmektedir (Pontes vd. 2017). Çalışmamızda N dozunun artmasıyla HP'de istatistiksel olarak anlamlı bir artış gözlemlenmiştir ($p < .01$). Bu artış, azotun amino asit üretimini artırması ve bitki dokularında protein sentezinin temel bileşeni olmasıyla açıklanabilir (Dupas vd., 2016). Azotlu gübreleme, buğdaygillerde yaprak gelişimini teşvik ederek yaprak/gövde oranını artırmakta ve böylece protein içeriği yüksek genç sürgünlerin payını yükseltmektedir (Wilman & Riley, 1993; Duru vd., 2008). Azotlu gübreleme ile buğdaygillerin mineral madde içeriğinin, lezzetliliğinin, kuru madde ve protein oranlarının arttırılabileceği bildirilmiştir (Kökten vd., 2022). Ancak, aşırı N uygulamalarında ham protein oranında görülen artış, bitkilerin lüks tüketim eğilimine girmesi, yağış ve sıcaklıkla ilişkilidir (AbdElgawad vd., 2014). Nitekim yapılan birçok çalışma (Hatipoğlu vd., 2001; Çınar vd., 2005; Gür, 2008; Comakli vd. 2009; Altın vd., 2010; Kahramanoğulları, 2019; Uslu vd., 2021), azotlu gübrelemenin ham protein oranını artırdığını rapor etmiştir.

Biçim zamanının gecikmesi, ham protein oranında istatistiksel olarak anlamlı bir düşüşe yol açmıştır ($p < ,01$). Bu durum, bitkilerin olgunlaşma sürecinde yapısal karbonhidratların (lignin, selüloz) sentezine öncelik vermesi ve protein sentezinin azalmasıyla ilişkilidir (Adesogan vd., 2009). Ayrıca, geç biçimde yaprak/gövde oranının düşmesi, protein içeriği yüksek yaprakların azalmasına neden olmaktadır (Buxton, 1996). Biçim yoğunluğu ve sıklığı da bitki morfolojisini değiştirerek besin değerini etkilemektedir (Liu vd., 2011; Fontes vd., 2014).

Ayrıca çalışmamızda, N dozunun artmasıyla baklagil oranında belirgin bir düşüş tespit edilmiştir. Bu durum yüksek N uygulamalarının, baklagillerin ve azot fiksasyon yeteneğine sahip bakterilerinin zarar görmesine neden olmaktadır (Carlsson ve Huss-Danell, 2003; Oliveira vd., 2004). Bu da, yüksek azot dozuna bağlı diğer biçimlerde baklagil oranının ve dolayısıyla da ham protein oranının azalmasına neden olmaktadır (Brum vd. 2009). Benzer şekilde Dale vd., (2013), baklagil oranının azalmasına bağlı olarak ham protein oranının azaldığını rapor etmiştir.

Ham protein verimi (kg/da)

Ham protein verimi (HPV), kuru ot verimi (KOV) ile ham protein oranının (HPO) çarpımından hesaplanan bir değerdir. Bu nedenle, HPV'deki değişiklikler doğrudan bu iki parametrenin artışına bağlı olmaktadır (Erden vd., 1994; Uslu, 2005; Uslu vd., 2021). Çalışmamızda, N₃B₃ kombinasyonunda KOV 803,8 kg/da ve HP %12,3 olarak ölçülmüş, bu da HPV'ni 98,4 kg/da'a ulaştırmıştır. Bu sonuçlar, yüksek N dozlarının hem kuru ot verimi hem de ham protein oranını artırarak, ham protein verimini yükselttiğini doğrulamaktadır (Comakli vd., 2009). Gökkuş (1989), çayırlardan yüksek KOV ve HPV elde etmek için dekara 22,5 kg azot ve 5 kg fosfor uygulamasını önermiştir. Bizim çalışmamızda da N₃ uygulaması ve kullanılan fosfor oranının aynı olması ham protein veriminde gözlemlenen artışın nedeni olarak gösterilebilir.

Azot dozunun artmasıyla HPV'de istatistiksel olarak anlamlı bir artış gözlenmiştir ($p < ,01$). Bu artış, azotun hem kuru ot verimini hem de protein sentezini teşvik etmesiyle açıklanabilir (Gökkuş, 1989). Biçim zamanının HPV üzerindeki etkisi istatistiksel olarak anlamsızdır. Örneğin, N₃ seviyesinde B₁ (erken biçim) ile B₃ (geç biçim) arasında HPV 98,8 kg/da ile 98,4 kg/da arasında benzerlik göstermiştir. Bu durum, geç biçimde kuru ot verimindeki artışın ham protein oranındaki düşüşü dengelediğini işaret etmektedir. Geç biçim, lignifikasyonun artması nedeniyle ham protein oranını düşürse de, biyokütle birikimini maksimize ederek kuru ot verimini yükseltmektedir (Van Soest, 1994). Nitekim yapılan çalışmalar azotlu gübrelemenin HPV'ni artırdığını (Hatipoğlu vd., 2001; Çınar vd., 2005; Gür, 2008; Comakli vd., 2009; Altın vd., 2010; Doğan, 2011; Kahramanoğulları,

2019; Uslu vd., 2021) rapor etmişlerdir.

NDF oranı (%)

Çalışmamızda azot dozunun artmasıyla NDF oranında istatistiksel olarak anlamlı bir düşüş gözlenmiştir. Bu düşüş, azotun bitkilerde yaprak gelişimini teşvik ederek yaprak/gövde oranını artırması ve lignifikasyonu azaltmasıyla açıklanabilir (Hoffman vd., 2001). NDF'nin yapısında hücre duvarı maddeleri olan lignin, selüloz ve hemiselüloz bulunduğu bilinmektedir (Budak & Budak 2014). Dolayısıyla azot, hücre duvarı bileşenlerinin sentezini yavaşlatarak daha az lifli bir yapı oluşumuna neden olmaktadır (Peyraud & Astigarraga, 1998). Ancak, baklagillerde NDF oranının N artışıyla değişmemesi, buğdaygillerin azota daha duyarlı olduğunu göstermektedir (Tohumcu & Temel, 2020). Nitekim yapılan birçok çalışmada artan azot uygulaması oranıyla NDF oranının azaldığının rapor edilmesi bu çalışma ile paralellik göstermektedir (Dupas vd., 2010; Viana vd., 2011; Dupas vd. 2016; Delevatti vd., 2019).

Biçim zamanının gecikmesi, NDF oranını istatistiksel olarak anlamlı düzeyde artırmıştır. Bu artış, bitkilerin olgunlaşma sürecinde gövde ve ksilem dokusunun kalınlaşmasıyla ilişkili olabilir (Hoffman vd., 2001). Geç biçimde artan lignifikasyon, hücre duvarı sindirilebilirliğini düşürerek yem kalitesini olumsuz etkilemektedir. Nitekim Wróbel vd. (2022), geciken hasat tarihiyle birlikte bitki hücre duvarı bileşenlerinin (lignin, selüloz ve hemiselüloz) arttığını bildirmişlerdir. Ayrıca biçim zamanının gecikmesiyle birlikte buğdaygil oranında gözlemlenen artış NDF oranını artırmış olabilir. Buğdaygillerin NDF oranının, baklagillerden belirgin şekilde yüksek olduğu (Tohumcu ve Temel, 2020) ve buğdaygillerin oranının artışı ile NDF oranının arttığı bildirilmiştir (Hatipoğlu vd., 2005). Çalışmamızda da biçim zamanının gecikmesiyle birlikte buğdaygil oranının artması, NDF oranını artırmıştır. Öte yandan, erken ilkbaharda bitkilerin yaprak oranlarının fazla olduğu, gövdelerle karşılaştırıldığında belirgin şekilde yüksek sindirilebilirlik ve düşük lif içeriğine sahip olduğu bilinmektedir (Wróbel vd., 2022). Ancak bitkilerin olgunlaşmasıyla birlikte, gövde oranında hızlı bir artış gözlemlenmektedir (Collins & Fritz, 2003). Bu durumda, geciken biçim zamanıyla daha yüksek büyüme oranlarının sap birikimine neden olmasından dolayı NDF oranı artmaktadır (Delevatti vd., 2019).

ADF oranı (%)

Asit eriticilerde çözünmeyen lif (ADF), kaba yemlerin hücre duvarını oluşturan selüloz ve lignin gibi sindirilemeyen bileşenlerden meydana gelmektedir (Balthrop vd., 2011). ADF oranı, ruminant beslemede yemin enerji değerini ve sindirilebilirliğini belirleyen kritik bir

parametredir. Yüksek ADF, düşük sindirilebilirlik ve dolayısıyla düşük yem kalitesi anlamına gelmektedir. Bu çalışmada, artan azot dozuna bağlı olarak ADF oranında belirgin bir azalma gözlemlenmiştir. Bu azalma, azotlu gübrelemenin bitki yapraklarındaki azot içeriğini, doku proteinini ve sindirilebilir karbonhidratları artırmasından kaynaklanmış olabilir (Fribourg vd., 1979; Kellogg vd., 1994; Kering vd., 2011). Ayrıca NDF oranına benzer olarak azotun yaprak gelişimini teşvik ederek, lignifikasyonu azaltmasıyla da açıklanabilir. Nitekim yapılan birçok çalışma, azot uygulamasının ham protein oranını artırdığını ve ADF oranını azalttığını rapor etmiştir (Fribourg vd., 1979; Kellogg vd., 1994; Kering vd., 2011; Shi vd. 2024).

Yapılan çalışmada, biçim zamanının gecikmesi, ADF oranını istatistiksel olarak anlamlı düzeyde artırmıştır. Bitkiler olgunlaştıkça, yaprak/sap oranı düşmekte (Pinkerton & Cross, 1992) ve yapısal karbonhidratlar (selüloz, lignin) bakımından zengin sapların oranı artmaktadır (Severoğlu, 2023). Örneğin, bu çalışmada erken biçimde ADF %29.1 iken, geç biçimde bu değer %38.7'ye çıkmıştır. Bu artış, özellikle buğdaygillerde belirgin olup, sap dokusunun hızla odunlaşmasından kaynaklanmış olabilir. Araştırmada biçim zamanının gecikmesiyle belirlenen buğdaygil oranında artışın ADF oranını da benzer şekilde arttığı görülmektedir. Bu durum olgunlaşan bitkilerde sap oranı ve lignifikasyonun hızla artması ve bunun da ADF'yi önemli ölçüde yükseltmesiyle açıklanabilir (Gülşen vd., 2004). Ayrıca, erken ilkbaharda yüksek yağış, vejetatif büyümeyi, yaprak/gövde oranını ve ham protein oranını artırabilirken, ADF ve NDF içeriğini yaz aylarına nazaran daha düşük seviyelerde tutabilmektedir. Buna karşılık, yüksek sıcaklık ve nem stresinin, yaprak/gövde oranını azalttığı (Fick vd., 1988), lignifikasyonu artırdığı (Gitz vd., 2006), ADF ve NDF içeriğini yükselttiği (Turner, 1981) bilinmektedir.

Nispi yem değeri

Nispi yem değeri (NYD), yem kalitesini değerlendirmede kritik bir parametre olup, yonca bitkisinin referans alındığı (NYD=100) bir indeks sistemine dayanmaktadır (Kaya, 2008). Bu çalışmada, azot uygulamasının ADF ve NDF içeriğini anlamlı şekilde azalttığı, ham protein oranı ve nispi yem değerini (NYD) attırdığı tespit edilmiştir. Bu durum, gübreleme sonucunda artan azot dozunun protein gibi çözünebilir maddelerin birikimini artırması ve bitki hücre duvarının incelmeye neden olmasından kaynaklanmış olabilir (Peyraud & Astigarraga, 1998; Xu vd., 2023). Sonbahar başlangıcında uygulanan azotun çayırlardan elde edilen yemin ham protein içeriğini yaklaşık %20 oranında artırdığı rapor edilmiştir (Xu vd., 2023). Nitekim yapılan birçok çalışma azot dozu arttıkça kuru madde verimi ile

birlikte ham protein oranının yükseldiğini, ADF ve NDF oranlarının ise düştüğünü bildirmiştir (Bıçakçı & Türk, 2018; Méndez vd., 2019; Kamran vd., 2022; Xu vd., 2023).

Biçim zamanının gecikmesi, nispi yem değerinde belirgin bir düşüşe yol açmıştır. Örneğin, N₃ seviyesinde erken biçim (B₁) ile geç biçim (B₃) karşılaştırıldığında, NYD 144,9'dan 108,6'ya gerilemiştir. Bu durum, erken hasat nedeniyle bitkilerde olgun dokuların ve lif içeriğinin az olması, bazı türlerin doğal olarak daha besleyici özellik taşımasıyla açıklanabilir (Šidlauskaitė & Kadžiulienė 2023). Olgunlaşan bitkiler genellikle daha az yaprak ve daha fazla sap materyali içerdikleri için daha düşük yem kalitesine sahiptir. Genç, yumuşak gövdeli, lezzetli yaprak ve çiçeklere sahip bitkiler kaliteli yem sağlarken, olgunlaşmanın ilerlemesiyle birlikte ADF ve NDF oranları artmakta, ham protein içeriği ve nispi yem değeri azalmaktadır (Rocateli & Zhang, 2015; Šidlauskaitė & Kadžiulienė, 2023). Ayrıca çalışmada artan azot dozu ve biçim zamanının gecikmesiyle buğdaygil oranında kaydedilen artış, nispi yem değerinin azalmasına neden olmuştur. Bu azalma, buğdaygillerin baklagillere göre daha fazla hücre duvarı maddesi içermesiyle açıklanabilir (Elgersma & Søgaard, 2016).

Sonuç ve Öneriler

Bu çalışma, azot dozu ve biçim zamanının çayır ekosistemlerinde hem verim hem de kalite parametreleri üzerinde belirleyici rol oynadığını ortaya koymuştur. Yüksek N dozları, kuru ot verimini 803,8 kg/da gibi etkileyici seviyelere çıkarmış olsa da, bu durum azot kullanım etkinliğinde (AKE) düşüşe ve baklagil oranının baskılanmasına neden olmuştur. Baklagillerin azalması, topraktaki biyolojik azot fiksasyonunu sınırlandırarak uzun vadede toprak verimliliğini tehdit etmektedir. Bu nedenle, özellikle 15-20 kg N/da (N₂) gibi orta dozların tercih edilmesi önerilmektedir. Bu aralık, hem KOV'ni (693,5 kg/da) tatmin edici düzeyde tutmakta hem de AKE'ni ve baklagil oranını (%20,7) koruyarak sürdürülebilirliği desteklemektedir.

Biçim zamanının etkisi ise verim ile kalite arasında kritik bir denge gerektirmektedir. Erken biçim (B₁), ham protein oranını ve nispi yem değerini maksimize ederken, geç biçim (B₃) KOV'ni artırsa da ADF ve NDF gibi sindirilemeyen lif içeriklerinin yükselmesine yol açmaktadır. Bu durum, ruminant beslemede sindirilebilirliği ve enerji alımını düşürerek yem kalitesini olumsuz etkilemektedir. Dolayısıyla, çiçeklenme başlangıcı ile tam çiçeklenme arasındaki dönem (B₁-B₂), hem KOV (723,5 kg/da) hem de HP (%13,8) ve NYD (129,1) arasında optimal dengeyi sağlayan en uygun biçim zamanı olarak öne çıkmaktadır.

Botanik kompozisyonun yönetimi de sürdürülebilir verimlilik açısından hayati öneme sahiptir. Yüksek N

uygulamaları buğdaygil oranını artırsa da (%68,1), baklagil oranının düşmesi (%15,2) toprak sağlığı ve azot döngüsü üzerinde baskı oluşturmaktadır. Bu nedenle, baklagiller teşvik edilmeli ve aşırı N uygulamalarından kaçınılmalıdır. Ayrıca, fosfor desteği (5 kg/da) ve mikrobiyal aşılama (*Azospirillum* spp.) gibi uygulamalarla bitki kök gelişimi ve toprak mikrobiyal aktivitesi desteklenmelidir.

Sonuç olarak, yüksek verim ile yüksek kalitenin aynı anda optimize edilebilmesi için orta N dozları ve erken-orta biçim zamanı kritik öneme sahiptir. Çiftçilerin hedeflerine göre strateji belirlemesi (süt sığırcılığı için kalite, kaba yem için verim öncelikli) ve toprakta biyolojik çeşitliliği koruyan uygulamalara yönelmesi, hem ekonomik hem de ekolojik sürdürülebilirlik açısından tavsiye edilmektedir.

Etik Komite Onayı: Bu çalışma için etik komite onayı gerekmiyor.

Hakem Değerlendirmesi: Dış bağımsız.

Yazar Katkıları: Fikir- B,Ç.;Tasarım- S,S.; Denetleme- B,Ç.; Kaynaklar- M,Y.; Veri Toplanması ve/veya İşlemesi- M,Y.; Analiz ve/veya Yorum- M,K, G.; Literatür Taraması- S,S.; Yazıyı Yazan- S,S.; Eleştirel İnceleme- M,K, G..

Çıkar Çatışması: Yazarlar, çıkar çatışması olmadığını beyan etmiştir.

Finansal Destek: Yazarlar, bu çalışma için finansal destek almadığını beyan etmiştir.

Ethics Committee Approval: This study does not require ethics committee approval.

Peer-review: Externally peer-reviewed.

Author Contributions: Concept-B,Ç.; Design-S,S.; Supervision-B,Ç.; Resources-M,Y.; Data Collection and/or Processing-M,Y.; Analysis and/or Interpretation-M,K, G.; Literature Search-S,S.; Writing Manuscript-S,S.; Critical Review- M,K, G..

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

Financial Disclosure: The authors declared that this study has received no financial support.

Kaynaklar

AbdElgawad, H., Peshev, D., Zinta, G., Van den Ende, W., Janssens, I. A., & Asard, H. (2014). Climate extreme effects on the chemical composition of temperate grassland species under ambient and elevated CO₂: a comparison of fructan and non-fructan accumulators. *PLoS One*, 9(3), e92044.

Adesogan, A. T., Sollenberger, L. E., Moore, J. E., Newman, Y. C., & Vendramini, J. M. (2009). Factors Affecting Forage Quality: SS-AGR-93/AG161, rev. 6/2009. Edis, 2009(5). Gainesville, FL.

Alçıçek, A., Kılıç, A., Ayhan, V., & Özdoğan, M. (2010). Türkiye’de kaba yem üretimi ve sorunları. Türkiye Ziraat Mühendisliği VII. Teknik Kongresi, 1071-1080 ss., Türkiye.

Altın, M. (1975). Erzurum Şartlarında Azot, Fosfor ve Potasyumlu Gübrelerin Tabii Çayır ve Meranın Ot Verimine, Otun Ham Protein, Ham Kül Oranına ve Bitki Kompozisyonuna Etkileri Üzerinde Bir Araştırma. Atatürk Üniversitesi Yayınları, Yayın No: 326, Ziraat Fakültesi Yayın No: 159, Araştırma Serisi No: 95, 141 s. Erzurum.

Altın, M. (1992). Çayır-Mera Islahı. Trakya Üniversitesi, Tekirdağ Ziraat Fakültesi Yayınları, Yayın No: 152, 203 s., Tekirdağ.

Altın, M., Tuna, C., & Gür, M., (2010). Tekirdağ taban ve kıraç meralarının verim ve botanik kompozisyonuna gübrelemenin etkisi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 7(2), 191-198.

Altın, M., Gökkuş, A., & Koç, A. (2011). Çayır ve Mera Yönetimi. T.C. Tarım ve Köyşleri Bakanlığı Tarımsal Üretim ve Geliştirme Genel Müdürlüğü Yayınları, Ankara. 186 s.

Altınay, E. (2019). Yükselti ve biçim zamanlarının Uşak Banaz doğal meralarının verim ve botanik kompozisyonu üzerine etkileri. Yüksek Lisans Tezi, Uşak Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Bilimleri Ana Bilim Dalı, Uşak.

Aydın, A., & Sezen, Y. (1995). Toprak Kimyası Laboratuvar Kitabı. Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Yayınları, No: 174, Erzurum.

Aydın, I., & Uzun, F. (2005). Nitrogen and phosphorus fertilization of rangelands affects yield, forage quality and the botanical composition. *European Journal of Agronomy*, 23(1), 8-14.

Bakır, Ö. (1985). Çayır ve Mera Islahı. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları: 947, Ders Kitabı: 272, 226 s., Ankara.

Balthrop, J., Brand, B., Cowie, R. A., Danier, J., de Boever, J. L., de Jonge, L. H., & Piotrowski, C. (2011). Quality assurance for animal feed analysis laboratories.

Bıçakçı, E., & Türk, M. (2018). Isparta koşullarında farklı azot dozlarının tek yıllık çim (*Lolium multiflorum*)’in ot verimi ve kalitesi üzerine etkisi. *Akademia Disiplinlerarası Bilimsel Araştırmalar Dergisi*, 4(1), 70-76.

Bijelić, Z., Tomić, Z. & Ružić-Muslić, D. (2011). The effect of nitrogen fertilization on production and qualitative properties of sown grasslands in the system of sustainable production. *Biotechnology in Animal Husbandry*, 27(3), 615-630.

Brum, O. B., López, S., García, R., Andrés, S., & Calleja, A. (2009). Influence of harvest season, cutting frequency and nitrogen fertilization of mountain meadows on yield, floristic composition and protein content of herbage. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 38, 596-604.

Budak, F., & Budak, F. (2014). Yem bitkilerinde kalite ve yem bitkileri kalitesini etkileyen faktörler. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, (1), 1-6.

Buxton, D. R., & Fales S. L. (1994). Plant environment and quality. In: G.C., Fahey, M., Collins. D. R., Mertens, & L.E., Moser (Eds.), Forage quality, evaluation and utilization. (pp. 155-199). Madison: American Society of Agronomy.

