Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi

Cilt: 12 Sayı : 1 Yıl : 2025

Turkish Journal of Agricultural and Natural Sciences

Volume: 12 Issue: 1 Year: 2025

ISSN 2148-3647

Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi, 12(1), 2025

Research Articles

1. Mısır Yetiştiriciliğinde Toprak ve Su Kaynaklarının Sürdürülebilirliği Açısından Damla Sulama Yönteminin Uygulanabilirliği
Gökhan Masat , Emine İkikat Tümer , Seda Gürün
Sayfa : 1-9

2. Meteorolojik Kuraklığın Buğday Verimindeki Etkisinin Değerlendirilmesi: Kızılırmak Havzası Örneği
Fatma Yaman Öz , Emre Özelkan , Kürşad Demirel , Hasan Tatlı
Sayfa : 10-27

3. E-7 Ülkelerinde Tarım, Sanayi ve Ekonomik Büyüme Çevresel Bozulmaya Neden Olur Mu?
Mücahit Ülger
Sayfa : 28-39

4. Exploring The Physiological Response Of Three Barley (Hordeum vulgare) Cultivars To Cadmium Stress
Hande Otu Borlu , Yeter Çilesiz , Halil Çakan , Tolga Karaköy
Sayfa : 40-50

5. Effect of different hull-less barley varieties on the technological, textural, and nutritional properties of cookies
Arzu Özer , Berrin Özkaya
Sayfa : 51-61

6. Effect of Different Doses of Orange Biochar Material on Relieving NaCl Salt Stress: Peanut (Arachis hypogaea L.) Applications
Erkan Boydak , Sultan Aslan , Ali Rıza Demirkıran
Sayfa : 62-73

7. Kurşun (II) Asetat ve Salisilik Asidin Medicago sativa L. Bitkisinde Gelişim, Biyokimyasal Parametreler ve miRNA156 Gen Anlatımı Üzerine Etkileri
Mustafa Akçay
Sayfa : 74-86

8. Kültür Şartlarında Yetiştirilen Heracleum platytaenium Boiss. (Endemik) Türün Bazı Tarımsal Özelliklerinin Belirlenmesi
Bekir Tosun , Tahsin Karadoğan
Sayfa : 87-93

9. Rize Çay Bahçeleri İçin Tehdit Oluşturan Türkiye İçin Yeni Bir İstilacı Bitki Kaydı: Begonia cucullata Willd. var. hookeri (A.DC.) L.B.Sm. & B.G.Schub
Abdurrahman Sefalı , Bayram Yurtvermez , Yakup Yapar , İbrahim Demir , Ali Murat Keser
Sayfa : 94-101

10. Effect of Day-Age Chick Weight, Finger Length, Shank Length and Chick Length on Carcass Characteristics and Internal Organ Weights of Broiler Chickens
Turgay Şengül , Ömer Şengül
Sayfa : 102-110

11. Synergistic Effects of Cyanus depressus and Schizochytrium sp. Extracts on Growth Indices and The Expression Levels of Antioxidant and Immunity-Related Genes in Common Carp (Cyprinus carpio)
Boran Karataş
Sayfa : 111-121

12. Effect of egg shape index on hatching performance and gender
Günnur Peşmen
Sayfa : 122-128

13. Entansif ve Yarı Entansif Şartlarda Besiye Alınan Erkek Kıvırcık Kuzularının Canlı Ağırlık, Canlı Ağırlık Artışı, Karkas Özellikleri ve İç Organ Ağırlıkları Bakımından Karşılaştırılması
Ömer Şengül , İbrahim Ak
Sayfa : 129-135

14. Synergistic Anticancer Activity of Quercetin Combined with Luteolin in MCF-7 Breast Cancer Cells via Induction of Apoptosis
Mehmet Kadir Erdoğan
Sayfa : 136-144

15. Çevre Vergisi Karbon Emisyonlarını Azaltmakta Mı? Panel Eşbütünleşme Analizi
Dilek Atılgan
Sayfa : 145-156

16. Propolis Katkılı Sporcu Gıdası ve İçeceklerinin İz Elementlerinin Belirlenmesi
Pınar Coşkun , Hakan İnci
Sayfa : 157-164

17. Flavonoid and Phenolic Properties of Dried Seedless and Seeded Grape Cultivars (Vitis vinifera L.)
Turhan Yılmaz , Fadime Ates , Zeki Kara
Sayfa : 165-172

18. Enginar (Cynara scolymus L.) Yetiştiriciliği Yapılan Bursa İli Kestel İlçesi Seymen Bölgesi Topraklarının Verimlilik Durumu
Serkan Ulubay , Serhat Gürel
Sayfa : 173-186

19. Investigation of Antioxidant, Antimicrobial and Cytotoxic Activities of Different Extracts of Muscari armeniacum
Turgut Taşkın , Esra Avcı , Erkan Rayaman , Beyza Nur Yılmaz , Saliha Aydın , Ayşe Mine Yılmaz , Gizem Emre
Sayfa : 187-196

20. Investigating the Effect of Spectral Bands and Vegetation Indices Selection on Agricultural Crop Classification (Especially for Double Crops Regions)
Fatih Fehmi Şimşek
Sayfa : 197-215

21. Structural Properties and Problems of Dairy Cattle Farms in Çanakkale-Yenice
Doğan Can Şenkan , Ahmet Yusuf Şengül
Sayfa : 216-231

22. Determining The Satisfaction Level of Tourists in Rural Tourism Activities
İkram Düzen , Aysun Yener Ögür
Sayfa : 232-244

23. The Affect Of Agricultural Export And Employment On Economic Growth In Turkiye: Evidence From ARDL Approach
Hüseyin Çelik , Gülferah Ertürkmen , Muhyettin Erdemli
Sayfa : 245-256

Baskı Hatası - Corrigendum [tr]

24. Erratum: Şeytan Elması (Datura stramonium L.) Tohum Ekstraktlarının Bazı Bitkilerin Tohum Çimlenmesine Allelopatik Etkisi
Murat Turan , Reyyan Yergin Özkan
Sayfa : 257-257

25. Erratum: Comparison of Fruit Quality Characteristics of Çakıldak, Palaz and Tombul Hazelnut (Corylus colurna L.) Varieties Grown at Different Altitudes of Ordu Province
Yakup Polat , Ebru Kurt , Buse Tagay Bice , Ferit Çelik , Ebru Kafkas
Page: 258-258

Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi 12(1): 1–9, 2025
https://doi.org/10.30910/turkjans.1435430

TÜRK TARIM ve DOĞA BİLİMLERİ DERGİSİ

TURKISH JOURNAL of AGRICULTURAL and NATURAL SCIENCES

www.dergipark.gov.tr/turkjans

Araştırma Makalesi

Mısır Yetiştiriciliğinde Toprak ve Su Kaynaklarının Sürdürülebilirliği Açısından Damla Sulama Yönteminin Uygulanabilirliği

Gökhan Masat[1], Emine İKİKAT TÜMER[1], Seda GÜRÜN[1]*

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarımsal Yayım Araştırma ve Uygulama Merkez Müdürlüğü[1]

*Sorumlu Yazar: sedagurun@gmail.com

Geliş Tarihi: 12.02.2024 Düzeltme Geliş Tarihi: 02.10.2024 Kabul Tarihi: 23.10.2024

ÖZ

Bu çalışmada; mısır üretiminde toprak ve su kaynaklarının sürdürülebilirliği açısından damla sulama yönteminin uygulanabilirliği incelenmiştir. Araştırma Adana ilinde 105 üretici ile anket yapılarak yürütülmüştür. Elde edilen anket verileri tanımlayıcı istatistikler ve Ki-kare testi ile analiz edilmiştir. Üreticilerin yıllık tarımsal gelir düzeylerine göre mısır yetiştiriciliği faaliyetlerini etkileyen faktörlerin analizinde kullanılan Ki-kare testi sonucunda; gelir düzeyi ile mısır üretim tecrübe süreleri, Tarım ve Orman İl-İlçe Müdürlükleriyle görüşme sıklıkları, silajlık, danelik mısır üretme durumları, toplam işledikleri arazi, mısır üretiminde gübre desteğinden yararlanma ve sulama yöntemlerine ilişkin eğitimlere katılmayı isteme durumları arasında istatistiki açıdan anlamlı bir farklılığın olduğu belirlenmiştir. Araştırma bölgesinde damla sulama yöntemini tercih etme oranı çok düşüktür. Çiftçiler mısır üretiminde salma sulama yöntemini daha fazla tercih ettiği için mısır verimini artırmada yine aynı yöntemin doğru olduğu fikrini kabul etmektedirler. Mısırda sulama teknikleri ve yöntemleri konusunda eğitim çalışmalarına katılmak isteyen üretici sayısı fazladır. Bu açıdan özellikle damla sulama yönteminin üretim maliyetinin azalmasında ve mısır veriminin artmasındaki rolünün alanında uzman kişi ve kurumlar aracılığıyla üreticilere aktarılması önemli olacaktır.

Anahtar kelimeler: Mısır üretimi, sulama yöntemleri, damla sulama, sürdürülebilir tarım, Adana

Applicability of Drip Irrıgatıon Method for the Sustaınabılıty of Soil and Water Resources in Corn Growing

ABSTRACT

In this study; The applicability of the drip irrigation method in corn production in terms of the sustainability of soil and water resources was examined. The research was carried out by making a survey with 105 producers in Adana. Obtained survey data were analyzed with descriptive statistics and Chi-square test. As a result of the chi-square test used in the analysis of the factors affecting the corn farming activities according to the annual agricultural income levels of the producers; It has been determined that there is a statistically significant difference between income status and corn production experience, the frequency of meeting with the Provincial-District Directorates of Agriculture, the production of silage and grain corn, the total land they cultivate, the use of fertilizer support in corn production and the willingness to participate in trainings on irrigation methods. The rate of preference for drip irrigation method is very low in the research area. Since farmers prefer the flood irrigation method more in corn production, they accept the idea that the same method is correct in increasing corn yield. The number of producers who want to participate in training studies on irrigation techniques and methods in corn is high. In this respect, it will be important to transfer the role of drip irrigation method in reducing the production cost and increasing the yield of corn to the producers through experts and institutions.

Key words: Corn production, irrigation methods, drip irrigation, sustainable agriculture, Adana

GİRİŞ

Tahıl ürünleri, protein ve karbonhidrat içeren besinlerden oluşmaktadır. Pirinç, yulaf, arpa, buğday, çavdar ve mısır başlıca tahıl ürünlerindendir. Kolay ulaşılabilir olması, çabuk bozulmaması ve yüksek enerji değerine sahip olması gibi sebeplerle tahıllar yaygın olarak tüketilmektedir (Doğu Baykut, 2021). Dünyada, tarımı yapılan ürünlerin %41'ini tahıllar oluşturmaktadır. Mısır bitkisi üretim ve tüketim açısından en önemli tahıl ürünü olarak bilinmektedir (Özcan, 2009; Ahmad ve ark. 2018; Çelik, 2019; FAO, 2020; Akkurt ve Demirbaş, 2021; FAO, 2022).

Mısır üretim ve ekim alanında en önemli ülkeler ABD, Çin ve Brezilya'dır. Üretimde ABD, ekim alanında Çin ilk sıradadır. Küresel mısır üretim verileri incelendiğinde; 2021/2022 yılında 207.287 bin ha olan mısır alanı 2022/2023 yılında %5.57 azalarak 201.190 bin ha, 5.88 ton/ha olan verim değeri %2.72 azalarak 5.72 ton/ha ve üretim ise 1.218.704 ton iken %5.57 azalarak 1.150.73 ton olarak belirlenmiştir. Türkiye'de 2020/2021 yılında 6.916 bin ha olan mısır alanı %9.62 artarak 7.582 bin ha, 940 kg/da olan verim değeri %5.32 azalarak 890 kg/da ve üretim ise 6.500 milyon ton iken %3.85 artarak 6.750 milyon tona ulaşmıştır (TEPGE, 2023). Üretim miktarındaki artışa bağlı olarak mısır bitkisinin çerezlik olarak tüketiminin yanı sıra yem, yağ ve tatlandırıcı sektöründe, biyoyakıt-biyoetanol üretiminde kullanımı yaygınlaşmıştır (TMO, 2016; TMMOB, 2020).

İklim koşullarına paralel olarak üreticilerin mısır tohum tercihleri değişebilmektedir. Yüksek verimli, kuraklığa dayanıklı, ekonomik hibrit çeşitleri öncelikli olarak tercih edilmektedir. En etkili abiyotik streslerden olan kuraklık stresi mısır verimi ve kalitesini önemli düzeyde etkilemektedir. Kuraklık stresi mısır bitkisini her dönemde etkileyebilir. Su kaynaklarının azalması Türkiye mısır üretimini ve kalitesini olumsuz bir şekilde etkilemektedir. Sulama suyu, mısırın büyümesi ve gelişimi için olduğu kadar döllenme, tane tutumu ve verim artışı için de çok önemlidir. Türkiye'de ve Dünya'da son yıllarda, sulanan tarım alanlarının genişletilmesi ve mevcut su kaynaklarının daha rasyonel kullanımı gittikçe önem kazanmaktadır. Buna bağlı olarak su kullanım etkinliğini artıran basınçlı sulama sistemlerinin uygulanması yaygınlaşmaktadır (Ağızan, 2018; Erdal, 2019; Gönülal ve Soylu, 2020; Ağdacı ve Arslan, 2022; Türkten ve ark. 2023).

Basınçlı sulama sistemlerinden olan damla sulamanın birim alana maliyetinin yüksek olması ve damlatıcıların tıkanması gibi dezavantajları bulunmasına rağmen su tasarrufu ve verim artışı sağlaması, özellikle sulamadan sonra toprak yüzeyinde olan evaporasyonu ve yabancı ot gelişimini azaltması gibi önemli avantajları bulunmaktadır. Farklı sulama yöntemleri ve sulama düzeyleri mısır kök sistemini, su ve besin kullanım verimliliğini ve tane verimini etkilemektedir (Materechera ve Mloza-Banda, 1997; Camp ve ark., 2000; Şimşek ve Gerçek, 2005; Çetin ve ark., 2010; Ekinci, 2015; Değirmenci ve ark. 2016). Son yıllarda araştırmalar; kuraklığa dayanıklı bitki çeşitlerine ve daha az su kullanılarak uygulanan verimli sulama yöntemlerine yöneliktir. Bu araştırma sonuçlarının önemli bir kısmında su kaynaklarının tasarruflu ve akılcı kullanımı için damla sulama yönteminin yaygınlaştırılması gerektiği konusuna değinilmiştir (Al-Hurmuzi, 2018).

Önceki çalışmalarda; mısır yetiştiriciliğinde gübre kullanımı (Budaklı Çarpıcı, 2009; Arslan, 2016; Doğan ve ark., 2020), mısır üretim maliyetinin hesaplanması (Paksoy ve Ortasöz, 2018; Demirtaş ve Kızılaslan, 2021; Ayçiçek ve Karakaya, 2022), mısır yetiştiriciliğinde destek alımını etkileyen faktörler (Demirdöğen, 2018; Karlı ve ark., 2018), mısırda damla sulama uygulaması (Şimşek ve Gerçek, 2004; Vural ve Dağdelen, 2008; Demirok ve Tuylu, 2019) konularında araştırmalar yapılmıştır.

Bu çalışmada Adana ilinde mısır üreten çiftçilerin üretim aşamasında tercih ettikleri sulama yöntemlerinin incelenmesi, mevcut su uygulamalarının verim ve gelir düzeylerine etkisinin belirlenmesi amaçlanmış olup sürdürülebilir tarım açısından önerilen damla sulama yönteminin uygulanabilirliği araştırılmıştır.

MATERYAL ve METOT

Araştırmanın verileri 2022 yılında Adana İlinde mısır yetiştiriciliği faaliyetinde bulunan ve Oransal örnekleme yöntemiyle (Newbold, 1995) belirlenen 105 üretici ile yüz yüze yapılan anketlerden elde edilmiştir.

$$n = \frac{N * p * (1-p)}{(N-1) * \sigma_p^2 + p * (1-p)}$$

Formülde;
n:Örneğin büyüklüğü,
N: Popülasyondaki işletme sayısıσ^2_p: Oranın varyansı,
p: Üretici sayısının popülasyondaki oranını (%5) göstermektedir.

Mısır üreticilerinin üretim aşamasında kullandıkları sulama yöntemlerinin ve tercih edilen sulama yönteminin verim ve gelir düzeyine etkisinin incelendiği bu çalışmada damla sulama yönteminin

uygulanabilirliği araştırılmıştır. Üreticilerin yıllık tarımsal gelir düzeylerine göre mısır yetiştiriciliği faaliyetlerini etkileyen faktörler Ki-kare testi ile analiz edilmiştir. Karl Pearson tarafından tanıtılmış ve Sir Ronald Fisher tarafından geliştirilmiş, parametrik olmayan analiz yöntemlerinden olan Ki-kare testi (Pearson, 1900; Fisher, 1922), iki ya da daha fazla kategoriye sahip olan iki değişkenin karşılaştırılması amacıyla kullanılmaktadır. Frekansları ya da oranları karşılaştırılan değişken kategorilerdeki değerler çapraz tablolar ile açıklanmaktadır (Balcı ve Ahi, 2017).

BULGULAR ve TARTIŞMA

Ankete katılan mısır üreticilerinin yıllık gelir düzeyleri düşük (≤487.000 TL), orta (487.000 – 786.000 TL), yüksek (≥786.001 TL) olarak sınıflandırılmış olup %30.5'inin düşük, %39.0'unun orta, %30.5'inin yüksek düzeyde yıllık tarımsal gelire sahip oldukları saptanmıştır. Tarımsal üretimden elde ettikleri yıllık gelir ortalama 722.000 TL'dir. Katılımcıların yaş ortalaması 40.68 yıl olarak hesaplanmıştır. Üreticilerin 58'i (%55.2) ortaokul mezunudur. Hanesinde 4 ve daha fazla birey yaşayanların sayısı 63 (%60.0), tarımla uğraşan aile birey sayısı ortalama 1.27 kişidir. Tarımla uğraşan aile birey sayısı 3 ve daha fazla olanların %42.9'u yüksek düzey gelire sahiptirler (Çizelge 1). İkikat Tümer ve ark. (2019), çalışmalarında Kahramanmaraş ilinde mısır üreticilerinin yaş ortalamasını 50.51, aile birey sayısını ortalama 7.03, tarımla uğraşan aile birey sayısını ortalama 1.21 olarak tespit etmişlerdir. Demirtaş (2019), Amasya ilinin merkeze bağlı köylerinde faaliyet gösteren mısır üretim işletmelerinde çiftçilerin; %24'ünün ilkokul, %30'unun ortaokul, %29.0'unun lise ve %16.0'sının lisans mezunu olduğunu belirlemiştir.

Çizelge 1. Gelir düzeylerine göre üreticilerin sosyo-demografik özellikleri

		Düşük		Orta		Yüksek		Toplam	
		N	%	N	%	N	%	N	%
Yaş (Ort. 40.68 yıl)	≤38	19	46.3	17	41.5	5	12.2	41	100.0
	≥39	13	20.3	24	37.5	27	42.2	64	100.0
	Toplam	32	30.5	41	39.0	32	30.5	105	100.0
Eğitim düzeyi	≤Ortaokul	14	24.1	21	36.2	23	39.7	58	100.0
	≥Lise	18	38.3	20	42.6	9	19.1	47	100.0
	Toplam	32	30.5	41	39.0	32	30.5	105	100.0
Aile birey sayısı (Ort. 3.78)	≤3 kişi	12	28.6	21	50.0	9	21.4	42	100.0
	≥4 kişi	20	31.7	20	31.7	23	36.6	63	100.0
	Toplam	32	30.5	41	39.0	32	30.5	105	100.0
Tarımla uğraşan birey sayısı (Ort. 1.27)	1-2 kişi	27	35.0	30	39.0	20	26.0	77	100.0
	≥3 kişi	5	17.9	11	39.2	12	42.9	28	100.0
	Toplam	32	30.5	41	39.0	32	30.5	105	100.0

Üreticilerin tarımsal faaliyet deneyimleri ortalama 11.18 yıl olarak hesaplanmıştır. Tarımsal üretim tecrübesi 11 yıl ve daha fazla olanların %47.8'inin, 10 yıl ve daha uzun süredir mısır üretim deneyimi olanların %50.0'sinin yüksek düzeyde gelir grubunda oldukları belirlenmiştir. Tarımla ilgili herhangi bir konuda bilgi edinmek amacıyla tarım danışmanı ile yılda birkaç defa görüşen 18 kişi (%17.1), tarım danışmanı ile hiç görüşmeyen 87 (%82.9) kişidir. Tarım ve Orman İl-İlçe Müdürlüğü personelleri ile yılda birkaç defa görüşenlerin %48.4'ü yüksek düzey gelir grubundadır. Araştırma bölgesindeki katılımcıların 104'ünün (%99.0) bitkisel ürün sigortası yaptırmadığı saptanmıştır. Çiftçilerin tamamının kuraklık verim sigortası hakkında bilgi sahibi olmadığı belirlenmiştir (Çizelge 2). Tokat ilinde farklı bir araştırma sonucunda bitkisel ürün sigortası yaptırmayı etkileyen faktörlerden eğitim durumu pozitif yönde etkili bir değişken olarak bulunmuştur (İkikat Tümer, 2011).

Çizelge 2. Gelir düzeylerine göre tarımsal faaliyetlere ilişkin bazı özellikler

		Düşük		Orta		Yüksek		Toplam	
		N	%	N	%	N	%	N	%
Tarımsal faaliyet tecrübe süresi (ort: 11.18 yıl)	≤10	26	44.1	23	39.0	10	16.9	59	100.0
	≥11	13	13.0	18	39.2	22	47.8	46	100.0
	Toplam	32	30.5	41	39.0	32	30.5	105	100.0
Mısır yetiştiriciliği tecrübe süresi (ort. 10.02 yıl)	≤9 yıl	24	42.1	25	43.9	8	14.0	57	100.0
	≥10 yıl	8	16.7	16	33.3	24	50.0	48	100.0
	Toplam	32	30.5	41	39.0	32	30.5	105	100.0
Tarım danışmanı ile görüşme sıklığı	Hiç görüşmüyorum	25	28.7	37	42.6	25	28.7	87	100.0
	Yılda birkaç defa	7	38.9	4	22.2	7	38.9	18	100.0
	Toplam	32	30.5	41	39.0	32	30.5	105	100.0
Tarım ve Orman İl-İlçe Müdürlükleri ile görüşme sıklığı	Hiç görüşmüyorum	25	33.8	32	43.2	17	23.0	74	100.0
	Yılda birkaç defa	7	22.6	9	29.0	15	48.4	31	100.0
	Toplam	32	30.5	41	39.0	32	30.5	105	100.0
Bitkisel ürün sigortası yaptırma durumu	Hayır	32	30.8	40	38.4	32	30.8	104	100.0
	Evet	-	-	1	100.0	-	-	1	100.0
	Toplam	32	30.5	41	39.0	32	30.5	105	100.0
Kuraklık verim sigortasını bilme durumu	Hayır	32	30.5	41	39.0	32	30.5	105	100.0
	Evet	-	-	-	-	-	-	-	100.0
	Toplam	32	30.5	41	39.0	32	30.5	105	100.0

Mısır yetiştiriciliğini mısır üretiminde deneyimli olduğu için tercih edenlerin %64.3'ü yüksek düzeyde, yakın çevresinin mısır üretimi yapması nedeniyle tercih edenlerin %40.8'i düşük düzeyde, yetiştiriciliğinin kolay olması yönüyle tercih edenlerin %44.0'ü ve gelir getirisi yüksek olduğu için tercih edenlerin %56.0'sı orta düzeyde gelire sahiptirler. Katılımcıların 45'inin (%42.9) mısır çeşidi seçerken hastalık, zararlı, yabancı otlar açısından avantajlı olmasına, 38'inin (%36.2) veriminin yüksek olmasına daha fazla dikkat ettikleri tespit edilmiştir. İncelenen işletmelerde çiftçilerin 41'i (%39.0) silajlık mısır, 64'ü (61.0) danelik (yağlık) mısır üretmektedir.İşletmelerde mısır sulama yöntemlerinden damla ve salma sulama yöntemleri tercih edilmektedir. Salma sulama yönteminin mısır verimini arttırmada doğru bir yöntem olduğunu düşünen 100 kişidir (%95.2). Silajlık mısır yetiştiriciliğinde çiftçilerin 36'sının (%87.8) ve danelik mısır yetiştirenlerin 62'sinin (%96.9) damla sulama yöntemini tercih ettiği belirlenmiştir (Çizelge 3). Farklı sulama sistemlerini kullanan mısır üreticileri bu yöntemleri tesadüfi olarak seçmemiş olup bilinçli ve gerekçeli olarak tercih etmişlerdir. Bölgede uygulanan ücretlendirmelerde damla sulama kullanan üreticilerin toprak ve su kaynaklarının korumasından dolayı salma sulamaya göre daha az bir ücret alınarak damla sulamaya teşvik edilmeleri gereklidir (Altun, 2017). Su kaynaklarının verimli kullanılması için salma-sulama yöntemi yerine yağmurlama ve damla sulamanın yaygınlaştırılması, çiftçilere benimsetilmesi sağlanmalıdır (Özdemir ve Aksoy, 2022).