Buxton, D. R. (1996). Quality-related characteristics of forages as influenced by plant environment and agronomic factors. *Animal Feed Science and Technology*, *Journal of Ecological Harmony*

- 59(1-3), 37-49.
- Carlsson, G., & Huss-Danell, K. (2003). Nitrogen fixation in perennial forage legumes in the field. *Plant and Soil*, 253, 353-372.
- Collins, M., & Fritz J. O. (2003). Forage quality. In: R. F. Barnes, C. J. Nelson, M. Collins, K.J. Moore. (Eds.), Forages. An introduction to grassland agriculture. (pp. 363–390) 6th ed. Vol. 1. Hoboken. Wiley-Blackwell.
- Comakli, B., Mentese, O., & Koc, A. (2005). Nitrogen fertilizing and pre-anthesis cutting stage improve dry matter production, protein content and botanical composition in meadows. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B-Soil&Plant Science*, 55(2), 125-130.
- Comakli, B., Haliloglu, K., Dasci, M., & Mentese, Ö. (2009). Improvement of yield and botanical composition in meadows: effects of N fertilisation, irrigation on locations having different water table levels. *The Rangeland Journal*, 31(3), 361-368.
- Çınar, S., Avcı, M., Hatipoğlu, R., Kökten, K., Atış, İ., Tükel, T., Aydemir, S., & Yücel, H. (2005). Hanyeri köyü (Tufanbeyli-Adana) merasının yamaç kesiminde azot ve fosfor gübrelemesinin botanik kompozisyon, ot verimi ve ot kalitesine etkileri üzerinde bir araştırma. Türkiye 6. Tarla Bitkileri Kongresi Bildiri Kitabı, Cilt II, 5-9 Eylül, Antalya, Türkiye, s. 873-877.
- Dale, L. M., Thewis, A., Rotar, I., Boudry, C., Păcurar, F. S., Lecler, B., Agneessens, R., Dardenne, P., & Baeten, V. (2013). Fertilization effects on the chemical composition and in vitro organic matter digestibility of semi-natural meadows as predicted by NIR spectrometry. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 41(1), 58–64.
- Delevatti, L. M., Cardoso, A. S., Barbero, R. P., Leite, R. G., Romanzini, E. P., Ruggieri, A. C., & Reis, R. A. (2019). Effect of nitrogen application rate on yield, forage quality, and animal performance in a tropical pasture. *Scientific reports*, 9(1), 7596.
- Doğan, A. (2011). Kırklareli İli Pehlivan köy İlçesi Yeşilpınar Köyü Doğal Çayır Vejetasyonunda Farklı Biçim Zamanlarının Verim Potansiyeli ve Bazı Besin Elementlerine Etkisi. Yüksek Lisans Tezi. Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Ana Bilim Dalı, Tekirdağ.
- Dupas, E., Buzetti, S., Sarto, A. L., Hernandez, F. B. T. & Bergamaschine, A. F. (2010). Dry matter yield and nutritional value of Marandu grass under nitrogen fertilization and irrigation in cerrado in São Paulo. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 39, 2598-2603.
- Dupas, E., Buzetti, S., Rabêlo, F. H. S., Sarto, A. L., Cheng, N. C., Filho, M. C. M. T., & de Niro Gazola, R. (2016). Nitrogen recovery, use efficiency, dry matter yield, and chemical composition of palisade grass fertilized with nitrogen sources in the Cerrado biome. *Australian Journal of Crop Science*, 10(9), 1330-1338.
- Duru, M., Cruz P. P., Raouda, A. H. K., Ducourtieux, C., & Theau, J. P. (2008). Relevance of plant functional types based on leaf dry matter content for assessing digestibility of native grass species and species-rich grassland communities in spring. *Agronomy Journal*, 100(6), 1622-1630.
- Elgersma, A., & Sørensen, K. (2016). Effects of species diversity on seasonal variation in herbage yield and nutritive value of seven binary grass-legume mixtures and pure grass under cutting. *European Journal of Agronomy*, 78, 73-83.
- Elliott, D. E., & Abbott, R. J. (2003). Nitrogen fertiliser use on rain-fed pasture in the Mt Lofty Ranges, South Australia. 1. Pasture mass, composition and nutritive characteristics. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 43(6), 553-577.
- Evans, J.R. (1989). Photosynthesis and nitrogen relationships in leaves of C3 plants. *Oecologia*, 78(1), 9-19.
- Fathi, A. (2020). Tillage systems and use of chemical fertilizers (NPK) Interaction on soil properties and maize quantitative and qualitative traits. Faculty of Agriculture. Islamic Azad University, *Ayatollah Amoli Branch*, 1-131.
- Fathi, A., & Zeidali, E. (2021). Conservation tillage and nitrogen fertilizer: a review of corn growth and yield and weed management. *Central Asian Journal of Plant Science Innovation*, 1(3), 121-142.
- Fathi, A. (2022). Role of nitrogen (N) in plant growth, photosynthesis pigments, and N use efficiency: A review. *Agrisost*, 28, 1-8.
- Fick, G. W., Holt, D. A., & Lugg, D. G. (1988). Environmental physiology and crop growth " . In, A. A., Hanson, D. K., Barnes, & R. R., Jr. Hill (Eds.), Alfalfa and alfalfa improvement. (pp. 163 – 194) Madison, Wisc : American Society of Agronomy.
- Field, C. (1986). The photosynthesis-nitrogen relationship in wild plants. On the economy of plant form and function, Cambridge University Press, 25-55 pp., Cambridge.
- Fontes J. G. D., Fagundes J. L., Backes A. A., Barbosa L. T., Cerqueira E. S. A., Da Silva L. M., Moraes J. A. D., & Vieira J. S. (2014). Herbage accumulation in *Brachiaria brizantha* cultivars submitted to defoliation intensities. *Semina: Ciências Agrárias*, 35, 1425–1438.
- Frame, J., & Laidlaw, A. S. (2013). Improved Grassland Management. Marlborough, UK: The Crowood Press Ltd. New edition.
- Fribourg, H. A., Barth, K. M., McLaren, J. B., Carver, L. A., Connell, J. T., & Bryan, J. M. (1979). Seasonal Trends of in vitro Dry Matter Digestibility of N-Fertilized

- Bermudagrass and of Orchardgrass-Ladino Pastures 1. *Agronomy Journal*, 71(1), 117-120.
- Galindo, F. S., Pagliari, P. H., da Silva, E. C., de Lima, B. H., Fernandes, G. C., Thiengo, C. C., Bernardes, J. V. S., Jalal, A., Oliveira, C. E. S., de Sousa Vilela, L., Furlani Junior, E., Nogueira, T. A. R., do Nascimento, V., Teixeira Filho, M. C. M., & Lavres, J. (2024). Impact of nitrogen fertilizer sustainability on corn crop yield: the role of beneficial microbial inoculation interactions. *BMC Plant Biology*, 24(1), 268.
- Gitz, D. C., Ritchie, J. C., Krizek, D. T., Springer, T. L., Reeves III, J. B., & Reddy, V. (2006). Effect of Temperature and CO₂ on Forage Nutritive Value of 'Pete' Eastern Gamagrass. In: M. A., Sanderson, P., Adler, S., Goslee, J. C., Ritchie, H., Skinner, & K., Soder (Eds.). Proceedings of the Fifth Eastern Native Grass Symposium, (pp. 107-114). Harrisburg, Pennsylvania.
- Gökkuş, A. (1989). Gübre ve herbisit uygulamalarının çayırların ot ve ham protein verimleri ile botanik kompozisyonlarına etkisi. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 8 (4): 64-80.
- Gökkuş, A. (1994). Türkiye'nin kaba yem üretiminde çayır-mera ve yem bitkilerinin yeri ve önemi. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 25(2), 250-261.
- Gökkuş, A. (2020). A review on the factors causing deterioration of rangelands in Turkey. *Turkish Journal of Range and Forage Science*, 1(1), 28-34.
- Gökkuş, A., & Coşkun, E. (2023). Geleceğin Türkiye'sinde Doğal Çayır ve Meraların Önemi. *Acta Natura & Scientia*, 4(1): 58-67.
- Gülşen, N., Coşkun, B., Umucalılar, H. D., & Dural, H. (2004). Prediction of nutritive value of a native forage, Prangos uechritzii, using of in situ and in vitro measurements. *Journal of Arid Environments*, 56(1), 167-179.
- Gür, M., 2008. Yörükler köyü doğal mera vejetasyonunun botanik kompozisyonu ve verim potansiyeli üzerinde bir araştırma. Yüksek Lisans Tezi. Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Ana Bilim Dalı, Tekirdağ.
- Hanoğlu Oral, H. H., & Gökkuş, A. (2021). Evaluation of total roughage production and its sufficiency for livestock in Turkey. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 11(3), 2423-2433.
- Hatipoğlu, R., Avcı, M., Kılıçalp, N., Tükel, T., Kökten, K., & Çınar, S. (2001). Çukurova bölgesindeki taban bir merada fosforlu gübreleme ve farklı azot dozlarının ot verimi ve kalitesi ile botanik kompozisyona etkileri üzerinde bir araştırma, Türkiye 4. Tarla Bitkileri Kongresi Bildiri Kitabı, Cilt III, 17-21 Eylül, Tekirdağ, s. 1-6.
- Hatipoğlu, R., Avcı, M., Çınar, S., Kökten, K., Atış, İ., Tükel, T., Kılıçalp, N., & Yücel, C. (2005). Hanyeri köyü (Tufanbeyli-Adana) merasının nemli kesiminde farklı azot ve fosfor dozlarının botanik kompozisyon, ot verimi ve ot kalitesine etkileri üzerinde bir araştırma. Türkiye 6. Tarla Bitkileri Kongresi Bildiri Kitabı, Cilt:II, 5-9 Eylül, Antalya, Türkiye, s. 867-872.
- Heady, H. F., & Child, R. D. (1994). Rangeland Ecology and Management. Westview Press, Inc., 519 p., Colorado.
- Hoffman, P. C., Shaver, R. D., Combs, D. K., Undersander, D. J., Bauman, L. M., & Seeger, T. K. (2001). Understanding NDF digestibility of forages. *Focus on forage*, 3(10), 1-3.
- Hogh-Jensen, H., & Schjoerring, J. K. (1997). Interactions between white clover and ryegrass under contrasting nitrogen availability: N₂ fixation, N fertilizer recovery, N transfer and water use efficiency. *Plant and Soil*, 197(2), 187-199.
- Hrevušová, Z., Hejzman, M., Hakl, J., & Mrkvička, J. (2015). Soil chemical properties, plant species composition, herbage quality, production and nutrient uptake of an alluvial meadow after 45 years of N, P and K application. *Grass and Forage Science*, 70(2), 205-218.
- Jensen, E. S., Peoples, M. B., Boddey, R. M., Gresshoff, P. M., Hauggaard-Nielsen, H., JR Alves, B., & Morrison, M. J. (2012). Legumes for mitigation of climate change and the provision of feedstock for biofuels and biorefineries. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 32, 329-364.
- Jones, D. I. H. (1981). Chemical composition and nutritive value. In: J. Handson, R. D. Baker, A. Davies, A. S. Laidlows & J. D. Leawer (Eds.), Sward Measurement Handbook. (pp. 243-265). The British Grassland Society: Devon, UK.
- Kamran, M., Yan, Z., Jia, Q., Chang, S., Ahmad, I., Ghani, M. U., & Hou, F. (2022). Irrigation and nitrogen fertilization influence on alfalfa yield, nutritive value, and resource use efficiency in an arid environment. *Field Crops Research*, 284, 108587.
- Karamanoğulları, C. T. (2019). Humik asit ve azotlu gübre uygulamalarının doğal meranın yem verimi ve kalitesine etkisi. Doktora Tezi. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Ana Bilim Dalı, Ankara.
- Kaya, S. (2008). Relative Feed Value and Relative Forage Quality Index in the Evaluation of Roughage Feeds. *Turk. J. Sci. Rev*, 1, 59-64.
- Keady, T. W. J., and O'Kiely, P. (1998). An evaluation of potassium and nitrogen fertilization of grassland, and date of harvest, on fermentation, effluent production, dry-matter recovery and predicted feeding value of silage. *Grass and Forage Science*, 53(4), 326-337.
- Kellogg, D. W., Gliedt, R. C., Vaught, E. K., Harrison, K. F., Johnson, Z. B., Stallcup, O. T., & Hankins, B. J. (1994). Effect of increased fertilization on fiber and mineral content of bermudagrass cultivars.
- Kering, M. K., Guretzky, J., Funderburg, E., & Mosali, J. (2011). Effect of nitrogen fertilizer rate and harvest

- season on forage yield, quality, and macronutrient concentrations in midland Bermuda grass. *Communications in soil science and plant analysis*, 42(16), 1958-1971.
- Koç, A., & Gökkuş, A. (1998). Suggestion from previous studies for better range and meadow management in the Eastern Anatolia Region. Eastern Anatolia Agricultural Congress, 419-428 pp., Erzurum.
- Koç, A., Güven, M., Çomaklı, B., Menteşe, Ö., & Bakoğlu, A. (2003). Azot ve Fosforla gübrelemenin Doğu Anadolu yüksek rakımlı meralarının ot verimi ve botanik kompozisyonuna etkileri. 5. Tarla Bitkileri Kongresi, 13-17 Ekim 2003, II. Cilt; Bitki Yetiştirme Teknikleri, 276-280., Diyarbakır.
- Kökten, K., Çağan, E., & Özdemir, S. (2022). Çayır ve Meralarda Gübrelemenin Botanik Kompozisyona Etkisi. ISPEC 10th International Conference on Agriculture, Animal Sciences and Rural Development, 18-19 July 2022, Sivas, Türkiye, s. 250-263.
- Li, T., Zhang, X., Gao, H., Li, B., Wang, H., Yan, Q., & Zhang, W. (2019). Exploring optimal nitrogen management practices within site-specific ecological and socioeconomic conditions. *Journal of Cleaner Production*, 241, 118295.
- Liu K., Sollenberger L. E., Silveira M. L., Vendramini J. M. B. & Newman Y. C. (2011). Distribution of nutrients among soil-plant pools in 'Tifton 85' bermudagrass pastures grazed at different intensities. *Crop Science*, 51, 1800-1807.
- Lonnie, M., Hooker, E., Brunstrom, J. M., Corfe, B. M., Green, M. A., Watson, A. W., Williams, E. A., Stevenson, E. J., Penson, S., & Johnstone, A. M. (2018). Protein for life: Review of optimal protein intake, sustainable dietary sources and the effect on appetite in ageing adults. *Nutrients*, 10(3), 360.
- Lu, C., Zhang, J., Cao, P., & Hatfield, J. L. (2019). Are we getting better in using nitrogen?: Variations in nitrogen use efficiency of two cereal crops across the United States. *Earth's Future*, 7(8), 939-952.
- Madakadze, I. C., Stewart, K. A., Peterson, P. R., Coulman, B. E., & Smith, D. L. (1999). Cutting frequency and nitrogen fertilization effects on yield and nitrogen concentration of switchgrass in a short season area. *Crop Science*, 39(2), 552-557.
- Marschner, H. (2012), Marschner's mineral nutrition of higher plants., (Ed. 3), Academic Press, Mineral nutrition of higher plants., 889 pp., London, UK.
- Méndez, R., Fernández, J. A., & Yáñez, E. A. (2019). Efecto de la fertilización nitrogenada sobre la producción y composición de *Cynodon plectostachyus*. *Revista veterinaria*, 30(1), 48-53.
- Menteşe, Ö. (1998). Farklı taban suyu seviyesine sahip çayırarda değişik azot dozu ve biçim zamanı uygulamalarının çayırın kuru ot verimi, protein kapsamı ve botanik kompozisyonuna etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Ana Bilim Dalı, Erzurum.
- Moenirad, A., Zeinali, E., Galeshi, S., Soltani, A., & Eganepour, F. (2021). Investigation of fluorescence chlorophyll sensitivity, chlorophyll index, rate of Chlorophyll (a, b), nitrogen concentration and nitrogen nutrition index under under nitrogen and phosphorus nutrition in wheat. *Journal of Crop Production*, 14(1), 1-18.
- Mueller, L., Behrendt, A., Schalitz, G., & Schindler, U. (2005). Above ground biomass and water use efficiency of crops at shallow water tables in a temperate climate. *Agricultural Water Management*, 75(2), 117-136.
- Nichols, J. T., Reece, P. E., Hergert, G. W., & Moser, L. E. (1990). Yield and quality Response of subirrigated meadow vegetation to nitrogen, phosphorous and sulfur fertilizer. *Agronomy Journal*, 82: 47-52.
- Oliveira, W. S. D., Oliveira, P. P. A., Corsi, M., Duarte, F. R. S., & Tsai, S.M. (2004). Alfalfa yield and quality as function of nitrogen fertilization and symbiosis with *Sinorhizobium meliloti*. *Scientia Agricola*, 61, 433-438.
- Peyraud, J. L., & Astigarraga, L. (1998). Review of the effect of nitrogen fertilization on the chemical composition, intake, digestion and nutritive value of fresh herbage: consequences on animal nutrition and N balance. *Animal Feed science and technology*, 72(3-4), 235-259.
- Phelan, P., Moloney, A. P., McGeough, E. J., Humphreys, J., Bertilsson, J., O'riordan, E. G., & O'Kiely, P. (2015). Forage legumes for grazing and conserving in ruminant production systems. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 34(1-3), 281-326.
- Pinkerton, B. W. & Cross, D. L. (1992). Forage quality. Forage Leaflet 16. Cooperative Extension Service, Clemson University.
- Pontes, L. D. S., Baldissera, T. C., Giostri, A. F., Stafin, G., Dos Santos, B. R. C., & Carvalho, P. D. F. (2017). Effects of nitrogen fertilization and cutting intensity on the agronomic performance of warm-season grasses. *Grass and Forage Science*, 72(4), 663-675.
- Richards, L. A. (1954). Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils. Department of Agriculture, Handbook, No: 60 United States.
- Rocateli, A., & Zhang, H. (2015). Forage quality interpretations. Oklahoma Cooperative Extension, PSS-2117.
- Serin, Y., & Tan, M. (1998). Doğu Anadolu Bölgesi'nde kaba yem üretimi, ihtiyacı ve yem bitkileri tarımının

- geliştirilmesi. Doğu Anadolu Tarım Kongresi, 14-18 Eylül 1998, 1052 s., Erzurum.
- Severoğlu, S. (2023). Doğal floradan toplanan köpekdişi (*Cynodon dactylon* L.(Pers.)) popülasyonlarında bazı morfolojik ve tarımsal özelliklerin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Ana Bilim Dalı, Erzurum.
- Shi, Z., Liang, G., Liu, W., Li, S., & Qin, Y. (2024). Optimization of nitrogen and phosphorus fertilization for enhanced forage production and quality of *Festuca Krylovianacv.* Huanhu artificial grassland in alpine regions. *Heliyon*, 10(15).
- Šidlauskaitė, G., & Kadžiulienė, Ž. (2023). The effect of inorganic nitrogen fertilizers on the quality of forage composed of various species of legumes in the Northern part of a Temperate Climate Zone. *Plants*, 12(21), 3676.
- Smith, R. S., Shiel, R. S., Bardgett, R. D., Millward, D., Corkhill, P., Evans, P., & Kometa, S. T. (2008). Long-term change in vegetation and soil microbial communities during the phased restoration of traditional meadow grassland. *Journal of Applied Ecology*, 45(2), 670-679.
- Soil Survey Division Staff, (1993). "Soil Survey Manual." Soil Conservation Service. Department of Agriculture, Handbook, No: 18. United States.
- Stevens, C. J., Dise, N. B., Mountford, J. O., & Gowing, D. J. (2004). Impact of nitrogen deposition on the species richness of grasslands. *Science*, 303(5665), 1876-1879.
- Tohumcu, S. A., & Temel, S. (2020). Iğdır Koşullarında Mera Tesisinde Kullanılabilecek Bazı Buğdaygil-Baklagil Tür ve Karışımların Kalite Performansları. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 7(3), 576-585.
- Turner, N. C. (1981). Drought resistance and adaptation to water deficits in crop plants. H., Mussell, & R. C. Staples (Eds.) *Stress Physiology in Crop Plants*, (pp. 343–372), John Wiley and Sons., Miscellaneous, New York, USA.
- TÜİK (2024). Bitkisel Üretim İstatistikleri. T.C. Başbakanlık Türkiye İstatistik Kurumu. <http://www.tuik.gov.tr> (Erişim Tarihi: 03 Mayıs 2024).
- Tükel, T., Hatipoğlu, R., Hasar, E., Çeliktas, N., & Can, E. (1996). Azot ve fosfor gübrelemesinin Çukurova bölgesinde tüylü sakalotunun (*Hyparrhenia hirta* (L.) satpf.) dominant olduğu bir meranın verim ve botanik kompozisyonuna etkileri üzerinde bir araştırma. Türkiye 3. Çayır- Mera ve Yem bitkileri Kongresi, 17-19 Haziran 1996, s. 59-65., Erzurum.
- Uslu, Ö. S. (2005). Kahramanmaraş ili Türkoğlu ilçesi Araplar köyü yeniyapan merasında botanik kompozisyonun tespiti ve farklı gübre uygulamalarının meranın verim ve botanik kompozisyonuna etkileri üzerinde araştırmalar. Doktora Tezi. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Ana Bilim Dalı, Adana.
- Uslu, Ö. S., Yoldaş, N., Demir, Z., & Kafkas, B. (2021). Kahramanmaraş'ta taban bir merada farklı azot dozlarının meranın ot verimi, ot kalitesi ve botanik kompozisyon üzerine etkileri. *Manas Journal of Agriculture Veterinary and Life Sciences*, 11(1), 28-34.
- Ülgen, N., & Yurtsever, N. (1995). Türkiye Gübre ve Gübreleme Rehberi (4. Baskı). T.C. Başbakanlık Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları, Yayın No: 209, 230 s.
- Valentine, J.F. (1989). *Range Development and Improvements*. (3rd Ed.), Academic Press Inc., 524 p., San Diego, California.
- Van Soest P. J. (1994). *Nutritional ecology of the ruminant*, 2nd edn. Ithaca, NY, USA: Comstock Publishing Associates/Cornell University Press.
- Viana, M. C. M., Freire, F. M., Ferreira, J. J., Macêdo, G. A. R., Cantarutti, R. B., & Mascarenhas, M.H.T. (2011). Nitrogen fertilization on yield and chemical composition of signalgrass under rotational grazing. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 40, 1497-1503.
- Whitehead, D.C. (1995). *Grassland Nitrogen*. CAB International Publishing, 397 p., Wallingford.
- Wilman, D., & Riley, J. A. (1993). Potential nutritive value of a wide range of grassland species. *The Journal of Agricultural Science*, 120(1), 43-50.
- Wróbel, B., Zielewicz, W., Paszkiewicz-Jasińska, A., Spychalski, B., & Jakubowska, Z. (2022). Effect of harvest date on structural carbohydrates and lignin content in meadow sward in different pluvio-thermal conditions. *Journal of Water and Land Development*, 60-66.
- Xu, R., Shi, W., Kamran, M., Chang, S., Jia, Q., & Hou, F. (2023). Grass-legume mixture and nitrogen application improve yield, quality, and water and nitrogen utilization efficiency of grazed pastures in the loess plateau. *Frontiers in Plant Science*, 14, 1088849.
- Yavuz, T., Kır, H., & Gül, V. (2020). Türkiye'de kaba yem üretim potansiyelinin değerlendirilmesi: Kırşehir ili örneği. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 7(3), 345-352.
- Yetgin, M. A. (2010). *Organik Gübreler ve Önemi*. Samsun Tarım İl Müdürlüğü Yayınları, 24 s., Samsun.
- Yıldız, N., & Bircan H. (1994). *Araştırma ve Deneme Metotları*. Ziraat Fakültesi Yayın No: 305, Ders Kitabı No: 57, Erzurum, 277 s.
- Yılmaz, H., Demircan, V., & Gül, M. (2009). Üreticilerin kimyasal gübre kullanımında bilgi kaynaklarının belirlenmesi ve tarımsal yayım açısından değerlendirilmesi. *Ziraat Fakültesi Dergisi*, 4(1), 31-44.
- Yolcu, H., Serin, Y., & Tan, M. (2010). The effects of seeding patterns, nitrogen and phosphorus fertilizations on production and botanical composition in lucerne-smooth brome grass mixtures. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 16(6), 719-727.

- Zebarth, B. J., & Sheard, R. W. (1992). Influence of rate and timing of nitrogen fertilization on yield and quality of hard red winter wheat in Ontario. *Canadian Journal of Plant Science*, 72(1), 13–19.
- Zhou, J., Wilson, G. W., Cobb, A. B., Yang, G., & Zhang, Y. (2019). Phosphorus and mowing improve native alfalfa establishment, facilitating restoration of grassland productivity and diversity. *Land Degradation & Development*, 30(6), 647-657.

The Effect of Nitrogen Fertilizer Forms on the Growth, Yield, and Quality of Potato Varieties with Different Maturity

Farklı Olgunlaşma Sürelerine Sahip Patates Çeşitlerinin Büyüme, Verim ve Kalitesine Azotlu Gübre Formlarının Etkisi

Nagihan ÖZYILDIRIM 
TÜFEKÇİBAŞI¹

¹Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Erzurum, Türkiye

Erdoğan ÖZTÜRK¹ 

¹Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Erzurum, Türkiye



ABSTRACT

The diversity of climatic conditions necessitates specific agronomic practices to achieve maximum and economic yield in each region. This study was carried out the effects of nitrogen fertilizer forms to on growth, development and quality of potato varieties with different maturity duration in Erzurum. In this study, the four potato varieties having different maturation time, i.e, Binella (early), Natascha (medium early), Granola (medium late), and Bamba (very late), and three nitrogen fertilizer forms (ammonium sulfate, ammonium nitrate and urea) were tested. The experimental design was a randomized complete block design with three replicates. The results obtained showed that potato varieties and nitrogen fertilizer forms had highly significant differences for specific gravity and starch (%) ratio among the examined characters. Ammonium sulfate gave in terms of important characteristics as tuber yield (1628.9 kg/da), specific gravity (1,081 g/cm³), dry matter (21.9%) and starch rates (14.0%). The medium early Natascha was superior to the other varieties in terms of specific gravity (1,083 g/cm³), dry matter (22.3%) and starch (14.4%) rates and Binella have also been a remarkable genotype in terms of tuber yield (1702,9 kg/da¹). As a result, the use of ammonium sulphate as a form of nitrogen fertilizer could be suggested for potato cultivation under regional conditions. As for variety selection, medium early (Natascha) and early (Binella) varieties could be preferred in terms of quality and yield, respectively.

Keywords: Potato, *Solanum tuberosum* L., Nitrogen fertilizer form, Yield, Quality

Öz

İklim koşullarının çeşitliliği, her bölgede en yüksek ve ekonomik verimi elde etmek için özel agronomik uygulamaları zorunlu kılmaktadır. Çalışma, farklı olgunlaşma sürelerine sahip patates çeşitlerinin büyüme, gelişme ve kalite unsurları üzerine azotlu gübre formlarının etkilerini belirlemek amacıyla Erzurum’da yürütülmüştür. Araştırmada, farklı olgunlaşma sürelerine sahip dört patates çeşidi (erkenci: Binella, orta erkenci: Natascha, orta geççi: Granola, çok geççi: Bamba) ve 3 azotlu gübre formu (amonyum sülfat, amonyum nitrat ve üre) yer almış ve “Tesadüf Blokları” deneme desenine göre 3 tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Elde edilen sonuçlar, patates çeşitleri ve azotlu gübre formlarının bitki boyu, ocak başına yumru sayısı, toplam yumru verimi ve kuru madde haricinde, özgül ağırlık ve nişasta (%) oranı için oldukça önemli farklılıklara sahip olduklarını göstermiştir. Amonyum sülfatın yumru verimi (1628,9 kg/da), özgül ağırlık (1,081 g/cm³), kuru madde (%21,9) ve nişasta oranı (%14,0) gibi önemli karakterler bakımından ön plana çıktığı belirlenmiştir. Kalite özelliklerinde orta erkenci Natascha ((özgül ağırlık (1,083), kuru madde (%22,3), nişasta (%14,4)), yumru veriminde ise erkenci Binella (1702,9 kg/da) dikkate değer çeşitler olmuştur. Sonuç olarak, patates tarımında azotlu gübre formu olarak amonyum sülfat kullanımı önerilebilir. Çeşit seçimi yaparken kalite açısından orta erkenci (Natascha), verim yönünden ise erkenci (Binella) çeşitleri tercih edilebilir.

Anahtar Kelimeler: Patates, *Solanum tuberosum* L., Azotlu gübre form, Verim, Kalite

Geliş Tarihi/Received 29.04.2025
Kabul Tarihi/Accepted 19.06.2025
Yayın Tarihi/Publication Date 30.06.2025

Sorumlu Yazar/Corresponding author:
Erdoğan ÖZTÜRK

E-mail: erozturk@atauni.edu.tr

Cite this article: Özyıldırım Tüfekçibaşı N., & Öztürk, E. (2025). The Effect of Nitrogen Fertilizer Forms on the Growth, Yield, and Quality of Potato Varieties with Different Maturity. *Journal of Ecological Harmony*, 1(1), 17-23.



Content of this journal is licensed under a Creative Commons Attribution-Noncommercial 4.0 International License.

Giriş

Patates (*Solanum tuberosum* L.) hem gıda hem de endüstriyel nişasta kaynağı olarak yaygın bir şekilde kullanılan önemli ürünlerden biridir. Yumrular, bitkinin hasat edilebilir kısımları olup, stolon şişmesinden kaynaklanmaktadır. Yumru oluşum zamanını ve bitki başına yumru sayısını belirleyen faktörler verimde önemli bir rol oynamaktadır. Bu nedenle yumru oluşumunu düzenleyen faktörler ve süreçler patates araştırmalarında her zaman önemli konular olmuştur (Struik vd., 1989; Pelacho & Mingo-Castel, 1991; Helder vd., 1993; Wurr vd., 1997; Brown, 2007; Chang vd., 2012). Yumru oluşumu çevresel koşullara duyarlı olup (Brown, 2007), çevrenin stolon büyümesi ve yumru oluşumu üzerindeki etkisini anlamak, pazarlanabilir yumru verimini en üst düzeye çıkarmayı amaçlayan agronomik uygulamalar için bir ön koşuldur. Yüksek sıcaklık ve uzun günlerin stolon oluşumunu ve büyümesini teşvik ettiği, düşük sıcaklık veya kısa günlerin ise yumru oluşumuna ve yumru büyümesine yol açtığı öne sürülmektedir (Ewing & Wareing, 1978; Struik vd., 1989; Pelacho & Mingo-Castel, 1991; Brown, 2007). Ayrıca, dikim derinliği (Pavek & Thornton, 2009), dikim yoğunluğu (Van der Veen and Lommen, 2009) ve toprak neminin (Haverkort vd., 1990) bitkinin yumru sayısı üzerine etkili oldukları, stolon büyümesinden yumru oluşumuna geçişte önemli rol oynadıkları belirtilmektedir. Diğer taraftan, temel bir besin elementi olan azot (N) uygulaması da daha yüksek yumru verim için gereklidir.

Azot içerikli gübre çeşitleri, bitkinin güçlü ve hızlı gelişimini teşvik ederek yumru verimi ve kalitesine son derece olumlu etki yaparlar. Patates tarımında azot uygulaması kritik öneme sahiptir. Doğru dozda ve formda azotun zamanında verilmesi zorunludur. Aksi takdirde hem ekonomik kayıplar yaşanır hem de yumru verimi ve kalitesi düşer. Üstelik, yanlış azot kullanımı çevre kirliliğine de yol açabilir. Bu yüzden, azot yönetimi patates yetiştiriciliğinde büyük bir titizlik gerektirir. Bitkiler için Nitrat (NO_3^-) ve amonyum (NH_4^+) iki N formunun oluşturmaktadır. Bazıları nitratı tercih eder ve bitkilere sadece amonyum verildiğinde bitki büyümesinde ciddi azalmalar meydana gelir, bazıları ise amonyum kaynağı ile daha iyi büyür (Marcshner, 1995; Elgharably vd., 2010; Gao vd., 2012). Dolayısıyla bitkiler NO_3^- veya NH_4^+ 'dan yararlanma bakımından bir ayrım yapabilmektedirler. Bitki çeşidi, kullanılacak amonyumlu veya nitratlı gübre tipini belirlemede önemli bir rol oynamaktadır (Zabuncuoğlu & Karaçal, 1986). Davis vd. (1986) NH_4^+ 'ye uzun süre maruz kalındığında patates büyümesinin engellendiğini bildirmişler, bu durumda da patateslerin NO_3^- 'ü tercih ettiği kanaatine varmışlardır.

Bundy vd. (1986) amonyum sülfat uygulamasıyla elde edilen yumru verimlerinin amonyum nitratla elde edilenlerden önemli ölçüde daha yüksek olduğunu gözlemlemişlerdir. Bunun nedenini de çok kumlu bir toprakta amonyum sülfatın daha az azot sızdırması olabileceğini belirtmişlerdir. Bununla birlikte, farklı toprak tipleri ve toprak tekstürlerinde, Gou vd. (2011) ve Jiao vd. (2012) NH_4^+ -N uygulamasıyla (tek N kaynağı olarak NH_4^+) patates yumru veriminin NO_3^- -N uygulamasından (tek N kaynağı olarak NO_3^-) daha yüksek olduğunu gözlemlemiştir. Anabousi vd. (1997), en yüksek yumru verimini üre uygulamasının sağladığını, ayrıca aynı gübre formunun bitki boyu ve sap sayısını önemli ölçüde artırdığını belirlemişlerdir. Aynı çalışmada, amonyum sülfat uygulamasının ise patatesten en yüksek özgül ağırlık, kuru madde, nişasta ve protein içeriğini sağladığını bildirilmişlerdir. Bu sonuçları destekler nitelikte, Öztürk vd. (2007), amonyum nitrat, amonyum sülfat ve üre gibi farklı azotlu gübre formları arasında, patatesin yumru verimi üzerinde amonyum sülfatın daha etkili olduğunu belirtmişlerdir. Elde edilen bulgular, patates yetiştiriciliğinde hem verimi hem de kaliteyi optimize etmek için kullanılan azotlu gübre formunun doğru seçilmesinin kritik önem taşıdığını göstermektedir. Diğer taraftan dünyanın farklı agroekolojik koşullarında patatesin verim ve kalite performansında çeşitler arasında önemli farklılıklar olduğu belirtilmiştir. Bu durum, her bölgeye en uygun patates çeşitlerini belirlemenin, daha verimli ve ekonomik bir üretim yapılabilmesini ortaya koymuştur (Susnochi, 1982; Arioğlu, 1986; Mohamedali, 1989; Şenol & Arioğlu, 1991; Randhawa & Kooner, 1994; Karadoğan vd., 1997). Çeşitli araştırmalar, farklı çevresel koşullar altında patates bitkisinin azot alımı, kullanımı ve azotlu gübrelerle verdiği tepkilerde genotipik farklılıkların bulunduğu özellikle vurgulanmıştır (Kleinkopf vd., 1981; Sattelmacher vd., 1990; Errebhi vd. 1998; Errebhi vd., 1999; Zebarth vd., 2004; Sharifi vd., 2007; Zebarth vd., 2008).

Farklı iklim koşullarında patatesten en ekonomik verimi sağlayacak uygulamaların belirlenmesi agronomik açıdan büyük önem taşımaktadır. Bu amaçla, farklı olgunlaşma sürelerine sahip patates çeşitlerine uygulanacak değişik azotlu gübre formlarının patatesi büyüme, gelişme ve kalite unsurlarına etkileri bu çalışmayla belirlenmeye çalışılmıştır.

Yöntem

Araştırma, Atatürk Üniversitesi Bitkisel Üretim Uygulama ve Araştırma Merkezine ait deneme alanlarında yürütülmüştür. Deneme alanı 39°55' kuzey enlem ve 41°61' doğu boylamlarında olup, deniz seviyesinden 1853 m yüksekliğe sahiptir. Deneme yılının bitki büyüme

döneminde (Mayıs-Eylül) toplam 89,1 mm yağış kaydedilmiş olup, en fazla yağış Mayıs (32,3 mm) ve Haziran (25,1 mm) aylarında gerçekleşmiştir. Ağustos ayında en az yağış olmuştur (5,2 mm). Çalışma ayları boyunca ortalama maksimum ve minimum sıcaklıklar sırasıyla 11,6 ve 19,4°C kaydedilmiştir. Temmuz (19,4°C) ve Ağustos (19,5°C) en yüksek sıcaklıklara sahip olmuştur. Deneme alanı toprağının fiziksel ve kimyasal özelliklerinin analizi sonucunda hafif alkali, kireç, toplam azot ve alınabilir fosfor bakımından düşük, organik madde bakımından çok az ve bitki tarafından alınabilir potasyum bakımından zengin olduğu belirlenmiştir (Sezen, 1991).

Bu çalışmada, erkenci Binella, orta erkenci Natascha, orta geççi Granola ve çok geççi Bamba patates çeşitleri ve amonyum sülfat (AS), amonyum nitrat (AN) ve üre gibi üç değişik azotlu gübre formu yer almıştır. "Tesadüf Blokları" deneme desenine göre 3 tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Dekara 24 kg azot sağlayacak şekilde AS (%21), AN (%32) ve üre (%45) gübreleri ile 10 kg fosfor sağlayacak şekilde triple süperfosfat (%45) dikimden önce serpmeye olarak uygulanmış ve toprağa karıştırılmıştır. Çeşitlere ait tohumluk patates yumruları 7 Mayıs 2013 tarihinde 70 cm sıra arası ve 35 cm sıra üzeri mesafelerde ocaklara elle dikilmiştir. Takiben 5-10 cm boya ulaşan bitkilerde birinci çapa, 20-25 gün sonra ikinci çapa ve boğaz doldurma ile çiçeklenme başlangıcından itibaren iklim ve toprak şartlarına göre sulama işlemleri gerçekleştirilmiştir. Hasat, 25 Eylül 2013 tarihinde bitkilerin yeşil aksamının alttan başlayarak sarardığı ve kurumaya başladığı, stolonların ana bitkiden ayrıldığı, normal kalınlığa yumru kabuğunun ulaştığı, kolayca soyulmayacak bir yapı kazandığı ve yumruların belirli bir büyüklüğe ulaştığı dönemde yapılmıştır. Araştırmada incelenen bitki boyuna (cm), ocak başına yumru sayısına (adet), toplam yumru verimine (kg/da) ait veriler en dıştaki iki sıra ve uçtaki bitkiler yok sayılarak ortadaki iki sıranın her birinden elde edilmiştir. Hasat edilen yumrular üzerinden ise özgül ağırlık (g/cm³), kuru madde (%), nişasta (%) ve protein (%) oranları gibi kalite değerleri belirlenmiştir.

İstatistiksel Analiz

SPSS istatistik programı kullanılarak denemeden elde edilen sonuçların analizi yapılmış, ortalamalar arasındaki farklılıklara Duncan çoklu karşılaştırma testi uygulanmıştır (SPSS, Version 20.0, IBM SPSS Corp., Armonk, NY, USA).

Bulgular ve Tartışma

Varyans Analiz

Varyans analizleri sonuçları patates çeşitleri ve azotlu

gübre formlarının bitki boyu, ocak başına yumru sayısı, toplam yumru verimi ve kuru madde haricinde, özgül ağırlık ve nişasta (%) oranı için oldukça önemli ($p=,01$) farklılıklara sahip olduklarını göstermiştir (Tablo 1).

Tablo 1.

Olgunlaşma süreleri farklı patates çeşitlerine değişik azotlu gübre formlarının uygulanması sonucu elde edilen bitki boyu, ocak başına yumru sayısı, yumru verimi, özgül ağırlık, kuru madde ve nişasta oranı ile ilgili varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	SD	F Değerleri					
		BB	YS	YV	ÖA	KM	NO
Blok	2						
Çeşit (A)	3	0,503	2,239	1,109	36,659**	1,128	36,659**
Gübre (B)	2	0,101	0,054	1,240	19,609**	0,320	19,609**
A x B	6	0,446	1,425	1,221	8,600**	2,171	8,600**
Hata	22						

** işaretli F değerleri $p<,01$ ihtimal sınırında önemlidir (BB: Bitki Boyu; YS:Yumru Sayısı; YV: Yumru Verimi; ÖA: Özgül Ağırlık; KM: Kuru Madde; NO:Nişasta Oranı)

Bitki Verim Unsurları ve Verime Çeşitlerin ve Azotlu Gübre Formlarının Ortalama Performansı

Gübre uygulamaları arasında bitki boyu değerleri birbirine yakın olmuştur. Amonyum nitrat bitki boyunu (39,9 cm) az da olsa artırmış, amonyum sülfat (39,6 cm) ve üre (39,0 cm)'den ise hemen hemen aynı değerler alınmıştır. Patates çeşitlerinin bitki boyu değerleri 38,1 (Natascha) - 40,9 cm (Binella) arasında değişmiştir. Patates çeşitlerinden (40,9 cm) en uzun bitki boyuna sahip olurken, bunu sırası ile Bamba (40,0 cm), Granola (39,1 cm) ve (38,1 cm) çeşitleri izlemiştir. Gübre formu ve çeşit etkileşimleri farklılık arz etmiş olup Bamba çeşidinde amonyum nitrat formunda en uzun (41,9 cm, Natascha'da üre formunda en kısa bitki boyları (36,3 cm) tespit edilmiştir (Tablo 2). Bitki boyu, temelde bir çeşit özelliğidir, ancak toprak verimliliği, bitki sıklığı, nem ve sıcaklık gibi çeşitli ekolojik faktörlerden de önemli ölçüde etkilenmektedir (Arslan vd., 2002). Birçok çalışma, bitki boyu değerlerinin patates çeşitlerine göre farklılık gösterdiğini ortaya koymuştur (Arslan & Kevseroğlu, 1991; Günel & Karadoğan, 1992; Arslan vd., 2002; Dede, 2004; Öztürk vd., 2008). Ayrıca, nitrat formunun bitki boyunu artırdığı da belirtilmiştir (Karadoğan, 1994).

Ocak başına yumru sayısı açısından çeşitler ve gübre formları arasında oluşan rakamsal farklılıklar dikkate alındığında, yumru sayısı en fazla çeşitlerde Natascha (8,0 adet), azotlu gübrelerden üre formunda (7,0 adet), en düşük ise Granola (6,1 adet) çeşitinde ve amonyum sülfat formunda (6,8 adet) belirlenmiştir (Tablo 2). Çeşitlerin gübre formlarına verdikleri tepkilere göre yumru sayısı 8,6 (Binella x Üre) - 5,5 adet (Binella x AS) arasında değişmiştir (Tablo 2). Bir ocağıdaki yumru sayısı yumru büyüklüğünü ve dolayısıyla verimi belirleyici en önemli unsurlardandır.

Patates çeşitlerinin genetik yapıları, çevresel faktörler ve uygulanan kültürel işlemler hem yumru sayısını hem de yumru iriliğini etkileyebilir (Çalışkan, 2001). Daha önceki araştırmalarda da çeşitler arasındaki yumru sayısı farklılıklarının genetik yapılarından kaynaklandığı belirtilmiştir (Arioğlu, 1986; Kara vd., 1986; Karadoğan vd., 1997).

Tablo 2.

Değişik olgunlaşma sürelerine sahip patateslerde farklı azotlu gübre formları uygulanmalarının bitki boyu, ocak başına yumru sayısı, yumru verimi, özgül ağırlık, kuru madde ve nişasta oranı üzerine etkileri

Uygulamalar		BB (cm)	YS (adet/ bitki)	YV (kg/da)	ÖA (g/cm³)	KM (%)	NO (%)
Patates Çeşitleri	Binella (Ç ₁)	40,9	7,0	1702,9	1,076 b	21,8	13,1 b
	Natascha (Ç ₂)	38,1	8,0	1589,9	1,083 a	22,3	14,4 a
	Granola (Ç ₃)	39,1	6,1	1417,6	1,078 b	21,4	13,6 b
	Bamba (Ç ₄)	40,0	6,6	1504,8	1,070 c	21,3	11,8 c
Azotlu Gübre Formları	AS (N ₁)	39,6	6,8	1628,9	1,081 a	21,9	14,0 a
	AN (N ₂)	39,9	6,9	1425,7	1,075 b	21,8	12,8 b
	Üre (N ₃)	39,0	7,0	1606,8	1,075 b	21,5	12,9 b
	Ortalama	39,5	6,9	1553,8	1,077	21,7	13,2
Ç x N	Ç ₁ N ₁	41,7	5,5	1771,3	1,082	21,9	14,2
	Ç ₁ N ₂	41,8	6,9	1342,3	1,075	21,6	12,8
	Ç ₁ N ₃	39,1	8,6	1995,0	1,073	21,9	12,4
	Ç ₂ N ₁	40,0	8,0	1639,9	1,081	21,7	14,0
	Ç ₂ N ₂	39,0	8,4	1534,8	1,080	24,3	13,8
	Ç ₂ N ₃	36,3	7,5	1595,0	1,089	21,0	15,5
	Ç ₃ N ₁	39,3	6,1	1445,2	1,086	21,9	14,9
	Ç ₃ N ₂	36,9	6,3	1581,6	1,076	20,6	13,0
	Ç ₃ N ₃	41,0	6,0	1226,0	1,075	21,7	12,7
	Ç ₄ N ₁	38,4	7,7	1659,0	1,076	22,0	13,0
	Ç ₄ N ₂	41,9	6,1	1244,1	1,069	20,5	11,6
	Ç ₄ N ₃	39,6	6,1	1611,3	1,066	21,3	10,9

(BB: Bitki Boyu; YS: Yumru Sayısı; YV: Yumru Verimi; ÖA: Özgül Ağırlık; KM: Kuru Madde; NO: Nişasta Oranı)

Çeşitlerin yumru verimi en düşük dekara 1417,6 kg ile Granola çeşidinde, en yüksek ise 1702,9 kg ile Binella çeşidinde tespit edilmiştir. Natascha ve Bamba çeşitlerinde de sırasıyla 1589,9 ve 1504,8 kg olmuştur. Farklı gübre formları arasında toplam yumru verimi açısından belirgin bir farklılık belirlenmemiştir. Buna rağmen, amonyum sülfat uygulamasında dekara 1628,9 kg, amonyum nitrat uygulamasında 1425,7 kg ve üre uygulamasında 1606,8 kg yumru verimi elde edilmiştir. Gübre formları ve çeşitler bazında dekara yumru verimleri, üre uygulamasında Binella çeşidinde en yüksek (1995,0 kg), Granola çeşidinde en düşük (1226,0 kg) kaydedilmiştir (Tablo 2).

Amonyum nitrat ve üreye göre amonyum sülfatın daha yüksek verim sağladığı önceki araştırmalarda da belirtilmiştir (Timm & Rickels 1964; Lorenz vd., 1974; Koenig vd., 1981; Bundy vd., 1986). Benzer bulgular olarak Öztürk vd. (2007), amonyum sülfat uygulanması sonucu dekara 1703,6 kg ile en yüksek verim elde etmişlerdir. Bu çalışmada, azotlu gübre formları arasında yüksek verimi amonyum sülfatın sağlaması; pH ortamını optimum

düzeyde oluşturması, diğer azot kaynaklarına göre daha yavaş çözünerek azot kaybını azaltması ve yumru oluşumunu erkene çekerek yumru büyüme süresini uzatmasından kaynaklanmış olabilir (Karadoğan, 1994). Benzer çalışmalarda da belirtildiği üzere, gübrenin amonyum sülfat formunda uygulanması, diğer azot kaynaklarına kıyasla yumru verimini daha fazla artırmaktadır (Lorenz vd., 1974; Singh vd., 1979; Sharma & Grewal, 1987; Bhol vd., 1989; Sharma, 1990; Karadogan, 1994).

Bitki Kalite Özelliklerine Çeşitlerin ve Azotlu Gübre Formlarının Ortalama Performansı

Kalite özelliklerine azotlu gübre formları içerisinde en olumlu etkiyi amonyum sülfat formu gübreler göstermiş olup, diğer gübre formlarına göre daha yüksek değerler alınmıştır. Kalite parametrelerinden özgül ağırlık değerleri, kuru madde ve nişasta oranları sırasıyla amonyum sülfat uygulamasında 1,081 g/cm³, %21,9 ve 14,0, nitrat formunda 1,075, %21,8 ve 12,8 ve ürede 1,075, %21,5 ve 12,9 olmuştur (Tablo 2). Patatesten elde edilen yumruların özgül ağırlık değerlerinin, kuru madde ve nişasta oranlarının amonyum sülfat formu azotlu gübre uygulanmasıyla arttığını belirten çalışmalar da mevcuttur (Shukla & Singh, 1976; Karadoğan & Oral, 1995; Anabousi vd., 1997; Anabousi vd., 1997; Öztürk, 2001).

Farklı olgunlaşma sürelerine sahip patates çeşitlerinden Natascha azotlu gübre formlarına en iyi tepkiyi vermiş, bu çeşitte en fazla özgül ağırlık (1,083 g/cm³) kuru madde (%22,3) ve nişasta oranı (%14,4) elde edilmiştir. Bamba çeşidinde özgül ağırlık, kuru madde ve nişasta oranı sırasıyla; 1,070 g/cm³, %21,3 ve 11,8 olup, çeşitler içerisinde en düşük değerler elde edilmiştir. Diğer çeşitler Binella ve Granolada özgül ağırlık 1,076 ve 1,078 g/cm³, kuru madde %21,8 ve 21,4 ve nişasta oranı %13,1 ve 11,8 olmuştur (Tablo 2). Çeşitler arasındaki bu farklılıklar, gelişme sürelerinden kaynaklanabilir. Ayrıca, özgül ağırlık açısından görülen farklar; yumrulara kuru madde taşınma etkinliğiyle ilişkili olabilir (Tekalign & Hammes, 2005). Bu durum genetik faktörlerle kontrol edilebildiği gibi, yumru iriliği, çevresel koşullar ve tarımsal uygulamalardan da etkilenmektedir (Dean, 1994). Değişik ekolojik koşullarda yapılan çeşitli araştırmalarda, patatesin kuru madde oranı %19,2 ile %23,9 arasında belirlenmiştir (Kara, 1996; Yılmaz & Tugay, 1999; Anonim, 2000; Yılmaz & Güllüoğlu, 2002; Yılmaz & Karan, 2007; Polat vd., 2008; Ekin, 2009). Bu oranlar, mevcut çalışmanın sonuçlarıyla da benzerlik göstermektedir. Patates bitkisinde nişasta oranı, kuru madde içeriği ve özgül ağırlık gibi özellikler, genetik yapı ve ekolojik faktörlere bağlı olarak çeşitler arasında değişkenlik

göstermektedir. Yapılan araştırmalar, kuru madde ve özgül ağırlığı yüksek olan çeşitlerin genellikle daha yüksek nişasta oranına sahip olduğunu ortaya koymuştur (Yılmaz & Gülloğlu 2002; Polat vd., 2008).