Çizelge 3. Gelir düzeylerine göre mısır yetiştiriciliğine ilişkin bilgiler

		Düşük		Orta		Yüksek		Toplam	
		N	%	N	%	N	%	N	%
Mısır yetiştiriciliğinin tercih edilme nedenleri	Mısır üretiminde tecrübeliyim	3	10.7	7	25.0	18	64.3	28	100.0
	Yakın çevrem bu işi yapıyor	11	40.8	9	33.3	7	25.9	27	100.0
	Yetiştiriciliği kolay	10	40.0	11	44.0	4	16.0	25	100.0
	Gelir getirisi yüksek	8	32.0	14	56.0	3	12.0	25	100.0
	Toplam	32	30.5	41	39.0	32	30.5	105	100.0
Mısır çeşidi seçerken dikkat edilen faktörler	Herhangi bir şeye dikkat etmiyorum	2	40.0	1	20.0	2	40.0	5	100.0
	Hastalık, zararlı, yabancı otlar açısından avantajlı olmasına	13	28.9	17	37.8	15	33.3	45	100.0
	Verimin yüksek olmasına	11	28.9	17	44.7	10	26.4	38	100.0
	Ekonomik katkısına	6	35.3	6	35.3	5	29.4	17	100.0
	Toplam	32	30.5	41	39.0	32	30.5	105	100.0
Silajlık mısır yetiştirme durumu	Hayır	14	21.8	25	39.1	25	39.1	64	100.0
	Evet	18	43.9	16	39.0	7	17.1	41	100.0
	Toplam	32	30.5	41	39.0	32	30.5	105	100.0
Danelik mısır yetiştirme durumu	Hayır	18	43.9	16	39.0	7	17.1	41	100.0
	Evet	14	21.8	25	39.1	25	39.1	64	100.0
	Toplam	32	30.5	41	39.0	32	30.5	105	100.0
Mısır verimini artırmada etkili olduğu düşünülen sulama yöntemi	Salma	30	30.0	40	40.0	30	30.0	100	100.0
	Damla	2	40.0	1	20.0	2	40.0	5	100.0
	Toplam	32	30.5	41	39.0	32	30.5	105	100.0
Silajlık mısır sulama yöntemi	Salma	2	40.0	2	40.0	1	20.0	5	100.0
	Damla	16	44.4	14	38.9	6	16.7	36	100.0
	Toplam	18	43.9	16	39.0	7	17.1	41	100.0
Danelik mısır sulama yöntemi	Salma	-	-	-	-	2	100.0	2	100.0
	Damla	14	22.6	25	40.3	23	37.1	62	100.0
	Toplam	14	21.8	25	39.1	25	39.1	64	100.0

Mısır üreticilerinin yıllık gelir düzeyleri düşük (≤487.000 TL), orta (487.000 – 786.000 TL), yüksek (≥786.001 TL) olarak incelenmiştir. Katılımcıların %30.5'i düşük, %39.0'u orta, %30.5'i yüksek düzeyde yıllık tarımsal gelire sahiptir. Gelir düzeyi ile mısır üretim tecrübe süreleri, Tarım İl-İlçe Müdürlükleriyle görüşme sıklıkları, silajlık, danelik mısır üretme durumları, toplam işledikleri arazi, mısır üretiminde gübre desteğinden yararlanma ve sulama yöntemlerine ilişkin eğitimlere katılmayı isteme durumları arasındaki farklılığı tespit etmek amacıyla verilere Ki-kare testi uygulanmış olup aralarında istatistiki açıdan anlamlı bir farklılığın olduğu ($p<0.05$) tespit edilmiştir. Mısır yetiştiriciliği yapan bireylerin tecrübe süreleri arttıkça gelirlerinin arttığı belirlenmiştir. Tarım ve Orman İl-İlçe Müdürlükleriyle yılda birkaç defa görüşenlerin yüksek gelir düzeyine sahip olduğu saptanmıştır. Silajlık mısır üretenlerin %43.9'u düşük, danelik mısır üretenlerin %39.1'i yüksek gelir grubundadır. Toplam arazisi 75 dekar ve daha az olanların yıllık gelir düzeyi düşüktür. Mısır üretiminde gübre desteği alanların %20.0'si düşük, %40.0'ı orta, %40.0'ı yüksek gelir düzeyine sahiptir. Sulama ve sulama yöntemlerine ilişkin eğitim çalışmaları olması durumunda bu eğitimlere katılmak isteyenlerin %44.6'sı orta düzeyde yıllık tarımsal geliri olan bireylerdir (Çizelge 4).

Çizelge 4. Üreticilerin yıllık tarımsal gelir düzeylerine göre mısır yetiştiriciliği faaliyetlerini etkileyen faktörler

		Düşük düzeyde	Orta düzeyde	Yüksek düzeyde	Toplam	Ki-kare değeri (P değeri)
Mısır üretim tecrübesi (yıl)	≤9	42.1	43.9	14.0	100.00	17.332** (0.000)
	≥10	16.7	33.3	50.0	100.00	
	Toplam	30.5	39.0	30.5	100.00	
Tarım ve Orman İl-İlçe Müdürlükleriyle görüşme sıklığı	Hiç görüşmüyorum	33.8	43.2	23.0	100.00	6.660** (0.036)
	Yılda birkaç defa	22.6	29.0	48.4	100.00	
	Toplam	30.5	39.0	30.5	100.00	
Silajlık mısır üretme durumu	Hayır	21.8	39.1	39.1	100.00	7.944** (0.019)
	Evet	43.9	39.0	17.1	100.00	
	Toplam	30.5	39.0	30.5	100.00	
Dane (yağlık) mısır üretme durumu	Hayır	43.9	39.0	17.1	100.00	7.944** (0.019)
	Evet	21.8	39.1	39.1	100.00	
	Toplam	30.5	39.0	30.5	100.00	
Toplam arazi (da)	≤75	75.7	21.6	2.7	100.00	57.203** (0.000)
	≥76	5.9	48.5	45.6	100.00	
	Toplam	30.5	39.0	30.5	100.00	
Mısır üretiminde gübre desteği alma durumu	Hayır	40.0	38.2	21.8	100.00	6.301** (0.043)
	Evet	20.0	40.0	40.0	100.00	
	Toplam	30.5	39.0	30.5	100.00	
Sulama yöntemleri eğitimine katılmak isteme durumu	Hayır	20.0	30.0	50.0	100.00	11.763** (0.003)
	Evet	36.9	44.6	18.5	100.00	
	Toplam	30.5	39.0	30.5	100.00	

SONUÇ ve ÖNERİLER

Mısır üretiminde toprak ve su kaynaklarının sürdürülebilirliği açısından damla sulama yönteminin uygulanabilirliğinin incelendiği bu çalışmada çiftçilerin tarımsal üretimle ilgili konularda tarım danışmanı ile görüşme oranı çok düşüktür. Tarım ve Orman İl-İlçe Müdürlüğü personelleri ile hiç görüşmeyen çiftçilerin oranı yüksektir. Bu durum üreticilerin bilgi edinme konusunda yeterli desteği almadıklarını ve yanlış veya eksik bilgi düzeyi ile üretim yapma ihtimallerinin arttığı sonucunu göstermektedir.

Mısır üreticilerinin büyük çoğunluğu bitkisel ürün sigortası yaptırmamaktadırlar. Ayrıca bu çiftçiler kuraklık verim sigortası hakkında da bilgi sahibi değillerdir. Adana gibi yaz aylarının 35 ℃ sıcaklığın üzerinde olduğu illerde çiftçilere, bitkisel ürün sigortasının önemi, kapsamı hakkında eğitim verilmeli ve sigorta yaptırmaları teşvik edilmelidir. Ayrıca çiftçiler mısır üretiminde karşılaşabilecekleri riskler ve bu risklerin önlenmesinde ya da herhangi bir hasar meydana gelmesi halinde alabilecekleri tedbirler konusunda bilgilendirilmelidir.

Sulama yöntemlerinden damla sulama yöntemini tercih etme oranı çok düşük olup genellikle salma sulama yönteminin daha fazla tercih edildiği belirlenmiştir. Çalışma alanında düşük bir oranda da olsa damla sulama yönteminin tercih edilmesi bu bölgede çiftçilerin damla sulama yöntemini kullanmaya özendirilmelerine yönelik çalışmaların pratik şekilde yürütülmesini sağlayacaktır. Çiftçiler mısır üretiminde salma sulama yöntemini daha fazla tercih ettiği için mısır verimini artırmada yine aynı yöntemin doğru olduğu fikrini kabul etmektedirler. Mısırda sulama teknikleri ve yöntemleri konusunda çiftçilerin bilinçlendirilmesi gereklidir. Bilinçlendirme çalışmalarında damla sulama yöntemi kullanan çiftçilerin tecrübelerinden faydalanılmalı ve bu çiftçilerin tecrübelerini damla sulama yöntemini kullanmayan çiftçilerle paylaşmalarına olanak sağlanmalıdır.

Çiftçiler mısır çeşidi seçerken hastalık, zararlı, yabancı otlar açısından avantajlı olmasına daha fazla önem vermektedir. Mısır çeşidi seçiminden sonraki süreç; verim ve kalitenin arttırılması açısından araştırma bölgesinde daha fazla önem verilmesi gereken konulardandır. Bölgedeki çiftçilere hastalık, zararlı, yabancı otlarla mücadelede damla sulamanın önemi ve faydaları konusunda eğitimler verilmelidir.

Mısır üretim tekniği konusunda eğitim alma oranı çok düşüktür. Çiftçilerin sulama ve sulama yöntemleri konusunda eğitim çalışmalarına katılmak istemektedirler. Araştırma alanında sulama yöntemi ile ilgili eğitim çalışmalarına yönelik faaliyetlere ağırlık verilmelidir. Mısırda kök ve kök boğazı hastalıklarını önlemede etkili, ekonomik su kullanımının sağlanması, uzun vadede verimi artırması gibi nedenlerle damla sulama yönteminin sağlayacağı faydalar çiftçilere aktarılmalı ve bu yöntemin tercih eden üretici sayısı artırılmalıdır. Özellikle damla sulama yönteminin uygulanabilirliğinin artırılmasında kurulum, işçilik, bakım ve maliyet açısından sağladığı avantajların çiftçilere aktarılması gereklidir.

Sonuç olarak, mısır üretimi yapan üreticiler, tohumun toprakla buluşmasından hasada kadar olan süreç ile ilgili bilgilendirilmeli, damla sulama yönteminin tanıtımında demonstrasyon, tarla günleri gibi etkinliklere dahil edilmeli, üretimde verimlilik ve kalitenin artırılması için bilinçlendirilmelidir.

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

Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti: Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan ederler.

YAZAR ORCID NUMARALARI

Gökhan MASAT: http://orcid.org/0009-0009-2286-3126

Emine İKİKAT TÜMER: http://orcid.org/0000-0001-6336-3026

Seda GÜRÜN: http://orcid.org/0000-0002-2233-6002

KAYNAKLAR

Ağdacı, S.G., Arslan, Z.F. (2022). Sakarya İlinde Mısır Yetiştiren Üreticilerin Yabancı Otlar ve Mücadelesi Konusunda Yaşadığı Sorunlar. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi,* 10(2022), 612-627.

Ağızan, S. (2018). Tarımsal sulama sistemlerinin karşılaştırmalı yatırım analizi: Konya ili Çumra ilçesi örneği. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.

Ahmad, S., Khan, A. A., Kamran, M., Ahmad, I., Ali, S., Fahad, S. 2018. Response of maize cultivars to various nitrogen levels. *European Journal of Experimental Biology,* 8 (1-2), 1-4.

Akkurt, E.A., Demirbaş, N. (2021). Türkiye'de Mısır Üretiminde Kendine Yeterliliğin Değerlendirilmesi. XV. IBANESS İktisat, İşletme ve Yönetim Bilimleri Kongreler Serisi- Plovdiv / Bulgaristan, 29-30 Mayıs 2021. 798-809.

Al-Hurmuzi, J.O.H. (2018). *Şeker Mısırda Farklı Lateral Aralığı Koşullarında Damla Sulama Uygulamalarının Verim ve Verim Unsurlarına Etkisi.* Yüksek Lisans Tezi. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Konya.

Altun, M. (2017). *Mısırda Farklı Sulama Sistemlerinin Kullanımında Etkili Olan Faktörlerin Belirlenmesi ve Ekonomik Analizi: Şanlıurfa İli Örneği.* Yüksek Lisans Tezi. Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Şanlıurfa.

Arslan, M. (2016). Silajlık Mısır Yetiştiriciliğinde Organik Gübre Kullanımının Verim ve Bazı Verim Özelliklerine Etkisi. *Research Journal of Agricultural Sciences,* 9(2), 37-41.

Balcı S., Ahi, B. (2017). SPSS Kullanma Kılavuzu SPSS İle Adım Adım Veri Analizi. Anı Yayınları, Ankara.

Budaklı Çarpıcı, E. (2009). *Bitki Yoğunluğu ve Farklı Miktarda Azot Uygulamalarının Stres Fizyolojisi Açısından Silajlık Mısır Yetiştiriciliğinde Değerlendirilmesi.* Doktora Tezi. Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Bursa.

Camp, C.R., Lamm, F.R., Evans, R.G., Phene, C.J. (2000). Subsurface dripirrigation: past, present and future. İn: Proceedings of the fourth decennial irrigation symposium, November 14-16, pp 363-372, Phoenix, Arizona.

Çelik A, 2019. Farklı Organik Gübre Kaynakları ve Bitki Ekstraktlarının Mısırda Sorun Olan Yabancı Otların Mücadelesinde Kullanım Olanakları. Yüksek Lisans Tezi. Iğdır Üniversitesi Fen Bilimler Enstitüsü. Iğdır.

Çetin, Ö., Eylen, M., Sönmez, F.K. (2010). Basınçlı Sulama Sistemlerinin Su Kaynaklarının Etkin Kullanımındaki Rolü ve Mali Desteklerin Bu Sistemlerin Yaygınlaşmasındaki Etkisi. *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi,* 3(2),53-57.

Değirmenci H, Çağatay T, Arslan F (2016) Aşağı Seyhan Ovası Sulama Alanında Yağmurlama ve Damla Sulama Yöntemi ile Sulanan Alanların Değerlendirilmesi. KSÜ Doğa Bilimleri Dergisi 19:454–461

Demirdöğen, A. (2018). Türkiye'de Tarımsal Desteklerin Üretime Etkisi: Mısır Örneği. Doktora Tezi. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Ankara. 101s.

Demirok, A., Tuylu, G.Ö. (2019). Damla ve Toprak Altı Damla Sulamanın Mısır Verimi Üzerine Etkisi. *Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi,* 2019:5,1, 16-31.

Demirtaş, G. (2019). Amasya İli Merkez İlçeye Bağlı Köylerde Mısır Üretim Maliyetinin Saptanması ve Pazarlama Sorunları. Yüksek Lisans Tezi. Gazi Osmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Tokat.

Demirtaş, G., Kızılaslan, H. (2021). Amasya İli Merkez İlçeye Bağlı Köylerde Mısır Üretimi Yapan Çiftçilerin Pazarlama Sorunları. *Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi,* 10(3), 88-99.

Doğan, S., Acıbuca, V., Doğan, Y. (2020). II. Ürün Mısır Çeşitlerinde Organik ve İnorganik Gübre Uygulamasının Verim ve Kaliteye Etkisi ile Ekonomik Analizi. *Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi (UTYHBD),* 6(3), 592-604.

Doğu Baykut, E. (2021). Bazı Tahıl Benzeri Ürünlerin Besin İçeriği ve Gıda Endüstrisinde Kullanımı. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi,* (23), 89-98.

Ekinci, B. (2015). "Su kaynaklarının sürdürülebilirliği ve Dünya'daki su verimliliği çalışmalarının Türkiye'de uygulanabilirliği", T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Türkiye.

Erdal, Ş. (2019). Kendilenmiş Mısır Hatlarının Kuraklık Stresine Tolerans Düzeylerinin Belirlenmesi. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi,* 6(2),178-189.

FAO The Food and Agriculture Organization, (2020). Dünya Mısır Üretimi. http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC (Erişim Tarihi: 30.06.2023).

FAO The Food and Agriculture Organization, (2022). https://www.fao.org/statistics/en/ (Erişim tarihi: 28.06.2023).

Fisher, R. A. (1922). On the interpretation of χ2 from contingency tables and the calculation of p. *Journal of the Royal Statistical Society,* 85 (1),87-94.

Gönülal, E., Soylu, S. (2020). Mısır Bitkisinde (Zea Mays L.) Farklı Fenolojik Dönemlerdeki Su Stresi Uygulamalarının Tane Verimi, Sulama Suyu Kullanım Etkinliği ve Maliyet Üzerine Etkileri. *Bahri Dağdaş Bitkisel Araştırma Dergisi,* 9(1),11-20.

İkikat Tümer, E. (2011). Bitkisel Ürün Sigortası Yaptırma İsteğinin Belirlenmesi: Tokat İli Örneği. *Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Derg.,* 42 (2),153-157.

İkikat Tümer, E., Aytop, Y., Kuşçu, Ö. (2019). Mısır Üretiminde Girdi İsrafında Etkili Olan Faktörler: Kahramanmaraş İli Örneği. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi,* 9(3), 1710-1718.

Karakaya, E., & Ayçiçek, M. (2022). Bingöl İli Silajlık Mısır Üretim Faaliyetinin Mevcut Durumu ve Ekonomik Analizi. COMU Journal of Agriculture Faculty, 10(2), 254-266. https://doi.org/10.33202/comuagri.1177119

Karlı, B., Gül, M., Kadakoğlu, B., Karadağ Gürsoy, A. (2015). Türkiye'de Tarımsal Desteklerin Mısır Tarımına Etkileri. *Akademia Sosyal Bilimler Dergisi,* Özel Sayı(1), 307-317.

Materechera, S.A.; Mloza-Banda, H.R., (1997). Soil penetration resistance, root growt hand yield of maize as influenced by tillage system on ridges in Malawi. *Soil and Tillage Research,*41, 13-24.

Newbold, P., 1995. Statistics for Business and Economics. Prentice-Hall, New Jersey.

Özcan, S. (2009). Modern Dünyanın Vazgeçilmez Bitkisi Mısır: Genetiği Değiştirilmiş (Transgenik) Mısırın Tarımsal Üretime Katkısı. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi,* 2(2),01-34.

Özdemir, F., Aksoy, A. (2022). Kuraklığın Erzurum Tarımına Etkisi. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi,* 9(1): 132–140. https://doi.org/10.30910/turkjans.1019394

Paksoy, M., Ortasöz, N. (2018). Kahramanmaraş İli Pazarcık İlçesinde Mısır Üretim Faaliyetinin Ekonomik Analizi. *KSÜ Tar Doğa Derg,* 21(Özel Sayı), 95-101.

Pearson, K. (1900). On the criterion that a given system of deviations from the probable in the case of a correlated system of variables is such that it can be reasonably supposed to have arisen from random sampling. The London, Edinburgh, and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science, 50 (302): 157-175.

Şimşek, M., Gerçek, S. (2004). Yarı-Kurak Koşullarda Damla Sulamada Farklı Sulama Aralıklarının Mısır Bitkisinin (Zea mays L. indentata) Su Verim İlişkilerine Etkisi. *Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Derg,* 36(1), 77-82.

TEPGE, 2023. Mısır, Haziran-2023,Tarım ürünleri piyasa raporu. https://arastirma.tarimorman.gov.tr/tepge, (Erişim tarihi: 05.07.2023).

TMMOB Ziraat Mühendisleri Odası, (2020). Mısır Raporu-2020. https://www.zmo.org.tr/index.php (Erişim Tarihi: 22.01.2023).

TMO Toprak Mahsulleri Ofisi, (2016). 2016 Yılı Hububat Raporu. https://www.tmo.gov.tr/Upload/Document/hububat/hububatraporu2016.pdf (Erişim Tarihi: 27.06.2023).

Türkten, H., Yıldırım, Ç. Boz, İ. 2023. Factors Influencing the Adoption of Pressurized Irrigation Systems in Hazelnut Production and Its Effect on the Water Footprint in the Çarşamba District of Samsun. *Erwerbs-Obstbau* 65, 775–783. https://doi.org/10.1007/s10341-022-00754-y

Vural, Ç., Dağdelen, N. (2008). Damla Sulama Yöntemiyle Sulanan Cin Mısırda Farklı Sulama Programlarının Verim ve Bazı Agronomik Özellikler Üzerine Etkisi. *ADÜ Ziraat Dergisi,* 5(2), 97-104.

Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi 12(1): 10–27, 2025
https://doi.org/10.30910/turkjans.1598132

TÜRK TARIM ve DOĞA BİLİMLERİ DERGİSİ

TURKISH JOURNAL of AGRICULTURAL and NATURAL SCIENCES

www.dergipark.gov.tr/turkjans

Araştırma Makalesi

Meteorolojik Kuraklığın Buğday Verimindeki Etkisinin Değerlendirilmesi: Kızılırmak Havzası Örneği

Fatma YAMAN ÖZ[1]*, Emre ÖZELKAN[2], Kürşad DEMİREL[3], Hasan TATLI[4]

[1]Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, İnsan ve Toplum Bilimler Fakültesi, Coğrafya Bölümü, Çanakkale, Türkiye
[2]Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Mimarlık ve Tasarım Fakültesi, Şehir ve Bölge Planlama Bölümü, ve Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Doğal Afetlerin Risk Yönetimi Anabilim Dalı, Çanakkale, Türkiye
[3]Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Mimarlık ve Tasarım Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, 17020, Çanakkale, Türkiye
[4]Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, İnsan ve Toplum Bilimleri Fakültesi, Coğrafya Bölümü, Fiziki Coğrafya Anabilim Dalı, Klimatoloji/Meteoroloji Bilim Dalı, 1720 Çanakkale, Türkiye

*Sorumlu Yazar: fatmayamanoz.comu@gmail.com

Geliş Tarihi: 08.12.2024 Düzeltme Geliş Tarihi: 17.12.2024 Kabul Tarihi: 17.12.2024

ÖZ

Çalışmada, tarımsal üretimin fazla ve tarımsal kuraklığın etkili olduğu Kızılırmak Havzası'nda ekstrem kurak ayların ve yılların belirlenmesi ile tarımsal kuraklık-buğday verimi arasındaki ilişkinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır. 1991-2022 yılları arasındaki kuraklık – verim ilişkisinin incelendiği çalışmada, havzada oluşan kuraklık koşullarının belirlenmesinde Standartlaştırılmış Yağış Evapotranspirasyon İndisi (SPEI) kullanılmıştır. Kuraklık 1, 3, 6, 9 ve 12 aylık dönemlerde incelenmiştir. Çalışmamızda havzalar arasında aşırı kuraklık değerleri 1994, 2008, 2014 ve 2016 yıllarındadır. Kısa dönemli (1-3 aylık) kuraklık şiddetinin, özellikle çalışma alanının güneyinde karasal iklimin etkili olduğu Kayseri ve Ürgüp istasyonlarında, buğday verimini olumsuz etkilediğini göstermektedir. Uzun dönemli (6-12 aylık) kuraklık ise 2007-2014 yılları arasında çalışma alanının güney kesimindeki Nevşehir istasyonunda yüksek korelasyon değerlerine sahip olup, kuraklık şiddetinin arttığı dönemlerde verimde ciddi düşüşler gözlemlenmiştir. Kuraklık şiddeti ve tekrarlama sıklığının, karasal iklim özellikleri, atmosferik koşullar ve artan sıcak hava dalgalarıyla birlikte 2000'li yıllardan itibaren belirgin şekilde arttığı, bu durumun da verim kayıplarına yol açtığı tespit edilmiştir. Elde edilen bulgular, buğdayın yaklaşık hasat zamanı olan haziran ayına kadar yaşanan 6 aylık meteorolojik kuraklıkların Kızılırmak Havzası'ndaki buğday verimine etkili olduğunu ortaya koymaktadır. Çalışma, kuraklık ve verim arasındaki ilişkinin zamanla değiştiğini ve uzun süreli kuraklık koşullarının tarımsal üretimi olumsuz etkilediğini göstermektedir.

Anahtar kelimeler: Meteorolojik kuraklık, SPEI, Kızılırmak Havzası, buğday verimi.

Assessment of the Effect Meteorological Drought on Wheat Yield: A Case Study of Kizilirmak Basin

ABSTRACT

This research, it was aimed to determine the extreme dry months and years in the Kizilirmak basin, where agricultural production is high and agricultural drought is effective, and to evaluate the relationship between agricultural drought and wheat yield. In the study in which the drought - yield relationship between 1991-2022 was examined, Standardised Precipitation Evapotranspiration Index (SPEI) was used to determine the drought conditions in the basin. Drought was analysed in 1, 3, 6, 9 and 12-month periods. In Kizilirmak Basin, the class range of normal arid conditions with the highest average frequency value among the drought classes was determined as -0.99 to 0.99. In this study, extreme droughts among the basins were in 1994, 2008, 2014 and

2016. Short-term (1-3 months) drought severity has a negative effect on wheat yield, especially in Kayseri and Ürgüp stations in the south of the study area where continental climate is effective. Long-term (6-12 months) drought had high correlation values at Nevsehir station in the southern part of the study area between 2007-2014, and serious decreases in yield were observed during periods of increased drought severity. It was determined that drought severity and recurrence frequency increased significantly since 2000s with continental climate characteristics, atmospheric conditions and increasing heat waves, which led to yield losses. The obtained findings reveal that the meteorological conditions of 6 months until June, which is approximately the harvest time of wheat, are effective on wheat yield in Kizilirmak Basin. The study shows that the relationship between drought and yield changes over time and that long-term drought conditions negatively affect agricultural production.

Key words: Meteorological drought, SPEI, Kizilirmak basin, wheat yield.

GİRİŞ

Kuraklık su kaynaklarının kıtlığı, ekosistemde bozulmalar, tarımsal üretim kayıpları, gıda sıkıntısı gibi tehlikelere sebep olan ve sonuç olarak tüm ekosistem ile sosyal kalkınmayı etkileyerek kayıplara yol açan ciddi bir doğal afettir (Zhou, et al., 2022). İklim değişikliği ile birlikte kuraklık şiddeti ve sıklığı artmaktadır (Wang, Tu, Sing, Chen, & Lin , 2021; Zhou, et al., 2022; Wei, et al., 2024). Sıcaklık artışına bağlı oluşan kuraklıklar aynı zamanda bölgesel yağış miktarının azalması ve evapotranspirasyondaki artıştan kaynaklanmaktadır (Hao, Sing, & Xia, Seasonal Drought Prediction: Advances, Challenges, and Future Prospects, 2018). Etkilerine ve nedenlerine bağlı olarak kuraklıklar meteorolojik, hidrolojik, tarımsal ve sosyoekonomik kuraklıklar olarak sınıflandırılmaktadır (Ndayiragije & Li, 2022). Bu çalışma meteorolojik kuraklığın tarımsal kuraklık ile buğday verimi üzerine olan etkisini analiz etmeye odaklanmaktadır.