Gübre formları ve çeşitler açısından Natascha çeşidi azotlu gübre formlarına farklı tepkiler vererek, üre uygulamasında en yüksek özgül ağırlık ($1,089 \text{ g/cm}^3$) ve nişasta oranı (%15,5); amonyum nitrat uygulamasında ise en yüksek kuru madde oranı (%24,3) sağlamıştır. Aynı uygulamalarda Bamba çeşidinde ise bu değerler ($1,066 \text{ g/cm}^3$ %10,9 ve 20,5) en düşük olmuştur (Tablo 2).

Sonuç ve Öneriler

Yapılan çalışmada, farklı gübre formlarından elde edilen sonuçlar arasında rakamsal farklılıklar gözlemlenmiştir. Bu nedenle, gübre uygulamalarında gübrelerin özellikleri dikkate alınarak dikkatli bir şekilde hareket edilmesi gerekmektedir. Amonyum sülfatın diğer azotlu gübrelerle kıyasla daha yavaş çözünmesi, bitkilerin bu azot formundan daha uzun süre yararlanmasını sağlamaktadır. Bu özellik olumsuz çevre koşullarında bile bitkilere daha etkili bir azot kaynağı sunarak, diğer gübre formlarına göre üstün performans göstermesine olanak tanımaktadır. Farklı olgunlaşma sürelerine sahip patates çeşitleri arasında yapılan değerlendirmede, karakterler açısından en başarılı sonuç Natascha çeşidinden elde edilmiştir. Ocak başına ve dekara yumru verimi açısından ise Binella çeşidi öne çıkmasına rağmen, Natascha'nın verimleri de bu çeşide oldukça yakın bulunmuştur.

Bölgesel koşullar göz önüne alındığında, patates tarımında amonyum sülfatın azotlu gübre formu olarak kullanımı önerilebilir. Çeşit seçimi olarak ise, kalite açısından orta erkenci (Natascha), verim açısından ise erkenci (Binella) çeşitler tercih edilebilir.

Financial Disclosure: The authors declare that they received no financial support for this study.

Kaynaklar

- Anabousi, O.A.N., Hattar, B.J., & Suwwan, M.A. (1997). Effect of Rate and Source of Nitrogen on Growth, Yield and Quality of Potato (*Solanum tuberosum*) Under Jordan Valley Conditions. *Agricultural Sciences*, 24 (2), 242-259.
- Anonymous, (2000). Niğde Patates Araştırma enstitüsü Müdürlüğü yıllık araştırma raporları.
- Arioğlu, H.H. (1986). Çukurova Turfanda Patates Yetiştiriciliğinde Farklı Kökenli Patates Çeşitlerinin Verim ve Tarımsal Özelliklerinin Belirlenmesi Üzerinde Bir Araştırma DOGA, *Tr. Tar. Or. D.*, 10 (2) , 141-148.
- Arslan, B., & Kevseroğlu, K. (1991). Bitki sıklığının bazı patates (*Solanum tuberosum* L.) çeşitlerinin verimi ve önemli özelliklerine etkileri. *Yüzüncü Yıl Üniv. Ziraat Fak. Der.* 1/3, 89-111.
- Arslan, B., Tunctürk, M., Eryiğit, T., Ekin, Z., & Kaya, A.R. (2002). Van-Erciş'de bazı patates genotiplerinin verim ve verim komponentlerinin belirlenmesi. III. Ulusal Patates Kongresi, 23-27 Eylül 2002, 381-391. Bornova İzmir.
- Brown, P.H. (2007). The canon of potato science: 37. stolonization, tuber induction and tuberization. *Potato Res.* 50, 363-365.
- Bundy, L.G., Wolkowski, R.P., & Weis, G.G. (1986). Nitrogen Sources Evaluation for Potato Production on Irrigated Sandy Soils. *Am. Potato J.*, 63: 385-397.
- Chang, D.C., Park, C.S., Kim, S.Y. & Lee, Y.B. (2012). Growth and tuberization of hydroponically grown potatoes. *Potato Res.* 55, 69-81.
- Çalışkan, M.E. (2001). Farklı Olgunlaşma Grubuna Giren Bazı Patates Çeşitlerinin Hatay Ekolojik Koşullarındaki Verim ve Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi. *MKÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 6(1-2), 39-50.
- Davis, J.M., Loescher, W.H, Hammond, M.W., & Thornton, R.E. (1986). Response of potatoes to nitrogen form and to change in nitrogen form at tuber initiation. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 111, 70-72.
- Dean, B.B. (1994). Managing The Potato Production System. Food Products Pres, USA, 59-61.
- Dede, Ö. (2004). Ordu Ekolojik Koşullarında Değişik Olumlu Patates Çeşitlerinin (*Solanum tuberosum* L.) Bazı Agronomik ve Teknolojik Özelliklerinin Belirlenmesi. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 35(3-4), 159-164.
- Ekin, Z. (2009). Bazı Patates (*Solanum tuberosum* L.) Çeşitlerinin Ahlat Ekolojik Koşullarındaki Verim ve Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi. *HR.Ü.Z.F.Dergisi*, 13(3), 1- 10.
- Elgharably, A., Marschner, P., & Rengasamy, P. (2010). Wheat growth in a saline sandy loam soil as affected by N form and application rate. *Plant and Soil* 328, 303-312.

Etik Komite Onayı: Bu çalışma için etik komite onayına gerek yoktur.

Hakem Değerlendirmesi: Dış bağımsız.

Yazar Katkıları: Fikir- E, Ö.; Tasarım- E, Ö.; Denetleme- E, Ö.; Kaynaklar- N, Ö.T.; Veri Toplanması ve/veya İşlemesi- N, Ö.T.; Analiz ve/ veya Yorum- N, Ö.T-E, Ö.; Literatür Taraması- N, Ö.T.; Yazıyı Yazan- N, Ö.T.; Eleştirel İnceleme- E, Ö..

Çıkar Çatışması: Yazarlar, çıkar çatışması olmadığını beyan etmiştir.

Finansal Destek: Yazarlar, bu çalışma için finansal destek almadığını beyan etmiştir.

Ethics Committee Approval: Ethics committee approval was not required for this study.

Peer Review: Externally peer-reviewed.

Author Contributions: Concept-E.Ö.; Design-E.Ö.; Supervision-E.Ö.; Resources-N.Ö.T.; Data Collection and/or Processing-N.Ö.T.; Analysis and/or Interpretation-N.Ö.T., E.Ö.; Literature Search-N.Ö.T.; Writing Manuscript-N.Ö.T.; Critical Review-E.Ö.

Conflict of Interest: The authors declare that there is no conflict of interest.

- Errebhi, M., Rosen, C.J., Gupta, S.C., & Birong, D.E. (1998). Potato yield response and nitrate leaching as influenced by nitrogen management. *Agronomy Journal*, 90, 10-12.
- Errebhi, M., Rosen, C.J., Lauer, F.I., Martin, M.W., & Bamberg, J.B. (1999). Evaluation of tuber-bearing *Solanum* species for nitrogen use efficiency and biomass partitioning. *American Journal of Potato Research*, 76, 143-151.
- Ewing, E.E., & Wareing, P.F. (1978). Shoot, stolon, and tuber formation on potato (*Solanum tuberosum* L.) cuttings in response to photoperiod. *Plant Physiol.* 61, 348-353.
- Gao, Y., Jia, L., Hu, B., Alva, A., & Fan, M. (2014). Potato stolon and tuber growth influenced by nitrogen form. *Plant Production Science*, 17, 138-143.
- Gou, J., Sun, R., He, J., Qin, S., Xiao, H., Zhou, R., & Yuan, L. (2011). Effect of different cropping patterns and nitrogenous fertilizer forms on potato yield and quality. *Chinese Potato Journal*, 25, 36-41. (in Chinese with English abstract).
- Günel, E., & Karadoğan, T. (1992). Bazı patates çeşitlerinin Erzurum ekolojik koşullarına adaptasyonu ile verim ve verim unsurları üzerine bir araştırma. *Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Dergisi*, 23(1):2-15, Erzurum.
- Haverkort, A.J., Van de Waart, M., & Bodlaender, K.B.A. (1990). The effect of early drought stress on numbers of tubers and stolons of potato in controlled and field conditions. *Potato Res.* 33, 89-96.
- Helder, H., Van der Maarl, A., Vreugdenhil, D., & Struik, P.C. (1993). Stolon characteristics and tuber initiation in a wild potato species (*Solanum demissum* Lindl.). *Potato Res.* 36, 317-326.
- Jiao, F., Wang, P., & Zhai, R. (2012). Effects of forms of nitrogen fertilizer on N accumulation and distribution of potato. *Soil and Fertilizer Sciences in China*, 2, 39-44 (in Chinese with English abstract).
- Kara, K., Günel E., & Oral, E. (1986). Erzurum Ekolojik Koşullarında Bazı Patates Çeşitlerinin Verim ve Adaptasyonu. *Atatürk Üniv. Ziraat Fakültesi Dergisi*, 17 (1-4), 53-67.
- Kara, K. (1996). Değişik Sürelerde Depolanan Patates Çeşitlerinin Bazı Özellikleri Üzerine Bir Araştırma. *Gıda*, 21(3), 215-225.
- Karadoğan, T. (1994). Bazı Patates Çeşitlerinin Cips ve Parmak (Kızarmış) Patates Kalitesi Üzerinde Bir Araştırma. *Atatürk Üni. Zir. Fak. Der.* 25(I), 30-38.
- Karadoğan, T., Arpaçoğlu K., & Özer, H. (1997). Bazı Patates Çeşitlerinin Üretim Gayesine Göre Uygun Hasat Zamanlarının Belirlenmesi. Türkiye II. Tarla Bitkileri Kongresi, 295-299, 22-25, Samsun.
- Kleinkopf, G.E., Westermann, D.T., & Dwelle, R.B. (1981). Dry-Matter Production and Nitrogen-Utilization by 6 Potato Cultivars. *Agronomy Journal*, 73, 799-803.
- Lorenz, O.A., Weir, B.L., & Bishop, J.C. (1974). Effect of sources of nitrogen on yield and nitrogen absorption of potatoes. *Am Potato J.*, 52, 56-65.
- Marschner, H. (1995). Mineral Nutrition of Higher Plants, p. 64. London, UK: Academic Press.
- Mohamedali, G. H. (1989). The erformance of Several Dutch Potato Cultivars in the Arid Tropics of Northern Sudan. *Potato Research*, 32 (4), 471-475.
- Öztürk, E. (2001). Değişik Zamanlarda ve Miktarlarda Farklı Formlarda Uygulanan Gübrelerin Patates (*Solanum tuberosum* L.)'in Verim ve Verim Unsurlarına Etkileri. Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Tarla Bitkileri Bölümü (Yüksek Lisans Tezi).
- Öztürk, E., Kara, K. & Polat, T. (2007). Azotlu Gübre Formları ve Uygulama Zamanlarının Patatesin Verimi ile Yumru Büyüklüğü Üzerine Etkisi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 4 (2), 127-135.
- Öztürk, E., Polat, T., Kavurmacı, Z. & Kara, K. (2008). Bazı Patates (*Solanum tuberosum* L.) Çeşitlerinin Erzurum Koşullarında Yumru Verimi ve Verim Unsurlarının Belirlenmesi. *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi* 1 (1), 15-18.
- Pavek, M.J., & Thornton, R.E. (2009). Planting depth influences potato plant morphology and economic value. *Am. J. Potato Res.*, 86, 56-67.
- Pelacho, A.M., & Mingo-Castel, A.M. (1991). Effects of photoperiod on kinetin-induced tuberization of isolated potato stolons cultured in vitro. *Am. Potato J.*, 68, 533-541.
- Polat, T., Öztürk, E., Kavurmacı, Z., & Kara, K. (2008). Erzurum Ekolojik Koşullarında Bazı Patates (*Solanum tuberosum*) Çeşitlerinin Kalıntı Özelliklerinin Belirlenmesi. *Alinteri*, 15 (13), 33-39.
- Randhawa, K.S., & Kooner, K.S. (1994). Evalution of New Cultivars of Potato (*Solanum tuberosum* L.) in Relation to Time of Sowing and Harvesting *Acta Horticulturae*, 371, 227-233.
- Sattelmacher, B., Klotz, F., & Marschner, H. (1990). Influence of the nitrogen level on root growth and morphology of two potato varieties differing in nitrogen acquisition. *Plant and Soil*, 123, 131-137.
- Sezen, Y. (1991). Gübreler ve Gübreleme Ders Notları. Atatürk Üniv. Ziraat Fakültesi. Toprak Bölümü; Erzurum, 39-41.
- Sharifi, M., Zebarth, B.J., & Coleman, W. (2007). Screening for nitrogen-use efficiency in potato with a recirculating hydroponic system. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 38, 359-370.
- Sharma, U.C., & Grewal, J.S. (1987). Effect of sources, levels and methods of nitrogen application on the yield and nitrogen uptake of potato. *Indian J. Agric. Sci.*, 57 (9),

- 640-645.
- Sharma, U.C. (1990). Effect of Sources and Methods of Nitrogen Application on Yield and Nitrogen Uptake of Potato (*Solanum tuberosum*) in Meghalaya. *Indian J. of Agricultural Sci.*, 60 (2) 119-122.
- Singh D., Singh, M., & Sandhu, H.S. (1979). Effects of Different Nitrogen Sources and of Biuret in Urea on The Growth and Yield of Potato and Its Nutrient Uptake. *Indian J. Agric. Sci.*, 49, 641-648, Processing.
- Struik, P.C., Geertsema, J., & Custers, C.H.M.G. (1989). Effects of shoot, root and stolon temperature on the development of the potato (*Solanum tuberosum* L.) plant. II. Development of stolons. *Potato Res.*, 32, 143-149.
- Susnochi M. (1982). Growth and Yield Studies of Potatoes Developed in a Semi-arid Region. 1. Yield Response of Several Varieties Grown as a Double Crop, *Potato Research*, 25 (1), 59-69.
- Şenol, S., & Arıoğlu, H.H. (1991). Farklı Kökenli Patates Çeşitlerinin Çukurova Bölgesinde Turfanda Olarak Yetiştirilebilme Olanakları. *Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi*, 6 (2), 97-110.
- Tekalign, T., Hammes, P.S. (2005). Growth and Productivity of Potato as Influenced By Cultivar and Reproductive Growth: II. Growth Analysis, Tuber Yield and Quality. *Scientia Horticulturae*, 105, 29-44.
- Van der Veen, A.J.H., & Lommen, W.J.M. (2009). How planting density affects number and yield of potato minitubers in a commercial glasshouse production system. *Potato Res.*, 52, 105-119.
- Wurr, D.C.E., Hole, C.C., Fellows, J.R., Milling, J., Lynn, J.R., & O'Brien, P.J. (1997). The effect of some environmental factors on potato tuber numbers. *Potato Res.*, 40, 297-306.
- Yılmaz, G., & Tuğay, M.E. (1999). Patateste Çeşit x Çevre Etkileşimleri. II. Çevresel Faktörler Yönünden İrdeleme. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 23, 107-118.
- Yılmaz, H.A., & Güllüoğlu, L. (2002). Harran Ovası Koşullarında Yetiştirilen Kimi Patates Çeşitlerinin Tarımsal Ve Bazı Kalite Özellikleri Üzerinde Bir Araştırma. III. Ulusal Patates Kongresi, Bornova, İzmir, 179- 192.
- Yılmaz, G., & Karan, Y.B. (2007). Harika Bir Yerel Patates Çeşidi: Başçıftlık Beyazı. Türkiye VII. Tarla Bitkileri Kongresi, 25-27 Haziran, Erzurum, s. 728-731.
- Zabuncuoğlu, N., & Karaçal, İ. (1986). Gübreler ve Gübreleme. *Ankara Üniv. Zir. Fak. Yay.* 993, 329, Ankara.
- Zebarth, B.J., Leclerc, Y., & Moreau, G. (2004). Rate and timing of nitrogen fertilization of Russet Burbank potato: Nitrogen use efficiency. *Canadian Journal of Plant Science*, 84, 845-854.

Exploring Soil Characteristics and Agricultural Sustainability in Western Anatolia's Colluvial Deposits

Batı Anadolu'nun Koluviyal Depozitlerinde Toprak Özelliklerinin ve Tarımsal Sürdürülebilirliğin Araştırılması

ABSTRACT

It is claimed that colluvial lands are generally unsuitable for agriculture due to slope, shallow soil and nutritional deficiency. However, due to increasing population, agriculture in marginal areas such as colluvial lands becomes a necessity as normal agricultural areas are limited in agricultural production. This study aims to characterize the soil properties of colluvial deposits in western Anatolia, specifically focusing on their agricultural potential for olive, fig, and grape cultivation. Geological origins and topographic features of colluvial were initially assessed, followed by the collection of soil samples from both natural and agricultural areas. Comprehensive analyses were conducted on both colluvial materials and the corresponding soil samples. The findings were statistically evaluated using principal component analysis, with a subsequent discussion on the agricultural sustainability of the soils for the selected plants. The results indicate that the analyzed colluvial lands are generally unsuitable for agriculture due to factors such as slope, erosion risk, shallow soil depth, low soil organic matter, and limited nutritional capacity. However, under favorable climatic conditions, certain specialty crops, such as olives and figs, can thrive, offering economic benefits to the local population. Despite the overall limitations for traditional agriculture, the cultivation of these specific plants contributes to both the economic well-being of the region and the overall sustainability of agriculture in the area.

Keywords: Colluvial, Sustainable, Agriculture

Öz

Kolüvyal arazilerin eğimli, sıg toprak yapısı ve besin yetersizliği nedeniyle genellikle tarıma uygun olmadığı ileri sürülmektedir. Ancak artan nüfus nedeniyle normal tarım alanları sınırlı olduğundan marjinal kabul edilen kolüvyal arazilerde tarım yapmak zorunluluk haline gelmiştir. Bu çalışmanın amacı, Batı Anadolu'daki kolüvyal arazilerin toprak özelliklerini, özellikle zeytin, incir ve üzüm yetiştiriciliği için tarımsal potansiyellerine odaklanarak karakterize etmektir. Öncelikle kolüvyalin jeolojik kökeni ve topoğrafik özellikleri değerlendirilmiş, ardından doğal ve tarımsal alanlardan toprak örnekleri alınmıştır. Hem kolüvyal materyaller hem de üzerindeki topraklarda analizler yapılmıştır. Bulgular, temel bileşen analizi kullanılarak istatistiksel olarak değerlendirilmiş ve ardından seçilen bitkiler için toprakların tarımsal sürdürülebilirliği hakkında tartışılmıştır. Sonuçlar, kolüvyal arazilerin eğim, erozyon riski, sıg toprak derinliği, düşük toprak organik madde ve sınırlı besin kapasitesi gibi faktörler nedeniyle genel olarak tarıma uygun olmadığını göstermektedir. Ancak uygun iklim koşulları altında zeytin ve incir gibi bazı özel ürünler gelişerek yerel halka ekonomik faydalar sağlayabilir. Geleneksel tarımın genel sınırlamalarına rağmen, bu özel bitkilerin yetiştirilmesi hem bölgenin ekonomik refahına hem de bölgedeki tarımın genel sürdürülebilirliğine katkıda bulunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Kolüvyal, Sürdürülebilirlik, Tarım

Sevda ALTUNBAŞ¹ 

¹Akdeniz University, Faculty of Agriculture, Department of Soil Science and Plant Nutrition, Antalya, Türkiye

İbrahim ATALAY² 

²Dokuz Eylül University, Faculty of Letters, Department of Geography, İzmir, Türkiye

Muzaffer SİLER³ 

³Fırat University, Faculty of Humanities and Social Sciences, Department of Geography, Elazığ, Türkiye

İnci TOLAY¹ 

¹Akdeniz University, Faculty of Agriculture, Department of Soil Science and Plant Nutrition, Antalya, Türkiye



This study was supported by the General Directorate of Forestry. This study was published in the preprint section of the Environmental and Earth Sciences journal. However, since it is a preprint, there is no ethical problem in publishing it.

Geliş Tarihi/Received 30.04.2025
Kabul Tarihi/Accepted 15.06.2025
Yayın Tarihi/Publication Date 30.06.2025

Sorumlu Yazar/Corresponding author:

Sevda ALTUNBAŞ

E-mail: saltunbas@akdeniz.edu.tr

Cite this article: Altunbaş, S., Atalay, İ., Siler, M., Tolay, İ. (2025). Exploring Soil Characteristics and Agricultural Sustainability in Western Anatolia's Colluvial Deposits. *Journal of Ecological Harmony*, 1(1), 24-31.



Content of this journal is licensed under a Creative Commons Attribution-Noncommercial 4.0 International License.

Introduction

It is projected that the global population will surpass 9 billion by 2050, doubling the current figure in 75 years. This surge necessitates increased food production. While meeting this demand is imperative, challenges like global warming, climate change, and water resource issues underscore the urgency of safeguarding soil, water, and the environment. Despite a significant rise in population and consumption, the world's agricultural land can only expand by 10%.

While soil is naturally regenerative, this process requires considerable time and specific conditions. Therefore, prioritizing soil protection and ensuring sustainable production are paramount. This involves endorsing sustainable practices, preserving existing resources, and ensuring continuity (Kuşat, 2013). Understanding the physical and chemical traits of soils and promoting their sustainable use significantly impacts agricultural productivity. Soil characteristics vary based on vertical and horizontal directions and formation conditions. Colluvial deposits, consisting of rocks and soil fractions detached and transported by gravitational forces, play a vital role in nutrient assessment and pedological studies (Kinsley et al., 2020).

Colluvial soils are comprised of locally transported debris materials from sloping lands, deposited due to water erosion or landslides. These sediments serve as archives, offering insights into sedimentation, climate history, past pedogenesis, and land use phases. Originating around 5500 BC during the Neolithic Age in Central Europe, colluvial deposits reflect past human activities, such as forest clearing and land cultivation (Yassaoglu et al., 2017; Dotterweich, 2008; Miera et al., 2019; Scherer et al., 2021).

The colluvial soils is crucial for ensuring agricultural sustainability. In some regions with rugged geographical conditions, agriculture can be carried out if other factors, especially the climate factor, are suitable. The important issue is whether the soil-plant-water relationship is compatible with the desired form of agriculture.

The hypothesis of this research is that, according to the land capability classification system, if the slope is 10% or above, these lands are not suitable for agriculture. This phenomenon is especially evident in regions characterized by sloping topography. Lands under such topographic conditions have shallow and erosion-prone soil profiles and are not suitable for agricultural production. Limiting factors for crop plants include steep slopes, severe erosion,

shallow soils, low water holding capacity, salinity, and alkalinity.

The aim of this study, in which the potential of colluvial lands to contribute to sustainable agricultural production is revealed for the first time, which have a very important portion in the Boz Mountains region in the West of Turkey, by examining the climate, geographical features, parent material and soil chemical and physical properties, and to investigate whether they are suitable for the cultivation of grapes, figs and olives, which are widely grown in the region.

Methods

This research was conducted in the western part of Anatolia, specifically in the Aegean region, encompassing the Gediz graben, and including the northern slopes of the Boz Mountains and the southern slopes of the Aydın Mountains in Turkey (Figure 1). The study area is situated within the geographic coordinates of 38°31'13.13"N, 38°25'29.16"N, 37°45'36.22"E, and 37°50'10.37"E.

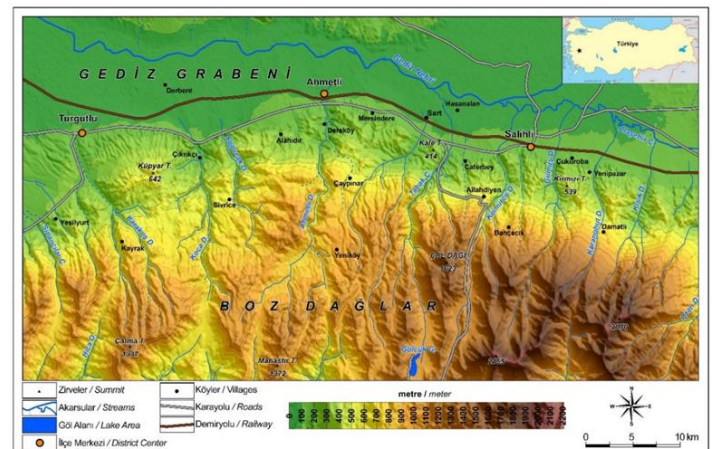


Figure 1. Location and physical map of the Bozdaglar (Boz Mountains) and Gediz graben

Climatic Conditions

The study area exhibits two distinct types of Mediterranean climatic conditions. In the lower part of the region, Mediterranean conditions are characterized by mild and rainy winters, along with hot and dry summers. As one ascends beyond 1000 meters elevation in the Boz Mountains, an Oro-Mediterranean climate prevails. This climate is distinguished by snowy and cold winters, complemented by cool summers occasionally marked by orographic rainfall (Atalay, 2022). The mean annual temperature, which stands at 17°C in the lowland areas, experiences a significant drop of 7-8°C in the upper reaches of the Boz Mountains. Annual precipitation averages nearly 500 mm in the lower part of the area, while this figure rises

to over 600 mm in the higher elevations of the mountains. Precipitation, which can lead to erosion and flash floods, primarily occurs during the winter and early spring periods.

Geologic Setting

The geological composition of the study area comprises three primary formations: the Menderes Paleozoic massif, Neogene fluvio-lacustrine sediment, and Plio-Quaternary colluvial deposits, along with alluvial fans and dejection fans (Figure 2).

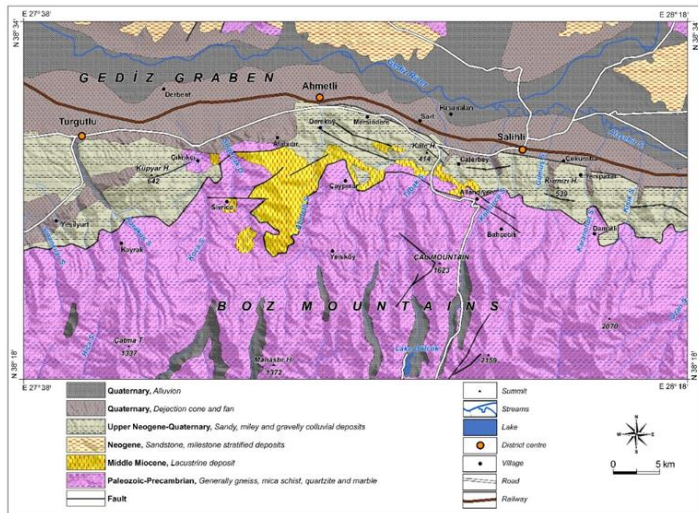


Figure 2. Geologic and lithologic map of Boz Mountain and Gediz graben

The Paleozoic Menderes massif, predominantly consisting of gneiss, mica schist, and quartzitic schist, stands as one of Turkey's prominent rigid masses and underwent metamorphism during the Paleozoic era (Atalay, 2022). The Neogene fluvio-lacustrine sediment is prevalent in the lowland areas and the northern periphery of the Boz Mountains. The Plio-Quaternary colluvial deposits that blanket the northern slopes of the Boz Mountains result from the accumulation of transported materials, including gravel, sand, and silt, with a minor presence of clay. These materials originate from the weathering of gneiss-mica schist on the Boz Mountains. The distinct colors and sizes of the colluvial deposits reflect various stages of erosion and accumulation during faulting movement periods.

Colluvial deposits exhibit three primary layers: the lower layer, characterized by a reddish hue, is intersected by faults; the middle layer, in brown, comprises predominantly silty and sandy materials; and the upper layer, in pale brown, represents the primary formation area of gullies. Extensive dejection cones and fans in the lowlands of the Gediz graben have formed through the accumulation of materials transported from the Boz Mountains.

Topography

The research site is situated on the north-facing slopes of Boz Mountains, located in the southern region of the Gediz River Basin within western Anatolia. The Gediz lowland area, characterized as a graben, contrasts with the Boz Mountains, identified as a horst. The elevation of the study area ranges from 100-150 meters in the Gediz graben, gradually ascending to 2157 meters at the summit of Boz Mountains. This substantial altitudinal variation, exceeding 1500 meters (Figure 3), defines the landscape. The Boz Mountains exhibit wide valleys and undulating topography, remnants of an ancient erosion surface formed during the Paleozoic Era.

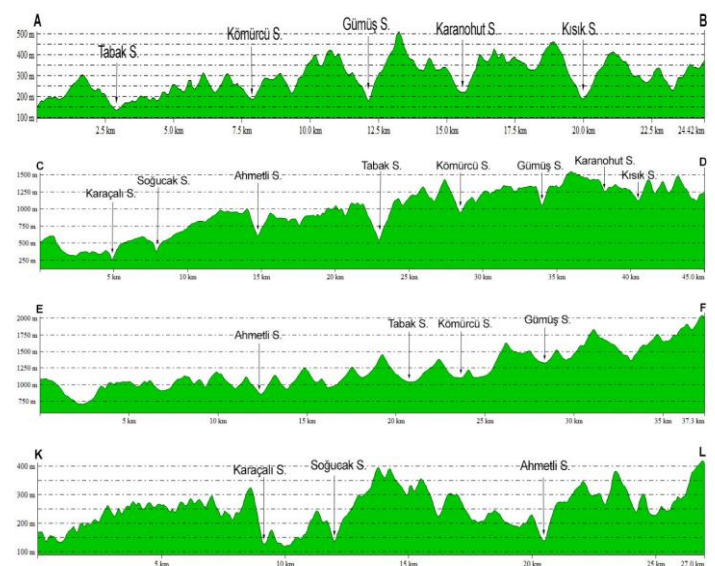


Figure 3. The topographic profiles in the east-west direction of the colluvial deposit on north slope of Boz Mountains.

This pre-Neogene erosion surface, initially part of the Boz Mountains, underwent uplift due to vertical faulting movements. The resulting rugged topography is evident in colluvial deposits on the north-facing slopes, especially notable in gullies shaped by streams at the Gediz Graben level. These colluvial deposits, dissected by streams in alignment with the Gediz Graben, contribute to the creation of a challenging topography, reminiscent of the badland terrain found in the western part of the USA. Steep slopes, primarily along fault scarps, dominate the lower north slopes of Boz Mountains. The Gediz graben serves as a natural transportation route, connecting the Aegean Sea to the inland regions of Central Anatolia. This geological feature significantly contributed to the establishment of the Gediz River, which flows into the Aegean Sea.

The present-day topography of the Paleozoic

metamorphic Menderes Massif and Gediz Graben has been shaped by vertical faulting movements occurring between the Middle Miocene and Late Quaternary periods. This horst-graben system's formation is primarily attributed to the northward movement of the African plate, particularly along the subduction zone extending across the Crete and Cyprus islands (Şengör & Yılmaz, 1983; Atalay, 2017). The uplifting of the western Anatolia and Egeit microplate, driven by extensional movement, led to the dissection of the rigid Menderes Massif and Aegean microplate. The geomorphological evolution, including the formation of the horst-graben system and metamorphism, has been extensively discussed in the context of the Menderes Massif (Koçman, 1985). This dynamic geological process underscores the intricate interplay of tectonic forces that have significantly influenced the landscape of the region over time.

Profiles in the east-west direction exhibit significant incision, reaching depths of up to 500 meters in the colluvial deposit, influenced by the stream within the area. The degree of incision or dissection varies, ranging from 200 to 300 meters in profiles A-B and K-L, while reaching nearly 500 meters in the upper sections of Kömürcü and Tabak streams in the D-C profile. Additionally, the profile traversing the upper part of Boz Mountains reveals evidence of an ancient erosion surface and expansive valleys during the pre-Neogene period.

Vegetation and Human Impact

The study area is characterized by two primary forest belts. The first, consisting of Turkish red pine (*Pinus brutia*), extends from the lowland and ascends to elevations of 800-1000 meters. The second forest belt, dominated by black pine (*Pinus nigra*), begins at higher elevations above the red pine belt and reaches up to 2000 meters (Atalay, 2016). Unfortunately, a considerable portion of these forest belts has been degraded or destroyed, contributing significantly to increased erosion, particularly the formation of gullies. Within this region, colluvial deposit slopes along the fault scarp of mini or small horst have undergone extensive dissection through the formation of deep gullies. Young slope deposits have formed through the accumulation of materials transported from horst slopes. Moreover, the materials transported from these slopes toward the Gediz graben have given rise to the creation of dejection cones and alluvial fans. The accumulation of sandy-silty materials has notably impacted land use and agricultural activities. Specifically, the growth of fig and olive trees is closely tied to the presence of young colluvial deposits. In areas unsuitable for agriculture, maquis vegetation and red pine communities prevail (Figure 4).

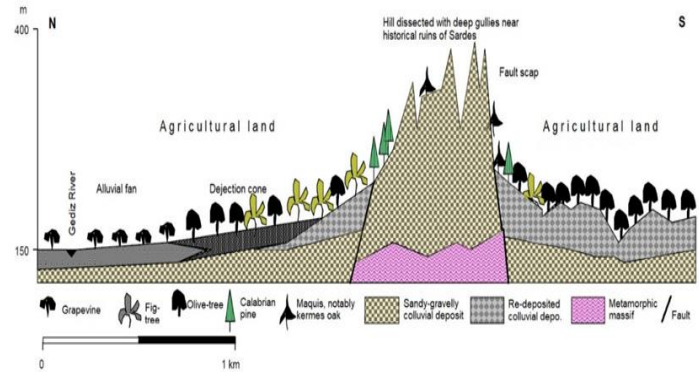


Figure 4. The effects of the vertical faulting movements on the formation of mini horst-graben, the agricultural lands, gully and dejection cone in the vicinity of Salihli.

Soil and Parent Materials Physical and Chemical Analysis

In the field, samples of soil and parent material were collected for subsequent laboratory analysis. Following thorough mixing and homogenization in the laboratory, the soil samples underwent air-drying at room temperature and were subsequently sieved through a 2 mm mesh. Standard soil analysis methods were employed to assess the physical and chemical characteristics of both the soil and colluvial material. This included determining particle size distribution, calcium carbonate content, soil reaction (pH), electrical conductivity (EC), soil organic matter (SOM), cation exchange capacity (CEC), and the concentrations of exchangeable K, Ca, Mg, and Na. Hydrometer analysis was used to determine particle size distribution, while the volumetric method using Scheibler calcimeter was employed to assess calcium carbonate content. Soil reaction (pH) and electrical conductivity (EC) were measured in a 1:2.5 soil water⁻¹ aqueous extract. Soil organic matter (SOM) content was determined using the Walkley-Black method. Cation exchange capacity (CEC) was determined through the sodium acetate method. Additionally, the concentrations of exchangeable K, Ca, and Mg were measured using a 1 N ammonium acetate extraction (Kacar, 2016).

Statistical Analyses

Data statistical analyses were conducted in three steps: (i) Normality tests were applied (Shapiro-Wilks); (ii) distributions were described using classical statistics (arithmetic mean, standard deviation, maximum and minimum values, coefficient of variation); (iii) correlation. The statistical analysis was performed based on the principles set forth in. The JMP Statistical package program, developed by SAS (SAS Institute, Cary, North Carolina, USA), was used to examine all the data. Principal Component

Analysis (PCA) was also conducted (Jolliffe and Cadima, 2016).

Results and Discussion

The zonal soil unique to the black pine forest is exclusively located in the upland regions of the Boz Mountains. Colluvial soil predominates in deposits composed mainly of sand, silt, and gravel. The remaining areas of the Boz Mountains feature lithosol formations on the sloping terrains.

The absence of clayey-limy cementation in the sandy-silty and gravelly materials has heightened susceptibility to erosion. Laboratory experiments have demonstrated that gravel-sized materials can be transported at speeds exceeding 1 m/sec, while silts and sands are transported at speeds ranging from 0.6 to 0.4 m/sec (Figure 5). The easy transportability of sandy and silty materials by runoff and/or overland flow has led to the development of gully erosion.

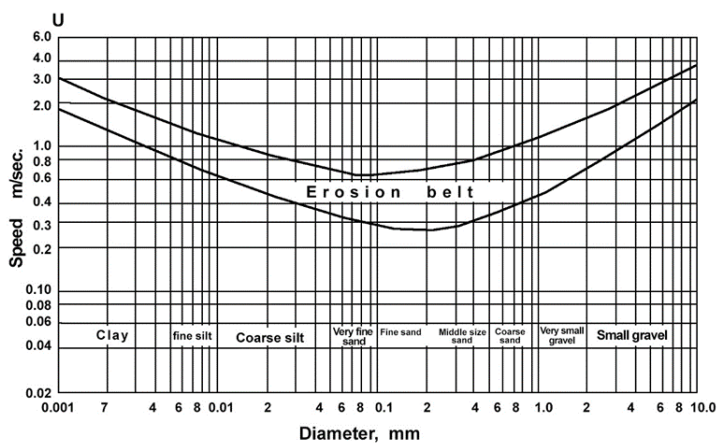


Figure 5. U-shaped of valley formation depending on the parallel retreat of valley slope on the colluvial deposit in the lower edge of Boz Mountains.

In Figure 5, it can be observed that materials between coarse silt and coarse sand are transported at speeds ranging from 0.6 to 0.3 m/s. It is understood that the hardest eroded material consists of clay particles that attract each other with negative electrical force and coarse gravel-sized material, which is difficult to erode and transport. This graph clearly illustrates why gully development occurs on sandy-silty material.

The main materials and soil samples presented in Table 1 were taken from colluvial deposits at locations including Salihli (1,2,3); Kurşunlu (4,5,6,7,8); Kula (10,11,12,13); Kurudere (14,15); and Damatlı (16). Their colors grey,

reddish, brown, and yellowish depend on their weathering levels and the location from which they were transported. Some physical and chemical soil characteristics from parent materials of five different locations where colluvial soils formed are shown in Tables 1 and 2. The pH values of the soils ranged from 4.1 to 8.3, with a mean value of 6.988. Most pH values (10 samples) were found to be over 7, indicating a neutral to slightly alkaline reaction. As for the EC values of the soil samples, they varied between 0.21% and 3.89%, with a mean value of 0.7081%. The results suggest that most soils are slightly salty to moderately salty, with two soil samples being strongly salty. The CaCO_3 (lime) content of the soil samples ranged from 2.4% to 8.8%, with a mean value of 4.331%. These values indicate that the soils are calcareous to moderately calcareous. The SOM values varied between 0.05% and 11%, with a mean value of 1.3781%. Only two soil samples had moderate to high SOM content, while most had a very low amount. The CEC values of the soil samples ranged between 3 and 20, with a mean value of 8.8062. This value range suggests that the soils are low in CEC. The soil texture classes of the samples differed. Nine of the soil samples had a texture class of SL (Sandy Loam), three had L (Loam), three had CL (Clayey Loam), one had SCL (Sandy Clayey Loam), and one had LS (Loamy Sand).

Table 1. Some physical and chemical analysis of the parent materials and soils taken from around Salihli and Turgutlu

No	Horizon	pH	EC	CaCO_3 %	SOM %	K cmolc kg ⁻¹	Ca cmolc kg ⁻¹	Mg cmolc kg ⁻¹	Na cmolc kg ⁻¹	CEC cmolc kg ⁻¹	S %	Si %	C %	Texture
1	C	7.2	1.76	3.8	0.1	0.3	3.6	3.0	2.4	9.5	44	34	22	CL
2	C	7.5	0.26	5.2	0.7	0.1	12.3	0.7	0.2	9.7	65	18	17	SL
3	A	7.6	0.28	8.8	0.6	0.1	11.2	1.2	0.1	8.4	55	14	31	SL
4	C	6.9	0.28	3.2	0.05	0.1	4.7	2.2	0.5	11.0	66	14	20	SL
5	A	7.3	0.35	4.0	4.3	0.7	10.1	1.8	0.1	20.0	55	16	29	SL
6	C1	7.1	0.62	3.6	0.3	0.2	8.9	1.6	0.3	14.0	53	14	33	SL
7	C2	7.2	0.56	2.4	0.3	0.1	8.4	2.3	0.3	15.0	49	16	35	L
8	C	4.1	1.50	3.4	11	0.1	1.6	2.2	0.5	9.0	52	21	27	SCL
9	Cm	6.8	0.19	3.8	0.7	0.1	2.3	1.2	0.2	7.0	63	13	24	SL
10	C	7.5	3.89	2.6	0.5	0.3	4.6	2.23	6.9	8.3	40	24	36	L
11	C	8.1	0.26	3.8	0.9	0.1	6.0	1.43	0.5	5.0	49	14	37	L
12	A	8.3	0.47	4.2	0.4	0.1	1.0	0.2	2.7	5.0	53	15	32	SL
13	C	7.6	0.20	6.8	0.4	0.3	7	0.4	0.1	4.0	85	7	8	LS
14	C	6.1	0.25	4.8	0.6	0.1	1.8	0.3	0	8.0	17	55	28	SL
15	C	6.0	0.25	4.1	0.6	0.1	1.0	0.05	0.1	4.0	7	63	30	SL
16	C	6.5	0.21	4.8	0.6	0.07	2.6	0.1	0.1	3.0	9	71	20	SL

The K levels of the soil samples varied between 0.07 and 0.7 cmolc/kg, with a mean value of 0.1794 cmolc/kg, indicating very low to low amounts of K in the soils. The Ca level ranged from 1.00 cmolc/kg to 12.30 cmolc/kg, with a mean value of 5.4438 cmolc/kg, suggesting soils had a range from very low to medium Ca levels. The Mg level differed among the soil samples, ranging from 0.05 to 3.00 cmolc/kg, with a mean value of 1.3069 cmolc/kg, indicating low to medium levels of Mg in the soils. The Na values varied between 0.00 and 6.90 cmolc/kg, with a mean value of 0.9395. Most soil samples had low to moderate Na levels, while three had very high amounts of Na.

Table 2. Descriptive statistics of the soil physical and chemical properties. V: Variance; SD: standard deviation; CV: coefficient of variation; SC: skewness coefficient; K:

kurtosis

	Minimum	Maximum	Mean	SD	Variance	Skewness	Kurtosis
pH	4,1	8,30	6,988	0,9939	0,988	-1,664	4,059
EC	0,19	3,89	0,7081	0,96731	0,936	2,769	8,192
CaCO ₃	2,4	8,80	4,331	1,5852	2,513	1,714	3,587
SOM	0,05	11,00	1,3781	2,74584	7,540	3,326	11,464
K	0,07	0,70	0,1794	0,16126	0,026	2,545	7,287
Ca	1,00	12,30	5,4438	3,78963	14,361	0,480	-1,123
Mg	0,05	3,00	1,3069	0,93572	0,876	0,102	-1,212
Na	0,00	6,90	0,9375	1,78246	3,177	2,896	8,949
CEC	3,00	20,00	8,8062	4,54598	20,666	1,020	1,087
Sand	7,0	85,00	47,62	20,998	440,917	-0,703	0,418
Silt	7,0	71,00	25,56	19,691	387,729	1,541	1,083
Clay	8,0	37,00	26,81	7,867	61,896	-0,859	0,568

Within the framework of PCA, components boasting eigenvalues surpassing 1 are deemed principal components. This investigation has revealed that the first four principal components, characterized by eigenvalues (factor loading/eigenvalue) exceeding 1, collectively account for 78.446% of the overall variation present in the dataset, as outlined in Table 3. Notably, traits with factor loadings equal to or greater than 0.7 are considered influential in explaining dataset variability. In the context of component 1, Na stands out with a factor loading of 0.937, signifying its paramount contribution to the variability. Consequently, in component 1, Na and EC play pivotal roles; CEC, Ca, and K contribute significantly to component 2; sand and silt dominate in component 3; while pH and SOM take center stage in component 4 (Table 3). It is noteworthy that almost all properties exhibit significance in elucidating dataset variability.

Moving forward, the next phase involved the calculation of Pearson correlation coefficients for each principal component, as detailed in Table 4. Notably, the table highlights prominent correlations, with Silt and Sand leading at 0.927, followed by EC and Na at 0.901, and pH and SOM at -0.711. To visually represent the impact of the two most influential principal components, accounting for 28% and 24.3% of the variance, biplot graphs were generated post-Principal Component Analysis, and these are illustrated in Figure 5. from the Boz Mountains. These colluvial exhibit varying degrees of weathering and colors. The steep slope gradient facilitates the continuous downhill movement of sand and gravel materials due to gravitational forces. Additionally, increased erosion and debris flow on the slopes facilitate the transportation of plant seeds, resulting in bare land with minimal vegetation cover (Cheng et al., 2023).

Table 3. Eigenvalues

Component	1	2	3	4
Total	3,360	2,915	1,903	1,236
% of Variance	27,996	24,290	15,861	10,299
Cumulative %	27,996	52,287	68,148	78,446
Na	0,937			0,236
EC	0,931			
CaCO ₃	-0,562	-0,286	0,341	0,269
CEC		0,957		-0,117
Ca	-0,314	0,613	0,404	0,364
K	0,134	0,608	0,172	
Mg	0,546	0,586	0,218	-0,250
Sand		0,237	0,943	
Silt	-0,122	-0,412	-0,796	-0,129
Clay	0,378	0,398	-0,524	0,150
pH		0,143	0,269	0,917
SOM		0,164	0,116	-0,880

Extraction Method: Principal Component Analysis.
Rotation Method: Varimax with Kaiser Normalization.

a. Rotation converged in 6 iterations.

Table 4. Pearson Correlation coefficients of soil properties

	pH	EC	CaCO ₃	SOM	K	Ca	Mg	Na	CEC	Sand	Silt	Clay
pH	1	-0,067	0,203	-0,711**	0,200	0,446	-0,067	0,257	0,018	0,359	-0,419	0,091
EC	-0,067	1	-0,400	0,158	0,229	-0,155	,543*	,901**	0,063	-0,078	-0,036	0,297
CaCO ₃	0,203	-0,400	1	-0,148	-0,064	0,361	-0,471	-0,352	-0,306	0,178	-0,038	-0,380
SOM	-0,711**	0,158	-0,148	1	0,157	-0,142	0,251	-0,120	0,208	0,067	-0,091	0,048
K	0,200	0,229	-0,064	0,157	1	0,327	0,311	0,180	,590*	0,223	-0,222	-0,040
Ca	0,446	-0,155	0,361	-0,142	0,327	1	0,189	-0,209	,552*	0,494	-,510*	-0,042
Mg	-0,067	,543*	-0,471	0,251	0,311	0,189	1	0,334	,591*	0,304	-0,421	0,243
Na	0,257	,901**	-0,352	-0,120	0,180	-0,209	0,334	1	-0,083	-0,051	-0,074	0,322
CEC	0,018	0,063	-0,306	0,208	0,590*	0,552*	0,591*	-0,083	1	0,269	-0,387	0,250
Sand	0,359	-0,078	0,178	0,067	0,223	0,494	0,304	-0,051	0,269	1	-,927**	-0,348
Silt	-0,419	-0,036	-0,038	-0,091	-0,222	-,510*	-0,421	-0,074	-0,387	-,927**	1	-0,028
Clay	0,091	0,297	-0,380	0,048	-0,040	-0,042	0,243	0,322	0,250	-0,348	-0,028	1

** Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

* Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

The sandy texture of the colluvial deposit is a consequence of the weathering products of mica schist, gneiss, and quartzitic schist. Specifically, sand particles predominantly result from the weathering of gneiss and mica schist, rich in quartzite minerals. Clay is derived from the weathering of mica minerals, while silt primarily originates from the weathering of feldspar (Oni & Olatunji, 2017).

Generally, sandy soils or deposits tend to have low plant nutrient content due to the higher presence of silica compared to feldspar and mica minerals. However, colluvial deposits create a conducive habitat for the growth of taproot trees such as grape, fig, and Calabrian pine. These trees thrive in colluvial deposits as their roots easily access the deep layers, contributing to the uptake of sufficient plant nutrients (Schooner & Crim, 2021).

The pH values of most soil samples are over 7, indicating a neutral or slightly alkaline reaction (Table 1, 2). Soil pH plays a crucial role in nutrient solubility and availability to plants. Optimal plant development requires different pH values, and the study area exhibits conditions suitable for

various plants (Barrow & Harteming, 2023).

Apart from two soils with strong salinity characteristics, most soils in the study area show low electrical conductivity (EC) values, ranging from slightly salty to moderately salty (Table 1, 2). While most colluvial are generally suitable for agricultural use without significant salinity issues, attention should be given to strongly saline colluvial, which may severely limit the growth of salt-sensitive plant species (Balasubramaniam et al., 2023).