Tarımsal kuraklık, belirli bir zamanda belirli miktarda mahsul veya mera büyümesi ihtiyaçlarını karşılamak için gerekli toprak neminin veya toprak suyunun yetersiz olmasıdır (Li, Liu, Hau, Han, & Chen, 2021; Guo, et al., 2023). Artan sıcaklıklar daha fazla buhar basıncı açığı ve buharlaşma talebini arttırarak evapotranspirasyonun artması ile toprak neminin azalmasına neden olur (Hao, Sing, & Xia, 2018). Bu durum, sıcaklığın evapotranspirasyonu değiştirerek yağış modellerini doğrudan etkilemesi ve bu yolla atmosferik su kaynaklarında meydana gelen değişikliklerin, meteorolojik kuraklık koşullarını şekillendirmesiyle sonuçlanmaktadır (Wei, et al., 2024). Toprak neminin azalması ya da sıcaklık ve yağış eksikliği baskısı sonucu ürün kalitesinde ve üretim potansiyelinde değişiklikler görülebilir (Aydın & Sarptaş, 2018; Camoglu, Demirel, Kahriman, Akcal, & Nar, 2024). Örneğin hava sıcaklıklarındaki artış yetiştirilen ürünlerin olgunlaşma zamanının kısalması ya da çiçeklenme dönemindeki yüksek sıcaklıklar ile tane/tohum miktarında azalma gibi bitki gelişimine etkisi olacaktır (Moriondo, Giannakopoulos, & Bindi, 2011). Büyüme döngüsü boyunca yaşanan yüksek sıcaklıklar ve yağış yetersizliği ile su stresi artarak bitki gelişimini olumsuz etkilemektedir (Iqbal, Goheer, & Khan, 2009; Ozelkan, Chen, & Ustündag, 2016). Buğdayın yerel ve bölgesel düzeyde ekonomiyi önemli ölçüde etkileyen, dünya çapında en çok üretilen ürünlerden biri olması kuraklığa karşı olan hassasiyeti ile önemli tarım ürünlerinden biridir. Özellikle iklime bağlı olarak yetiştirilen ve çalışmamızda konu olan buğday kuraklık stresinden tüm aşamalarında etkilenmektedir. Ancak en kritik aşamalar tane oluşum ve üreme aşamasındadır (Raza, et al., 2019). Bu değişikliklerle birlikte tarımsal faaliyetlerin yürütüldüğü alanlarda toprakta meydana gelecek verimsizlik, bitkinin su ihtiyacını karşılayamaması, tarımsal üretimin azalması ve tarımsal alanların amaç dışı kullanılması gibi durumlar meydana gelir (Partigöç & Soğancı, 2019).

Tarımsal kuraklığın, genellikle bitki üretimini ve mahsul verimini etkileyen toprak nemindeki eksiklikle ilgili olmasına bağlı hidrolojik modeller yaygın olarak kullanılmaktadır. Yaygın olarak kullanılan tarımsal kuraklık göstergeleri çoğunlukla Toprak Nemi Yüzdesi (SMP) (Sheffield, Goteti, Wen, & Wood, 2004), Ürün Nem İndeksi (CMI) (Palmer, 1965), Toprak Nem Açığı İndeksi (SMDI) (Narasimhan & Srinivasan, 2005), Normalleştirilmiş Toprak Nemi (NSM) (Dutra, Viterbo, & Miranda, 2008) ve Standartlaştırılmış Toprak Nem İndeksi (SSI) (Hao, AghaKouchak, Nakhjiri, & Farahmand, 2014). Tarımsal kuraklık genellikle önceki yağış eksikliği ve/veya artan sıcaklık nedeniyle açık toprak yüzeyi ve bitkiden artan evapotranspirasyondan kaynaklanmasına bağlı olarak sıcaklık ve evapotranspirasyonun kullanıldığı Standartlaştırılmış Yağış Evapotranspirasyon İndisi (SPEI) (Vicente-Serrano, Beguería, & Lopez-Moreno, 2010) ve Keşif Kuraklık İndisi (RDI) (Tsakiris, Pangalou, & Vangelis, 2007) kullanılır.

Literatürde farklı çalışmalarda tarımsal kuraklık ve tarımsal kuraklığın buğday üretimi verim değişimi üzerine olan etkilerin incelendiği çeşitli çalışmalar mevcuttur. Keşif Kuraklık İndisi (RDI) ile kuraklığın buğday verimi üzerindeki etkilerinin değerlendirildiği Yunanistan'a ait iki kırsal alanda kuraklık ile buğday verimi arasında yüksek oranda korelasyon ilişkisi belirlenmiştir (Tigkas & Tsakiris, 2015). Standartlaştırılmış Yağış

Evapotranspirasyon İndeksi (SPEI) indisinin kullanıldığı 1961-2014 yılları arasındaki çalışmada yüksek sıcaklıklar ve kuraklığın buğday, soya fasulyesi ve mısırda verim değerlerinde azalmalar tespit edilmiştir (Matiu, Ankerst, & Menzel, 2017). İspanya'da kuraklığın buğday ve arpa üzerindeki etkisinin Standartlaştırılmış Yağış Evapotranspirasyon İndeksi (SPEI) ve çeşitli kuraklık yöntemleri ile değerlendirmesinde yılın farklı dönemlerinde kuraklık şiddetine göre yüksek korelasyon ilişkisi ortaya koyulmuştur (Peña-Gallardo, Vicente-Serrano, Domínguez-Castro, & Beguería, 2019). Shaanxi ve Henan kentleri kışlık buğday ve kuraklığın etkileşimi incelenen çalışmada kışlık buğdayın özellikle tane doldurma aşamalarında su stresine daha hassas olduğu ve daha fazla suya ihtiyaç duyduğu belirlenmiştir (Huang, et al., 2020). Keşif Kuraklık İndisi (RDI), Standartlaştırılmış Yağış İndisi (SPI) ve Standartlaştırılmış Yağış Evapotranspirasyon İndeksi (SPEI) yöntemleri ile kışlık buğday verimi arasındaki ilişkinin incelendiği çalışmada çeşitli iklim koşullarında yüksek korelasyon değerleri belirlenmiştir (Zarei, Shabani, & Moghimi, 2021). Almanya ve İspanya'da toprak nemi ile tahıl verimi için yapılan çalışmada İspanya'da %30 oranında verim azalması ve Almanya'da pozitif tarımsal kuraklık eğilimleri ile tahıl ürünlerinde %5 verim düşüşleri tespit edilmiştir (Benito-Verdugo, et al., 2023). Standartlaştırılmış Yağış Evapotranspirasyon İndeksi (SPEI) ve Standartlaştırılmış Toprak Nem İndeksi (SSI), büyük ölçekli iklimsel salınımlar ve bölgesel hidro-meteorolojik değişkenler dâhil edilerek yapılan çalışmada Hindistan'da tarımsal kuraklık eğiliminin arttığı belirlenmiştir (Das, Das, & Umamahesh, 2023). Çin'de 2001'den 2020'ye kadar olan süreçte hem sulanan hem de yağmurla beslenen tarım sistemlerinde tarımsal kuraklığın değerlendirilmesinde Standartlaştırılmış Yağış Evapotranspirasyon İndeksi (SPEI) 1,3, 6 ve 12 aylıklarda anlamlı korelasyon değerleri mevcuttur (Chen, et al., 2024).

Türkiye'nin yarı kurak iklim özelliğine sahip Akdeniz iklim kuşağında bulunması ve atmosferik dolaşım, iklim koşullarına, fiziki coğrafya faktörlerine de bağlı olarak ülke genelinde kuraklık olayları çok sık yaşanmaktadır. Yağışın yaklaşık %67'si kış ve ilkbahar yağışları şeklinde iken ülkenin orta ve güneydoğu bölgelerinin çoğu yarı kurak iklim özelliklerine sahiptir (Aktürk, Zeybekoğlu, & Yıldız, 2022). Yer şekilleri, engebe özellikleri gibi faktörlere bağlı olarak yarı kurak iklim kuşağında bulunan Kızılırmak Havzası, çalışma alanı olarak seçilmiş ve meteorolojik kuraklıkların zaman içindeki dağılımı ve özellikleri aynı zamanda tarımsal kuraklık ilişkisinin belirlenmesi için buğday verimi ile korelasyon değerleri oluşturulmuştur. Türkiye'de yapılan tarımsal kuraklık ve tahıl ürünlerine ait çalışmalar son dönemde yaygınlık kazanmıştır. Coğrafi bölgelere göre yapılan çalışmada İç Anadolu ve Akdeniz bölgelerinde yaz mevsiminde yaşanan tarımsal kuraklık korelasyon değerlerinin yüksek olduğu yaz kuraklıklarını sonbahar ile ilkbahar kuraklıklarını takip ettiğine ulaşılmıştır (Şorman, Mehr, & Hadi, 2018). Türkiye'nin en büyük havzalarından biri olan Kızılırmak Havzası'nda 1973-2013 yılları arasındaki kuraklıklar, Standart Yağış indisi (SPI) yöntemi kullanılarak farklı zaman ölçeklerinde incelenmiş ve uzun süreli kuraklıkların son yıllarda belirgin şekilde arttığı tespit edilmiştir (Arslan, Bilgil, & Veske, 2016). Yukarı Kızılırmak Havzası'nda Kızılırmak Nehri'nin tarımsal sulama amaçlı kullanım özellikleri Wilcox ve ABD tuzluluk diyagramlarına göre incelenmiş, suyun kimyasal özelliklerine etki eden coğrafi faktörler değerlendirilmiş ve suyun artan tuzluluk ve yaz kuraklığı nedeniyle sulama için sınırlı uygunluk taşıdığı tespit edilmiştir (Koç, Doğru, & Han, 2018). Standartlaştırılmış Yağış İndisi (SPI) zaman serilerinin kullanılmasıyla, 1960-2017 çalışma döneminin 31 yılının değişen şiddetlerde kuraklıktan etkilendiği ve Kızılırmak nehir havzasının yaygın kuraklıkların etkisi altında olduğunu ortaya koymuştur (Aktürk, Zeybekoğlu, & Yıldız, 2022). Kızılırmak Havzası'ndaki barajların buharlaşma kayıpları ve artan su talebi nedeniyle su kaynakları üzerindeki etkileri su bütçesi metodu ile analiz edilmiş ve özellikle kurak iklim koşullarına sahip Delice alt havzasında sürdürülebilir su yönetimi için optimizasyon gerekliliği vurgulanmıştır (Can & Yılmaz, 2023). Kızılırmak Havzası'nın kuraklık hassasiyeti, su bütçesi ve iklim değişikliğinin etkileri analiz edilerek, sektörlerin kuraklık koşullarından etkilenebilirliği değerlendirilmiş ve entegre havza yönetimi yaklaşımıyla sürdürülebilir su kullanımı ve kuraklığın etkilerini azaltmayı hedefleyen bir eylem planı oluşturulmuştur (T. C. Tarım ve Orman Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, 2023). Yapılan bir çalışmada farklı tarihlerde farklı coğrafik alanlarda yaşanmış kuraklık ve sıcak hava dalgası afetlerinden örnekler ile bu afet tiplerinin tarımsal üretime etkileri ve etkilerin birbiriyle olan ilişkilerinin ortaya konulmuştur (Yılmaz, 2023). Konya Bölgesinde iklim değişikliğinin buğday ve yonca üretimi üzerine etkilerinin incelenmesinde 2 °C'lik sıcaklık artışının yonca, 4 °C'lik sıcaklık artışının buğday üretiminde zorluklara neden olacağı belirtilmiştir (Akansu & Kızıldeniz, 2024). Standartlaştırılmış Yağış İndisi (SPI), Değiştirilmiş China-Z İndisi (MCZI), China-Z İndisi (CZI) ve Z-Değeri İndisi (ZSI) dört farklı endeksin sonuçlarına göre, havza en uzun ve en şiddetli kuraklık dönemlerini ağırlıklı olarak 2000'li yıllarda yaşamıştır (Aktürk, Çıtakoğlu, Demir, & Beden , 2024). Kızılırmak, Yeşilırmak ve Sakarya havzalarında hidrolojik kuraklığın belirlenmesine yönelik yapılan çalışmada 1, 3, 6 ve 12 aylık normal kuraklık değerleri gözlenmiştir (Kartal & Emiroğlu, 2024). Bir diğer çalışmada Kızılırmak Havzası'ndaki meteoroloji ve DSİ istasyonlarından elde edilen sıcaklık, yağış, buharlaşma ve akım verilerinin uzun yıllara dayalı zaman serilerindeki değişimleri Mann-Kendall ve Spearman Rho trend analizleriyle incelenmiş ve özellikle sıcaklık artışlarının istatistiksel olarak anlamlı olduğu tespit edilmiştir (Kartal, Gözalan, & Öztekinci, 2024).Kızılırmak Havzası için yapılan Standartlaştırılmış Yağış İndisi (SPI) kuraklık indisinde kurak dönemlerin nemli dönemlere göre daha fazla tekrarlandığı görülmüştür (Robleh, Yuce, & Deger, 2024). Yukarı Kızılırmak Havzası için Standartlaştırılmış Yağış İndisi (SPI) serilerinden faydalanılarak

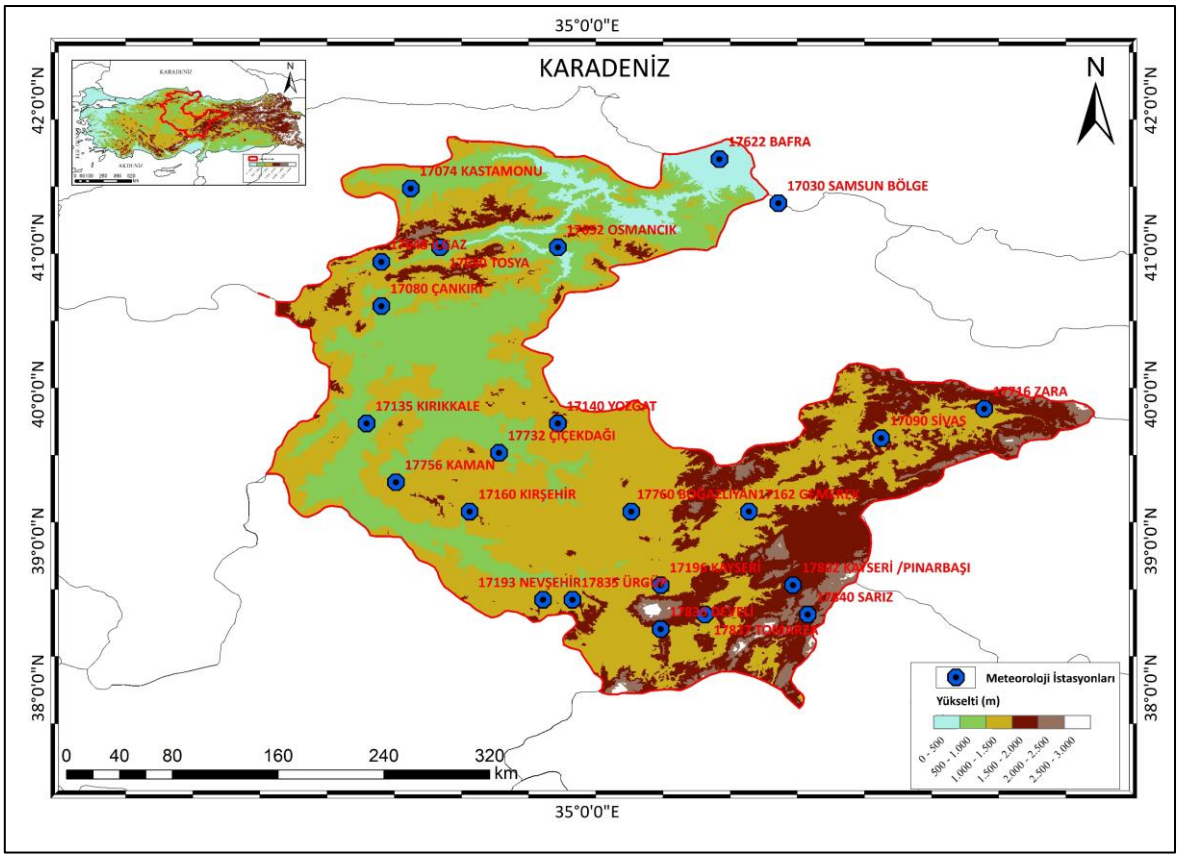
yakın gelecek için yapılan kuraklık tahminlerinde 2100 yılına kadar kuraklık olaylarının sayısı ve şiddeti ile kurak dönemlerin süresinin artacağı öngörülmüştür (Selçuk, Selçuk, & Cebeci, 2024).

Bu çalışmada; meteorolojik kuraklığın tarımsal kuraklığa etkisinin alansal-zamansal değişimi araştırılmıştır. Geçmiş çalışmaların doğrultusunda, üretim potansiyeli ve stratejik önemi dikkate alındığında ve kısa vadede iklim değişikliği ve buna bağlı olarak da kuraklık etkisinin yüksek olması beklenen Kızılırmak Havzası bu araştırmada çalışma alanı olarak seçilmiştir. Ayrıca havzanın bulunduğu alanın tarımsal üretim için uygun alanlardan oluşması ve üretiminin yapılması havzanın özellikle tarımsal kuraklığa olan hassasiyetini arttırmaktadır. Tarımsal ürün olarak stratejik ve ekonomik açıdan son derece önemli olan buğday bitkisi seçilmiştir. Meteorolojik kuraklığın belirlenmesi aşamasında, yağış miktarı ve potansiyel evapotranspirasyonu (PET) dikkate alarak ve su açığına bağlı olasılık dağılım fonksiyonu uygulayan SPEI indisi kullanılmıştır (Tegos, Stefanidis, Cody, & Koutsoyiannis, 2023). SPEI rüzgârın etkili olduğu, bitki örtüsünün çok olduğu ve buna bağlı yüksek evapotranspirasyon olabilecek bölgelerde tercih edilebilir (Özelkan, 2022)) ve çalışma alanı Kızılırmak Havzası buna benzer bir yapıdadır. SPEI buğday gibi ürünlerin gelişim dönemleri boyunca yaşanan su açığı ve bunun verim üzerindeki etkilerini açıklayabilmeye olanak tanımaktadır (Shi, Yang, Ding, Chen, & Shi, 2023; Tegos, Stefanidis, Cody, & Koutsoyiannis, 2023). Sonuç olarak, bu çalışmada buğday verimine etki eden meteorolojik kuraklığın belirlenmesinde SPEI indisi tercih edilmiş, Kızılırmak Havzası'na ait kuraklık ile buğday verimi değerleri arasındaki ilişkinin alansal-zamansal değişimi incelenmiş ve sonuçlar sosyo-ekonomik boyutları ile ortaya konulmuştur.

MATERYAL VE METOT

Çalışma Alanı

Kızılırmak Havzası 37°56'-41°44' kuzey enlemleri ile 32°48'-38°24' doğu boylamları arasında yer almaktadır. Kızılırmak 1.151 km'lik uzunluğunda olup 82.182 km^2 'lik havza alanına sahiptir (Şekil 1). Kızılırmak, Sivas-İmralı çevresinden doğar; sırasıyla Kayseri, Nevşehir, Aksaray, Kırşehir, Ankara, Kırıkkale, Çankırı, Çorum, Sinop ve Samsun illerinden geçerek Bafra Ovası'ndan Karadeniz'e dökülür. Ayrıca Kızılırmak Havzası İç Anadolu Bölgesi'nin doğu bölümünde yer almakta olup Karadeniz, Doğu Anadolu ve Akdeniz Bölgelerinin bir kısmını kapsamaktadır. Havza içerisindeki alt bölgeler ise Aşağı Kızılırmak, Orta Kızılırmak, Yukarı Kızılırmak, Delice, Seyfe, Tuzla ve Develi havzalarıdır. Havzanın topografik özellikleri ve bu özelliklere bağlı iklimsel farklılıklar mevcuttur (T. C. Tarım ve Orman Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, 2023). Havzanın en engebeli bölgesi olan Yukarı Kızılırmak, kuzeyden ve güneyden dağlık alanlarla sınırlanmıştır (Sağdıç & Koç, 2012). Çayır ve platoların bulunduğu Orta Kızılırmak bölümü volkanik kökenli dağlar ve geniş ova tepeleriyle farklılık göstermektedir. Aşağı Kızılırmak bölümünde ise batı kesimde bulunan Kuzey Anadolu ve Küre dağları Batı Karadeniz Havzası ile sınır oluşturmaktadır (Aktürk, Çıtakoğlu, Demir, & Beden , 2024). Aynı zamanda Karadeniz'den gelen nemli hava kütlelerine karşı bariyer etkisi yaparak Karadeniz iklim özelliklerine sebep olmaktadır. Aşağı Kızılırmak bölgesi dışında kalan alanlarda karasal iklim özellikleri hâkimdir (Can & Yılmaz, 2023). Karadeniz iklim özelliklerinde kışlar ılık, yazlar serin ve her mevsim yağışlıdır. Günlük ve yıllık sıcaklık farkları nemliliğin yüksek olması sonucu azdır. Karasal iklim özelliklerinde ise kışlar soğuk genellikle kar yağışlı, yazlar sıcak ve kuraktır. Havzaya ait 1991-2022 yılları arası ortalama yıllık toplam yağış değeri 425,65 mm, yıllık ortalama sıcaklık değeri ise 11,18°C'dir. Bitki örtüsü özellikleri tarım arazileri, verimli orman arazileri ve tahrip edilmiş orman arazileri geniş alan kaplamaktadır (Aktürk, Çıtakoğlu, Demir, & Beden , 2024). Havzada en çok üretilen tarım ürünleri arasında tahıllar, şekerpancarı, patates, kavun, karpuz ve baklagiller yer alır (Aktürk, Çıtakoğlu, Demir, & Beden , 2024).



Şekil 1. Çalışma alanın yükseklik haritası ve meteoroloji istasyonlarının dağılımı.

Materyal

T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü tarafından temin edilen Kızılırmak Havzası'ndaki 23 meteoroloji gözlem istasyonunda (Çizelge 1), 1991-2022 yılları arasında ölçülen aylık toplam yağış verileri ile aylık maksimum, minimum ve ortalama sıcaklık verileri, SPEI kuraklık indislerinin hesaplanmasında kullanılmıştır. Bu dönemin seçilmesinin temel nedeni, 1991-2022 yılları arasındaki gözlem süresi boyunca tüm istasyonlarda yapılan ölçümlerde eksik veri bulunmamasıdır. Meteorolojik kuraklığın buğday verimiyle ilişkisini değerlendirmek amacıyla, havza içindeki istasyonlara ait 1991-2022 yılları arasındaki yıllık buğday verim değerleri kullanılmıştır.

Çizelge 1. Kızılırmak Havzası'nda kullanılan istasyonlar ve enlem, boylam yükselti özellikleri.

İstasyon No	İstasyon Adı	Enlem (Kuzey)	Boylam (Doğu)	Yükselti (m)
17622	BAFRA	41,55	35,92	103
17652	OSMANCIK	40,98	34,80	419
17074	KASTAMONU	41,37	33,78	800
17650	TOSYA	41,01	34,04	870
17836	DEVELİ	38,37	35,48	1204
17196	KAYSERİ	38,69	35,50	1094
17802	KAYSERİ /PINARBAŞI	38,73	36,39	1542
17840	SARIZ	38,48	36,50	1599
17837	TOMARZA	38,45	35,79	1402
17135	KIRIKKALE	39,84	33,52	751
17732	ÇİÇEKDAĞI	39,61	34,42	900
17756	KAMAN	39,37	33,71	1075
17160	KIRŞEHİR	39,16	34,16	1007
17648	ILGAZ	40,92	33,63	885
17080	ÇANKIRI	40,61	33,61	755
17030	SAMSUN BÖLGE	41,34	36,26	4
17193	NEVŞEHİR	38,62	34,70	1260
17835	ÜRGÜP	38,62	34,91	1068
17760	BOĞAZLIYAN	39,19	35,25	1070
17140	YOZGAT	39,82	34,82	1301
17162	GEMEREK	39,19	36,08	1182
17090	SİVAS	39,74	37,00	1294
17716	ZARA	39,89	37,75	1338

Yöntem

Standartlaştırılmış yağış Evapotranspirasyon indisi (SPEI) yağış ve sıcaklık verilerine dayanarak sıcaklık değişkenliğinin kuraklık değerlendirmeleri üzerindeki etkisini içermesi nedeniyle avantajlıdır (Vicente-Serrano, Beguería, & Lopez-Moreno, 2010). Matematiksel olarak Standartlaştırılmış Yağış İndisi'ne (SPI) benzer olsa da sıcaklığın rolünü de içermektedir. SPEI hesaplanırken yağış ve potansiyel evapotranspirasyon (PET) arasındaki fark iklimsel su dengesi ya da su açığı olarak ifade edilmektedir (Miro, Estrela, Corell, Gomez, & Luna, 2023). PET, verilere bağlı olarak Thornthwaite, Hargreaves ve Penman-Monteith yöntemleri dâhil olmak üzere üç farklı şekilde hesaplanabilmektedir (Anderson & French, 2019). Bu çalışmada Hargreaves yöntemi kullanılmış olup, bu yöntem genellikle verilerin az olduğu durumlarda PET'i hesaba katmada daha başarılı sonuçlar vermektedir (Qaisrani, Nuthammachot, & Techato, 2021). Hargreaves PET hesaplama yöntemi Eşitlik 1'de verilmiştir.

$$PET = cH \cdot 0{,}408\, Ro \cdot (T - 17{,}8)\sqrt{Tmax - Tmin} \quad (1)$$

Yukarıdaki formülde cH 0,0023 değerinde Hargreaves katsayısıdır, buharlaşmanın gizli ısı akısının tersi 20 °C 'de 0.408 sabit değerini verir, Ro güneş radyasyonunu gösterir ve ortalama sıcaklık T olarak verilir (Qaisrani, Nuthammachot, & Techato, 2021). Su açığı herhangi bir ay için "i" olarak hesaplanır (Eşitlik 2-3):

$$W = \sqrt{-2\ln(P) \quad için\ P \leq 0{,}5} \quad (2)$$

$$p = 1 - f(x) \quad (3)$$

Burada (Eşitlik 4):

$$f(x) = \left[1 + \left(\frac{\alpha}{x} - y\right)^{\beta}\right]^{-1} \quad (4)$$

Aşağıdaki formülde bir D serisi ve log-logistik dağılım için olasılık fonksiyonu Eşitlik 5 ile hesaplanabilir:

$$f(x) = \frac{\beta}{\alpha}\left(\frac{x-y}{\alpha}\right)^{\beta-1}\left[1 + \left(\frac{x-y}{\alpha}\right)^{\beta}\right]^{-2} \quad (5)$$

Burada α, β ve γ, γ > D < ∞ için sırasıyla ölçek, şekil ve orijini göstermektedir. Ayrıca, Eşitlik 5'teki sabitler aşağıdaki gibi değerlere sahiptir (Tirivarombo, Osupile, & Eliasson, 2018):

C_0 = 2.515517, C_1 = 0.802853, C_2 = 0.010328, d_1 =1.432788, d_2 = 0.189269, ve d_3 = 0.001308.

SPEI indisinde kuraklık şiddeti için kullanılan sınıf aralıkları aşağıda Çizelge 2'de gösterilmiştir:

Çizelge 2. SPEI indisleri kuraklık sınıfları (Zarei, Shabani, & Moghimi, 2021).