Cation exchange capacity (CEC) values are uniformly low in all soils, ranging from 3 to 20. The low CEC may be attributed to the low organic matter content in most soil samples, as organic materials can significantly increase the soil's absorption capacity (Atalay, 2016).

The soils exhibit a wide range of sand, silt, and clay percentages, with sand dominating (47.67%), followed by silt (25.56%) and clay (26.81%). Most soils have a sandy loam texture, a crucial factor influencing soil properties such as permeability, infiltration, water capacity, and CEC ((Warrence et al., 2023). High levels of infiltration and leaching in areas with coarse texture cause the compounds that create salinity to be removed from the soil profile.

Plant nutrients such as K, Ca, Mg, and the nonessential but influential cation Na are found at low levels in the examined soils. Previous studies have reported negative relationships between exchangeable K content and soil sand content, as well as positive relationships with clay, silt, CEC, and organic matter levels (Atalay, 2016; Cimrin & Boysan, 2006). This may affect the growth of plants with requirements favorable by these cations.

Conclusion and Recommendations

Land capability class IV is prevalent in the gently undulating and flat regions at the upper reaches of the Boz Mountains. The primary production area for grapevines, olives, and figs is characterized by colluvial deposits, dejection fans, and cones falling under the V class land. These areas extend along the lowland edge of the Boz Mountains and Gediz River, serving as the main agricultural zones for grapevines, olives, and figs. Notably, sandy alluvial fans are the exclusive production region for seedless sultana grapes, not only within Türkiye but also globally.

The Boz Mountains and colluvial deposits frequently witness the misuse of land. For instance, forested areas classified as class VII are converted into agricultural lands to cultivate cereals, vegetables, and fruits. This

transformation is particularly evident in sloping areas comprised of exposed mica schists and gneisses, categorized as rocky land in class VIII. Consequently, the agricultural regions within the sloping parts of colluvial deposits undergo intense erosion.

The formation of diverse gullies in the Boz Mountains over different periods is closely tied to geomorphological evolution, primarily influenced by vertical faulting movements and sandy colluvial deposits. Each faulting movement intensifies the altitudinal difference between Gediz Graben and Boz Mountains horst, leading to increased erosion of weathered materials on the Boz Mountains and their accumulation on the northern slope. The resulting colluvial deposit, mainly composed of sandy and silty materials, undergoes deep dissection by running waters, with transported materials accumulating as dejection cones and fans in lowland areas toward Gediz Graben.

Generally, colluvial lands pose challenges for agriculture due to their slope, erosion risk, shallow soil, low soil organic matter (SOM), and limited nutritional capacity. Despite these limitations, plants such as olives and figs, known for their ability to thrive under challenging conditions and with minimal soil requirements, flourish due to the optimal climatic conditions of the region, contributing significantly to the local economy. Consequently, there is a need for increased research and studies focused on colluvial lands.

Etik Komite Onayı: Bu çalışma için etik komite onayı gerekmemektedir.

Hakem değerlendirmesi: Dış bağımsız.

Yazar Katkıları: Konsept – S. A, İ. A, M.S; Tasarım – S. A, İ. A; Kaynaklar – S. A, İ. A, İ. T; Malzemeler – S. A, İ. A, M.S; Veri Toplama ve/veya İşleme – S. A, M.S; Analiz ve/veya Yorumlama – S. A, M.S, İ. A; Literatür Taraması – İ. A, İ. T, S. A; Yazım – S. A, İ. A; Eleştirel İnceleme – İ. A.

Çıkar Çatışması: Yazarların beyan edecekleri bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Finansal Açıklama: Bu çalışma Orman Genel Müdürlüğü tarafından desteklenen proje kapsamında finanse edilmiştir.

Ethics Committee Approval: Ethics committee approval is not required for this study.

Peer-review: Externally peer-reviewed.

Author Contributions: Concept – S. A, İ. A, M.S; Design – S. A, İ. A; Resources – S. A, İ. A, İ. T; Materials – S. A, İ. A, M.S; Data Collection and/or Processing – S. A, M.S; Analysis and/or Interpretation – S. A, M.S, İ. A; Literature Search – İ. A, İ. T, S. A; Writing – S. A, İ. A; Critical Review – İ. A.

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

Financial Disclosure: This study was financed within the scope of the project supported by the General Directorate of Forestry.

References

Atalay, İ. 2016. A New approach to the land capability

classification: Case Study of Turkey. *Procedia Environmental Sciences*, Elsevier. 32:264-274.

Atalay, İ. 2017. *Geomorphology of Turkey*. Book. (3rd Ed.). Meta Basım, İzmir

Atalay, İ. 2022. *Applied Climatology*. Book, (3th Pub). Meta Basım, İzmir

Balasubramaniam, T., Shen, G., Esmaeili, N., and Zhang H. 2023. Plants' Response Mechanisms to Salinity Stress. *Plants*. 12(12): 2253; <https://doi.org/10.3390/plants12122253>

Barrow, N. J. and Hartemink Alfred E. 2023. The effects of pH on nutrient availability depend on both soils and plants. *Plant Soil*, 487:21–37.

Cheng, D., Iqbal, J., Gao, C. 2023. Debris flow gully classification and susceptibility assessment model construction. *Land*. 12(3): 571.

Çimrin, K. M. and Boysan, S. 2006. Van Region Nutritional Element States of Agricultural Land and Their Relationship with Some Soil Properties/ Van Yöresi Tarım Topraklarının Besin Elementi Durumları ve Bunların Bazı Toprak Özellikleri ile İlişkileri. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Bilimleri Dergisi* (J. Agric. Sci.). 16(2): 105-111.

Dotterweich, M. 2008. The history of soil erosion and fluvial deposits in small catchments of central Europe: Deciphering the long-term interaction between humans and the environment A review. *Geomorphology*. 101: 192–208

Jolliffe, I.T. and Cadima, J. 2016. Principle component analysis. A revive and recent developments. *Philosophical transactions, series A, mathematical, Physical and Engineering Sciences*. 374:20150202.

Kacar, B. 2016. *Physical and chemical soil analysis*. Nobel Publications and Distribution, Ankara, Turkey. (In Turkish)

Kingsley, J., Akpan-Idiok, A.U., Okon, A.E., Penizek, V. 2020. Mineralogical properties of soil development from colluvial deposits of southern Nigeria. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*. Volume 26, Issue 3, Page 605-611.

Koçman, A. 1985. Structural geomorphology and evolution of the İzmir-Bozdağlar region, *Aegean Geog. Journal*. 3:63-86.

Kuşat, N. 2013. Green economy for green sustainability:

advantages and disadvantages. Türkiye review. *Yaşar University E-Journal*. 8 (29): 4896-4916.

Miera, J. J., Henkner, J., Schmidt, K., Fuchs, M., Scholten, T., Kühn, P. and Knopf, T. 2019. Neolithic settlement dynamics derived from archaeological data and colluvial deposits between the Baar region and the adjacent low mountain ranges, southwest Germany. *E&G Quaternary Science Journal*. 68: 75–93.

Oni, S. O. and Olatunji, A. S. 2017. Depositional environments signatures, maturity and source weathering of Niger Delta sediments from an oil well in southeastern Delta State, Nigeria. *Eurasian J Soil Sci*, 6 (3): 259–274.

Şengör, A.M.C. and Yılmaz, Y. 1983. Evolution of the Tethys in Turkey: An approach from the perspective of plate tectonics: Turkish Geol. Exchange rate. *Geosciences*.

Scherer S., Deckers K., Dietel J., Fuchs M., Henkner J., Hopfer B., Junge A., Kandeler E., Lehndorff E. Leinweber, P., Lomax J., Miera J., Poll C., Toffolo M.B., Knopf T., Scholten T., Kühn P. 2021. What's in a colluvial deposit? Perspectives from archaeopedology. *Catena*. 198: 105040.

Warrence, N. J., Bauder, J. W. and Pears on, E. K. 2023. Basic of salinity and sodicity effects on soil physical properties, http://www.iav.ac.ma/agro/dss/chimieso/basics_salinity.htm (Accessed: 17 December 2023)

Yassoglou, N., Tsadilas, C., Kosmas, C. 2017. Colluvial Soils. In: *The Soils of Greece*. World Soils Book Series. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-53334-6_5.



Evaluation of Agricultural Wastes in Terms of Environmental Sustainability

Alper Erdem YILMAZ¹ 

¹Atatürk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Erzurum, Türkiye



Çevresel Sürdürülebilirlik Açısından Tarımsal Atıkların Değerlendirilmesi

ABSTRACT

The agricultural production process is vital for providing food and raw materials; however, it generates significant amounts of waste from an environmental perspective. Various types of agricultural wastes, such as post-harvest plant residues, animal manure, processing by-products, and agricultural packaging materials, can adversely affect soil, water, and air quality and contribute to greenhouse gas emissions when managed by traditional methods. Nevertheless, when these wastes are valorized using appropriate technologies, they can be transformed into valuable resources that help reduce environmental harm and increase economic added value. In this context, the aim of this study is to demonstrate how agricultural wastes can be sustainably managed in line with environmental sustainability principles. In the study, the main agricultural waste types defined in the literature were examined; the potential of these wastes to be evaluated by methods such as composting, biogas production by anaerobic digestion and conversion into new generation products such as biochar production by pyrolysis were analyzed. Additionally, the relationships between waste management and environmental, economic, and social sustainability are evaluated through best practice examples from different countries. The results indicate that agricultural waste should not be viewed merely as a disposal burden but rather as a strategic resource within the framework of circular economy principles. It is emphasized that with policy support, farmer education, and appropriate technological infrastructure, this transformation can significantly contribute to both rural development and global environmental goals.

Keywords: Agricultural waste, sustainability, recovery, composting, biogas

Öz

Tarımsal üretim süreci, gıda ve ham madde sağlama açısından yaşamsal öneme sahip olmakla birlikte, çevresel açıdan önemli miktarda atık üretmektedir. Hasat sonrası bitkisel artıklar, hayvansal dışkılar, işleme yan ürünleri ve tarımsal ambalaj atıkları gibi farklı türlerdeki tarımsal atıklar, geleneksel yöntemlerle yönetildiğinde toprak, su ve hava kalitesi üzerinde olumsuz etkiler yaratmakta, ayrıca sera gazı emisyonlarına katkıda bulunmaktadır. Ancak bu atıklar, uygun teknolojilerle değerlendirildiğinde hem çevresel zararların azaltılmasına hem de ekonomik katma değerin artırılmasına katkı sağlayabilecek nitelikli kaynaklara dönüşebilir. Bu bağlamda çalışmanın amacı, tarımsal atıkların çevresel sürdürülebilirlik ilkeleri doğrultusunda nasıl değerlendirilebileceğini ortaya koymaktır. Çalışmada, literatürde tanımlanmış başlıca tarımsal atık türleri incelenmiş; bu atıkların kompostlama, anaerobik çürütme ile biyogaz üretimi ve piroliz yoluyla biyokömür eldesi gibi yeni nesil ürünlere dönüştürülmesi gibi yöntemlerle değerlendirilme potansiyelleri analiz edilmiştir. Ayrıca farklı ülkelerde uygulanan iyi örnekler üzerinden, atık yönetimi ile çevresel, ekonomik ve sosyal sürdürülebilirlik arasındaki ilişkiler değerlendirilmiştir. Sonuçlar, tarımsal atıkların yalnızca bertaraf edilmesi gereken bir yük değil, döngüsel ekonomi prensipleri çerçevesinde stratejik bir kaynak olarak ele alınması gerektiğini göstermektedir. Politika desteği, çiftçi eğitimi ve uygun teknolojik altyapı ile bu dönüşümün hem kırsal kalkınmaya hem de küresel çevre hedeflerine önemli katkılar sağlayabileceği vurgulanmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Tarımsal atık, sürdürülebilirlik, geri kazanım, kompost, biyogaz

Geliş Tarihi/Received 20.05.2025
Revizyon Talebi/Revision 03.06.2025
Requested 17.06.2025
Son Revizyon/Last Revision 19.06.2025
Kabul Tarihi/Accepted 19.06.2025
Yayın Tarihi/Publication Date 30.06.2025

Sorumlu Yazar/Corresponding author: Alper Erdem YILMAZ

E-mail: saltunbas@akdeniz.edu.tr

Cite this article: Yılmaz, A.E. (2025).

Evaluation of Agricultural Wastes in Terms of Environmental Sustainability. *Journal of Ecological Harmony*, 1(1), 32-39.



Content of this journal is licensed under a Creative Commons Attribution-Noncommercial 4.0 International License.

Giriş

Küresel ölçekte artan nüfus, kentleşme ve gıda talebi, tarımsal üretimin hacmini ve çeşitliliğini önemli ölçüde artırmıştır. Bu artış beraberinde büyük miktarda tarımsal atığın oluşumunu da getirmektedir. Tarımsal faaliyetler sonucu ortaya çıkan atıklar; hasat sonrası bitkisel kalıntılar, hayvansal dışkılar, işleme yan ürünleri ve tarımsal ambalaj atıkları gibi farklı kategorilerde sınıflandırılmaktadır (Bhupendra vd., 2022). Geleneksel uygulamalarda bu atıkların çoğu ya yakılmakta ya da çevreye kontrolsüz şekilde bırakılmakta; bu durum toprak ve su kirliliği ile sera gazı salımlarına neden olmakta, aynı zamanda biyolojik çeşitliliği tehdit etmektedir (FAO, 2019; UNEP, 2020).

Tarım kaynaklı atıkların çevresel etkileri yalnızca yerel düzeyde değil, küresel çevre sorunları bağlamında da ele alınmalıdır. Özellikle gelişmekte olan ülkelerde tarımsal atıkların etkin bir şekilde yönetilememesi, sürdürülebilir kalkınma hedeflerinin önünde önemli bir engel teşkil etmektedir (UNEP, 2020). Bununla birlikte, tarımsal atıklar uygun teknolojilerle değerlendirildiğinde, döngüsel ekonomiye katkı sağlayan değerli kaynaklara dönüşebilmektedir. Kompostlama, anaerobik çürütme, piroliz ve biyoplastik üretimi gibi yöntemlerle bu atıklardan enerji, gübre, toprak düzenleyici ve endüstriyel hammadde üretimi mümkün hale gelmiştir (Mohan vd., 2014; Paritosh vd., 2017).

Son yıllarda tarımsal atıkların değerlendirilmesine yönelik politikalar, özellikle Avrupa Yeşil Mutabakatı ve Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları (SKA'lar) doğrultusunda yeniden şekillenmektedir. Söz konusu belgeler, atık yönetimini sürdürülebilir üretim ve tüketim modellerinin temel bir bileşeni olarak ele almakta; atıkların kaynağında azaltılması, geri dönüştürülmesi ve enerjiye dönüştürülmesini teşvik etmektedir. Bu çerçevede, tarımsal atıkların yönetimi yalnızca çevresel sorunların önlenmesi açısından değil, aynı zamanda enerji güvenliği, toprak sağlığı ve kırsal kalkınma açısından da çok boyutlu faydalar sağlamaktadır (Wael vd., 2019; Awasthi vd., 2014).

Bu çalışma, tarımsal atıkların çevresel sürdürülebilirlik perspektifinden değerlendirilmesini amaçlamakta; farklı atık türlerinin çevreye etkileri, geri kazanım teknolojileri ve başarılı uygulama örnekleri üzerinden bütüncül bir analiz sunmaktadır.

Yöntem

Bu çalışma, nitel bir araştırma yaklaşımı temelinde

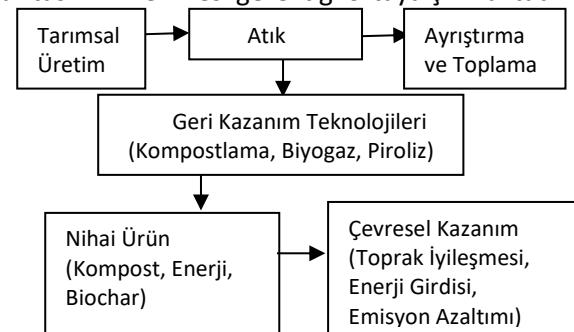
yürütülmüş olup, tarımsal atıkların çevresel sürdürülebilirlik açısından değerlendirilmesini amaçlayan sistematik bir literatür taraması ve karşılaştırmalı analiz yöntemine dayanmaktadır. Çalışmada, tarımsal atık türlerinin sınıflandırılması, bu atıkların çevresel etkileri ve değerlendirme teknolojileri üzerine uluslararası düzeyde yayımlanmış bilimsel makaleler, raporlar ve politika belgeleri incelenmiştir.

Araştırma kapsamında, Scopus, Web of Science, Science Direct ve Google Scholar gibi akademik veri tabanlarında 2000–2024 yılları arasında yayımlanmış 60'tan fazla bilimsel çalışma taranmış; bunlardan çevresel sürdürülebilirlik, döngüsel ekonomi, atık yönetimi ve tarımsal biyoteknoloji konularında kapsamlı veri sunan 30 çalışma detaylı analize tabi tutulmuştur. Ayrıca FAO, UNEP ve Avrupa Komisyonu gibi kuruluşların yayımladığı raporlar, politika belgeleri ve kılavuzlar da ikincil veri kaynakları olarak kullanılmıştır (FAO, 2019; UNEP, 2020; European Commission, 2020).

Veri analizi sürecinde, nitel içerik analizi yöntemi uygulanmış; belirlenen literatür belgelerinde “atık türleri”, “geri kazanım teknolojileri”, “çevresel etkiler” ve “iyi uygulama örnekleri” gibi ana temalar etrafında kodlama yapılmıştır. Ayrıca değerlendirme teknolojilerinin çevresel faydaları ve sürdürülebilirlik göstergeleri (sera gazı azaltımı, toprak kalitesi iyileştirmesi, enerji üretimi vb.) açısından karşılaştırılması için tematik tablo yöntemi kullanılmıştır (Awasthi vd., 2016; Wael vd., 2019).

Çalışma kapsamında ele alınan başlıca değerlendirme yöntemleri; kompostlama, anaerobik çürütme ile biyogaz üretimi, pirolizle biyokömür üretimi ve biyoplastik eldesi gibi çevre dostu teknolojilerdir. Bu teknolojilerin her biri, literatürde raporlanmış çevresel kazanımları temel alınarak yaşam döngüsü perspektifinden incelenmiştir (Zhu vd., 2004; Mohan vd., 2014). Ayrıca bazı ülkelerde uygulanan başarılı yerel projeler üzerinden karşılaştırmalı analiz yapılmış ve politika önerileri geliştirilmiştir.

Tarım sektöründen kaynaklı atıkların çevresel sürdürülebilirlik temelinde ele alınması için aşağıdaki yol haritasının izlenmesi gerektiği ortaya çıkmaktadır.



Şekil 1.

Tarımsal atık yönetimi süreci ve çevresel kazanımlar

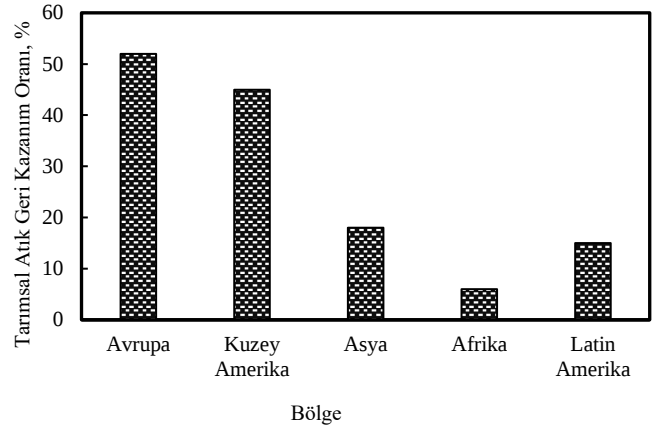
Bulgular

Literatür analizleri sonucunda tarımsal atıkların çevresel sürdürülebilirlik açısından önemli bir kaynak potansiyeline sahip olduğu, ancak bu potansiyelin büyük ölçüde yeterince değerlendirilemediği belirlenmiştir. İncelenen çalışmalarda tarımsal atıklar; bitkisel atıklar (saman, sap, kabuk, yaprak), hayvansal atıklar (gübre ve dışkı), gıda işleme atıkları ve tarımsal ambalaj atıkları olmak üzere dört ana grupta sınıflandırılmıştır (Bhupendra vd., 2022; FAO, 2019).

Tarımsal Atıkların Miktarı ve Yönetim Biçimi

Tarımsal üretim süreci, hem bitkisel hem de hayvansal kaynaklı yüksek miktarda atık üretmektedir. Bu atıklar, tarla artıkları (sap, saman, mısır koçanı, yapraklar), hayvan gübresi, işleme yan ürünleri (meyve-sebze posaları, kabuklar) ve ambalaj atıkları gibi çeşitli kategorilere ayrılmaktadır (Paritosh vd., 2017). Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO, 2019) verilerine göre, dünya genelinde yılda yaklaşık 4.6 milyar ton tarımsal atık oluşmakta, ancak bu miktarın yalnızca %13'ü geri dönüştürülmekte veya yeniden değerlendirilmektedir. Geri kalan büyük kısmı ya açıkta bırakılmakta ya da yakma ve gömme gibi geleneksel yöntemlerle bertaraf edilmektedir (UNEP, 2020).

Geri kazanım oranları ülkeler arasında önemli farklılıklar göstermektedir. Gelişmiş ülkelerde bu oran ortalama %30 civarındayken, düşük ve orta gelirli ülkelerde %5'in altına kadar düşmektedir (European Commission, 2020). Bu durum, teknolojik altyapı eksikliği, finansal yetersizlikler ve politika düzeyinde uygulama boşluklarıyla ilişkilidir (Bhupendra vd., 2022). Özellikle Güney Asya, Sahra Altı Afrika ve bazı Latin Amerika ülkelerinde tarımsal atıkların doğrudan yakılması yaygın bir uygulamadır. Bu uygulama, yalnızca değerli organik maddelerin kaybına yol açmakla kalmamakta, aynı zamanda önemli ölçüde sera gazı (GHG) salımına neden olmaktadır. Yapılan bir çalışmada, bu tür uygulamaların atmosfere yüksek miktarda karbon dioksit (CO₂), metan (CH₄) ve azot oksit (N₂O) saldırdığı, bunun da iklim değişikliği üzerindeki etkileri artırdığı rapor edilmiştir. Şekil 2'de dünya genelinde farklı bölgelerde tarımsal atıkların geri kazanım oranları görülmektedir (Wael et al. 2019).



Şekil 2.

Dünya genelinde tarımsal atık geri kazanım oranları

Ayrıca, kontrolsüz biçimde doğaya bırakılan organik atıklar su ve toprak kirliliğine neden olmakta, patojenlerin yayılmasını kolaylaştırmakta ve ekosistem sağlığını tehdit etmektedir. Bu nedenle, atıkların uygun biçimde toplanması, sınıflandırılması ve çevre dostu yöntemlerle işlenmesi hem çevresel sürdürülebilirlik açısından hem de kaynakların döngüsel ekonomiye kazandırılması açısından kritik öneme sahiptir (Awasthi vd., 2014).

Sonuç olarak, tarımsal atık yönetimi konusunda küresel düzeyde ciddi bir verimlilik açığı bulunmaktadır. Geri kazanım teknolojilerine erişim, çiftçilere yönelik farkındalık kampanyaları ve ulusal atık politikalarının entegrasyonu gibi çok boyutlu stratejiler geliştirilmeden bu sorunun çözülmesi mümkün görünmemektedir.

Kompostlama ve Toprak Verimliliği

Kompostlama, tarımsal atıkların sürdürülebilir yönetiminde hem ekonomik hem de çevresel açıdan en yaygın ve etkili yöntemlerden biri olarak kabul edilmektedir. Bitkisel ve hayvansal kaynaklı organik atıkların aerobik koşullarda mikrobiyal ayrışma süreçleriyle stabilize edilmesi yoluyla elde edilen kompost, toprak yapısını iyileştiren ve biyolojik aktiviteyi artıran yüksek organik madde içerikli bir toprak düzenleyici olarak kullanılmaktadır (Bernal vd., 2009). Kompostun tarım topraklarına uygulanması, hem makro hem de mikro besin maddelerinin geri kazanımını sağlar; toprağın su tutma kapasitesini ve havalanmasını iyileştirerek uzun vadeli verimlilik artışı yaratır (Awasthi vd., 2014; Mohan vd., 2014).