SPEI	Kuraklık Sınıfları
≥2,0	Aşırı Nemli
1,5 ile 1,99	Şiddetli Nemli
1,0 ile 1,49	Orta Nemli
0,99 ile -0,99	Normal
-1,00 ile -1,49	Orta Kurak
-1,50 ile -1,99	Şiddetli Kurak
≤-2,00	Aşırı Kurak

Bu çalışmada kuraklık ve buğday verim değerleri arasındaki ilişkiyi değerlendirmek için Pearson korelasyon katsayısı (r) kullanılmıştır. Korelasyon katsayısı, -1 ile +1 arasında değer alır ve ilişkinin hem yönünü hem de gücünü tanımlar (Field, 2013; Gravetter & Wallnau, 2013). Bu bağlamda, pozitif bir r değeri daha düşük kuraklık seviyelerinin daha yüksek verimle ilişkili olduğunu gösterirken, negatif bir r değeri kuraklığın verim üzerinde olumsuz bir etkisi olduğunu ifade eder. Korelasyon değerlerinin düzeyleri belirlenirken Çizelge 3'teki değerler esas alınmıştır.

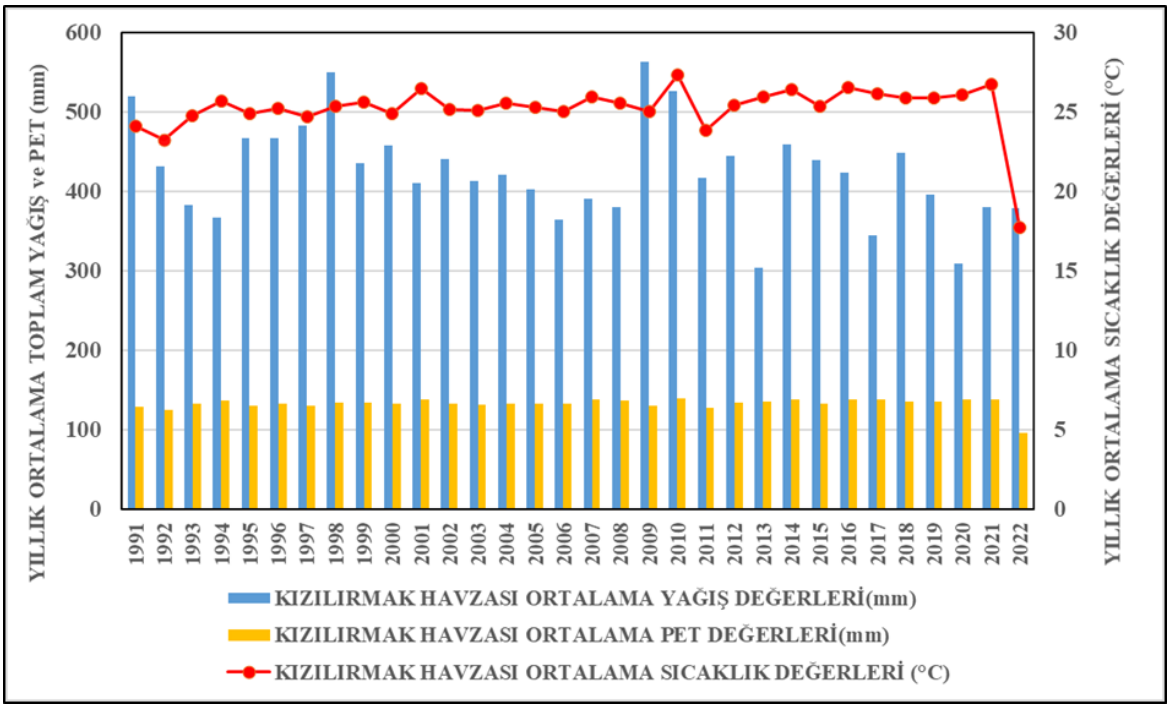
Çizelge 3. Korelasyon değerleri ilişki düzeyleri (Ersöz & Ersöz , 2022)

Korelasyon Aralığı	İlişki Düzeyi
(-0,25)-0,00 ve 0,00-0,25	Çok Zayıf
(-0,49)-(-0,26) ve 0,26-0,49	Zayıf
(-0,69)-(-0,50) ve 0,50-0,69	Orta
(-0,89)-(-0,70) ve 0,70-0,89	Yüksek
(-1,00)-(-0,90) ve 0,90-1,00	Çok Yüksek

BULGULAR VE TARTIŞMA

Kızılırmak Havzası Yağış ve Sıcaklık Değerlendirmesi

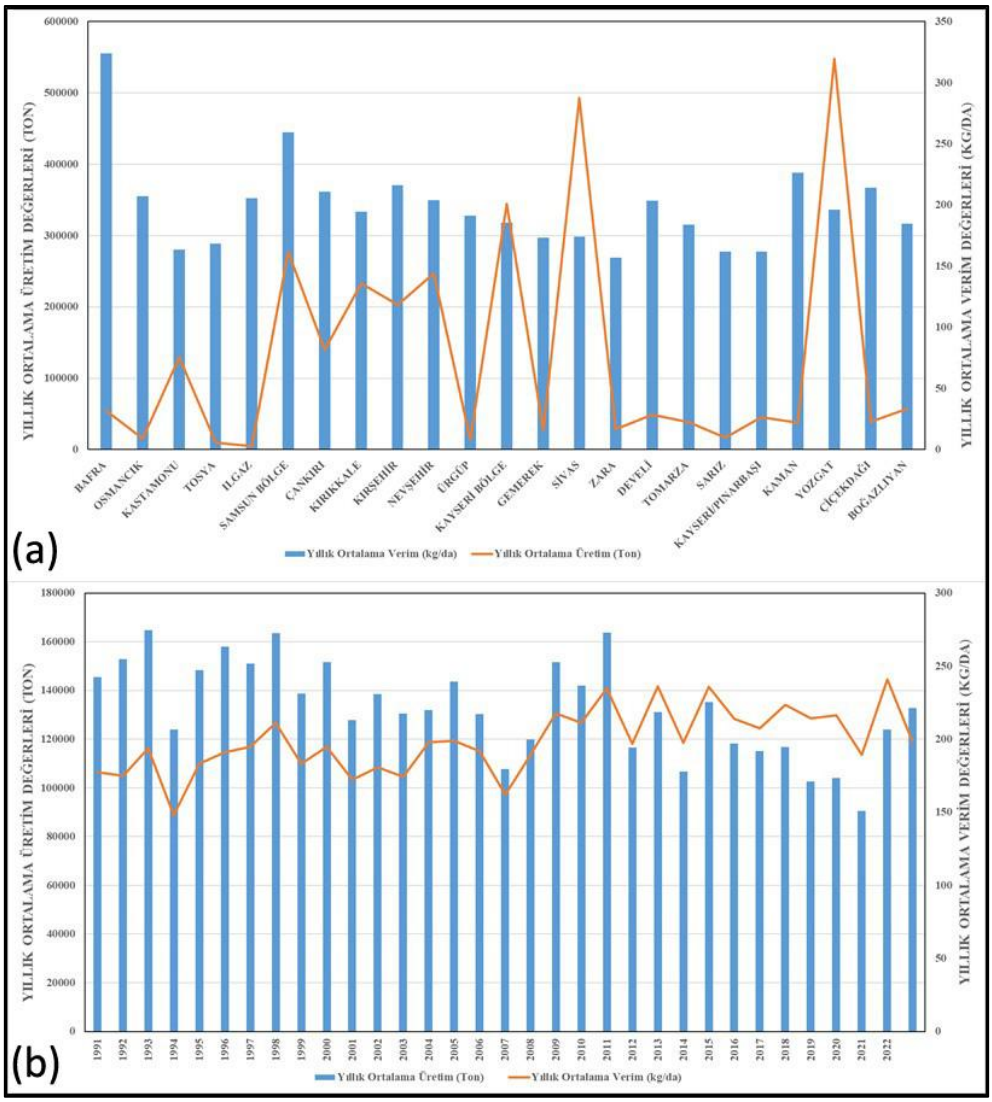
Çalışma alanı yarı kurak iklim özelliklerine sahiptir. Havzaya ait 1991-2022 yılları ortalama toplam yağış değerleri düşük olup genele olarak dalgalanmalar mevcuttur (Şekil 2). Havzaya ait 1991-2022 yılları arası ortalama yağış değeri 425,65 mm ve ortalama sıcaklık değeri 25,23 °C'dir. Havzaya ait ortalama yağış değerlerinde en yüksek yağış değeri 2009 yılı 563,64 °C'dir (Şekil 2). En düşük yağış değeri ise 2013 yılı 303,48 °C'dir (Şekil 2). Havza içerisinde 1991-2022 yılları arasında yıllık ortalama toplam yağış değerlerinde en yüksek yağış Bafra istasyonunda 739,62 mm'dir. Havzanın kuzeyinde kıyı kesiminde bulunan Bafra istasyonunda Orta Karadeniz'de ve denizel etkiye açık olmasıyla Karadeniz'den gelen nemli hava kütlelerine bağlı yüksek yağış değerleri görülür (Şekil 1). En düşük yağış değeri iç kesimindeki Boğazlıyan istasyonunda 339,97 mm olarak belirlenmiştir. Boğazlıyan istasyonu etrafının yüksek dağlık alanlar ile çevrili olması ve denizel etkisinin zayıf olmasına bağlı havza içerisindeki en düşük yağışa sahip istasyondur (Şekil 1). 1991-2022 yılları arasında en yüksek ortalama sıcaklık değeri 2010 yılında 27,32°C'dir (Şekil 2). En düşük sıcaklık değeri ise 17,71°C'dir. Havzada bulunan istasyonlar arasında ortalamadan yüksek yıllık sıcaklık değeri batıdaki Kırıkkale istasyonunda 30,96°C'dir. Havzanın güneydoğusundaki Kayseri/Pınarbaşı istasyonu ise 21,21°C ile en düşük yıllık ortalama sıcaklığına sahiptir. Havzaya ait 1991-2022 yılları arası ortalama PET değeri 132,89 mm'dir. En yüksek ortalama PET değeri 2010 yılında 139,32 mm'dir (Şekil 2). En düşük ortalama PET 2022 yılında 95,89 mm olarak belirlenmiştir (Şekil 2). Görülen en yüksek ortalama sıcaklık değerleri ile benzer şekilde çalışma alanının batısındaki Kırıkkale istasyonunda ortalama en yüksek PET 155,08 mm'dir. En düşük ortalama PET değeri de ortalama düşük sıcaklıklar ile uyumlu şekilde havzanın güneydoğusundaki Kayseri/Pınarbaşı istasyonunda 116,50 mm'dir.



Şekil 2. Kızılırmak Havzası 1991-2022 yılları arası ortalama yağış, sıcaklık ve PET değerleri.

Kızılırmak Havzası Buğday Üretimi ve Verim Değerlerinin Değerlendirilmesi

Kızılırmak Havzası'nda 1991-2022 yılları arasında ortalama buğday üretim değeri 132.716 tondur. İstasyonlara göre, ortalamadan düşük üretim değerleri, çalışma alanının kıyı kesimine yakın olan ve batıda engebenin fazla olduğu Kastamonu, Tosya ve Ilgaz istasyonlarında görülmektedir (Şekil 3). 1991-2022 yıllarına ait ortalama verim değeri 198,59 kg/da olarak belirlenmiştir. Buğday verim değerlerinde, ortalamadan düşük değerler çalışma alanın doğu kesimindeki engebeli ve karasal iklim koşullarına sahip Zara istasyonunda 156,9 kg/da olarak kaydedilmiştir (Şekil 3). Havzaya ait istasyonlardaki üretim değerlerinin değişiminde, genel olarak üretim artışlarının verim artışlarına neden olduğu görülmektedir (Şekil 3). Bu durumdan farklı olarak, kuzey kesimde kıyıda bulunan Bafra istasyonunda, 54.645 tonluk düşük üretim değerlerine rağmen ortalama 324,09 kg/da yüksek verim dikkat çekmektedir (Şekil 3). Bu durum Bafra istasyonunun çalışma alanın kuzeyindeki kıyı kesimde, verimli alüvyal ovada yer almasıyla ilişkilendirilebilmektedir. Yıllara göre üretim ve verim değerlerinin değişimi incelendiğinde, 2019-2021 yılları arasında düşük verim değerleri gözlenmiştir. Üretim değerlerinde en düşük üretim 1994 yılında, en yüksek üretim ise 2022 yılında gerçekleşmiştir. Özellikle 2019 yılında Covid-19 pandemisiyle başlayan gıda krizine bağlı olarak, 2019'dan 2021'e kadar verim değerlerinde azalma gözlemlenmiştir (Gökmen, 2023). 2022 yılında, Rusya-Ukrayna savaşına bağlı olarak oluşabilecek ülke içi olumsuzlukları önlemek amacıyla buğday ihracatına ara verilmiştir.



Şekil 3. Kızılırmak Havzası buğday üretim ve verim değerlerinin mekânsal ve zamansal değişimi (a: Havzaya ait istasyonların 1991-2022 yılları arası ortalama üretim ve verim değerleri, b: Havzanın yıllık ortalama üretim ve buğday verim değerlerinin zamansal değişimi gösterilmiştir).

Kızılırmak Havzası Kuraklık Değerlendirmesi

Havza içerisinde bulunan 23 meteoroloji istasyonuna ait aylık ortalama sıcaklık ve aylık ortalama minimum ve maksimum yağış değerlerinden faydalanarak SPEI kuraklık indisleri uygulanmıştır. SPEI'ya ait 1, 3, 6, 9 ve 12 aylık dönemler şeklinde kuraklık şiddeti hesaplanmıştır. İndis dönemlerine ait en yüksek kuraklık şiddetinin görüldüğü ay ve kuraklığın en fazla tekrarladığı yıllar belirlenmiştir. 1 aylık indislerde aşırı kurak koşullar 2014,3 aylıklarda 2008 6 ve 9 aylıklarda 1994, 12 aylıklarda 2016 yıllarında aşırı kurak değerler belirlenmiştir (Çizelge 4).

SPEI 1 aylıklarda aşırı kurak değerler -1,92 ile -4,54 arasında değişmektedir (Çizelge 4). En yüksek aşırı kurak değer havzanın kuzeyinde ve denizel iklim etkisine açık Osmancık istasyonunda -4,54 ile 2014 yılının Ocak ayına aittir (Şekil 4). Kuraklığın zamansal değişiminde, 2014 yılı Ocak ayı için en şiddetli kuraklığın görüldüğü dönem olurken, aşırı nemli koşullar 2000 yılında 2,61 değeriyle kaydedilmiştir (Şekil 5). 2012 yılında özellikle Kızılırmak Havzası'nın da içerisinde yer aldığı karasal İç Anadolu ve Doğu Anadolu bölgelerinin bazı bölümlerinde etkili olan meteorolojik kuraklıklar yaz kuraklığı ile birleşerek 2013 yılında tüm Türkiye'de etkili olmuştur (Selçuk, Selçuk, & Cebeci, 2024; Türkes, 2020). 2013 yılında tüm Türkiye genelinde etkili olan şiddetli kuraklık, 2014 yılında etkisini artırmıştır. 2014 yılındaki şiddetli kuraklık Türkiye üzerinde etkili olan atmosferik koşullardan Kuzey Atlantik Salınımı (NAO) ve Akdeniz hava modellerinin değişimi ile ilişkilidir (Soylu Pekpostalci, et al., 2023). Batı Avrupa üzerinde etkili olan Azor Yüksek Basıncı'nın Türkiye'ye doğru genişlemesi, yağışlı hava kütlelerinin geçişini engellemiştir (Türkes, 2020; Soylu Pekpostalci, et al., 2023). Aynı zamanda 2014 yılında Sibirya Yüksek Basıncı Türkiye'nin doğusuna kadar etkili olarak soğuk ve kuru havanın geniş alanlara hâkim olmasına neden olmuştur (Türkes, 2020; Soylu Pekpostalci, et al., 2023). Bu dönemde özellikle kış yağışlarının azalması ve kar yağışlarının

yetersizliği, Doğu Anadolu ve İç Anadolu bölgelerinde 2012 yılında başlayan kuraklığın etkisinin 2014 yılında daha da şiddetlenmesine sebep olmuştur.

3 aylık indislerde aşırı kurak değerler -2,24 ile -3,02 arasında değişmektedir (Çizelge 4). En yüksek aşırı kurak değer, 2008 yılı Mayıs ayında havzanın güneyinde karasal iklimin görüldüğü Nevşehir istasyonunda yüksek olduğu kaydedilmiştir (Şekil 4). Kuraklığın zamansal değişiminde, 2008 yılı artan sıcaklıklar ve azalan yağışların etkisiyle hem meteorolojik hem de tarımsal kuraklığın İç Anadolu ve tüm Türkiye'de ciddi bir sorun oluşturduğu dönemdir (Simsek & Cakmak, 2010; Türkes, 2012; Öz Y., Özelkan, & Tatlı, 2024) (Şekil 4,5). Farklı çalışmalarda da 2007-2008 yılında meydana gelen ilkbahar kuraklıklarının yaz kuraklıkları ile birleşmesinin, 3 aylıklarda artan kuraklık şiddetlerine karşılık geldiği belirtilmiştir (Tatlı & Türkes, 2008; Erlat & Güler , 2023). SPEI 3 aylıklarda aşırı nemli koşullar, 2,35 ile 2015 yılında, 2008 yılındaki aşırı kurak koşullara benzer şekilde, havzanın güneyindeki karasal iklimin görüldüğü Nevşehir istasyonunda kaydedilmiştir (Şekil 5).

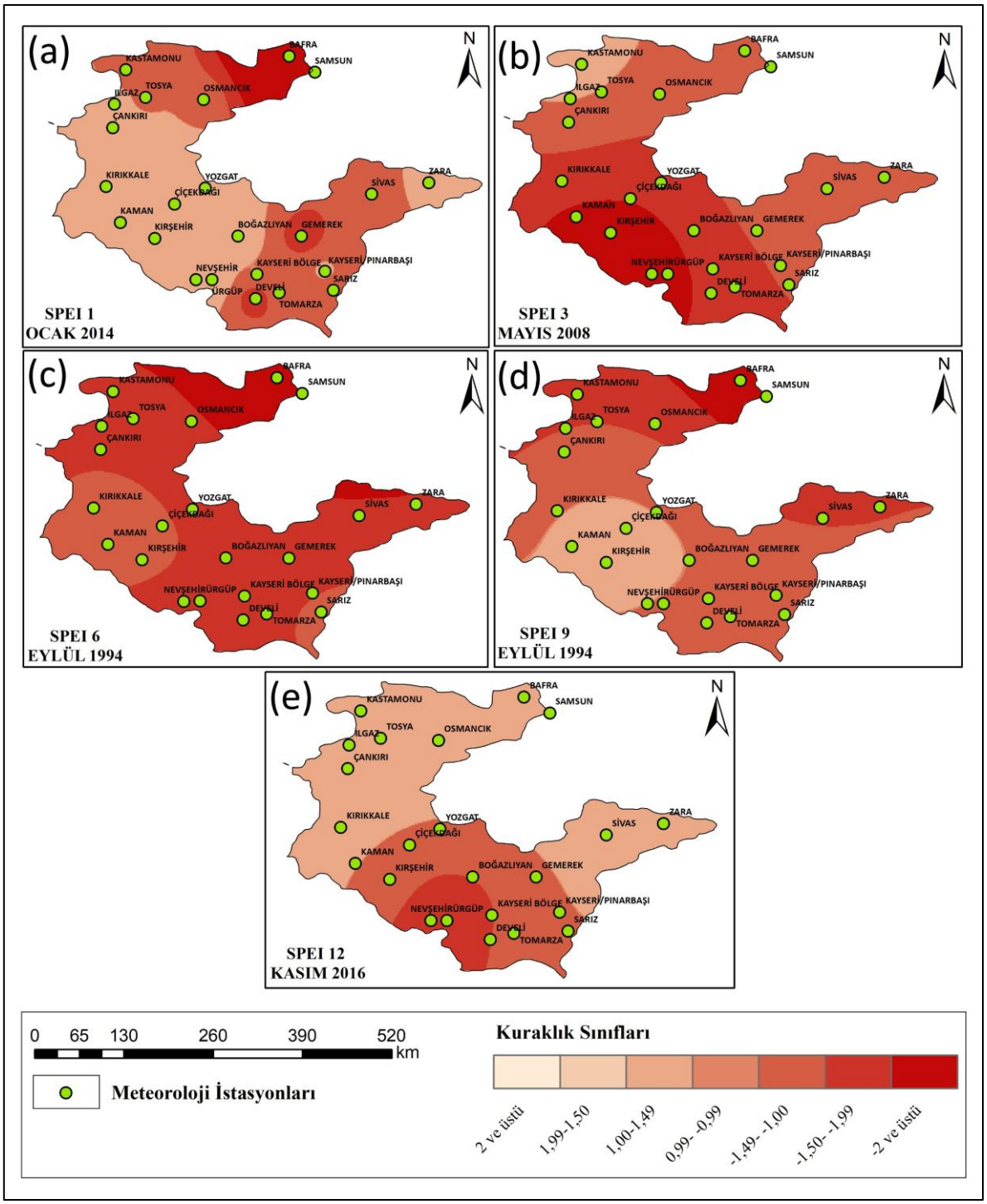
6 aylıklarda aşırı kurak değerler -2,31 ile -3,32 arasında değişmektedir (Çizelge 4). SPEI indisinde, 1994 yılı Eylül ayında -3,32 değeri ile kıyı kesimde denizel etkinin görüldüğü Samsun istasyonunda en yüksek aşırı kurak değer kaydedilmiştir (Şekil 4). 1980'lerden sonra artan sıcak hava dalgalarının kuraklığa etkisi, özellikle 1994 yılında görülen sıcak hava dalgasıyla 6 aylık indislerde dikkat çekmektedir (Yıldız, 2014; Erlat, Türkes, & Aydın-Kandemir, 2021). SPEI 6 aylıklarda zamansal değişimde aşırı nemli koşullar, yine kıyı kesimdeki Samsun istasyonunda 2022 yılında 2,76 olarak kaydedilmiştir (Şekil 5).

9 aylıklarda aşırı kurak değerler -2,17 ile -3,82 arasında değişmektedir (Çizelge 4). SPEI için en yüksek aşırı kurak değer, 1994 yılı Eylül ayında -3,82 olarak Samsun istasyonunda kaydedilmiştir (Şekil 4). SPEI 9 aylıklarda, 2022 yılı havzanın güney kesimindeki karasal iklime sahip Kayseri istasyonunda 2,76 aşırı nemlilik değeri belirlenmiştir (Şekil 5). 6 aylık indislerde olduğu gibi, 1994 yılındaki kuraklığın etkisi 9 aylıklarda da dikkat çekmektedir (Şekil 4).

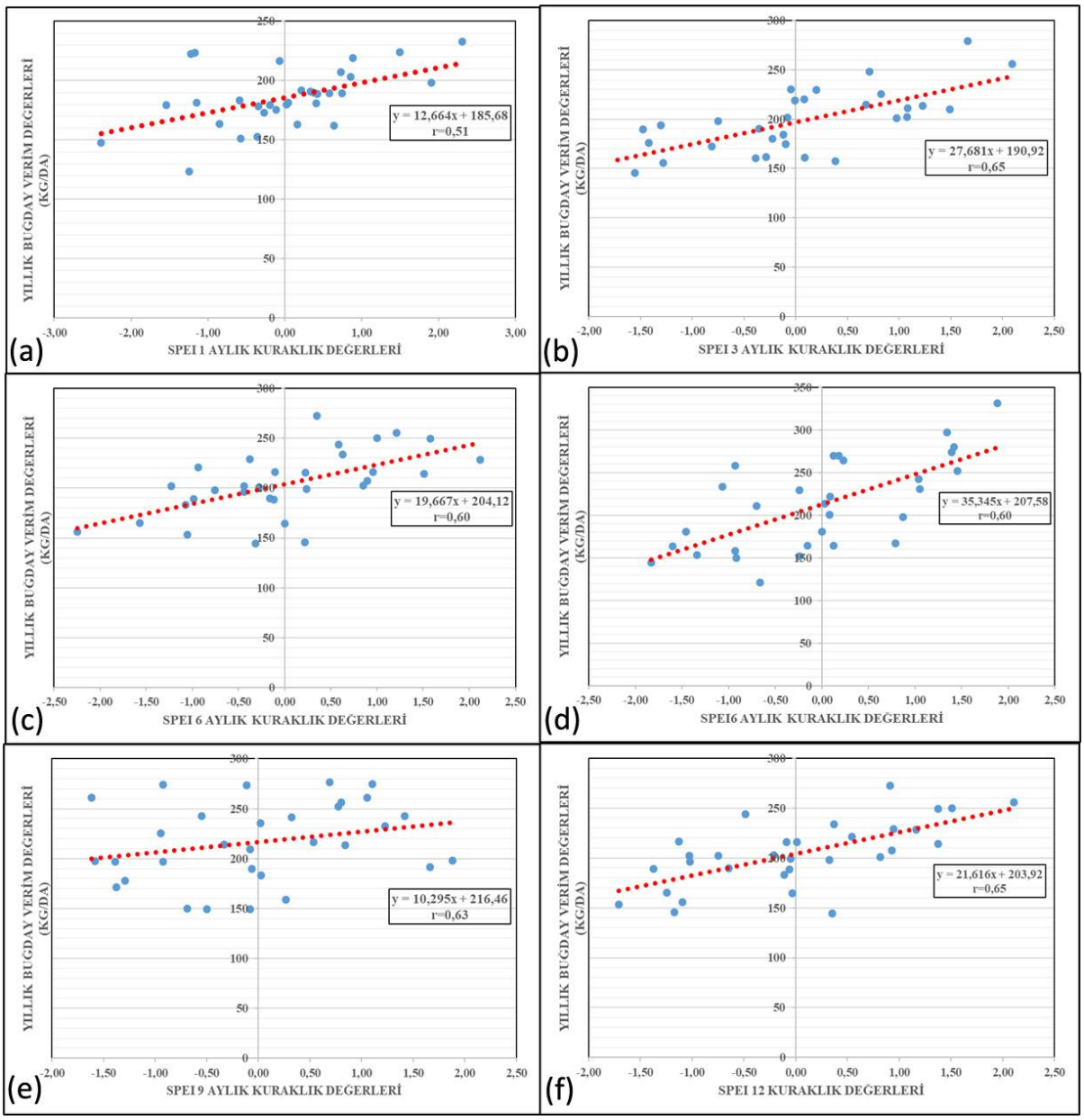
12 aylıklarda aşırı kurak değerler -2,19 ile -2,84 arasında değişmektedir (Çizelge 4). Aşırı kurak değerlerden -2,84, 2016 yılı Kasım ayında havzanın güneyindeki karasal iklime sahip Nevşehir istasyonunda belirlenmiştir (Şekil 4). 2000'li yıllardan itibaren daha sık yaşanan sıcak hava dalgaları gibi, 2016 yılında da yaşanan sıcak hava dalgası özellikle kış döneminde etkisini göstermiştir. Kuraklığın zamansal değişiminde, 2022 yılı havzanın güney kesimindeki karasal iklime sahip Kayseri istasyonunda 2,65 nemlilik değeri kaydedilmiştir (Şekil 5).

Çizelge 4. Kuraklık indislerine göre aşırı kurak değerlerin belirlendiği yıllar ve istasyonlar.

	SPEI				
AYLAR	**1**	**3**	**6**	**9**	**12**
OCAK	OSMANCIK 2014 -4,54	SİVAS 2001 -2,39	NEVŞEHİR 2021 -2,69	ÇİÇEKDAĞI 2021 -2,40	GEMEREK 2014 -2,47
ŞUBAT)	TOMARZA 1995 -1,92	BAFRA 2014 -2,24	KIRŞEHİR 2021 -2,51	BOĞAZLIYAN 2017 -2,27	GEMEREK 2014 -2,24
MART	SİVAS 2001 -2,39	BAFRA 2014 -2,97	BAFRA 2014 -2,61	SAMSUN 2001 -2,17	KIRIKKALE 2008 -2,06
NİSAN	KIRIKKALE 2016 -2,44	DEVELİ 2014 -2,35	BAFRA 2014 -2,61	BAFRA 2014 -2,20	DEVELİ 2014 -2,19
MAYIS	SARIZ 2019 -2,14	NEVŞEHİR 2008 -3,02	SAMSUN 1994 -2,71	BAFRA 2014 -2,45	KIRIKKALE 2008 -2,48
HAZİRAN	KAYSERİ BÖLGE 2001 -2,39	SAMSUN 1994 -2,76	SAMSUN 1994 -2,92	BAFRA 2014 -2,66	SAMSUN 1994 -2,19
TEMMUZ	SAMSUN 2000 -3,13	SAMSUN 1994 -2,55	SAMSUN 1994 -3,04	GEMEREK 2014 -2,45	SAMSUN 1994 -2,31
AĞUSTOS	TOMARZA 1996 -2,81	TOMARZA 1996 -2,81	SAMSUN 1994 -2,73	SAMSUN 1994 -2,83	SAMSUN 1994 -2,38
EYLÜL	SAMSUN 2017 -3,02	DEVELİ 2017 -2,70	SAMSUN 1994 -3,32	SAMSUN 1994 -3,82	SAMSUN 1994 -2,77
EKİM	KAYSERİ/PINARBAŞI 2004 -2,07	SAMSUN 2017 -2,56	SAMSUN 1994 -3,14	SAMSUN 1994 -3,07	NEVŞEHİR 2016 -2,69
KASIM	KAYSERİ/PINARBAŞI 2010 -2,38	TOMARZA 2020 -2,53	BOĞAZLIYAN 2016 -2,83	NEVŞEHİR 2016 -2,74	NEVŞEHİR 2016 -2,84
ARALIK	DEVELİ 2010 -2,12	ILGAZ 2020 -2,31	KAMAN 2020 -2,31	BAFRA 2020 -2,30	KAYSERİ 2001 -2,46



Şekil 4. Kızılırmak Havzası aşırı kurak değerlerin görüldüğü istasyonlara ait aylar ve yıllar (a: SPEI 1 Ocak 2014, b: SPEI 3 Mayıs 2008, c: SPEI 6 Eylül 1994, d: SPEI 9 Eylül 1994, e: SPEI 12 Kasım 2016).



Şekil 5. Kızılırmak Havzası'nda, kuraklık indis değerleri ile buğday verimi arasındaki ilişkinin yüksek olduğu istasyonlara ait dağılım grafikleri hazırlanmıştır (a: SPEI 1 Kayseri/Bölge, Haziran; b: SPEI 3 Ürgüp, Haziran; c: SPEI 6 Nevşehir, Ocak; d: SPEI 6 Osmancık, Mart; e: SPEI 9 Nevşehir, Şubat; f: SPEI 12 Nevşehir, Haziran).

Verim ve Kuraklık Değerlendirmesi

Kızılırmak Havzası'nda, SPEI indis değerleri ile buğday verim değerleri arasındaki ilişki belirlenmiş ve meteorolojik kuraklığın verim değişiminde etkili olduğu ay ve dönemler tespit edilmiştir. Bu ay ve dönemlere göre oluşturulan dağılım grafikleriyle, kuraklık değerlerinin verim değişimine etkisi sebepleriyle açıklanmıştır.

Havzaya ait en düşük verim değeri 2000 yılında 54,15 kg/da'dır. En düşük verimin mevcut olduğu 2000 yılı Havzaya ait en düşük verim değeri, 2000 yılında 54,15 kg/da olarak kaydedilmiştir. En düşük verimin görüldüğü 2000 yılı, Türkiye'nin tamamında etkili olan kuraklık şiddetinin Kızılırmak Havzası'nda da hissedildiği bir dönemdir. 1999 yılının ardından 2000 yılında da etkili olan kuraklık sırasında, İç Anadolu'da yağış miktarı 375 mm'ye kadar düşmüştür (T. C. Tarım ve Orman Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, 2023). SPEI 1 aylık değerlendirmelerde, artan kuraklık şiddetinde düşük verim değerleri gözlemlenmiştir (Şekil 6). Aynı zamanda, verim değerlerinin dağılım grafiğinde normal kurak koşullar arasında yoğunlaştığı görülmektedir (Şekil 6). Havzanın güneydoğusundaki engebeli ve karasal iklimin hâkim olduğu Kayseri/Bölge istasyonunda, SPEI 1 aylık indislerde en yüksek korelasyon değeri r=0,51 olarak belirlenmiştir. Haziran ayında görülen bu en yüksek korelasyon değerinde, şiddetli kurak koşullarda (-1,24), 123,59 kg/da verim kaydedilmiştir. En düşük verim değeri olan

123,59 kg/da, 1993 yılına aittir. Türkiye'deki sıcak hava dalgalarının sıklığı, 1993 yılından sonra çok daha fazla artış göstermiştir. Bu değişimin sebebi, Pinatubo Volkanik Patlaması'nın 36 aylık soğutma etkisinin 1991, 1992 ve 1993 yıllarında kesintiye uğramasıdır (Erlat, Türkes, & Aydın-Kandemir, 2021) Ancak, 1993 yılından sonra farklı çalışmalarda, Türkiye'nin güney, güneydoğu ve İç Anadolu bölgelerinde artan kuraklık şiddeti belirlenmiştir (Erlat & Güler , 2023). 1993 yılında yaşanan kuraklık, düşük yağış miktarı ve yüksek sıcaklıklarla tarımı olumsuz etkilemiştir. Özellikle İç Anadolu Bölgesi'nde etkili olan kuraklık, buğday üretimini önemli ölçüde azaltmıştır (Demirdogen, Karapinar, & Özertan, 2024). En yüksek verim değerinin 233,00 kg/da şiddetli kurak dönemde (-1,17) belirlenmiştir. En yüksek verim değeri, 233,00 kg/da olarak şiddetli kurak bir dönemde (-1,17) belirlenmiştir. Bu en yüksek verim değeri, sıcaklık ortalamasının havza genelinde en düşük olduğu yıl olan 2022 yılına aittir.

3 aylık kuraklık analizi ve verim değerlendirmelerinde en yüksek korelasyon r= 0,65'tir. SPEI 3 aylıklarda görülen yüksek korelasyon değeri havzanın güneyinde karasal iklimdeki Ürgüp istasyonunda Haziran ayına aittir (Şekil 6). Güney kesimdeki Ürgüp istasyonunda verimin düşük olduğu dönemler kuraklık şiddetinin arttığı dönemlere karşılık gelmektedir (Şekil 6). En düşük verim değeri 79,51 kg/da şiddetli kurak değer (-1,72) ile 2008 yılına aittir. Aralık 2006 yılından Aralık 2008 yılına kadar devam eden kuraklığın etkisi düşük verim değerleri ile dikkat çekmektedir. Özellikle buğday gelişim dönemlerinde yağışa ihtiyacının fazla olması İç Anadolu Bölgesi'nde uzun yıllar normal yağış ortalamasından %22 oranında azalan yağış değerleri ile verimde düşüşe neden olmaktadır (T. C. Tarım ve Orman Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, 2023). En yüksek verim değeri 279,14 kg/da şiddetli nemli (1,66) değer ile 2011 yılına karşılık gelmektedir.

6 aylık indislerde kuraklık ile verim arasındaki korelasyon değeri r=0,60 olup güneydeki Nevşehir istasyonunda Ocak ayında, kuzeydeki Osmancık istasyonunda ise Mart ayında yüksek olduğu belirlenmiştir (Şekil 6). Güney kesimdeki Nevşehir istasyonu ve kuzey kesimdeki Osmancık istasyonuna ait dağılım grafiklerinde kurak dönemler düşük verim değerlerine karşılık gelmektedir. Karasal iklime sahip Nevşehir istasyonunda aşırı kurak değerde (-2,25) 2001 yılında 155,96 kg/da verim değeri görülür. Nevşehir istasyonunun en düşük verim değeri, 144,56 kg/da 2007 yılına aittir. 2007-2008 dönemi, Türkiye'de geniş alanları etkileyen en şiddetli kurak dönem olarak ifade edilmektedir (Türkes, 2012; Öz Y., Özelkan, & Tatlı, 2024). Özellikle 2001 sonrasındaki dönemde genel olarak normal sınır veya normalin altında kalan yağışlar 2007 yılında, ülke genelinde şiddetli bir kurak döneme neden olmuştur (Tatlı & Türkes, 2008; Taskın, Somuncu, & Capar, 2022). En yüksek verim ise normal kuraklık değerinde (0,32) 272,33 ile 2011 yılındadır.

9 aylık kuraklık verim korelasyon sonuçlarında r= 0,63 güney kesimdeki Nevşehir istasyonu Şubat ayına aittir (Şekil 6). Dağılım grafiğinde görüldüğü gibi, 9 aylık SPEI için verim değerlerinin birbirine yakın şekilde dağıldığı belirlenmiştir. Aşırı kurak (-1,62) koşullarda 260,91 kg/da verim değeri mevcuttur. 2007 yılındaki en düşük verim değeri 149,14 kg/da normal kurak (-0,50) koşullarda görülmektedir. 6 aylıklar ile benzer şekilde Türkiye'de şiddetli kuraklığın etkili olduğu 2007 yılı 9 aylık indislerde de belirlenmiştir. En yüksek verim değeri ise 276,39 kg/da 2008 yılında normal kuraklık değerlerinde (0,69) görülür.

SPEI indisi için en yüksek korelasyon r=0,65 havzanın güneyindeki karasal iklime sahip Nevşehir istasyonuna ait Haziran ayında belirlenmiştir (Şekil 6). Dağılım grafiğinde şiddetli kurak (-1,71) koşullarda 153,33 kg/da 2014 yılına aittir. İstasyona ait en yüksek verim değeri ise 2011 yılında 272,33 kg/da normal kurak (0,91) koşullardadır. 2012 yılında Kızılırmak Havzası ve çevresinde başlayan meteorolojik kuraklık, yaz kuraklığı ile birleşerek 2013 yılında tüm Türkiye'yi etkisi altına almış ve 2014 yılında etkisini daha da artırmıştır. Bu durum dağılım grafiğinde şiddetli kuraklık ile düşük verim değerleri arasında açıkça görülmektedir (Şekil 6).

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışma, Kızılırmak Havzası'nda bulunan 23 meteoroloji istasyonuna ait aylık ortalama sıcaklık ve aylık minimum ile maksimum yağış değerlerinden yararlanılarak SPEI kuraklık indislerinin 1, 3, 6, 9 ve 12 aylık dönemler için hesaplanmasını ve bu dönemlere ait kuraklık şiddetinin incelenmesini kapsamaktadır. Araştırma, 1991-2022 yılları arasında buğday verim değerleri ile kuraklık indis değerleri arasındaki ilişkinin değerlendirilmesine odaklanmıştır. SPEI sonuçlarına göre kuraklık şiddetinin ve buğday verimindeki değişimlerin belirgin olduğu dönemler tespit edilmiştir.

Kısa dönemli kuraklıklar (1 ve 3 aylık indisler), havzanın farklı bölgelerinde çeşitli etkiler yaratmaktadır. İstasyonların havza içerisindeki konumları, denizellik ve karasallık etkisine bağlı olarak yağış dönemlerini ve kuraklık şiddetini farklılaştırmaktadır. Örneğin, 2014 yılı Ocak ayında aşırı kurak değerler, havzanın kuzeyindeki kıyı kesimde bulunan Osmancık istasyonunda kaydedilmiştir. Uzun dönemli kuraklıklar (6, 9 ve 12 aylık indisler), özellikle 1994 ve 2016 yıllarında Eylül ile Kasım aylarında belirginleşmiştir. Bu kuraklıklar, kıyı kesimdeki Samsun ve havzanın güneyindeki Nevşehir istasyonlarında aşırı kurak değerlerle dikkat çekmiştir. Kuraklık şiddetindeki bu artışın, Azor Yüksek Basıncı, Sibirya Yüksek Basıncı ve Kuzey Atlantik Salınımı gibi atmosferik koşulların etkisiyle

ortaya çıktığı belirlenmiştir. Ayrıca, 2000'li yıllardan itibaren sıklaşan sıcak hava dalgaları, kuraklık koşullarını daha da ağırlaştırmıştır.

Buğday verim değerleri ile kısa dönemli (1-3 aylık) kuraklık şiddeti arasındaki ilişki incelendiğinde, r değerlerinin 0,51 ile 0,65 arasında değiştiği görülmüştür. SPEI indisinde en yüksek ilişki 1993 ve2018 yıllarının Haziran ayında havzanın güneyinde karasal iklim koşullarındaki Kayseri ve Ürgüp istasyonlarında belirlenmiştir. Karasal iklimin etkili olduğu bu bölgelerde yaz kuraklığının, buğday veriminde ciddi düşüşlere neden olduğu dikkat çekmiştir. İlkbahar döneminde yağışların azalması ve yaz kuraklığı ile birleşmesi, kuraklık şiddetinin artmasına bağlı olarak buğday verimini önemli ölçüde etkilemiştir.

Uzun dönemli (6, 9, 12 aylıklar) kuraklıklar ile buğday verim değerleri arasındaki ilişkinin incelendiği sonuçlarda r değerlerinin 0,60 ile 0,65 arasında olduğu tespit edilmiştir. u dönemde, özellikle 2007-2014 yıllarında Ocak, Şubat ve Haziran aylarında, havzanın güneyindeki Nevşehir istasyonunda yüksek ilişki mevcuttur. Kuraklık şiddetinin artışı, İç Anadolu Bölgesi gibi buğday tarımının yoğun yapıldığı alanlarda, bitkinin kritik su ihtiyacının olduğu gelişim döneminde verimde ciddi kayıplara yol açmıştır. Çalışma, kuraklık koşulları ile verim arasındaki ilişkilerin zamanla değiştiğini ve kuraklık şiddetinin arttığı dönemlerde buğday üretiminde önemli düşüşler yaşandığını ortaya koymuştur.

Sonuç olarak, Kızılırmak Havzası'nda kuraklık ve buğday verimi arasındaki ilişki, iklimsel değişimlerin tarımsal üretim üzerindeki etkisini göstermektedir. Sağlam ve sürdürülebilir buğday üretim sistemlerinin oluşturulması, iklim değişikliğine karşı gıda güvenliğini sağlamak, ekonomik istikrarı korumak ve çevreyi muhafaza etmek adına bir zorunluluk olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu çalışma, iklim değişikliğinin buğday üretimi üzerindeki karmaşık etkilerini inceleyerek, bu stratejik ürünün iklime ve meteorolojik kuraklığa olan hassasiyetini gözler önüne sermektedir.

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

Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti: Fatma Yaman Öz: analiz; araştırma; veri düzenleme; görselleştirme, yazı-orijinal taslak; Emre Özelkan: teorik arka plan, organizasyon, gözden geçirme ve düzenleme, süpervizyon. Kürşad Demirel: inceleme ve organizasyon, denetim; Hasan Tatlı: veri toplama, inceleme ve organizasyon, denetim.

YAZAR ORCID NUMARALARI

Fatma YAMAN ÖZ https://orcid.org/0000-0002-6983-288X

Emre ÖZELKAN https://orcid.org/0000-0002-2031-1610

Kürşad DEMİREL https://orcid.org/0000-0002-2029-5884

Hasan TATLI https://orcid.org/0000-0002-1960-0618

KAYNAKLAR

Akansu, A. F., & Kızıldeniz, T. (2024). Assessing Wheat Yield Responses and Growing Stages Alterations to Diverse Climate Change Scenarios. *Eurasian Journal of Agricultural Research, 8*(1), 85-95.

Aktürk, G., Çıtakoğlu, H., Demir, V., & Beden , N. (2024). Meteorological Drought Analysis and Regional Frequency Analysis in the Kızılırmak Basin: Creating a Framework for Sustainable Water Resources Management. *Water, 16*(2124), 1-33.

Aktürk, G., Zeybekoğlu, U., & Yıldız, O. (2022). Assessment of meteorological drought analysis in the Kizilirmak River Basin, Turkey. (1-15, Ed.) *Arabian Journal of Geosciences, 15*(850).

Anderson, R., & French, A. (2019). Crop evapotranspiration. *Agronomy 9, 614*.

Arslan, O., Bilgil, A., & Veske, O. (2016). Standart Yağış İndisi Yöntemi ile Kızılırmak Havzası'nın Meteorolojik Kuraklık Analizi. *Niğde Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 5*(2), 188-194.

Aydın, F., & Sarptaş, H. (2018). İklim değişikliğinin bitki yetiştiriciliğine etkisi: model bitkiler ile Türkiye durumu . *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi , 24*(3), 512-521.

Benito-Verdugo, P., Martínez-Fernández, J., González-Zamora, A., Almendra-Martín, L., Gaona, J., & Herrero-Jiménez, C. (2023). Impact of Agricultural Drought on Barley and Wheat Yield: A Comparative Case Study of Spain and Germany. *Agriculture, 13*(2111), 1-20.

Camoglu, G., Demirel, K., Kahriman, F., Akcal, A., & Nar, H. (2024). Plant-based monitoring techniques to detect yield and physiological responses in water-stressed pepper. *Agricultural Water Management, 291*, 1-11.

Can, A., & Yılmaz, D. (2023). Kızılırmak Havzası Barajlarının Kuraklığa Etkisi . *MAUN Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 4*(1), 1-10.

Chen, X., Wang, L., Cao, Q., Sun, J., Nıu, Z., Yang, L., & Jiang, W. (2024). Response of global agricultural productivity anomalies to drought stress in irrigated and rainfed agriculture. *Science China Earth Sciences, 67*, 1-15.

Das, S., Das, J., & Umamahesh, N. (2023). A Non-Stationary Based Approach to Understand the Propagation of Meteorological to Agricultural Droughts. *Water Resources Management , 37*, 2483-2504.

Demirdogen, A., Karapinar, B., & Özertan, G. (2024). The impact of climate change on wheat in Turkey. *Regional Environmental Change, 24*(20), 1-11. doi:https://doi.org/10.1007/s10113-023-02172-6

Dutra, D., Viterbo, P., & Miranda, P. (2008). ERA-40 reanalysis hydrological applications in the characterization of regional drought. *Geophysical Research Letters, 35, L19402*.

Erlat, E., & Güler , H. (2023). Temporal Variation of Droughts According to Standardized Precipitation Evapotranspiration Index (SPEI) in Turkey (1951-2022). *Journal of Aegean Geography, (100th Year of the Republic Special Issue), 32*, 77-90.

Erlat, E., Türkes, M., & Aydın-Kandemir, F. (2021). Observed changes and trends in heatwave characteristics in Turkey since 1950. *Theoretical and Applied Climatology, 145*(1), 137-157.

Ersöz, F., & Ersöz , T. (2022). *İstatistik – I Kavram – Teori – Parametrik Testler.* Seçkin Yayıncılık.

Field, A. (2013). *Discovering Statistics Using IBM SPSS Statistics.* London: SAGE Publications.

Gökmen, G. (2023). İklim Değişikliğinin Türkiye'nin Tarım Ürünleri Dış Ticaretine Etkileri: Buğday Örneği. T. C. İSTANBUL GELİŞİM ÜNİVERSİTESİ LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ Uluslararası Ticaret ve Lojistik Anabilim Dalı .

Gravetter, F., & Wallnau, L. (2013). *Statistics for the Behavioral Sciences (9th Edition).* Belmont, CA: Wadsworth.

Guo, W., Huang, S., Huang, Q., She, D., Shi, H., Leng, G., . . . Peng, J. (2023). Precipitation and vegetation transpiration variations dominate the dynamics of agricultural drought characteristics in China. *Science of The Total Environment, 898*(165480), 1-12.

Hao, Z., AghaKouchak, A., Nakhjiri, N., & Farahmand, A. (2014). Global integrated droughtmonitoring and prediction system. *Scientific Data, 1,140001*.

Hao, Z., Sing, V., & Xia, Y. (2018). Seasonal Drought Prediction: Advances, Challenges, and Future Prospects. *Reviews of Geophysics, 56*(1), 108-141. doi:https://doi.org/10.1002/2016RG000549

Huang, J., Zhuo, W., Li, Y., Huang, R., Sedano, F., Su, W., . . . Zhang, X. (2020). Comparison of three remotely sensed drought indices for assessing the impact of drought on winter wheat yield. *International Journal of Digital Earth, 13*(4), 504-526.

Iqbal, M., Goheer, M., & Khan, A. (2009). Climate change aspersions on food security of Pakistan. *Science Vision, 15*(1), 15-23.

Kartal, F., Gözalan, S., & Öztekinci, M. (2024). Kızılırmak Havzası'nın Sıcaklık, Yağış, Buharlaşma İle Akım Verilerinin Eğilim (Trend) Yönlerinin Belirlenmesi. *International Journal of Eurasia Social Sciences (IJOESS), 15*(57), 1055-1070.

Kartal, V., & Emiroğlu, M. (2024). Hydrological Drought and Trend Analysis in Kızılırmak, Yes¸ilırmak and Sakarya Basins. *Pure and Applied Geophysics, 181*, 1919-1943.

Koç, H., Doğru, D., & Han, E. (2018). Yukarı Kızılırmak Havzası'nda ırmak sularının tarımda sulama amaçlı kullanım özelliklerinin belirlenmesi üzerine bir araştırma . *Türk Coğrafya Dergisi, 70*, 57-70.

Li, W., Liu, S., Hau, M., Han, J., & Chen, X. (2021). Advance in the study on meteorological and agricultural drought indices. *Meteorol. Environ. Sci, 196*, 76-82.

Matiu, M., Ankerst, D., & Menzel, A. (2017). Interactions Between Temperature and Drought in Global and Regional Crop Yield Variability During 1961-201. *PLoS ONE , 12*(5), 1-23.

Miro, J. J., Estrela, M. J., Corell, D., Gomez, D., & Luna, M. Y. (2023). Precipitation and drought trends (1952–2021) in a key hydrological recharge area of the eastern Iberian Peninsula. *Atmospheric Research , 286*, 1-19.

Moriondo, M., Giannakopoulos, C., & Bindi, M. (2011). Climate change impact assessment: the role of climate extremes in crop yield simulation. *Climatic Change, 104*, 679-701.

Narasimhan, B., & Srinivasan, R. (2005). Development and evaluation of soil moisture deficit index (SMDI) and evapotranspiration deficit index (ETDI) for agricultural drought monitoring. *Agricultural and Forest Meteorology, 133*, 69-88.

Ndayiragije, J., & Li, F. (2022). Effectiveness of Drought Indices in the Assessment of Different Types of Droughts, Managing and Mitigating Their Effects. *Climate, 10*(125), 1-21.

Ozelkan, E., Chen, G., & Ustündag, B. (2016). Multiscale object-based drought monitoring and comparison in rainfed and irrigated agriculture from Landsat 8 OLI imagery. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 44*, 159-170.

Öz Y., F., Özelkan, E., & Tatlı, H. (2024). Comparative analysis of SPI, SPEI, and RDI indices for assessing spatio-temporal variation of drought in Türkiye. *Earth Science Informatics*, 1-33. doi:https://doi.org/10.1007/s12145-024-01401-8

Özelkan, E. (2022). Spatial–Temporal Change of a Dam Lake Using Remote Sensing and Meteorological Drought Indices. In A. Shaban, *Satellite Monitoring of Water Resources in the Middle East* (pp. 129-147). Cham: Springer Water.

Palmer, W. (1965). Meteorological drought. *Research Paper , No: 45*.

Partigöç, S., & Soğancı, S. (2019). Küresel İklim Değişikliğnin Kaçınılmaz Sonu: Kuraklık. *Dirençlilik Dergisi, 2*(3), 287-299.

Peña-Gallardo, M., Vicente-Serrano, S., Domínguez-Castro, F., & Beguería, S. (2019). The impact of drought on the productivity of two rainfed crops in Spain . *Natural Hazards and Earth System Sciences, 19*, 1215-1234.

Qaisrani, Z., Nuthammachot, N., & Techato, K. (2021). Drought monitoring based on Standardized Precipitation Index and Standardized Precipitation Evapotranspiration Index in the arid zone of Balochistan province, Pakistan. *Arabian Journal of Geosciences, 14*(11), 1-13.

Raza, A., Razzaq, A., Mehmood, S., Zou, X., Zhang, X., Lv, Y., & Xu, J. (2019). Impact of Climate Change on Crops Adaptation and Strategies to Tackle Its Outcome: A Review. *Plants, 8*(34), 1-29.

Robleh, H., Yuce, M., & Deger, I. (2024). Meteorological drought monitoring in Kızılırmak Basin, Türkiye. *Environmental Earth Sciences, 83*(265), 1-16.

Sağdıç, M., & Koç, H. (2012). Yukarı Kızılırmak Havzası'nın İklimi. *Türk Coğrafya Dergisi*(58), 1-20.

Selçuk, S., Selçuk, B., & Cebeci, M. (2024). Projections of meteorological drought events in the upper Kızılırmak basin under climate change scenarios. *Theoretical and Applied Climatology, 155*, 5629-5646.

Sheffield, J., Goteti, G., Wen, F., & Wood, E. F. (2004). A simulated soil moisture based drought analysis for the United States. *Journal of Geophysical Research, 109, D24108*.

Shi, X., Yang, Y., Ding, H., Chen, F., & Shi, M. (2023). Analysis of the Variability Characteristics and Applicability of SPEI in Mainland China from 1985 to 2018. *Atmosphere, 14*(790), 1-17.

Simsek, O., & Cakmak, B. (2010). Drought Analysis for 2007-2008 Agricultural Year of Turkey. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty, 7*(3), 1-11.

Soylu Pekpostalci, D., Tur, R., Danandeh Mehr, A., Vazifekhah Ghaffari, M., Dabrowska, D., & Nourani, V. (2023). Drought Monitoring and Forecasting across Turkey: A Contemporary Review. *Sustainability, 15*(6080), 1-23. doi:https://doi.org/10.3390/su15076080

Şorman, A., Mehr, A., & Hadi, S. (2018). Study on spatial-temporal variations of Meteorological-Agricultural droughts in Turkey. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XLII-3/W4, 2018*, (pp. 483-490). Istanbul, Turkey.