Awasthi ve vd. (2014) tarafından gerçekleştirilen deneysel çalışmada, domuz gübresi ve mısır saplarının birlikte kompostlanması sonucunda elde edilen kompostun toprağın organik karbon içeriğini ve toplam azot düzeyini

önemli oranında artırdığı rapor edilmiştir. Bu artış, özellikle organik maddece fakir ve yoğun işlenmiş tarım alanlarında önemli bir toprak iyileştirici etki yaratmaktadır. Benzer şekilde, Zhu vd. (2004) tarafından yapılan bir saha çalışmasında, kompostlanmış hayvan gübresi uygulamasının tahıl mahsullerinin veriminde %10 ila %15 arasında bir artış sağladığı, bu etkinin özellikle uzun dönemli uygulamalarda daha belirgin hale geldiği vurgulanmıştır.

Kompostun mikrobiyal içerik açısından zengin olması, toprak biyotasını destekleyerek bitki gelişimi üzerinde dolaylı olumlu etkiler oluşturmaktadır. Bu bağlamda yapılan çalışmalar, kompost uygulamasının toprakta nitrifikasyon ve fosfat çözünürlüğünü artıran mikrobiyal aktiviteleri güçlendirdiğini göstermektedir (Wael vd., 2019). Ayrıca, kompostun düzenli uygulanması erozyon riskini azaltmakta, toprağın pH dengesini korumakta ve tarımsal sürdürülebilirliği uzun vadeli olarak desteklemektedir (Bernal vd., 2009).

Öte yandan, kompostlama süreci uygun yönetilmediğinde kötü koku, patojen riski ve sera gazı salımı gibi çevresel riskler de oluşturabilir. Bu nedenle, kompost üretiminde karbon/azot (C/N) oranı, nem, sıcaklık ve havalandırma gibi parametrelerin bilimsel esaslara göre kontrol edilmesi gerekmektedir (Paritosh vd., 2017). Ayrıca, kompost kalitesinin standardize edilmesi ve tarım sektörüne güvenilir ürünlerin sunulması amacıyla mevzuatsal düzenlemeler ve teşvik edici politikalar geliştirilmelidir.

Sonuç olarak, kompostlama, tarımsal atıkların toprak verimliliğini artıran bir araç olarak değerlendirilmesinde önemli bir strateji olup, hem çevresel hem de ekonomik kazanımlar sunan düşük maliyetli ve uygulanabilir bir yöntemdir. Ancak bu potansiyelin gerçekleştirilmesi, teknik altyapı, çiftçi eğitimi ve mevzuat desteği ile mümkün olabilmektedir.

Biyogaz Üretimi ve Enerji Potansiyeli

Hayvansal atıkların anaerobik çürütme yöntemiyle biyogaz üretiminde kullanımı, tarımsal atıkların hem çevresel sürdürülebilirlik hem de enerji verimliliği açısından değerlendirilmesinde en stratejik yaklaşımlardan biri olarak öne çıkmaktadır. Anaerobik çürütme, organik materyalin oksijensiz ortamda mikrobiyal ayrışmaya uğramasıyla başta metan (CH₄) ve karbondioksit (CO₂) olmak üzere çeşitli biyogaz bileşenlerinin açığa çıkmasına olanak tanır. Elde edilen biyogaz, elektrik ve ısı enerjisi üretiminde doğrudan kullanılabilirken, kalan sindirim artıkları da tarımda organik gübre olarak değerlendirilebilir (Mata-Alvarez vd., 2014).

Zhao vd., (2018) tarafından yapılan çalışmada, Çin'in 2018 yılındaki tarımsal atık üretimi 4 milyar tonu aştı; bunun yaklaşık %20'sini bitkisel saman, %70'ini ise hayvan gübresi oluşturmaktadır. Bu değerler, özellikle enerjiye erişimin kısıtlı olduğu kırsal alanlar için önemli bir alternatif enerji kaynağına işaret etmektedir. Biyogaz sistemlerinin aynı zamanda organik atıkların hijyenik bertarafını sağladığı, kötü koku oluşumunu önlediği ve zararlı mikroorganizmaların inaktivasyonuna katkıda bulunduğu da vurgulanmaktadır (Weiland, 2010).

Paritosh vd. (2017), biyogaz sistemlerinin sera gazı salımını konvansiyonel hayvan gübresi yönetimine kıyasla büyük oranda azaltabildiğini belirtmiştir. Ayrıca biyogaz üretim sürecinde açığa çıkan metanın kontrollü bir şekilde enerjiye dönüştürülmesi, metanın atmosferde serbest kalmasına kıyasla yaklaşık 25 kat daha düşük küresel ısınma potansiyeline sahip CO₂'ye dönüşmesini sağlar (IPCC, 2014). Bu yönüyle biyogaz teknolojileri, hem iklim değişikliği ile mücadele hem de yenilenebilir enerji üretimi açısından çifte fayda sunmaktadır.

Gelişmiş ülkelerde tarımsal biyogaz üretimi yaygın olarak entegre çiftlik sistemleriyle birlikte yürütülmekte olup, enerji bağımsızlığı, gübre maliyetlerinin düşürülmesi ve karbon ayak izinin azaltılması açısından etkin bir model oluşturmaktadır. Örneğin Almanya'da Avrupa kıtasındaki en fazla aktif biyogaz tesisine sahiptir ve tarımsal atıkların önemli bir kısmı bu yolla değerlendirilmektedir (Gustafsson & Anderberg, 2022). Buna karşın gelişmekte olan ülkelerde teknolojik ve ekonomik engeller nedeniyle biyogaz sistemlerinin yaygınlaşma oranı düşüktür (Bhupendra vd., 2022).

Ancak biyogaz üretim tesislerinin sürdürülebilir bir şekilde işletilebilmesi için düzenli atık temini, süreç parametrelerinin (pH, sıcaklık ve karbon/azot oranı) hassas takibi ve teknik bilgi gerekliliği gibi kriterler göz önünde bulundurulmalıdır. Ayrıca, enerji şebekelerine entegrasyon, yatırım teşvikleri ve teknik eğitim gibi destekleyici unsurlar da sistemin başarısını doğrudan etkilemektedir (Holm-Nielsen vd., 2009).

Sonuç olarak, biyogaz üretimi, tarımsal atıkların enerjiye dönüştürülmesi yoluyla hem çevresel yüklerin azaltılmasını hem de kırsal kalkınmanın desteklenmesini sağlayan, uygulanabilir ve çevre dostu bir çözüm sunmaktadır.

Biyokömür (Biochar) ve Sera Gazı Azaltımı

Biyokömür (biochar), organik atıkların oksijenin sınırlı olduğu koşullarda, genellikle 300–700°C aralığında piroliz işlemine tabi tutulmasıyla elde edilen karbon açısından

zengin katı bir üründür. Bu materyal, hem toprak iyileştirici özellikleri hem de uzun vadeli karbon tutma kapasitesi sayesinde iklim değişikliğiyle mücadelede stratejik bir araç olarak değerlendirilmektedir (Lehmann & Joseph, 2015). Tarımsal atıkların bu yöntemle işlenmesi, karbonun toprakta stabil bir formda tutulmasını sağlayarak atmosfere geri salımını önlemekte ve böylece negatif emisyon teknolojileri kapsamında değerlendirilebilmektedir (Woolf vd., 2010).

Mohan vd. (2014), biyokömür uygulamasının toprakların fiziksel ve kimyasal özellikleri üzerinde önemli etkiler yarattığını; özellikle toprakların su tutma kapasitesini %20'ye kadar artırdığını, pH dengesini düzenlediğini ve katyon değişim kapasitesini yükselttiğini bildirmiştir. Bu iyileştirici etkiler, özellikle erozyona uğramış veya organik maddece zayıf topraklarda önemli bir avantaj sunmaktadır. Ayrıca biyokömürün gözenekli yapısı, toprak mikrobiyal yaşamını desteklemekte ve bitki gelişimini olumlu yönde etkilemektedir (Lehmann vd., 2011).

Zhang vd. (2012) tarafından Çin'de yürütülen uzun dönemli bir tarla çalışmasında, pirinç tarlalarına uygulanan biyokömürün metan (CH₄) emisyonlarını %40 oranında azalttığı, aynı zamanda pirinç veriminde istatistiksel olarak anlamlı (%10–12 düzeyinde) bir artış sağladığı rapor edilmiştir. Bu etki, özellikle çeltik tarımı gibi su altında yetiştirilen ürünlerde metan oluşumunun azaltılması açısından önemlidir. Biyokömürün aynı zamanda nitröz oksit (N₂O) emisyonlarını da düşürdüğüne dair bulgular, sera gazı azaltımı üzerindeki çok yönlü etkilerini desteklemektedir (Cayuela vd., 2014).

Biyokömür uygulamasının karbon ayak izine katkısı, sadece sera gazı azaltımıyla sınırlı kalmayıp, aynı zamanda karbon kredisi mekanizmaları yoluyla ekonomik faydaya da dönüştürülebilmektedir. Özellikle Avrupa Birliği, Avustralya ve Japonya gibi ülkelerde biyokömür üretimi ve kullanımı çeşitli teşvik programlarıyla desteklenmekte; bazı ülkelerde karbon sertifikalandırma sistemleri üzerinden ticarete konu olabilmektedir (Lehmann & Joseph, 2015).

Ancak biyokömür üretiminin çevresel faydalarının maksimize edilmesi için kullanılan hammadde türü, piroliz sıcaklığı, kalıntı mineral içeriği ve uygulama dozajı gibi teknik parametrelerin titizlikle kontrol edilmesi gerekmektedir (Spokas vd., 2012). Ayrıca biyokömürün topraklara yaygın olarak uygulanabilmesi için çiftçi farkındalığı, ekonomik fizibilite çalışmaları ve yerel toprak özelliklerine uygun uygulama rehberlerinin geliştirilmesi gereklidir.

Sonuç olarak, biyokömür üretimi ve kullanımı, tarımsal

atıkların ileri dönüşümünde çevresel sürdürülebilirliği destekleyen, düşük karbonlu kalkınma politikalarıyla uyumlu ve uzun vadeli etkiler sunan yenilikçi bir stratejidir.

Tarımsal atıkların çevresel sürdürülebilirlik açısından ele alınması için aşağıdaki uygulama kılavuzuna bağlı olarak adımlar atılmalıdır. İlk olarak organik, hayvansal, ambalaj vb. atık türleri belirlenmelidir bir sonraki adımda hedef atık türü için kompostlama, biyogaz veya piroliz gibi uygun bir geri kazanım teknolojisinin seçiminin yapılması gerekir. Çeşitli çevresel faktörler göz önünde bulundurularak atık miktarına bağlı olarak uygun ölçekli sistemin kurulması bir sonraki adım olmalıdır. Amaçlanan çevresel sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşılabilmesi için uygulamanın sonraki aşamalarında mutlaka teknik operatör ve çiftçi gibi paydaşlar için eğitim ve kapasite geliştirme faaliyetlerinin gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Son adım olarak emisyon, ürün kalitesi ve verimlilik gibi sürdürülebilirlik parametrelerinin izleme ve raporlama işlemlerinin yapılması gerekmektedir. Atık türüne bağlı olarak gerçekleştirilen geri kazanım yöntemleri ve bu yöntemlerin çevresel katkıları ile ilgili yapılmış çalışmalar Tablo 1'de gösterilmiştir.

Tablo 1.

Tarımsal Atıkların Geri Kazanım Yöntemlerine Göre Çevresel Katkıları

Geri Kazanım Yöntemleri	Atık Türü	Çevresel Katkı	Kaynak
Kompostlama	Bitkisel, hayvansal	Toprak organik maddesi	Awasthi et. Al. 2014
Biyogaz	Hayvansal	Enerji üretimi, CH ₄ azaltımı	Zhang et. Al., 2018
Biyokömür	Bitkisel	Su tutma kapasitesi, CO ₂ tutulumu	Mohan et. Al., 2014
Uygulama örnekleri	Karışık	Karbon ayak izi azaltımı	European Com. 2020

Başarılı Uygulama Örnekleri

Avrupa Birliği bünyesindeki “Zero Waste Agriculture” programları çerçevesinde uygulanan projelerde, çiftlik ölçeğinde kurulan biyogaz tesislerinin hem enerji üretimini hem de çiftlik atıklarını entegre biçimde yönettiği görülmektedir (European Commission, 2020). Özellikle Danimarka, Almanya ve Hollanda'da tarımsal atıkların geri kazanımı %50'nin üzerine çıkmış ve bu sayede tarımsal faaliyetlerin karbon ayak izi ciddi oranda azaltılmıştır. 9000'den fazla biyogaz tesisi (2022 itibarıyla) ile tarımsal atıkların %65'i enerjiye dönüştürülmektedir. Bioeconomy Strategy kapsamında tarımsal atıklar hammadde olarak değerlendirilmektedir (BMEL, 2020). Hindistan'da “National Bio-Energy Mission” kapsamında çiftçilere biyogaz ve kompost sistemleri için %50'ye varan sübvansiyon verilmektedir. Pilot köy projelerinde %30 organik atık geri kazanımı sağlanmıştır (Jain vd., 2022). Türkiye'nin büyük

miktarda biyogaz tesisi kurabilme ve böylece ülkenin enerji ihtiyacının yaklaşık yüzde 6'sını biyogaz üretiminden karşılayabilme potansiyeli bulunmaktadır (Anonim, 2020).

Tarımsal atıkların geri kazanımı ve geri dönüşümünün sürdürülebilirlik açısından başarılı bir şekilde gerçekleştirilebilmesi için kanun koyucuların aşağıdaki uygulamaları hayata geçirmesi gerekir.

- Entegre atık yönetim politikaları oluşturulmalı; tarım, çevre ve enerji bakanlıklarının işbirliği sağlanmalıdır.
- Ekonomik teşvikler (vergi indirimi, sübvansiyon, karbon kredisi) ile çiftçilere geri kazanım teknolojilerine geçiş kolaylaştırılmalıdır.
- Yasal zorunluluklar, özellikle büyük ölçekli tarımsal işletmeler için atık geri kazanımı şart koşulmalıdır (örneğin AB Ortak Tarım Politikası çerçevesi).
- Karbon piyasalarına entegrasyon ile tarımsal atıkların çevresel katkısı ölçülebilir ve gelir getirici hale getirilebilir (Paritosh vd., 2017).

Bu bulgular, tarımsal atıkların yalnızca bir çevre sorunu değil, aynı zamanda bir kaynak olarak ele alınması gerektiğini ve uygun değerlendirme teknolojileriyle çevresel, ekonomik ve sosyal kazanımlar sağlanabileceğini göstermektedir.

Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmanın bulguları, tarımsal atıkların geleneksel olarak çevresel bir yük olarak algılanmasına karşın, uygun teknolojilerle değerlendirildiğinde önemli çevresel ve ekonomik fırsatlar sunduğunu ortaya koymaktadır. Literatürde de belirtildiği gibi, özellikle organik tarımsal atıkların kompostlama, anaerobik çürütme ve piroliz gibi işlemlerle yeniden kullanımının; toprak verimliliğini artırmak, sera gazı salımlarını azaltmak ve döngüsel ekonomiye katkı sağlamak gibi çok yönlü faydaları bulunmaktadır (Awasthi vd., 2014; Mohan vd., 2014; Paritosh vd., 2017).

Bulgular, düşük ve orta gelirli ülkelerde geri kazanım oranlarının oldukça düşük olduğunu göstermektedir. Bu durum, altyapı eksiklikleri, teknolojik sınırlılıklar ve farkındalık düzeyinin yetersizliği gibi yapısal sorunlardan kaynaklanmaktadır (UNEP, 2020). Öte yandan Avrupa Birliği gibi bölgelerde, tarımsal atık yönetimine ilişkin politikaların ve teşviklerin sistematik biçimde uygulanması sayesinde atık geri kazanım oranlarının %50'nin üzerine çıktığı görülmektedir. Bu karşılaştırma, politika düzeyindeki düzenlemelerin ve yerel uygulamaların etkisini açıkça ortaya koymaktadır.

Bioenerji üretimi açısından değerlendirildiğinde, tarımsal atıkların biyogaz üretimi için büyük bir potansiyel taşıdığı anlaşılmaktadır. Ortaya konan veriler, 1 ton sığır gübresinden elde edilen biyogaz, kırsal bir hanenin günlük enerji ihtiyacını karşılayabilecek düzeyde olduğunu göstermektedir. Bu bağlamda, biyogaz sistemlerinin yaygınlaştırılması hem atıkların bertaraf edilmesini kolaylaştırmakta hem de enerji arz güvenliğine katkı sağlamaktadır.

Biyokömür üretimi gibi yeni nesil teknolojiler ise yalnızca atıkları değerlendirmekle kalmamakta, aynı zamanda uzun vadeli karbon tutumu sağlayarak iklim değişikliği ile mücadeleye destek olmaktadır (Wael vd., 2019). Bu yönüyle tarımsal atıkların değerlendirilmesi, sadece çevre mühendisliği açısından değil, aynı zamanda iklim politikaları bağlamında da önem arz etmektedir.

Ancak tüm bu olumlu yönlere rağmen, tarımsal atıkların sürdürülebilir yönetimi önünde hâlâ önemli zorluklar bulunmaktadır. Bunlar arasında ekonomik fizibilite, teknolojiye erişim, çiftçi eğitimi ve atık toplama sistemlerinin yetersizliği öne çıkmaktadır. Bu nedenle, sürdürülebilir tarımsal atık yönetiminin yaygınlaştırılabilmesi için hem teknik hem de sosyal bileşenleri içeren çok boyutlu stratejilerin geliştirilmesi gerekmektedir.

Bu çalışma, tarımsal atıkların çevresel sürdürülebilirlik açısından bir tehditten ziyade fırsat olarak ele alınabileceğini ortaya koymaktadır. Yapılan literatür analizi, tarımsal atıkların geri kazanımı yoluyla toprağın iyileştirilmesi, yenilenebilir enerji üretimi, sera gazı azaltımı ve döngüsel ekonomi hedeflerine ulaşılmasında önemli katkılar sağladığını göstermiştir.

Kompostlama, biyogaz üretimi ve biyokömür gibi teknolojiler, atıkların çevreye zarar vermeden değerlendirilmesini sağlamak ve kırsal kalkınmayı desteklemektedir. Bununla birlikte, mevcut geri kazanım oranlarının küresel düzeyde yeterli olmadığı; özellikle gelişmekte olan ülkelerde yapısal ve yönetsel engellerin sürdürülebilir atık yönetimini sınırladığı görülmektedir.

Sonuç olarak, tarımsal atıkların sürdürülebilir yönetimi; bütüncül bir atık politikası, çiftçi destek programları, teknik altyapı yatırımları ve toplum temelli bilinçlendirme çalışmaları ile birlikte ele alınmalıdır. Ayrıca gelecekte yapılacak çalışmaların, yaşam döngüsü analizleri ve maliyet-etkinlik değerlendirmeleriyle bu teknolojilerin uygulanabilirliğini daha detaylı olarak incelemesi önerilmektedir.

Etik Komite Onayı: Bu çalışma için etik komite onayı gerekmemektedir.

Hakem değerlendirmesi: Dış bağımsız.

Çıkar Çatışması: Yazarın beyan edeceği bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Finansal Açıklama: Bu çalışma için herhangi bir mali destek alınmamıştır.

Ethics Committee Approval: Ethics committee approval is not required for this study.

Peer-review: Externally peer-reviewed.

Conflict of Interest: The author have no conflict of interest to declare.

Financial Disclosure: This study was not supported by any funding agency.

Kaynaklar

- Anonim. (2020). *Türk-Alman Biyogaz Projesi*. <https://tuerkei.diplo.de/tr-tr/themen/wirtschaft/-/1798692>
- Awasthi, M. K., Pandey, A. K., Khan, J., Bundela, P. S., Jonathan W.C. Wong J. W.C., Selvam, A., (2014). Evaluation of thermophilic fungal consortium for organic municipal solid waste composting. *Bioresource Technology*, 168, 214–221. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2014.01.048>
- Bernal, M. P., Alburquerque, J. A., & Moral, R. (2009). Composting of animal manures and chemical criteria for compost maturity assessment: A review. *Bioresource Technology*, 100(22), 5444–5453. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2008.11.027>
- Bhupendra, K., Mohammad, Y., & Maulin, P. S. (2022). Agricultural waste management strategies for environmental sustainability. *Environmental Research*, 206(1), 112285. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.112285>
- Cayuela, M. L., Sánchez-Monedero, M. A., Roig, A., Hanley, K., Enders, A., & Lehmann, J. (2014). Biochar and denitrification in soils: When, how much and why does biochar reduce N₂O emissions? *Scientific Reports*, 4, 3499. <https://doi.org/10.1038/srep03499>
- European Commission. (2020). *A new circular economy action plan*. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52020DC0098>
- FAO. (2019). *The state of the world's biodiversity for food and agriculture*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <http://www.fao.org/3/CA3129EN/ca3129en.pdf>
- Gustafsson, M., & Anderberg, S. (2022). Biogas policies and production development in Europe: A comparative analysis of eight countries. *Biofuels*, 13(8), 931–944. <https://doi.org/10.1080/17597269.2022.2034380>
- Holm-Nielsen, J. B., Al Seadi, T., & Oleskowicz-Popiel, P. (2009). The future of anaerobic digestion and biogas utilization. *Bioresource Technology*, 100(22), 5478–5484. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2008.12.046>
- IPCC. (2014). *Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (AR5)*.
- Jain, R., & Naik, S. N. (2022). Sustainable management of agricultural waste in India. In Baskar, C., Ramakrishna, S., Baskar, S., Sharma, R., Chinnappan, A., & Sehwat, R. (Eds.), *Handbook of Solid Waste Management*. Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-16-4230-2_26
- Lehmann, J., & Joseph, S. (2015). *Biochar for environmental management: Science, technology and implementation* (2nd ed.). Routledge.
- Mata-Alvarez, J., Dosta, J., Macé, S., Astals, S., (2014). Codigestion of solid wastes: A review of its uses and perspectives including modeling. *Critical Reviews in Biotechnology*, 31(2), 99–111. <https://doi.org/10.3109/07388551.2010.525496>
- Mohan, D., Sarswat, A., Ok, Y. S., Pittman, C. U., (2014). Organic and inorganic contaminants removal from water with biochar, a renewable, low-cost and sustainable adsorbent—A critical review. *Bioresource Technology*, 160, 191–202. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2014.01.120>
- Paritosh, K., Kushwaha, S. K., Yadav, M., Pareek, N., Chawade, A., Vivekanand, V., (2017). Food waste to energy: An overview of sustainable approaches for food waste management and nutrient recycling. *BioMed Research International*, 2017, 2370927. <https://doi.org/10.1155/2017/2370927>
- Spokas, K. A., Cantrell, K. B., Novak, J. M., Archer D. W., Ippolito, J. A., Collins, H. P., Boateng, A. A., Lima, I. M., Lamb, M. C., McAloon, A. J., Lentz, R. D., (2012). Biochar: A synthesis of its agronomic impact beyond carbon sequestration. *Journal of Environmental Quality*, 41(4), 973–989. <https://doi.org/10.2134/jeq2011.0069>
- UNEP. (2020). *Waste management outlook for Latin America and the Caribbean*. United Nations Environment Programme. <https://www.unep.org/ietc/resources/publication/waste-management-outlook-latin-america-and-caribbean>
- UNEP. (2024). *Global waste management outlook 2024*. United Nations Environment Programme.
- Wael, M. S., Hamada, R. B., Mamoudou, S., Simpson, C. R., El-Maged, T. A. A., Rady, M. M., Nelson, S. D., (2019). Biochar implications for sustainable agriculture and environment: A review. *South African Journal of Botany*, 127, 333–347. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2019.01.015>
- Weiland, P. (2010). Biogas production: Current state and perspectives. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 85(4), 849–860. <https://doi.org/10.1007/s00253-009-2246-7>
- Woolf, D., Amonette, J. E., Street-Perrott, F. A., Lehmann, J., & Joseph, S. (2010). Sustainable biochar to mitigate

global climate change. *Nature Communications*, 1(5), 56.

<https://doi.org/10.1038/ncomms1053>

Zhang, A., Bian, R., Pan, G., Cui, L., Hussain, Q., Li, L., & Chang, A. (2012). Effects of biochar amendment on soil quality, crop yield and greenhouse gas emission in a Chinese rice paddy: A field study of 2 consecutive rice-growing cycles. *Field Crops Research*, 127, 153–160.