T. C. Tarım ve Orman Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü. (2023). *Kızılırmak Havzası Kuraklık Yönetim Planı.* Ankara: Tarım ve Orman Bakanlığı, Su Yönetimi Genel Müdürlüğü .

Taskın, O., Somuncu, M., & Capar, G. (2022). An Assessment on the Impacts of Climate Change on Water Resources and Agriculture Sector in Turkey. *TUCAUM 2022 International Geography Symposium*, (pp. 468-484). Ankara.

Tatlı, H., & Türkes, M. (2008). Determination of the Link between the 2006/2007 Drought in Turkey and Large-Scale Atmospheric Variables by Logistic Regression. *Proceedings of the IVth Atmospheric Sciences Symposium, March 25-28, 2008*, (pp. 516-527). Istanbul.

Tegos, A., Stefanidis, S., Cody, J., & Koutsoyiannis, D. (2023). On the Sensitivity of Standardized-PrecipitationEvapotranspiration and Aridity Indexes Using Alternative Potential Evapotranspiration Models. *Hydrology, 10*(64), 1-13.

Tigkas, D., & Tsakiris, G. (2015). Early Estimation of Drought Impacts on Rainfed Wheat Yield in Mediterranean Climate. *Environmental Processes, 2*, 97-114.

Tirivarombo, S., Osupile, D., & Eliasson, P. (2018). Drought monitoring and analysis: Standardised Precipitation Evapotranspiration Index (SPEI) and Standardised Precipitation Index (SPI). *Phys Chem Earth, Parts A/B/C, 106*, 1-10.

Tsakiris, G., Pangalou, D., & Vangelis, H. (2007). Regional Drought Assessment Based on the Reconnaissance Drought Index (RDI). *Water Resource Manage, 21*, 821-833.

Türkes, M. (2012). Drought, Desertification and a Detailed Analysis of the United Nations Convention on Combating Desertification. *Marmara European Studies Association, 20*(1), 1-49.

Türkes, M. (2020). Climate and Drought in Turkey. In N. B. Harmancıoğlu, & A. D. (Editorial), *Water Resources of Turkey, World Water Resources* (Vol. 2, pp. 85-125). Springer.

Vicente-Serrano, S. M., Beguería, S., & Lopez-Moreno, J. I. (2010). A Multiscalar Drought Index Sensitive to Global Warming: the standardized Precipitation Evapotranspiration Index. *Journal of Climate, 23*, 1696-1718.

Wang, T., Tu, X., Sing, V., Chen, X., & Lin , K. (2021). Global data assessment and analysis of drought characteristics based on CMIP6 . *Journal of Hydrology, 596*(126091), 1-14. doi:https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2021.126091

Wei, X., Huang, S., Li, J., Huang, Q., Leng, G., Liu, D., . . . Bai, Q. (2024). The negative-positive feedback transition thresholds of meteorological drought in response to agricultural drought and their dynamics. *Science of the Total Environment, 906*(167817), 1-15.

Yıldız, O. (2014). Spatiotemporal Analysis of Historical Droughts in the Central Anatolia, Turkey . *Gazi University Journal of Science, 27*(4), 1177-1184.

Yılmaz, G. (2023). Kuraklık ve Sıcak Hava Dalgasının Tarımsal Üretim Üzerine Etkileri. *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi, 9*(2), 240-257 .

Zarei, A., Shabani, A., & Moghimi, M. (2021). Accuracy Assessment of the SPEI, RDI and SPI Drought Indices in Regions of Iran with Different Climate Conditions. *Pure and Applied Geophysics, 178*, 1387-1403. doi:https://doi.org/10.1007/s00024-021-02704-3

Zhou, Z., Liu, S., Ding, Y., Fu, Q., Wang, Y., Cai, H., & Shi, H. (2022). Assessing the responses of vegetation to meteorological drought and its influencing factors with partial wavelet coherence analysis. *Journal of Environmental Management , 311*(114879), 1-12. doi:https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.114879

Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi 12(1): 28–39, 2025
https://doi.org/10.30910/turkjans.1574840

TÜRK TARIM ve DOĞA BİLİMLERİ DERGİSİ

TURKISH JOURNAL of AGRICULTURAL and NATURAL SCIENCES

www.dergipark.gov.tr/turkjans

Araştırma Makalesi

E-7 Ülkelerinde Tarım, Sanayi ve Ekonomik Büyüme Çevresel Bozulmaya Neden Olur Mu?

Mücahit ÜLGER [1]*

[1]Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi, Mucur Meslek Yüksekokulu, Finans-Bankacılık ve Sigortacılık Bölümü, Kırşehir

*Sorumlu Yazar: mucahit.ulger@ahievran.edu.tr

Geliş Tarihi: 28.10.2024 Düzeltme Geliş Tarihi: 20.12.2024 Kabul Tarihi: 20.12.2024

ÖZ

Bu çalışma, 1992-2020 dönemi yıllık verileri kullanarak E-7 ülke grubunda (Brezilya, Çin, Hindistan, Endonezya, Meksika, Rusya ve Türkiye) tarım, sanayi ve ekonomik büyümenin çevresel bozulma üzerindeki etkilerini analiz etmektedir. Çevresel bozulmanın en önemli göstergelerinden biri olan karbon emisyonu göstergesi kullanılmıştır. Panel ARDL yöntemiyle yapılan analiz sonucunda, ekonomik büyüme, tarımsal katma değer ve sanayi katma değerinin uzun dönemde karbon emisyonu üzerinde istatistiksel olarak anlamlı etkileri olduğu belirlenmiştir. Uzun dönem analiz sonuçlarına göre, tarımsal katma değerdeki %1'lik artış, karbon emisyonunu %0.54 oranında azaltırken; sanayi katma değerindeki %1'lik artış, karbon emisyonunu %1.55 oranında artırmaktadır. Ayrıca, ekonomik büyümede %1'lik artış, karbon emisyonunu %0.61 oranında artırmaktadır. Kısa dönem analiz sonuçlarına göre, ekonomik büyüme karbon emisyonunu anlamlı şekilde artırırken, tarımsal ve sanayi katma değerlerinin karbon emisyonu üzerindeki etkisi anlamlı bulunmamıştır. Bu bulgular, politika yapıcılar için önemli ipuçları sunmaktadır. Çalışmada, tarım sektöründe yenilenebilir enerji kullanımı ve daha temiz üretim tekniklerinin teşvik edilmesi gerektiği vurgulanmaktadır. Sanayi sektöründe ise yeşil teknolojilere geçişin teşvik edilmesi, AR-GE faaliyetlerinin desteklenmesi ve karbon vergisi gibi düzenleyici önlemler önerilmektedir. Bu politika önerileri, E-7 ülkelerinde sürdürülebilir kalkınma ve çevresel sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmak için önem arz etmektedir.

Anahtar kelimeler: Tarımsal katma değer, sanayi katma değeri, ekonomik büyüme, karbon emisyonu

Do Agriculture, Industry and Economic Growth Cause Environmental Degradation in E-7 Countries?

ABSTRACT

This study analyzes the effects of agriculture, industry, and economic growth on environmental degradation in the E-7 country group (Brazil, China, India, Indonesia, Mexico, Russia and Turkey) using annual data from the 1992-2020 period. Carbon emissions, one of the most significant indicators of environmental degradation, were used as the key metric. The analysis, conducted using the Panel ARDL method, reveals that economic growth, agricultural value-added, and industrial value-added have statistically significant long-term effects on carbon emissions. According to the long-term results, a 1% increase in agricultural value-added reduces carbon emissions by 0.54%, while a 1% increase in industrial value-added raises carbon emissions by 1.55%. Furthermore, a 1% increase in economic growth leads to a 0.61% increase in carbon emissions. In the short-term analysis, economic growth significantly increases carbon emissions, while the effects of agricultural and industrial value-added on carbon emissions are found to be insignificant. These findings provide important insights for policymakers. The study emphasizes the need to promote the use of renewable energy and cleaner production techniques in the agricultural sector. For the industrial sector, policies encouraging the transition to green technologies, supporting R&D activities, and implementing regulatory measures such as carbon taxes are recommended. These policy suggestions are essential for achieving sustainable development and environmental sustainability goals in the E-7 countries.

Key words: Agricultural value added, industrial value added, economic growth, carbon emissions

GİRİŞ

Çevresel bozulma ve iklim değişikliği, günümüzün en önemli küresel sorunları arasında yer almakta ve sürdürülebilir kalkınma politikalarının merkezinde bulunmaktadır. Bu yüzden ülkelerin belirlemiş olduğu kalkınma politikalarındaki temel konulardan birisi, iklim değişikliğinin olumsuz etkilerini azaltmaktır (Gurbuz vd., 2021). Sanayileşme, doğal kaynakların aşırı tüketimi, sera gazı emisyonlarının artması ve ormansızlaşmanın bir sonucu olarak çevresel dengenin bozulması, yalnızca ekosistemleri değil, aynı zamanda toplumsal ve ekonomik yapıları da olumsuz etkilemektedir. Bu bağlamda, çok yönlü politikalar ve uluslararası iş birliği, iklim değişikliğine karşı etkili çözümler bulmak ve çevresel bozulmayı önlemek için gereklidir.

Bu sürecin en önemli unsurlarından biri, fosil yakıtların hızla tüketilmesi ve endüstriyel faaliyetlerden kaynaklanan karbon emisyonlarıdır. Sera gazı emisyonlarının büyük bir bölümünü oluşturan karbon (CO_2) salınımı, iklim değişikliğinin en önemli nedenlerinden biri haline gelmiştir. Özellikle CO_2 miktarındaki önemli artış, çevre ve insan sağlığı için önemli bir tehdit haline gelmektedir (Javid ve Sharif, 2016). Enerji üretimi, ulaşım, sanayi ve tarım sektörlerindeki yüksek karbon yoğunluklu faaliyetler, atmosferdeki CO_2 birikimini artırarak dünya çapında sıcaklıkların artmasına neden olmaktadır. Ülkelerin ekonomik büyüme stratejileri ve enerji politikaları, karbon emisyonlarını doğrudan etkilediğinden, çevresel sürdürülebilirlik ile ekonomik büyüme arasında dengeli bir ilişki kurmak oldukça önemlidir.

Karbon emisyonu, çevresel kaliteyi tespit etmek için en önemli göstergelerinden biri olarak kabul edilmektedir. Çünkü CO_2 emisyonu, küresel etkileri olan bir kirletici olarak kabul edilmektedir. Ayrıca sera gazı, küresel ısınma ve iklim değişikliği gibi dünyadaki canlı yaşamını etkileyen sorunlarla doğrudan ilişkilidir (Gokmenoglu ve Taspinar, 2018). Bu yüzden tarım ve sanayi gibi temel sektörlerin ekonomik büyüme üzerindeki etkisi göz önüne alındığında, karbon emisyonlarının izlenmesi ve azaltılması, sürdürülebilir kalkınma için dengeli politikalar geliştirilmesi açısından kritik bir öneme sahiptir.

Tarım sektörü, ekonomik büyümeye önemli katkılar sunarken çevresel bozulma üzerinde de kayda değer bir etkiye sahiptir. Tarım sektörü, hammadde ve gıda tedarik ederek, rekabeti artırarak ve istihdam yaratarak ekonomiyi desteklemektedir (Gokmenoglu vd., 2019). Ancak bu faaliyetler, çevresel sürdürülebilirlik açısından ciddi zorluklar yaratmaktadır. Bu nedenle, tarım ve çevre birbirinden ayrılmaz bir şekilde iç içedir. Özellikle yoğun tarımsal faaliyetler, arazi kullanım değişiklikleri, ormansızlaşma ve toprağın yanlış yönetimi, doğal ekosistemlerin dengesini bozmakta ve biyolojik çeşitliliğin azalmasına yol açmaktadır.

Tarımsal faaliyet kapsamında yapılan kimyasal gübre kullanımı, hayvancılıktan kaynaklanan metan gazı ve tarım arazisi yaratmak için ormanların yok edilmesi karbon emisyonunu artıran faktörlerdendir (Rafiq vd., 2016). Ayrıca, küresel su tüketimlerinin yaklaşık %70'i hayvancılık ve mahsul sulama gibi tarımsal amaçlar için kullanılmaktadır (Pellegrini vd., 2016). Bunun yanında, hemen hemen tüm ekonomik sektörlerde olduğu gibi tarım sektörü de büyüme amaçları doğrultusunda yoğun bir şekilde fosil enerji kullanmaktadır. Bu durum, dünyanın birçok bölgesinde CO_2 emisyonlarının artmasına neden olmaktadır (Ben Jebli ve Ben Youssef, 2017b). Dolayısıyla, biyoyakıt üretiminin desteklenmesi ve yenilikçi tarım uygulamalarının yaygınlaştırılması yoluyla tarımın çevresel etkisinin azaltılması, sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşmada kritik öneme sahiptir (Ben Jebli ve Ben Youssef, 2019).

Çizelge 1. Dünya tarım üreticisi sıralamasında ilk 10 ülke.

Ülkeler	**Tarımsal Katma Değer**		
	2018*	**2019***	**2020***
Çin	978	1020	1130
Hindistan	433	475	499
ABD	185	179	199
Endonezya	133	142	145
Nijerya	89	103	104
Brezilya	84	78	84
Pakistan	77	66	65
Rusya	56	59	59
Japonya	52	53	53
Türkiye	45	48	48
Dünya	3420	3522	3717

Not: * Tarımsal Katma Değer (milyar ABD $)
Kaynak: WDI: Dünya Kalkınma Göstergeleri (World Development Indicators)

Çizelge 1'de, 2018-2019-2020 yıllarına ait tarım sektöründe önde gelen on ülkenin performansına ilişkin veriler yer almaktadır. Listeye bakıldığında, E-7 ülkelerinden (Brezilya, Çin, Hindistan, Endonezya, Meksika, Rusya ve Türkiye) Meksika haricinde diğer ülkelerin yer alması dikkat çekmektedir. Listenin ilk sırasında Çin yer alırken, onuncu sırada Türkiye bulunmaktadır. Referans dönemde, tarımsal üretimde belirgin bölgesel farklılıklar dikkat çekmektedir. Özellikle Çin, Hindistan, Endonezya ve Nijerya gibi ülkelerde tarımsal üretimin artış gösterdiği görülürken, Pakistan'da üretimin azaldığı tespit edilmiştir. Bu üretim trendleri, ülkelerin tarım politikalarına, iklim koşullarına, girdi kullanımına ve küresel piyasalardaki değişimlere bağlı olarak farklılık göstermektedir.

Çevresel bozulmaya önemli ölçüde katkıda bulunan sanayi sektörü, aynı zamanda ekonomik büyümenin itici gücü olarak önemli bir rol oynamaktadır. Gelişmekte olan ülkelerin hızlı sanayileşmesi, CO_2 emisyonlarının artışında önemli bir rol oynamaktadır (Li ve Lin, 2015). Sanayileşme süreci, daha fazla doğal kaynağın kullanılması anlamına geldiğinden, üretime dayalı büyüme stratejilerinde çevresel sürdürülebilirlik genellikle göz ardı edilmektedir. Ülkelerin kendi kendine yetebilmesi ve ekonomik kalkınmayı sağlamak amacıyla sanayi faaliyetlerine öncelik verilmesi, doğal ekosistemlerin tahribatına ve yüksek karbon emisyonuna yol açmaktadır (Mahmood vd., 2020).

Sanayileşme ile birlikte enerji, hammadde ve su tüketiminde önemli ölçüde artış meydana gelmektedir. Bu da atmosferdeki karbon emisyonlarını artırarak iklim değişikliğini hızlandırabilir. Endüstriyel faaliyetlerin yoğunlaşması, hava ve su kirliliği, atık yönetimi sorunları ve biyolojik çeşitlilik kaybı gibi çevresel etkileri doğurmaktadır. Bu nedenle, ekonomik büyüme ile çevre arasında bir gerilim vardır. Yine de gelişmekte olan ülkelerde ekonomik kalkınma öncelikli hedef olduğundan, çevresel faktörler çoğunlukla büyüme stratejilerinin en son aşamasında dikkate alınmaktadır (Mahmood vd., 2020).

Çizelge 2'de, 2018-2019-2020 yıllarına ait sanayi sektöründe önde gelen on ülkenin performansına ilişkin veriler yer almaktadır. Listeye bakıldığında, E-7 ülkelerinden Çin, Hindistan ve Rusya'nın olduğu dikkat çekmektedir. Listenin ilk sırasında Çin yer alırken, onuncu sırada İtalya bulunmaktadır. Referans dönemde, sanayi faaliyetlerinde ülkeler arasında farklı eğilimler gözlemlenmiştir. Almanya, Hindistan, Güney Kore, Birleşik Krallık, Fransa ve İtalya gibi ülkelerde sanayi üretiminde azalma görülürken, diğer ülkelerde hem artış hem de düşüşler kaydedilmiştir. Bu dalgalanmalar, küresel ekonomik koşullar, pandeminin etkileri, enerji maliyetleri ve ticaret politikalarındaki değişimlerle ilişkilendirilebilir.

Çizelge 2. Dünya sanayi üreticisi sıralamasında ilk 10 ülke.

Ülkeler	**Sanayi Katma Değeri**		
	2018*	**2019***	**2020***
Çin	5514	5510	5558
ABD	3825	3908	3687
Japonya	1462	1474	1469
Almanya	1085	1049	1038
Hindistan	713	697	672
Güney Kore	587	539	535
Birleşik Krallık	513	506	469
Fransa	479	475	444
Rusya	539	544	443
İtalya	448	432	409
Dünya	23593	23462	22358

Not: * Sanayi Katma Değeri (milyar ABD $)
Kaynak: WDI

Son yıllarda küresel düzeyde meydana gelen farklı doğa olayları ve bu olayların şiddetindeki artış, iklim değişikliğinin etkilerini giderek daha görünür bir hale getirmiştir. Kuraklık, sıcaklık dalgalanmaları, seller ve kasırgalar gibi iklim kaynaklı olaylar, sadece doğal çevreyi değil, aynı zamanda ekonomik faaliyetleri ve insan yaşamını da derinden etkilemektedir. Bu bağlamda çalışmanın motivasyonu ekonomik büyüme ile tarım ve sanayi sektörlerinin karbon emisyonuna olan katkılarını derinlemesine incelemek ve bu etkileşimleri ortaya koyarak sürdürülebilir kalkınma politikalarına ışık tutmaktır. Bu motivasyondan hareketle çalışmanın amacı, 1992-2020 dönemi yıllık verilerle E-7 ülke grubunda tarım, sanayi ve ekonomik büyümenin karbon emisyonu üzerindeki etkilerini araştırmaktır. Çalışma, E-7 ülkelerinin sürdürülebilir kalkınma politikaları çerçevesinde

ekonomik faaliyetlerin çevresel etkilerini incelemeyi amaçlamakta ve politika yapıcılara özellikle sektörel bazda çevre dostu çözümler sunmayı hedeflemektedir.

Bu çalışmada E-7 ülke grubunun seçilmesinin birkaç önemli nedeni bulunmaktadır. Birincisi, E-7 ülkeleri, küresel ekonominin yükselen güçleri olarak dikkat çekmekte ve yüksek ekonomik büyüme oranları sergilemektedir. Ancak bu büyüme, genellikle enerji yoğun tarım ve sanayi tarafından desteklendiğinden, çevresel sürdürülebilirlik üzerinde ciddi baskılar yaratmaktadır. İkinci olarak, E-7 ülkeleri, doğal kaynak rezervleri ve nüfusları nedeniyle küresel emisyonların önemli bir kısmını oluşturmaktadır. Son olarak, E-7 ülkeleri, gelişmekte olan ülkeler kategorisinde yer alırken hem de küresel ekonomik güç dengelerini değiştiren bir yapıya sahiptirler.

Literatür

Bu çalışma tarım, sanayi ve ekonomik büyümenin karbon emisyonu üzerindeki etkilerini araştırmaktadır. Daha iyi bir genel bakış için literatür incelemesi üç bölüme ayrılmıştır. İlk olarak tarım ile karbon emisyonları arasındaki ilişkiyi inceleyen çalışmalar bildirilmiştir. Daha sonra, sanayinin karbon emisyonları üzerindeki etkisini analiz eden çalışmalar incelenmiştir. Son olarak, tarım ve sanayinin karbon emisyonları arasındaki ilişkiyi aynı anda ele alan çalışmalara odaklanılmıştır. Ayrıca literatürü kendi içerisinde zaman serisi ve panel veri çalışmaları olarak ikiye ayırmak, analiz yöntemlerinin çeşitliliğini vurgulamak açısından faydalı olacaktır.

Literatürde tarım sektörünün karbon emisyonları üzerindeki etkisi, ülkelerin ekonomik yapıları, enerji politikaları ve tarımsal faaliyetlerinin niteliğine bağlı olarak farklılık göstermektedir. Bu çalışmalarda henüz bir fikir birliğinin olmadığı görülmektedir. Bu yüzden, tarım sektöründe sürdürülebilir uygulamaların yaygınlaştırılması ve düşük karbonlu kalkınma stratejilerine öncelik verilmesi gerektiğini vurgulamakta ve her ülkenin kendi özgün koşullarına göre politikalar geliştirmesi gerektiğine işaret etmektedir.

Zaman serisi kullanılarak yapılan çalışmalar içerisinden Ben Jebli ve Ben Youssef (2017a) Tunus ekonomisinde 1980-2011 döneminde reel GSYH, yenilenebilir ve yenilenemeyen enerji tüketimi, ticaret açıklık oranı, tarımsal katma değer ve kişi başına düşen karbon emisyonu arasındaki kısa ve uzun vadeli ilişkileri araştırmıştır. Uzun vadeli parametre tahminleri, tarımsal katma değerin karbon emisyonlarını artırdığını göstermektedir.

Pakistan için yapılan çalışmalardan Gokmenoglu ve Taspinar (2018), 1971-2014 döneminde enerji kullanımı, tarımsal katma değer, kişi başına GSYH ve kişi başına GSYH'nin karesinin karbon emisyonları üzerindeki etkisini incelemiştir. Tarımsal katma değerin karbon emisyonu üzerinde elastik olmayan pozitif bir etkiye sahip olduğu sonucuna varmışlardır. Aynı şekilde Waheed vd. (2018), 1990-2014 döneminde benzer sonuca ulaşmıştır.

Doğan (2019), Çin ekonomisi için 1971-2010 döneminde tarım ile karbon emisyonları arasındaki uzun vadeli ilişkiyi analiz etmiştir. Çalışmanın sonuçları tarımın uzun vadeli karbon emisyonlarını artırdığını göstermektedir. Gokmenoglu vd. (2019), Çin örneğinde 1971-2014 dönemi için reel gelir, enerji tüketimi tarım ve karbon emisyonları arasındaki uzun vadeli denge ilişkisini araştırmıştır. Tarımsal gelişmenin karbon emisyonları üzerinde pozitif elastik olmayan bir etkiye sahip olduğunu belirlemiştir.

Burakov (2019), Rusya için 1990-2016 döneminde enerji kullanımı, GSYH (Gayrisafi Yurtiçi Hâsıla), GSYH'nin karesi ve GSYH'deki tarım payının karbon emisyonları üzerindeki etkilerini incelemiştir. GSYH'deki tarım payının karbon emisyonu üzerinde pozitif etkiye sahip olduğu sonucuna ulaşmıştır.

Agboola ve Bekun (2019), Nijerya için 1981–2014 döneminde tarımsal üretimin karbon emisyonları üzerindeki etkisini araştırmıştır. Tarımsal üretimin karbon emisyonları üzerinde pozitif ancak önemsiz bir etkiye sahip olduğu bulunmuştur.

Raihan ve Tuspekova (2022a), Brezilya için 1990-2019 döneminde ekonomik büyümenin, fosil yakıt enerjisi kullanımının, yenilenebilir enerji kullanımının, kentleşmenin, turizmin, tarımsal katma değerin ve ormanlık alanların karbon emisyonları üzerindeki dinamik etkilerini ampirik olarak araştırmıştır. Tarımsal katma değerin karbon emisyonlarını artırdığı sonucuna ulaşılmıştır.

Bu çalışmaların tersi sonuca ulaşan çalışmalardan Dogan (2016), Türkiye ekonomisinde 1968-2016 döneminde GSYH, GSYH'nin karesi, enerji kullanımı, tarım ve karbon emisyonları arasındaki ilişkiyi analiz etmiştir. Tarımın her iki dönemde de karbon emisyonlarını negatif etkilediğini ortaya koymuştur.

Ben Jebli ve Ben Youssef (2019), Brezilya için 1980-2013 döneminde kişi başına düşen yanıcı yenilenebilir enerji ve atık tüketimi, tarımsal katma değer, karbon emisyonları ve reel GSYH arasındaki dinamik ilişkileri incelemiştir. Uzun vadeli sonuçlar, tarımın karbon emisyonlarını azaltmaya katkıda bulunduğunu göstermektedir.

Prastiyo vd. (2020), Endonezya ekonomisinin 1970-2015 döneminde tarımın karbon emisyonları üzerindeki etkisini incelemiştir. Bulgular, tarımın karbon emisyonları üzerinde olumsuz bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir.

Gurbuz vd. (2021), Azerbaycan'da 1992-2014 döneminde tarım ile karbon emisyonları arasındaki uzun dönemli ilişki ampirik olarak analiz etmiştir. Tarımsal katma değer ile karbon emisyonları arasında negatif bir ilişki bulunmuştur.

Panel verisi kullanılarak yapılan çalışmalar içerisinde BRICS ülkeleri (Brezilya, Rusya, Hindistan, Çin ve Güney Afrika) için Liu vd. (2017b), 1992-2013 dönemi verilerle yenilenebilir ve yenilenemeyen enerji, tarım ve kişi başına karbon emisyonları arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Tarımın karbon emisyonları üzerindeki etkisinin pozitif olduğunu göstermektedir. Aynı şekilde Balsalobre-Lorente vd. (2019), 1990-2014 döneminde tarımsal faaliyetleri, enerji kullanımını, ticaret açıklığını ve mobil kullanımını çevresel bozulmanın itici güçleri olarak değerlendirerek karbon emisyonu üzerindeki etkisini araştırmış ve benzer sonuca ulaşmıştır.

Qiao vd. (2019), G20 ülkeleri için 1990-2014 döneminde ekonomik büyüme, tarım, yenilenebilir enerji ve karbon emisyonları arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Çalışmanın sonuçlarına göre tarım, karbon emisyonlarını önemli ölçüde artırmaktadır.