<https://doi.org/10.1016/j.fcr.2011.11.020>

Zhao, N., Teng, J., & Chen, Y. (2018). Current situation and analysis of agriculture waste management in China. *World Environment*, 4, 44–47.

Zhu, N., Deng, C., Xiong, Y., & Qian, H. (2004). Performance characteristics of three aeration systems in the swine manure composting. *Bioresource Technology*, 95(3), 319–326.

<https://doi.org/10.1016/j.biortech.2004.02.021>

The Transformation of Sunflower (*Helianthus annuus* L.) Cultivation in Turkey Over the Last Quarter Century: Production Dynamics, Yield Increases, and Policy Impacts

Türkiye’de Ayçiçeği (*Helianthus annuus* L.) Tarımının Son Çeyrek Yüzyıldaki Değişimi: Üretim Dinamikleri, Verimlilik Artışları ve Politik Etkileşimler

Hilal ANGİN¹



¹Muş Alparslan Üniversitesi, Uygulama Bilimler Fakültesi, Bitkisel Üretim ve Teknolojileri Bölümü, Muş, Türkiye

Zehra TOKTAY²



²Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü, Erzurum, Türkiye

Beyzanur BUDAK²



²Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü, Erzurum, Türkiye

ABSTRACT

This comprehensive review explores the evolution of sunflower (*Helianthus annuus* L.) cultivation in Turkey—an agriculturally strategic crop—over the period from 2000 to 2024. It provides an in-depth analysis of changes in cultivated areas, improvements in yield, technological advancements, agricultural policies implemented during this timeframe, and the challenges encountered within the sector. Furthermore, the study evaluates future prospects within the framework of sustainability principles and proposes strategic recommendations aimed at guiding policy-making processes. By data sources, this review seeks to illuminate the transformation of sunflower agriculture in Turkey over the past quarter century.

Keywords: Sunflower, Production, Productivity, Sustainability, Agriculture Policies

Öz

Bu derleme, Türkiye’de tarımsal üretimde stratejik bir öneme sahip olan ayçiçeği (*Helianthus annuus* L.) yetiştiriciliğinin 2000-2024 yılları arasındaki gelişim sürecini kapsamlı bir biçimde analiz etmektedir. Üretim alanlarındaki değişimler, verimlilikteki olumlu artışlar, bu süreçteki teknolojik gelişmeler, uygulanan tarım politikaları ve sektördeki zorluklar kapsamlı bir bakış açısıyla incelenmektedir. Ayrıca sürdürülebilirlik ilkeleri doğrultusunda geleceğe yönelik potansiyel ele alınmakta ve politika oluşturma süreçlerine ışık tutacak stratejik öneriler sunulmaktadır. Bu derleme, mevcut literatürün incelenmesi ve nicel verilerin değerlendirilmesiyle Türkiye’de ayçiçeği tarımının zaman içindeki dönüşümünü analiz etmeyi amaçlamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Ayçiçeği, Üretim, Verimlilik, Sürdürülebilirlik, Tarım politikaları

Geliş Tarihi/Received 10.05.2025
Revizyon Talebi/Revision 10.06.2025
Requested 11.06.2025
Son Revizyon/Last Revision 16.06.2025
Kabul Tarihi/Accepted 30.06.2025
Yayın Tarihi/Publication Date

Sorumlu Yazar/Corresponding author:
Hilal ANGİN

E-mail: h.angin@alparslan.edu.tr

Cite this article: Angin, H., Toktay, Z., & Budak, B. (2025). The Transformation of Sunflower (*Helianthus annuus* L.) Cultivation in Turkey Over the Last Quarter Century: Production Dynamics, Yield Increases, and Policy Impacts. *Journal of Ecological Harmony*, 1(1), 40-44.



Content of this journal is licensed under a Creative Commons Attribution-Noncommercial 4.0 International License.

Giriş

Ayçiçeği (*Helianthus annuus L.*) küresel düzeyde tarımsal üretim ve ekonomik değer açısından belirleyici öneme sahip tarımsal bir üründür. Dünya genelinde geniş bir yayılım alanı olan ayçiçeği, özellikle bitkisel yağ üretiminde temel bir hammadde kaynağıdır. Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım örgütü (FAO) istatistiklerine göre dünyada ayçiçeği yağı, soya ve palm yağından sonra en çok üretilen üçüncü bitkisel yağdır. Bu yağ insan beslenmesinde, gıda sanayisinde, biyodizel üretimi gibi birçok alanda önemli rol oynamaktadır (FAOSTAT, 2024). Bunların yanı sıra ayçiçeği tohumları direkt tüketim (çerezlik) ve hayvan yemi olarak da değerlendirilmesi ekonomik katkı düzeyini artırmaktadır (USDA, 2023). Küresel ölçekte ayçiçeği tarımı, özellikle kırsal bölgelerde tarımsal istihdamın artırılmasına katkı sağlamakta ve bölgesel kalkınma potansiyelini destekleyen önemli bir ekonomik faaliyet alanı olarak öne çıkmaktadır (OECD-FAO, 2023).

Türkiye de ise ayçiçeği tarımı hem ekonomik açıdan değerli hem de tarım politikalarını belirleyici bir önemi vardır. Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) verilerine göre ayçiçeği ülkemizin önemli tarım ürünlerinden biri olup bilhassa bitkisel yağ ihtiyacının karşılanmasında çok büyük bir öneme sahiptir (TÜİK, 2024). Ayçiçeği, Trakya başta olmak üzere İç Anadolu ve Karadeniz gibi birçok bölgede yetiştirilmekte ve buradaki çiftçiler için önemli bir gelir kapısıdır (Özbek & Dadalı, 2018).

Son 25 yılda Türkiye’de ayçiçeği tarımı, iklimsel stres faktörleri, küreselleşmenin etkileri, teknolojik gelişmeler ve tarım politikalarındaki değişimlerin etkileşimiyle birlikte kapsamlı bir evrim geçirmiştir. Bitkisel yağ piyasalarındaki dalgalanmalar, büyüyen nüfusun gıda ihtiyacı ve sürdürülebilir üretim talepleri yerel üretim süreçlerini ve stratejilerini yeniden biçimlendirmiştir (FAO, 2023). İslah çalışmaları sonucunda geliştirilen verimi yüksek ve stres faktörlerine toleranslı ayçiçeği çeşitlerinin yaygınlaşması üretimi önemli derecede artırmıştır (Bayraktar, 2021).

Türkiye’de uygulanan tarım politikaları, bu dönüşüm sürecinde belirleyici bir unsur olarak önemli rol oynamıştır. Doğrudan gelir destekleri, ürün bazlı prim ödemeleri ve kırsal kalkınma projeleri gibi çeşitli destek mekanizmaları ayçiçeği üreticilerinin üretim kararlarını ve yatırım eğilimlerini önemli ölçüde şekillendirmiştir (Aktaş & Çakmak, 2019). Ancak, söz konusu politika araçlarının etkinliği, kaynak tahsisi ve uzun vadeli sürdürülebilirlik boyutları üzerine literatürde farklı görüşler ve devam eden akademik tartışmalar bulunmaktadır (Erdoğan & Dermir, 2020).

Bu derlemenin amacı, 2000-2024 yılları arasında Türkiye ayçiçeği tarımında gözlenen başlıca değişimlerin, bu değişimleri tetikleyen dinamiklerin ve sektörün karşılaştığı temel sorunların mevcut literatür doğrultusunda ayrıntılı

bir şekilde incelenmesi amaçlanmaktadır. Çalışmada, üretim alanları ve üretim miktarındaki eğilimler, verimlilik artışlarının kaynakları (geliştirilmiş tohum çeşitleri, modern tarım teknikleri, mekanizasyon vb.) uygulanan tarım politikalarının sektörel etkileri ve sürdürülebilirlik perspektifleri analitik bir çerçevede sentezlenerek sunulmaktadır. Elde edilen bulguların, Türkiye’de ayçiçeği tarımının gelecekteki yönelimlerine ilişkin öngörüler sunulmasına katkı sağlaması amaçlanmaktadır.

Üretim Miktarları (2000-2024)

Son 25 yılda Türkiye’de ayçiçeği ekim alanları farklı nedenlere bağlı olarak farklılık göstermiştir. TÜİK verilerine bakıldığında 2000’li yılların başlarında yaklaşık 500 bin hektar olan ekim alanları zamanla 650 bin hektarın üzerine çıkmış olmasına rağmen bazı yıllarda çevresel ekonomik nedenlerle düşüş göstermiştir. Meydana gelen bu dalgalanmalar alternatif ürünlerin rekabeti, fiyatlardaki değişikliklerle ilişkilidir (Şeker, 2015).

Ekim alanlarındaki değişimlere paralel şekilde toplam ayçiçeği üretiminde de dalgalanmalar yaşanmıştır fakat birim alanda elde edilen verimlilik artışları üretimin daha istikrarlı bir biçimde büyümesine katkı sağlamıştır. 2010 yılı sonrasında ise üretim miktarında dikkate değer bir artış trendi gözlemlenmiştir. Söz konusu eğilim teknolojik gelişmeler ve modern tarım uygulamalarının üretim performansı üzerindeki olumlu etkisini açık bir şekilde teyit etmektedir. Bölgesel dağılıma bakıldığında, Trakya Bölgesinin öncülüğü devam etmekte bunu sulama yapısının iyileştirilmesi ve bölgeye uygun çeşitlerin adaptasyonu ile İç Anadolu ve Karadeniz Bölgeleri takip etmekte ve üretimde önemli artışlar yaşanmaktadır (Demir & Güneş, 2017).

Verimlilik Artışlarının Kaynakları

Türkiye’de ayçiçeği verimliliğinde son 25 yılda önemli artış olmasının çeşitli nedenleri vardır:

Tohum İyileştirme Teknolojileri: Yüksek verimli, hastalıklara (mildiyö, pas vb.) ve zararlılara (ayçiçeği güvesi vb.) karşı dayanıklı hibrit ayçiçeği çeşitlerinin geliştirilmesi ve üreticiler tarafından benimsenmesi, verimlilik artışının başlıca etkilerinden biri olmuştur (Paksoy & Kaya, 2016). Bu süreçte kamu ıslah programları ile özel sektörün yoğun Ar-ge çalışmaları ile kamu araştırma enstitüleri önemli rol üstlenmiştir (Tarım ve Orman Bakanlığı, 2022). Bununla birlikte, yüksek oleik asit ($\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$) içerikli çeşitlerin kullanımının yaygınlaşması, yalnızca verimliliği artırmakla kalmamış, aynı zamanda gıda sanayinin talebini karşılamıştır.

Modern Tarım Uygulamaları: Toprak işlemede minimum veya sıfır işleme tekniklerinin uygulanması, hassas ekim teknolojileri, toprak analizine dayalı gübreleme, damla ve yağmurlama sulama sistemlerinin

kullanımı ve entegre zararlı yönetimi (IPM) gibi modern tarım uygulamalarının benimsenmesi, verimliliği önemli ölçüde artırmıştır (Gökdoğan, 2019). Bu uygulamalar, kaynak kullanımını optimize ederek hem ekonomik hem de çevresel sürdürülebilirliğe katkı sağlamıştır.

Mekanizasyon: Tarımsal mekanizasyonun ekim, bakım ve hasat süreçlerinde yaygın olarak kullanılması, işin zamanında ve etkin bir şekilde gerçekleştirilmesini sağlayarak ürün kayıplarını azaltmış ve iş gücü verimliliğini önemli ölçüde artırmıştır (Kılıç & Aslan, 2018). Özellikle modern hasat ekipmanlarının devreye girmesi, dane kayıplarını minimize etmiş ve böylece üretim verimliliğine doğrudan katkı sağlamıştır.

Tarım Politikalarının Etkisi

Türkiye’ de uygulanan tarım politikaları, ayçiçeği üretiminin gelişiminde belirleyici bir rol oynamıştır. Doğrudan gelir destekleri ve ürün bazlı prim uygulamaları, özellikle yağlık ayçiçeği üretimini teşvik ederek çiftçi gelirlerinin desteklenmesine ve üretimde istikrarın sağlanmasına katkı sağlamıştır (Aktaş & Çakmak, 2019). Bununla birlikte, desteklenme mekanizmalarının etkinliği, adil bir şekilde dağıtımı ve uzun vadeli etkileri konusunda literatürde farklı görüşler öne sürülmektedir (Erdoğan & Demir, 2020; Yılmaz & Kaya, 2021). Bazı çalışmalarda ise bu desteklerin, daha çok ölçek ekonomisinden yararlanan büyük işletmelerin lehine işlediği ve küçük ölçekli üreticilere yeterli düzeyde katkı sağlamadığı ifade edilmektedir. Son dönemde, sürdürülebilir tarım pratiklerinin teşvik edilmesine yönelik politika çalışmaları önemli ölçüde artış göstermiştir. Çevresel etkilerin azaltılması ve ürün kalitesinin yükseltilmesi hedefleri doğrultusunda, organik ve iyi tarım uygulamalarına verilen destekler giderek daha fazla önem kazanmaktadır (Tarım ve Orman Bakanlığı, 2023). Bunun yanı sıra, sözleşmeli üretim modellerinin yaygınlaştırılması, üretici gelirinin güvence altına alınmasına ve tarım- sanayi bütünleşmesinin güçlendirmesine anlamlı katkılar sağlamaktadır (Semerci vd., 2012).

Ancak, destekleme politikalarının bölgesel farklılıkları ve çiftçi ölçeği gözetmeden uygulanması, bazı durumlarda verimlilik artışına sınırlı katkı sağlamıştır.

Sektörün Karşılaştığı Zorluklar ve Sürdürülebilirlik Yaklaşımları

Türkiye ayçiçeği tarımı, son 25 yıldaki önemli gelişmelere rağmen yapısal ve çevresel zorluklarla karşı karşıyadır. Bunlar;

İklim Değişiminin Etkileri: Kuraklık, aşırı sıcaklıklar ve düzensiz yağışlar gibi iklim değişikliği kaynaklı olumsuzluklar, özellikle kurak ve yarı kurak bölgelerde önemli verim kayıplarına yol açmaktadır (IPCC, 2021; Kahraman & Özdoğan, 2022). Bu bağlamda, iklim değişikliğine uyum sağlamaya yönelik stratejilerin

geliştirilmesi, kuraklığa dirençli çeşitlerin ıslah edilmesi ve su tasarrufu destekleyen sulama yöntemlerinin yaygınlaştırılması büyük önem taşımaktadır.

Hastalık ve Zararlılar: Ayçiçeğinde görülen başlıca hastalık ve zararlılar (örneğin *Orobanche cumana*, *Sclerotinia sclerotiorum*) ile bunlara karşı gelişen direnç, üretimde ciddi verim kayıplarına neden olabilmektedir (Türkdoğan, 2019). Bu sorunların yönetiminde, entegre mücadele yöntemlerinin geliştirilmesi ve dayanıklı çeşitlerin kullanılması temel stratejiler arasında yer almaktadır (Tosun & Akatlar, 2020).

Piyasa Dalgalanmaları ve İthalat Rekabeti: Küresel ve yerel bitkisel yağ piyasalarında gözlenen fiyat dalgalanmaları ile artan ithalat baskısı, yerli üreticilerin gelir istikrarını tehdit edebilmektedir (Dış Ticaret Müsteşarlığı raporları). Bu durum karşısında, yerli üretimin rekabetçiliğini güçlendirecek ve piyasa dengelerini koruyacak politikaların geliştirilmesi zorunlu hale gelmiştir (Kızılaslan ve ark, 2022).

Girdi Maliyetlerindeki Artış: Gübre, ilaç, tohum ve enerji gibi temel tarımsal girdilerin maliyetlerinde yaşanan sürekli artış, çiftçilerin kârlılığını azaltmakta ve sürdürülebilir üretim üzerinde ciddi bir tehdit oluşturmaktadır (Tarımsal Ekonomi Araştırma Enstitüsü Raporları). Bu bağlamda, girdi bağımlılığını azaltmaya ve üretim maliyetlerini düşürmeye yönelik alternatif üretim yöntemlerinin teşvik edilmesi büyük önem taşımaktadır.

Sürdürülebilirlik bakış açısından değerlendirildiğinde, Türkiye’ de ayçiçeği tarımının çevresel, ekonomik ve sosyal boyutlarının bütüncül bir yaklaşımla incelenmesi gerekmektedir. Toprak sağlığını koruyan, biyoçeşitliliği teşvik eden, su kaynaklarının etkin kullanımını sağlayan ve enerji verimliliğini artıran üretim uygulamalarının yaygınlaştırılması, sektörün uzun vadeli sürdürülebilirliği açısından kritik bir rol oynamaktadır. Bunun yanı sıra, çiftçilerin sosyo-ekonomik durumlarının iyileştirilmesi ve kırsal kalkınmanın desteklenmesi de sürdürülebilir tarımın ayrılmaz bir unsuru olarak öne çıkmaktadır (Semirci, 2022).

Sonuç ve Öneriler

Son 25 yılda Türkiye ayçiçeği tarımı, önemli teknolojik gelişmeler ve politika müdahaleleri sayesinde üretim ve verimlilikte kayda değer bir ilerleme kaydetmiştir. Veri temelli karar verme süreçlerinin güçlendirilmesi ve bölgesel üretim istihbarat sistemlerinin kurulması, politika etkinliğini artıracaktır. Ancak, iklim değişikliği, hastalık ve zararlılar, piyasa dalgalanmaları ve artan girdi maliyetleri gibi süregelen zorluklar, sektörün geleceği için önemli zorluklar oluşturmaktadır.

Gelecekte, Türkiye ayçiçeği tarımının sürdürülebilirliğini ve rekabet gücünü artırmak için aşağıdaki alanlara

odaklanması gerekmektedir:

İklim değişikliğine uyum sağlayamaya yönelik stratejilerin geliştirilmesi ve bu stratejilerin çiftçiler tarafından benimsenmesini sağlayacak teşvik sistemlerinin oluşturulması.

Entegre zararlı yönetimi ve dayanıklı çeşitlerin kullanımı yoluyla üretimde istikrarın sağlanması.

Yerli üreticinin rekabet gücünü artıracak ve piyasa istikrarını sağlayacak tarım ve ticaret politikalarının geliştirilmesi.

Girdi maliyetlerini düşürecek ve kaynak verimliliğini artıracak sürdürülebilir tarım uygulamalarının teşvik edilmesi.

Çiftçilere yönelik eğitim ve danışmanlık hizmetlerinin etkinliğinin artırılması ve yeni teknolojilerin benimsenmesinin desteklenmesi.

Bu derleme, Türkiye ayçiçeği tarımının son çeyrek yüzyıldaki evrimini ve karşılaştığı zorlukları özetleyerek, geleceğe yönelik sürdürülebilir ve rekabetçi bir sektör oluşturmak için politika yapıcılar, araştırmacılar ve sektör paydaşları için bir bilgi tabanı sunmayı amaçlamaktadır.

Etik Komite Onayı: Bu çalışma için etik komite onayına gerek yoktur.

Hakem Değerlendirmesi: Dış bağımsız.

Yazar Katkıları: Fikir-ZT; Kaynaklar-BB; Veri Toplanması ve/veya İşlemesi-HA; Analiz ve/veya Yorum-BB; Literatür Taraması-HA; Yazıyı Yazan-HA; Eleştirel İnceleme-ZT

Çıkar Çatışması: Yazarlar, çıkar çatışması olmadığını beyan etmiştir.

Finansal Destek: Yazarlar, bu çalışma için finansal destek almadığını beyan etmiştir.

Ethics Committee Approval: Ethics committee approval was not required for this study.

Peer Review: Externally peer-reviewed.

Author Contributions: Idea-ZT; Sources-BB; Data Collection and/or Processing-HA; Analysis and/or Interpretation-BB; Literature Review-HA; Writing-HA; Critical Review-ZT

Conflict of Interest: The authors declare that there is no conflict of interest.

Financial Disclosure: The authors declare that they received no financial support for this study.

Kaynaklar

- Aktaş, A. R., & Çakmak, E. H. (2019). Türkiye'de Tarım Destekleme Politikalarının Değerlendirilmesi: Ayçiçeği Örneği. *Tarım Ekonomisi Araştırmaları Dergisi*, 5(2), 1-15.
- Bayraktar, H. (2021). Yağ Bitkileri Genetiği ve Islahı. *Bitkisel Üretim Dergisi*, 10(1), 45-62.
- Demir, İ., & Güneş, A. (2017). Türkiye'de Ayçiçeği Üretiminin Bölgesel Analizi ve Gelişim Trendleri. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 15(1), 78-95.
- Erdoğan, S., & Demir, İ. (2020). Türkiye'de Tarım Politikalarının Sürdürülebilirlik Açısından Analizi. *Çiftçi ve Tarım Dünyası*, (120), 78-85.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2023). *FAOSTAT Database*. Erişim adresi: <https://www.google.com/search?q=https://www.fao.org/faostat/en/%2523data>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2024). *FAOSTAT Database*. Erişim adresi: <https://www.google.com/search?q=https://www.fao.org/faostat/en/%2523data>
- Gökdoğan, Ö. (2019). Sürdürülebilir Tarım Uygulamalarının Bitkisel Üretim Üzerindeki Etkileri: Ayçiçeği Örneği. *Uluslararası Tarım ve Biyolojik Bilimler Dergisi*, 21(4), 567-578.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2021). *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press.
- Kahraman, A., & Özdoğan, M. (2022). İklim Değişikliğinin Türkiye Tarımına Etkileri ve Uyum Stratejileri. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 53(1), 1-15.
- Kılıç, R., & Aslan, M. (2018). Türkiye'de Tarımsal Mekanizasyonun Gelişimi ve Etkileri. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 14(2), 105-116.
- Kızılaslan, N., Kızılaslan, H., & Çift, A. (2022). Türkiye'de Ayçiçeği Tarımında İç Ticaret Hadleri (Tokat İli Örneği). *Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi*, 11(1), 98-107.
- Özbek, K., & Dadalı, M. (2018). Türkiye Yağlık Ayçiçeği Üretiminin Ekonomik Analizi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 15(3), 101-112.
- Paksoy, M., & Kaya, Y. (2016). Ayçiçeği Genetik Kaynakları ve Islah Çalışmaları. *Türkiye Tohumcular Birliği Dergisi*, (35), 34-41.
- Semerci, A. (2022). Yağlık Ayçiçeği (*Helianthus annuus*, L.) Üretiminde İşletme Büyüklük Gruplarına Göre Girdi Kullanım Etkinliğinin Analizi. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 9(2), 227-243.
- Semerci, A., Yalçın, K. A. Y. A., Şahin, İ., & ÇITAK, N. (2012). Türkiye'de yağlı tohumlar üretiminde uygulanan destekleme politikalarının ayçiçeği ekim alanları ve üretici refahı üzerine etkisi. *Selcuk Journal of Agriculture and Food Sciences*, 26(2), 55-62.
- Şeker, M. (2015). Türkiye'de Tarımsal Ürün Fiyatlarının Üretim Alanlarına Etkisi: Ayçiçeği Örneği. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 32(1), 67-76.
- T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı. (2022). Türkiye Tarım Sektörü Raporu 2022. Ankara.

- T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı. (2023). Organik Tarım ve İyi Tarım Uygulamaları Strateji Belgesi (2023-2027). Ankara.
- Tosun, N., & Akatlar, F. C. (2020). Bazı Ayçiçeği Çeşit ve Hatlarının Ayçiçeği Mildiyösüne (*Plasmopara halstedii* (Farl.) Berl. & De Toni.) Reaksiyonlarının Belirlenmesi. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 57(2), 157-164.
- Türkdoğan, M. N. (2019). Ayçiçeğinde Önemli Hastalık ve Zararlılar ile Mücadele Yöntemleri. *Bitki Koruma Bülteni*, 59(1), 45-58.
- Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK). (2024). Tarımsal İstatistikler (Bitkisel Üretim) 2023 Yılı Verileri. Erişim adresi: <https://data.tuik.gov.tr/>
- OECD-FAO. (2023). OECD-FAO Agricultural Outlook 2023-2032. OECD Publishing, Paris/Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- Yılmaz, H., & Kaya, O. (2021). Tarım Desteklemelerinin Çiftçi Gelirleri Üzerindeki Etkisi: Mikro Düzey Bir Analiz. *Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 72(1), 89-102.
- Ziraat Odaları Birliği. (Yıllık). Tarım ve Çiftçi Sorunları Raporları. Ankara.