Eyuboglu ve Uzar (2020), Kolombiya, Hindistan, Endonezya, Kenya, Malezya, Meksika ve Polonya ülkelerinden oluşan şanslı yedi ülke için 1995-2014 döneminde tarımın ve yenilenebilir enerjinin karbon emisyonları üzerindeki etkilerini araştırmıştır. Bulgular, tarımın karbon emisyonlarını artırdığını göstermektedir.

Aydoğan ve Vardar (2020), E7 ülkelerinde 1990-2014 döneminde tarım, GSYH, yenilenebilir ve yenilenemeyen enerji tüketimi ile karbon emisyonu arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Tarım ile karbon emisyonu arasında pozitif bir ilişki bulunmuştur.

Pata (2021) ise BRIC ülkelerinde 1971-2016 dönemi için küreselleşme ve tarımsal faaliyetlerin ekolojik ayak izi ve karbon emisyonları üzerindeki etkisini analiz etmiştir. Tarımsal katma değerin karbon emisyonu üzerindeki etkisinin pozitif ancak önemsiz bir etkiye sahip olduğu bulunmuştur.

Bu çalışmaların tersi sonuca ulaşan çalışmalardan Liu vd. (2017a), Endonezya, Malezya, Filipinler ve Tayland ülkelerinden oluşan dört ASEAN ülkesi için 1970-2013 döneminde tarımsal katma değer, yenilenebilir enerji tüketimi ve kişi başına karbon emisyonları arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Tarımın artmasının karbon emisyonlarını azalttığı sonucuna ulaşmıştır. Ben Jebli ve Ben Youssef (2017b) beş Kuzey Afrika ülkesi (Cezayir, Mısır, Fas, Sudan ve Tunus) için 1980-2011 döneminde tarımsal katma değer, kişi başına yenilenebilir enerji tüketimi, karbon emisyonu ve reel GSYH arasındaki dinamik bağlantıları araştırmıştır. Bulgular tarımsal katma değerdeki bir artışın karbon emisyonlarını azalttığını göstermektedir. Sarkodie vd. (2019) 14 Afrika ülkesinde 1990-2013 döneminde karbon emisyonları, modern tarım, ticaret açıklığı, toplam ve ayrık enerji tüketimi arasındaki ilişkiyi araştırmıştır. Tarımın karbon emisyonları üzerinde olumsuz bir etkiye sahip olduğu sonucuna varılmıştır.

Bu önceki çalışmaları takiben, şu hipotezler öne sürülmektedir:

H_1: E-7 ülkelerinde tarımsal katma değer karbon emisyonunu azaltmaktadır.

H_2: E-7 ülkelerinde tarımsal katma değer karbon emisyonunu artırmaktadır.

Sanayileşmenin karbon emisyonları üzerindeki etkisini inceleyen literatürde, çoğunlukla sanayileşmenin karbon emisyonunu artırdığı yönünde bulgulara ulaşılmıştır. Bu durum, neredeyse her ülkede benzer sonuçlara ulaşıldığına işaret etmektedir. Özellikle ülke grubu üzerinde yapılan çalışmalarda bir fikir birliğinin olduğu görülmektedir.

Zaman serisi çalışmalarından Shahbaz vd. (2014), Bangladeş için 1975-2010 dönemi boyunca çeyrek verilerle sanayileşme, elektrik tüketimi ve karbon emisyonları arasındaki ilişkiyi araştırmıştır. Sanayileşmedeki artışın ilk aşamalarda belirli bir noktaya kadar karbon emisyonunu arttırdığını bulmuştur.

Asumadu-Sarkodie ve Owusu (2016), Benin'de 1980-2012 döneminde elektrik tüketimi ve sanayileşmenin karbon emisyonları üzerindeki etkisini araştırmıştır. Sonuçlar, uzun vadede sanayileşmenin karbon emisyonunu artıracağını göstermektedir.

Pata (2018), Türkiye için 1974-2013 döneminde kişi başına düşen GSYH, finansal gelişme, kişi başına düşen enerji tüketimi, kentleşme, sanayileşme ve kişi başına düşen karbon emisyonları arasındaki dinamik ilişkiyi incelemiştir. Uzun ve kısa vadede sanayileşme kişi başına düşen karbon emisyonlarını artırmaktadır.

Çin için yapılan çalışmalarda Liu ve Bae (2018), 1970-2015 döneminde kişi başına karbon emisyonları, enerji yoğunluğu, kişi başına reel GSYH, sanayileşme, kentleşme ve yenilenebilir enerji tüketiminin payı arasındaki ilişkiyi analiz etmiştir. Uzun vadeli parametre tahminleri sanayileşmenin karbon emisyonlarını artırdığını göstermektedir. Aynı şekilde Aslam vd. (2021b), 1962-2018 döneminde sanayileşme, ekonomik büyüme, ticaret açıklığı ve nüfus yoğunluğu ile karbon emisyonu arasındaki ilişkiyi araştırmıştır. Sonuç olarak sanayileşmenin karbon emisyonunu artırdığı belirlenmiştir.

Ullah vd. (2020), Pakistan'da 1980-2018 döneminde sanayileşme, kentleşme, GSYH ve insan sermayesi değişkenlerini karbon emisyonları üzerindeki etkisini araştırmıştır. Sonuçlar, sanayileşmenin karbon emisyonlarını artırdığını ortaya koymaktadır. Munir ve Ameer (2020) ise yine Pakistan'da 1975-2016 döneminde doğrudan yabancı yatırımın, ekonomik büyümenin ve sanayileşmenin karbon emisyonları

üzerindeki etkisini analiz etmiştir. Sanayileşmenin karbon emisyonları üzerinde pozitif bir etkisinin olduğu belirlenmiştir.

Mahmood vd. (2020), Suudi Arabistan'da 1968-2014 döneminde kişi başına düşen karbon emisyonları üzerinde sanayileşme ve kentleşmenin etkilerini araştırmıştır. Sonuç olarak sanayileşmenin karbon emisyonunu arttırdığı tespit edilmiştir.

Ghazouani (2022), Tunus ekonomisinde 1980-2016 dönemine ait verilerle doğrudan yabancı yatırım girişlerinin, kentleşmenin, sanayileşmenin ve teknolojik yeniliğin karbon emisyonları üzerindeki etkisini incelemiştir. Sanayileşmenin karbon emisyonunu arttırdığı sonucuna ulaşılmıştır.

Raihan ve Tuspekova (2022c), Rusya'da 1990-2020 döneminde enerji tüketimi, sanayileşme ve orman alanının karbon emisyonları üzerindeki etkilerini incelemiştir. Sanayileşmenin karbon emisyonu üzerinde artışına yol açacağı tahmin edilmiştir.

Tersi sonuca ulaşan çalışmadan Aslam vd. (2021a), Malezya için 1971-2016 yıllık verilerle GSYH, küreselleşme, sanayileşme ve ticaret açıklığı ile karbon emisyonu arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Sanayileşmenin karbon emisyonları üzerinde olumsuz etkisi olduğu belirlenmiştir.

Panel veri çalışmalarından Ahmad vd. (2013), Dört büyük Güney Asya Bölgesel İşbirliği Teşkilatı ülkesi (SAARC - South Asian Association for Regional Cooperation) için 1980-2008 döneminde sanayileşme ve nüfusun karbon emisyonu üzerindeki etkilerini araştırmıştır. Sonuç olarak sanayileşmenin karbon emisyonunu arttığı belirlenmiştir.

Asane-Otoo (2015), 45 Afrika ülkesinde 1980-2009 dönemi için kişi başına düşen gelir, enerji yoğunluğu, sanayileşme, kentleşme, nüfus ve ticaret açıklığın karbon emisyonları üzerindeki etkilerini incelemiştir. Sanayileşmenin karbon emisyonları üzerinde önemli pozitif etkiye sahip olduğu belirlenmiştir.

Raheem ve Ogebe (2017), 20 Afrika ülkesinde 1980-2013 döneminde kentleşme ve sanayileşmenin karbon emisyonları üzerindeki etkilerini araştırmıştır. Sonuçlar, sanayileşmenin karbon emisyonunu artırdığını göstermektedir.

BRICS ülkelerinde yapılan çalışmalardan Wang ve Zhang (2020), 1996-2014 döneminde Ar-Ge yatırımı, enerji yapısı, yenilenebilir enerji tüketimi, sanayi ve kentleşmenin karbon emisyonu üzerindeki etkisini incelemiştir. Bulgular, sanayileşmenin karbon emisyonunu arttırdığını göstermektedir. Aynı ülke grubu için Voumik ve Sultana (2022), 1972-2021 döneminde sanayileşmenin, kentleşmenin ve yenilenebilir enerjinin karbon emisyonu üzerindeki etkisini araştırmıştır. Bulgular, artan sanayileşmenin karbon emisyonunu arttırdığını ortaya koymaktadır.

Sikder vd. (2022), 23 gelişmekte olan ülke için 1995-2018 döneminde enerji kullanımı, sanayileşme, büyüme ve kentleşmenin karbon emisyonları üzerindeki etkilerini analiz etmiştir. Uzun vadeli sonuçlar, sanayileşmenin karbon emisyonlarını artırdığını ortaya koymaktadır.

U. Mentel vd. (2022), 44 Sahra Altı Afrika ülkesinden oluşan bir örneklemde 2000-2015 döneminde sanayi katma değeri, yenilenebilir enerji ve karbon emisyonları arasındaki ilişkiyi araştırmıştır. Bulgular, sanayi katma değerinin karbon emisyonları üzerinde pozitif etkiye sahip olduğunu belirtmektedir.

G. Mentel vd. (2022), 48 ülkeden oluşan bir örneklemde 2000-2018 döneminde sanayileşmenin, yenilenebilir enerji tüketiminin kişi başına düşen karbon emisyonları üzerindeki etkisini incelemiştir. Ampirik sonuçlar, sanayileşmenin karbon emisyonları üzerinde pozitif bir etkiye sahip olduğunu ortaya koymaktadır.

Azam vd. (2022), Petrol İhraç Eden Ülkeler Örgütü (OPEC - Organization of Petroleum Exporting Countries) üyesi altı ülkede 1975-2018 döneminde kentleşme, sanayileşme, enerji kullanımı, milli gelir, uluslararası ticaret ve karbon emisyonları arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Bulgular, sanayileşmenin karbon emisyonunu arttığını ortaya koymaktadır.

Salahodjaev vd. (2023), İslam İşbirliği Teşkilatı ülkeleri (OIC - Organisation of Islamic Cooperation) için 1995-2020 döneminde sanayileşme ve karbon emisyonları arasındaki ilişkiyi değerlendirmiştir. Ampirik sonuçlar, sanayileşmenin karbon emisyonları üzerinde olumlu bir etkiye sahip olduğunu ortaya koymaktadır.

Bu önceki çalışmaları takiben, şu hipotez öne sürülmektedir:

H_3: E-7 ülkelerinde sanayi katma değeri karbon emisyonunu artırmaktadır.

Tarım ve sanayi sektörlerinin birlikte ele alınarak karbon emisyonları üzerindeki etkilerini inceleyen sınırlı sayıdaki çalışmalar, bu iki sektörün karbon emisyonu üzerindeki etkilerinin farklılaştığını göstermektedir.

Rafiq vd. (2016), 53 ülke (30 düşük-orta gelirli ve 23 yüksek gelirli) için 1980-2010 döneminde tarım, sanayi, hizmet sektörü, nüfus, büyüme, ticaret açıklığı, enerji yoğunluğu, yenilenebilir enerji tüketimi ile yenilenemeyen enerji tüketiminin karbon emisyonu üzerindeki etkisini test etmiştir. Sonuçlar tarımın karbon emisyonunu azaltmada önemli bir rol oynarken, sanayileşmenin karbon emisyonunu arttığını göstermektedir.

Anwar vd. (2020), 33 BRI ülkesi için 1986-2017 döneminde kişi başına sanayi katma değer, kişi başına düşen tarımsal katma değer, ulaştırma yükü ve karbon emisyonu arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Kişi başına

sanayi katma değerin karbon emisyonunu önemli ölçüde artırdığını, kişi başına düşen tarımsal katma değerin ise karbon emisyonunu önemli ölçüde azalttığını belirlemiştir.

Raihan ve Tuspekova (2022b), Türkiye'de 1990-2020 döneminde ekonomik büyüme, yenilenebilir enerji kullanımı, kentleşme, turizm, sanayileşme, tarım ve orman alanları ile karbon emisyonu arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Sanayileşmenin karbon emisyonlarını artıracağını ortaya koyarken, tarımın karbon emisyonlarını azaltacağını belirlemiştir.

Bu bulgular, sanayi sektörünün genellikle karbon emisyonuna katkı sağladığını, tarımın ise karbon emisyonlarını azaltma potansiyeline sahip olduğunu göstermekte ve sürdürülebilir kalkınma stratejilerinin önemini vurgulamaktadır.

Bu çalışma, E-7 ülkelerinde tarım, sanayi ve ekonomik büyümenin karbon emisyonları üzerindeki etkilerini inceleyerek literatüre önemli katkılar sunmaktadır. Çalışma, yükselen ekonomiler arasında yer alan E-7 ülkelerine odaklanarak bu grup için sektörel bazda karbon emisyon dinamiklerini analiz etmektedir. Bu durum, literatürde farklı ülke grupları üzerine yoğunlaşan çalışmalara (Anwar vd., 2020; Rafiq vd., 2016) yeni bir perspektif kazandırmaktadır. Literatürde genelde sanayi sektörünün ve tarım sektörünün karbon emisyonlarına etkisi ayrı ayrı ele alınarak incelenmiştir (Dogan, 2016; Ghazouani, 2022). Çalışma, her iki sektörü karşılaştırmalı olarak E-7 ülkelerinde analiz ederek bu boşluğu doldurmayı amaçlamaktadır. Ayrıca, 1992-2020 dönemine ait yıllık uzun veriler kullanılarak yapılan analiz, zaman içindeki değişimleri daha kapsamlı bir şekilde ortaya koymaktadır. Son olarak bu çalışmada, çeşitli ekonomik faktörlerin karbon emisyonları üzerindeki hem kısa hem de uzun vadeli etkilerini test eden daha çekici bir tahmin tekniği olan panel ARDL yöntemi kullanılmaktadır.

MATERYAL ve METOT

Bu çalışma, E-7 ülkelerinde 1992-2020 dönemi yıllık verilerle tarım, sanayi ve ekonomik büyümenin karbon emisyonu üzerindeki etkilerini araştırmayı amaçlamaktadır. Çalışmanın referans dönemi kısıtlardan dolayı 1992-2020 yıllık verilerinden oluşmaktadır. Tarım göstergesi olarak tarımsal katma değerin GSYH içerisindeki yüzdelik payı (Balsalobre-Lorente vd., 2019; Burakov, 2019; Eyuboglu ve Uzar, 2020; Raihan ve Tuspekova, 2022b; Sarkodie vd., 2019), sanayi göstergesi olarak sanayi katma değerinin GSYH içerisindeki yüzdelik payı (Ahmad vd., 2013; Al-Mulali ve Ozturk, 2015; Raihan ve Tuspekova, 2022b; Sikder vd., 2022; Wang ve Zhang, 2020; Yang ve Khan, 2022) ve karbon emsiyonu göstergesi olarak CO_2 emisyonu kiloton cinsinden (Asumadu-Sarkodie ve Owusu, 2016; Gokmenoglu ve Taspinar, 2018; Rafiq vd., 2016; Raihan ve Tuspekova, 2022a; Voumik ve Sultana, 2022; Waheed vd., 2018) belirlenmiştir. Çizelge 3'te tahmin edilecek modellerde yer alan değişkenlerin detayları gösterilmiştir.

Çizelge 3. Değişkenlerin tanımlanması.

Değişken Adı	Kısa adı	Tanımı	Kaynak/Dönem
Tarımsal Katma Değer	LTR	Tarımsal katma değerin GSYH içerisindeki yüzdelik payı	WDI/1992-2020
Sanayi Katma Değeri	LS	Sanayi katma değerinin GSYH içerisindeki yüzdelik payı	WDI/1992-2020
CO_2 Emisyonu	LCO2	Kiloton (kt)	WDI/1992-2020
Ekonomik Büyüme	LGDP	Kişi başına düşen GSYH (sabit 2015 ABD Doları)	WDI/1992-2020

Çalışmanın ekonometrik modeli, ilgili literatürden yararlanılarak denklem 1'deki gibi oluşturulmuştur.

$$LCO2_{it} = a_{it} + \beta_{1i}LTR_{it} + \beta_{2i}LS_{it} + \beta_{3i}LGDP_{it} + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

Burada yer alan i panel verinin birim, t ise zaman boyutunu temsil etmekte, ε ise hata terimlerini göstermektedir.

BULGULAR ve TARTIŞMA

Çalışmada öncelikle değişkenlerin durağanlığının hangi birim kök testleri ile belirlemek için yatay kesit bağımlılığı testi uygulanmıştır. Yatay kesit bağımlılığı varsa sonuçlar tutarsız ve sapmalı olarak belirlenecektir. Serilerde yatay kesit bağımlılığı mevcutsa, ikinci nesil birim kök testleri kullanılmalıdır.

Serilerde yatay kesit bağımlılığının varlığının ölçülmesi için Breusch ve Pagan (1980) tarafından literatüre kazandırılan CDLM1 testi ve Pesaran (2004) CDLM2 testi kullanılmıştır. Bu testlerin tamamında temel hipotez yatay kesit bağımlılığı yoktur şeklinde kurulurken, alternatif hipotez yatay kesti bağımlılığı vardır şeklinde kurulmaktadır. Testlerin fonksiyonel biçimde gösterimi şu şekildedir (Breusch ve Pagan, 1980; Pesaran, 2004):

$$LM = T\sum_{i=1}^{N-1}\sum_{j=i+1}^{N}\hat{\rho}_{ij}^{2} \quad (2)$$

$$CD_{LM} = \sqrt{\frac{1}{N(N-1)}} \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^{N} (T\hat{\rho}i^2 j - 1) \quad \sim N(0,1) \tag{3}$$

Bu testler; T>N ve N>T olması halinde kullanılabilir ve tutarlı sonuçlar vermektedir. Bu testlerden elde edilecek test sonuçlarında p<0.05 ise %5 anlamlılıkta temel hipotez reddedilmekte, alternatif hipotezi kabul edilmektedir. Yani birimler arası incelendiğinde yatay kesit bağımlılığının varlığı kabul edilmektedir (Erdemli ve Çelik, 2017).

Yatay kesit bağımlılığı, bir ülke ekonomisinde yaşanan bir şokun diğer ülke ekonomilerini etkilemesini ifade eder. Kesitler arası bağımlılığın varlığı, modelde ikinci nesil birim kök testlerinin uygulanmasını gerektirir (Nazlıoğlu, 2010).

Panel veri analizinde durağanlık analizine geçmeden önce yapılan bir diğer ön test eğim katsayılarının homojen mi yoksa heterojen mi olduğunu belirleme durumudur. Ekonomik büyüme ve sağlık harcamaları modelinde, homojenlik testi Pesaran ve Yamagata (2008) tarafından geliştirilen Eğim Katsayısı Homojenlik Testi ile belirlenmiştir. Homojenite testinde, "Eğim katsayıları homojendir" boş hipotezine karşılık, "Eğim katsayıları heterojendir" diyen alternatif hipotezini sınamaktadır.

Çalışmada kullanılan değişkenler için yapılan yatay kesit bağımlılık ve homojenite test sonuçları çizelge 4 ve 5'te açıklanmaktadır.

Çizelge 4. Yatay kesit bağımlılık test sonuçları.

	LCO2	LGDP	LTR	LS
Breusch-Pagan (1980)	392.1192	488.453	383.35	125.59
LM	(0.000)	(0.000)	(0.000)	(0.000)
Pesaran (2004) CDLM	57.2649	72.129	55.9125	16.1396
	(0.000)	(0.000)	(0.000)	(0.000)

Çizelge 4'te yatay kesit bağımlılık test sonuçları gösterilmektedir. Çizelgeye bakıldığında %1 anlamlılık düzeyinde yatay kesit bağımlılığı yoktur şeklinde kurulan temel hipotez reddedilmiş, bütün serilerde yatay kesit bağımlılık olduğu tespit edilmiştir. Bu bulgular, bir ülkede meydana gelen ekonomik bir şokun diğer ülkeleri de etkiyeceğini göstermektedir.

Çizelge 5. Homojenlik testi.

	L(CO2)=f(LGDP, LTR,LS)	
	t-ist. Değeri	Prob. değeri
Delta Tilde	18.192	0.000*
Delta	19.997	0.000*

Çizelge 5'te homojenlik test sonuçları gösterilmektedir. Modelin homojen olduğu üzerine kurulu eğim homojenliği test sonuçları %1 anlamlılık seviyesinde reddedilmiş ve katsayıların heterojen olduğu belirlenmiştir.

Yatay kesit gözlemleri ile çalışmak zaman boyutuna ait özellikleri ve sorunları beraberinde getirmektedir. Çizelge 5'te de görüldüğü gibi kullanılan değişkenler yatay kesit bağımlılığı göstermektedir. Bu sonuç birim kök testi seçimi konusunda bilgi vermektedir. Bu çalışmada da ikinci nesil birim kök testlerinden Pesaran CADF birim kök testi kullanılarak değişkenlerin durağanlık düzeyleri belirlenmiştir. CADF, yatay kesit bağımlılığının olduğu durumlarda kullanılan ikinci nesil birim kök testidir. Pesaran (2007) tarafından ortaya konulan CADF birim kök testi, ADF testine gecikmeli yatay kesit ortalamalarının eklenmesiyle genişletilmiştir (Pesaran, 2007). Bu test, Monte Carlo kalıntılarına dayanarak N>T ve N<T durumunda etkin sonuçlar verebilmektedir (Erdemli ve Çelik, 2017).

Çizelge 6. CADF birim kök test sonuçları.

Değişkenler	**Pesaran CADF(2007) Birim Kök Testi**			
	t-bar	cv5	cv1	Olasılık
LCO2	-2.174	-2.330	-2.570	0.129
ΔLCO2	-2.927	-2.330	-2.570	0.001
LGDP	-2.036	-2.330	-2.570	0.226
ΔLGDP	-2.540	-2.330	-2.570	0.000
LTR	-2.624	-2.330	-2.570	0.008
LS	-2.110	-2.330	-2.570	0.170
ΔLS	-2.955	-2.330	-2.570	0.000

Δ fark değerlerini göstermektedir.

Çizelge 6'de Pesaran (2007)'ın geliştirdiği ve yatay kesit bağımlılığı sorununa dikkate alan CADF birim kök testi sonuçlarına bakıldığında LCO2, LGDP ve LS değişkenleri birinci farkında durağanken, LTR değişkeni düzeyde durağandır. Durağan olmayan değişkelerinse birincil farkı alındıktan sonra durağan hale geldiği görülmüştür. Dolayısıyla farklı düzeyde durağan olan veriler nedeniyle çalışmada, bu duruma uygun analiz yöntemi olan Panel ARDL yöntemi kullanılacaktır.

Çizelge 7. Panel ARDL tahmin sonuçları.

Değişkenler	**Katsayı**	**St. hata**	**t-ist**	**Olasılık**
Bağımlı Değişken: LCO2				
		Uzun Dönem		
LGDP	0.6121	0.0849	7.2052	0.0000
LTR	-0.5408	0.1615	-3.3479	0.0012
LS	1.5508	0.2057	7.5391	0.0000
		Kısa Dönem		
COINTEQ01	-0.1962	0.1079	-1.8173	0.0072
LGDP	0.9404	0.1741	5.3993	0.0000
LTR	0.1031	0.1574	0.6554	0.5140
LS	-0.0129	0.2295	-0.0562	0.9553

Çizelge 7 Panel ARDL kısa ve uzun dönem bulgularını göstermektedir. Uzun dönem bulguları değerlendirildiğinde karbon emisyonu üzerinde ekonomik büyüme, tarımsal katma değer ve sanayi katma değerinin etkisi istatistiksel olarak anlamlı olduğu tespit edilmiştir. Ekonomik büyümedeki %1'lik bir artış karbon emisyonu %0.61 oranında artırmaktadır. Tarımsal katma değerdeki %1'lik bir artış karbon emisyonunu %0.54 oranında azaltmaktadır. Bu bulgular, Dogan (2016), Ben Jebli ve Ben Youssef (2019), Prastiyo vd. (2020), Gurbuz vd. (2021), Liu vd. (2017a), Ben Jebli ve Ben Youssef (2017b) ve Sarkodie vd. (2019) tarafından yapılan çalışmalarla örtüşmektedir. Bu bağlamada belirlenen "H1: E-7 ülkelerinde tarımsal katma değer karbon emisyonunu azaltmaktadır." hipotezi doğrulanarak, "H2: E-7 ülkelerinde tarımsal katma değer karbon emisyonunu artırmaktadır." hipotezi reddedilmiştir. Bu durum, tarım sektöründe kullanılan çevre dostu yöntemlerin, karbon emisyonlarını azaltmadaki potansiyel rolüne dikkat çekmektedir. Özellikle yenilikçi sulama sistemleri, organik tarım uygulamaları ve düşük karbon ayak izine sahip üretim teknikleri, bu etkiyi daha da güçlendirebilir.

Buna karşın, sanayi katma değerindeki %1'lik artış karbon emisyonlarını %1.55 oranında artırmaktadır. Bu bulgular literatürdeki çalışmalarla (Ahmad vd., 2013; Asane-Otoo, 2015; Azam vd., 2022; G. Mentel vd., 2022; U. Mentel vd., 2022; Raheem ve Ogebe, 2017; Salahodjaev vd., 2023; Shahbaz vd., 2014; Sikder vd., 2022; Voumik ve Sultana, 2022; Wang ve Zhang, 2020) benzerdir. Bu bağlamada belirlenen "H3: E-7 ülkelerinde sanayi katma değeri karbon emisyonunu artırmaktadır." hipotezi doğrulanmıştır. Bu durum, sanayi sektöründe temiz enerji kullanımı, enerji verimliliği artırıcı yatırımlar ve yeşil üretim tekniklerinin yaygınlaştırılmasının gerekliliğini vurgulamaktadır.

Kısa dönem analizleri değerlendirildiğinde, hata düzeltme katsayısının (uyum hızı parametresi) negatif (COINTEQ01: -0,1962) ve %5 düzeyinde anlamlı olduğunu göstermektedir. Bu durum geçen yılki dengesizliğin %19'unun bu yıl düzelebileceği anlamına gelmektedir (Barış ve Barış, 2024). Kısa dönem analizine bakıldığında, uzun dönem katsayılarına göre anlamlılığı farklı elde edilmiştir. Kısa dönemde karbon emisyonu üzerinde ekonomik büyümenin etkisi anlamlı iken, tarımsal katma değer ve sanayi katma değerin karbon emisyonu üzerindeki etkisi anlamsız olarak bulunmuştur. Bu dönemde de ekonomik büyümedeki %1'lik bir artış karbon emisyonunu %.0.94 oranında artırmaktadır.

SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu çalışma, 1992-2020 yılları arasındaki yıllık verilerle E-7 ülke grubunda tarım, sanayi ve ekonomik büyümenin karbon emisyonu üzerindeki etkilerini incelemektedir. Panel ARDL analizinden elde edilen uzun dönem bulgularına göre, ekonomik büyüme, tarımsal katma değer ve sanayi katma değerinin karbon emisyonu üzerinde istatistiksel olarak anlamlı etkileri olduğu tespit edilmiştir. Tarımsal katma değerdeki %1'lik bir artış karbon emisyonunu %0.54 oranında azaltırken, sanayi katma değerdeki %1'lik bir artış karbon emisyonunu %1.55 oranında artırmaktadır. Sanayi katma değerinin karbon emisyonunu artırma etkisi, tarım katma değerinin karbon emisyonunu azaltma etkisinden daha güçlüdür. Ekonomik büyümede %1'lik artış ise karbon emisyonunu %0.61 oranında artırmaktadır.

Ancak kısa dönemde tarımsal ve sanayi katma değerlerinin karbon emisyonları üzerindeki etkisi anlamlı bulunmazken, ekonomik büyümenin %1'lik artışı karbon emisyonlarını %0.94 oranında artırmaktadır. Bu durum, kısa vadede ekonomik büyüme ve çevresel etkiler arasında bir çatışma olduğunu ancak uzun vadede tarımsal faaliyetlerin sürdürülebilir kalkınma stratejilerine katkıda bulunabileceğini ortaya koymaktadır. Çalışmadan elde edilen bulgular, E-7 ülkelerinde sürdürülebilir kalkınma stratejileri için bazı önemli politika önerilerini beraberinde getirmektedir:

Çevre üzerinde olumlu etkileri olan daha temiz tarımsal üretim elde etmek için güneş veya rüzgar enerjisi gibi temiz yenilenebilir enerjilerin teşvik edilmesi gerekmektedir (Ben Jebli ve Ben Youssef, 2017b). Tarımsal üretimde bir iyileşme elde etmek için, hükümetlerin daha verimli enerji altyapılarını teşvik etmesi ve tarım sektöründe daha temiz ve daha verimli enerji kaynaklarına dönüşümü sübvanse etmesi önemlidir (Sebri ve Abid, 2012). Çiftçilere yönelik eğitimlerle karbon azaltıcı uygulamaların önemi de vurgulanabilir. Çiftçilerin karbon azaltıcı faaliyetlerinden gelir elde etmesini sağlayacak karbon ticareti mekanizmaları oluşturulmalıdır.

Sanayi faaliyetlerinin karbon emisyonlarını önemli ölçüde artırdığı göz önünde bulundurularak, sanayi sektörünün yeşil teknolojilere geçişini teşvik eden politikalar geliştirilmelidir. Bunun için düşük karbon teknolojilerine geçiş için AR-GE çalışmaları desteklenebilir. Sanayi kaynaklı emisyonların azaltılması için karbon vergisi uygulanabilir. Çevreye duyarlı üretim yapan firmalar için yeşil üretim belgeleri oluşturularak bu firmaların pazar avantajı elde etmesi sağlanabilir.

Gelecekteki araştırmacılar, bu güncel konu üzerine çalışmalarını farklı bölgelerde genişleterek bölgesel farklılıkları karşılaştırmalı olarak analiz edebilir. Tarım ve sanayi sektörlerinin karbon emisyonları üzerindeki etkileri, her bölgenin ekonomik yapısı, enerji kullanımı ve çevresel politikalarına göre farklılık gösterebilir.

YAZAR ORCID NUMARALARI

Mücahit ÜLGER https://orcid.org/0000-0003-0300-099X

KAYNAKLAR

Agboola, M. O. ve Bekun, F. V. 2019. Does agricultural value added induce environmental degradation? Empirical evidence from an agrarian country. Environmental Science and Pollution Research, 26(27): 27660-27676.

Ahmad, N., Iqbal, A. ve Mahmood, H. 2013. CO2 Emission, population and industrial growth linkages in selected South Asian countries: A co-integration analysis. World Applied Sciences Journal, 21(4): 615-622.

Al-Mulali, U. ve Ozturk, I. 2015. The effect of energy consumption, urbanization, trade openness, industrial output, and the political stability on the environmental degradation in the MENA (Middle East and North African) region. Energy, 84: 382-389.

Anwar, A., Ahmad, N. ve Madni, G. R. 2020. Industrialization, freight transport and environmental quality: evidence from belt and road initiative economies. Environmental Science and Pollution Research, 27(7): 7053-7070.

Asane-Otoo, E. 2015. Carbon footprint and emission determinants in Africa. Energy, 82: 426-435.

Aslam, B., Hu, J., Hafeez, M., Ma, D., AlGarni, T. S., Saeed, M., Abdullah, M. A. ve Hussain, S. 2021a. Applying environmental Kuznets curve framework to assess the nexus of industry, globalization, and CO2 emission. Environmental Technology & Innovation, 21: 101377.

Aslam, B., Hu, J., Shahab, S., Ahmad, A., Saleem, M., Shah, S. S. A., Javed, M. S., Aslam, M. K., Hussain, S. ve Hassan, M. 2021b. The nexus of industrialization, GDP per capita and CO2 emission in China. Environmental Technology & Innovation, 23: 101674.

Asumadu-Sarkodie, S. ve Owusu, P. A. 2016. Carbon dioxide emission, electricity consumption, industrialization, and economic growth nexus: The Beninese case. Energy Sources, Part B: Economics, Planning, and Policy, 11(11): 1089-1096.

Aydoğan, B. ve Vardar, G. 2020. Evaluating the role of renewable energy, economic growth and agriculture on CO2 emission in E7 countries. International Journal of Sustainable Energy, 39(4): 335-348.

Azam, M., Rehman, Z. U. ve Ibrahim, Y. 2022. Causal nexus in industrialization, urbanization, trade openness, and carbon emissions: empirical evidence from OPEC economies. Environment, Development and Sustainability: 1-21.

Balsalobre-Lorente, D., Driha, O. M., Bekun, F. V. ve Osundina, O. A. 2019. Do agricultural activities induce carbon emissions? The BRICS experience. Environmental Science and Pollution Research, 26: 25218-25234.

Barış, S. ve Barış, A. 2024. Jeopolitik Riskler Savunma Harcamalarını Etkiliyor mu? Panel ARDL Yaklaşımı İle Bir Analiz. International Journal of Social Inquiry, 17(1): 69-85.

Ben Jebli, M. ve Ben Youssef, S. 2017a. Renewable energy consumption and agriculture: evidence for cointegration and Granger causality for Tunisian economy. International Journal of Sustainable Development & World Ecology, 24(2): 149-158.

Ben Jebli, M. ve Ben Youssef, S. 2017b. The role of renewable energy and agriculture in reducing CO2 emissions: Evidence for North Africa countries. Ecological indicators, 74: 295-301.

Ben Jebli, M. ve Ben Youssef, S. 2019. Combustible renewables and waste consumption, agriculture, CO2 emissions and economic growth in Brazil. Carbon Management, 10(3): 309-321.

Breusch, T. S. ve Pagan, A. R. 1980. The Lagrange multiplier test and its applications to model specification in econometrics. The review of economic studies, 47(1): 239-253.

Burakov, D. 2019. Does agriculture matter for environmental Kuznets Curve in Russia: evidence from the ARDL bounds tests approach. Agris on-line Papers in Economics and Informatics, 11(3): 23-34.

Dogan, N. 2016. Agriculture and Environmental Kuznets Curves in the case of Turkey: evidence from the ARDL and bounds test. Agricultural Economics/Zemědělská Ekonomika, 62(12).

Doğan, N. 2019. The impact of agriculture on CO2 emissions in China. Panoeconomicus, 66(2): 257-271.

Erdemli, M. ve Çelik, H. 2017. G7 ile birlikte Türkiye'de AR&GE harcamaları ve ekonomik büyüme ilişkisi. Kilis 7 Aralık Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 7(13): 122-137.

Eyuboglu, K. ve Uzar, U. 2020. Examining the roles of renewable energy consumption and agriculture on CO2 emission in lucky-seven countries. Environmental Science and Pollution Research, 27(36): 45031-45040.

Ghazouani, T. 2022. The effect of FDI inflows, urbanization, industrialization, and technological innovation on CO2 emissions: Evidence from Tunisia. Journal of the Knowledge Economy, 13(4): 3265-3295.

Gokmenoglu, K. K. ve Taspinar, N. 2018. Testing the agriculture-induced EKC hypothesis: the case of Pakistan. Environmental Science and Pollution Research, 25: 22829-22841.

Gokmenoglu, K. K., Taspinar, N. ve Kaakeh, M. 2019. Agriculture-induced environmental Kuznets curve: the case of China. Environmental Science and Pollution Research, 26: 37137-37151.

Gurbuz, I. B., Nesirov, E. ve Ozkan, G. 2021. Does agricultural value-added induce environmental degradation? Evidence from Azerbaijan. Environmental Science and Pollution Research, 28: 23099-23112.

Javid, M. ve Sharif, F. 2016. Environmental Kuznets curve and financial development in Pakistan. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 54: 406-414.

Li, K. ve Lin, B. 2015. Impacts of urbanization and industrialization on energy consumption/CO2 emissions: does the level of development matter? Renewable and Sustainable Energy Reviews, 52: 1107-1122.

Liu, X. ve Bae, J. 2018. Urbanization and industrialization impact of CO2 emissions in China. Journal of cleaner production, 172: 178-186.

Liu, X., Zhang, S. ve Bae, J. 2017a. The impact of renewable energy and agriculture on carbon dioxide emissions: investigating the environmental Kuznets curve in four selected ASEAN countries. Journal of cleaner production, 164: 1239-1247.

Liu, X., Zhang, S. ve Bae, J. 2017b. The nexus of renewable energy-agriculture-environment in BRICS. Applied energy, 204: 489-496.

Mahmood, H., Alkhateeb, T. T. Y. ve Furqan, M. 2020. Industrialization, urbanization and CO2 emissions in Saudi Arabia: Asymmetry analysis. Energy Reports, 6: 1553-1560.

Mentel, G., Tarczyński, W., Dylewski, M. ve Salahodjaev, R. 2022. Does renewable energy sector affect industrialization-CO2 emissions nexus in Europe and Central Asia? Energies, 15(16): 5877.

Mentel, U., Wolanin, E., Eshov, M. ve Salahodjaev, R. 2022. Industrialization and CO2 emissions in Sub-Saharan Africa: the mitigating role of renewable electricity. Energies, 15(3): 946.

Munir, K. ve Ameer, A. 2020. Nonlinear effect of FDI, economic growth, and industrialization on environmental quality: evidence from Pakistan. Management of Environmental Quality: An International Journal, 31(1): 223-234.

Nazlıoğlu, Ş. 2010. Makro iktisat politikalarının tarım sektörü üzerindeki etkileri: Gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler için bir karşılaştırma Yayınlanmamış Doktora Tezi, TC Erciyes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Kayseri].

Pata, U. K. 2018. The effect of urbanization and industrialization on carbon emissions in Turkey: evidence from ARDL bounds testing procedure. Environmental Science and Pollution Research, 25(8): 7740-7747.

Pata, U. K. 2021. Linking renewable energy, globalization, agriculture, CO2 emissions and ecological footprint in BRIC countries: A sustainability perspective. Renewable Energy, 173: 197-208.

Pellegrini, G., Ingrao, C., Camposeo, S., Tricase, C., Conto, F. ve Huisingh, D. 2016. Application of water footprint to olive growing systems in the Apulia region: a comparative assessment. Journal of cleaner production, 112: 2407-2418.

Pesaran, M. H. 2004. General diagnostic tests for cross section dependence in panels. In IZA Discussion Paper (Vol. 1240, pp. 1-39).

Pesaran, M. H. 2007. A simple panel unit root test in the presence of cross-section dependence. Journal of applied econometrics, 22(2): 265-312.

Pesaran, M. H. ve Yamagata, T. 2008. Testing slope homogeneity in large panels. Journal of econometrics, 142(1): 50-93.

Prastiyo, S. E., Irham, Hardyastuti, S. ve Jamhari, f. 2020. How agriculture, manufacture, and urbanization induced carbon emission? The case of Indonesia. Environmental Science and Pollution Research, 27(33): 42092-42103.

Qiao, H., Zheng, F., Jiang, H. ve Dong, K. 2019. The greenhouse effect of the agriculture-economic growth-renewable energy nexus: evidence from G20 countries. Science of the Total Environment, 671: 722-731.

Rafiq, S., Salim, R. ve Apergis, N. 2016. Agriculture, trade openness and emissions: an empirical analysis and policy options. Australian Journal of Agricultural and Resource Economics, 60(3): 348-365.

Raheem, I. D. ve Ogebe, J. O. 2017. CO2 emissions, urbanization and industrialization: evidence from a direct and indirect heterogeneous panel analysis. Management of Environmental Quality: An International Journal, 28(6): 851-867.

Raihan, A. ve Tuspekova, A. 2022a. Dynamic impacts of economic growth, energy use, urbanization, tourism, agricultural value-added, and forested area on carbon dioxide emissions in Brazil. Journal of Environmental Studies and Sciences, 12(4): 794-814.

Raihan, A. ve Tuspekova, A. 2022b. Dynamic impacts of economic growth, renewable energy use, urbanization, industrialization, tourism, agriculture, and forests on carbon emissions in Turkey. Carbon Research, 1(1): 20.

Raihan, A. ve Tuspekova, A. 2022c. Nexus between energy use, industrialization, forest area, and carbon dioxide emissions: New insights from Russia. Journal of Environmental Science and Economics, 1(4): 1-11.

Salahodjaev, R., Djalilov, B., Kobiljonov, I., Otajonov, S. ve Kasimova, N. 2023. Industrialization and CO2 emissions: accounting for the role of renewable energy in OIC member states. International Journal of Energy Economics and Policy, 13(5): 37-43.

Sarkodie, S. A., Ntiamoah, E. B. ve Li, D. (2019). Panel heterogeneous distribution analysis of trade and modernized agriculture on CO2 emissions: the role of renewable and fossil fuel energy consumption. Natural Resources Forum,

Sebri, M. ve Abid, M. 2012. Energy use for economic growth: A trivariate analysis from Tunisian agriculture sector. Energy policy, 48: 711-716.

Shahbaz, M., Uddin, G. S., Rehman, I. U. ve Imran, K. 2014. Industrialization, electricity consumption and CO2 emissions in Bangladesh. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 31: 575-586.

Sikder, M., Wang, C., Yao, X., Huai, X., Wu, L., KwameYeboah, F., Wood, J., Zhao, Y. ve Dou, X. 2022. The integrated impact of GDP growth, industrialization, energy use, and urbanization on CO2 emissions in developing countries: evidence from the panel ARDL approach. Science of the Total Environment, 837: 155795.

Ullah, S., Ozturk, I., Usman, A., Majeed, M. T. ve Akhtar, P. 2020. On the asymmetric effects of premature deindustrialization on CO2 emissions: evidence from Pakistan. Environmental Science and Pollution Research, 27: 13692-13702.

Voumik, L. C. ve Sultana, T. 2022. Impact of urbanization, industrialization, electrification and renewable energy on the environment in BRICS: fresh evidence from novel CS-ARDL model. Heliyon, 8(11).

Waheed, R., Chang, D., Sarwar, S. ve Chen, W. 2018. Forest, agriculture, renewable energy, and CO2 emission. Journal of cleaner production, 172: 4231-4238.

Wang, Q. ve Zhang, F. 2020. Does increasing investment in research and development promote economic growth decoupling from carbon emission growth? An empirical analysis of BRICS countries. Journal of cleaner production, 252: 119853.

Yang, X. ve Khan, I. 2022. Dynamics among economic growth, urbanization, and environmental sustainability in IEA countries: the role of industry value-added. Environmental Science and Pollution Research, 29(3): 4116-4127.

Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi 12(1): 40–50, 2025
https://doi.org/10.30910/turkjans.1440846

TÜRK TARIM ve DOĞA BİLİMLERİ DERGİSİ

TURKISH JOURNAL of AGRICULTURAL and NATURAL SCIENCES

www.dergipark.gov.tr/turkjans

Araştırma Makalesi

Exploring The Physiological Response of Three Barley (*Hordeum vulgare*) Cultivars to Cadmium Stress

Hande OTU BORLU[1], Yeter ÇİLESİZ[2], Halil ÇAKAN[1], Tolga KARAKÖY[3]*

[1]Cukurova University, Faculty of Science and Art, Biology Department 01330, Sarıçam, Balcalı , Adana, Turkey
[2]Sivas University of Science and Technology, Faculty of Agricultural Sciences and Technologies, Plant Production and Technologies Department, Sivas 58140, Turkey
[3]Sivas University of Science and Technology, Faculty of Agricultural Sciences and Technologies, Plant Protection Department, Sivas 58140, Turkey

*Sorumlu Yazar: tkarakoy@sivas.edu.tr

Geliş Tarihi: 21.02.2024 Düzeltme Geliş Tarihi: 19.07.2024 Kabul Tarihi: 19.07.2024

ÖZ

Arpa dünyanın en erken kültüre alımış ürünlerinden biridir ve mısır, pirinç ve buğdaydan sonra dördüncü sırada yer alır. Kadmiyum (Cd), hem bitki hem de hayvanlar için toksisiteyi gösteren, yaygın, esansiyelolmayan ve zehirli bir ağır metal kirleticisidir. Bu çalışmada çeşitli kadmiyum dozajları kullanılarak üç arpa çeşidinin tepkisini araştırmak için çabaladık. Farklı kadmiyum konsantrasyonları olarak 0, 25-50 µM Cd, 100 µM Cd ve 150 µM Cd konsantrasyonları kullanılmıştır. Bu çalışmanın sonuçları, kadmiyum dozunun artmasıyla sürgün uzunluğu ve ağırlığında azalmanın gözlemlendiğini ortaya koymuştur. Arpa çeşitleri arasında sırasıyla Sentosa ve Tarm 92 en duyarlı ve en dayanıklı çeşitler olarak bulunmuştur. Kadmiyum konsantrasyonunun artmasıyla birlikte klorofil ve prolin içeriklerinde azalma tespit edilmiştir. Kök dokularında daha yüksek kadmiyum birikimi bulunmuştur. Bu çeşitlerde çeşitli mineral içeriklerinde kadmiyum stresinin etkileri ve ayrıca kalsiyum içeriklerinde de artış gözlenmiştir. Düşük kadmiyum dozajına karşı fidelerin manganez, bakır ve çinko içerikleri arttı. Ancak daha yüksek Cd dozajına karşı bu minerallerin konsantrasyonunda azalma gözlenmiştir. Bu çalışmanın bulgularının, kadmiyum toksisitesinin mahsullerin büyümesini ve verimini nasıl etkilediğinin anlaşılmasında yardımcı olacağına inanıyoruz.

Anahtar kelimeler: *Hordeum vulgare*, Çeşitler, Kadmiyum, Abiyotik Stres, Büyüme

Üç Arpa (*Hordeum vulgare*) Çeşidinin Kadmiyum Stresine Fizyolojik Tepkisinin Araştırılması

ABSTRACT

Barley is one of the world's earliest domesticated crops, ranks fourth grain cereal after maize, rice and wheat. Cadmium (Cd) is a widespread, non essential and toxic heavy metal pollutant reflecting toxicity for both plant and animals. In this study, we made an effort to investigate the responce of three barley cultivars using various cadmium dosage. 0, 25-50 µM Cd, 100 µM Cd and 150 µM Cd were taken as different cadmium doses. Results of this study revealed that decrease in shoot length and weight was observed with the increase in cadmium dose. Sentosa and Tarm 92 were found most succeptible and resistant cultivars of barley respectively. Decrease in chlorophyll and proline contents were determined with an increase in cadmium dosage. Higher cadmimum accumulation was found in root tissues. Effects of cadmium stress were observed for various mineral contents in these cultivars and an increse in calcium contents was also observed. Manganese, copper and zinc content of seedlings increased against low cadmium dosage. However, decrease in the concentration

of these mineral was observed against higher Cd dosage. We are confidant that findings of this study will be helpful for the understanding of how cadmium toxicity effects the growth and yield of crops.

Key words: *Hordeum vulgare,* Cultivars, Cadmium, Abiotic stress, Growth

INTRODUCTION

Plants can't move away and therefore face continous unfavorable environmental conditions. As a result of encountering an unexpected situation, their development and survival conditions are negatively affected and causes 'stress' (Shao et al., 2008; Çulha and Çakırlar 2011;Akkuş and Vural,2023;). Such as drought, salt, cold, heat and heavy matels are considered important environmental stresses, significantly effecting crop production (Gill and Tuteja, 2011). Cadmium (Cd) is a wide spread, non essential and extremely toxic element (Xu et al., 2011). As a non redox metal , Cd is unable to involve in Fenton-type reactions, however, results in oxidative stress by producing reactive oxygen species (ROS) (Garnieret et al., 2006) Cadmium (Cd) stress is an important agricultural problem with increasing environmental pollution and threatening whole living organisms. Cadmium is a heavy metal, which described in Di Toppi and Gabbrielli's review with a density higher than 5.0 g cm^{-3} (Di Toppi and Gabbrielli, 1999). It is found at the periodic table's 12th group with its +2 valance and 8,65 g cm^{-3} density (Kabata-Pendias and Mukherjee, 2007). Normally it takes place in the soil below 0.5 mg kg^{-1} of soil but human activities such as application of sewage sludge, phosphate fertilization, pesticides, industrial development, or metal smelting industry can significantly increase its concentration (Dresler et al., 2019). Cadmium doesn't have any metabolic importance for plant metabolism (Cherif et al., 2012).

Cadmium stress has lots of negative effects on plant metabolism and these effects depend on plant species, plant age, stress duration, time and concentration of metal (Gill and Tuteja, 2011). It suppresses growth and photosynthesis (Ahmad et al., 2011); increases carotenoid and superoxide dismutase activity which are indicators of oxidative stress (Li et al., 2008); increased proline contents (Siddiqui et al., 2012); decrease chlorophyll a and b content (Zhao et al., 2019); accumulates in plant root and shoot tissues and causes cell membrane damage (Li et al., 2013); negatively affects water use efficiency (Li et al., 2015); stomatal conductance (Marchiol et al., 1996), and nutrient intake (Koleva, 2010). It also decreases plant height, shoot diameter, thousand grain weight, bunch length in Sorghum plants (Yılmaz and Kökten, 2019).

Barley is considered one of the agriculture founder crop and archaeological remains of this crop has been found at various sites in Fertile Crescent region. Barley was domesticated from its wild relative *Hordeum spontaneum* 10000 years ago (Zohary and Hopf, 1994). It is an important crop belonging to *Poaceae* (*Gramineae*) family mainly grown as animal feed, malt production and human nutrition. Barley is fourthlarely cultivated cereal and among the top ten crop plants (Akar et al., 2004). In 2016, 148.6 million tones barley produced in the world and 6.7 million tones in Turkey (FAO, 2017).

Several reports had reflected that cadmium has toxic effects on barley seedlings. Demirevska-Kepova et al. (2006) stated that cadmium stress reduced plant length, biomass and pigment content. Wu et al. (2003) stated that Cd toxicity caused a concentration and genotype-dependent oxidative stress response in barley leaves, marked by an accumulation of MDA and the alternation pattern of antioxidative enzymes. Metwally et al. (2003) reported that salicylic acid mitigated Cd toxicity in barley seedling with different Cd detoxification mechanisms. Cadmium also affects plant nutrition balance that it decreased significantly calcium and manganese level in all plant tissues and also iron and zinc concentration in roots while it increased Cu concentration in roots and also decreased in leaves like other metals (Lachman et al., 2015).

The purposes of the present study were to systematically investigate the effects of cadmium on growth, pigment content, membrane and water situation of three different barley cultivars. It is also aimed to determine the relationship between cadmium and nutrient element uptakes and indicated resistant cultivar to cadmium. This would ensure new suggestions producers as they will have knowledge about resistant cultivars.

MATERIALS AND METHODS

Plant material, growth conditions and Cd Stress

Seeds of barley (*Hordeum vulgare* L. cvs. Finola, Sentosa and TARM 92) cultivars were obtained from ProGen seed company. Barley seeds were sterilized in 3% hypochloride solution for five minutes and rinsed. These seeds were sown in a perlite medium and watered with distilled water until germination in a controlled climate room (20/18 ^{0}C,380 µmolm-^{2}/s and 60% humidity (Tiryakioğlu et al., 2006). Each pot contains twenty seeds and a total of 15 pots for each cultivars were maintained. Four-days-old seedlings were watered with nutrient solution every day (700µM K_2O_4, 100 µM KCl, 2000 µM $Ca(NO_3)_2$, 750 µM $MgSO_4$, 200 µMKH2PO_4, 100 µM FeEDTA, 1 µM H_3BO_3, 1 µM $MnSO_4$, 0,2 µM $CuSO_4$, 0,01 µM $(NH_4)6Mo_7O_{24}.4H_2O$, 1 µM $ZnSO_4$). At two-

leafed-stage, different Cd concentrations (0, 25-50, 100 and 150 µM) were applied to seedlings and $CdCl_2$ was used as a source of Cd. Each application was replicated three times. Stress condition was continued until harvestingand plants were harvested at three-leafed-stage.

Determination of biomass

Three seedlings were selected randomly for each application and their roots were washed with 0,5 mmol L^{-1} $CaSO_4$ solution and distilled water (Tiryakioğlu et al., 2006). Roots and shoots were separated, both of their length and fresh weight recorded and dried at 65 C^0 for 72 hours in drying oven to determine dry shoot and root matter.

Determination of Chlorophyll Content

Chlorophyll content was measured with using the SPAD-502 chlorophyll meter and recorded as SPAD value (Chang and Robison, 2003) at harvest day. For this purpose youngest fully expanded leaf was preferred.

Proline Analysis

Proline content of barley seedlings was determined according to protocol suggested by Bates et al. (1973). Fresh leaf material (0,5 g) was homogenized with 3% sulphosalicylic acid and filtered. Following this, 2 ml homogenate put in a test tube; 2 ml ninhydrin solution (ninhydrin, orthophosphoric acid and acetic acid in it) and 2 ml acetic acid added. After incubation in boiling water and ice bath gradually, 4 ml toluene added on samples. Later, samples were read at 520 nm spectrophotometrically and proline concentration of samples were calculated with standard curve which drown with L-proline.

Determination of Relative Water Content

Relative water content (RWC) was calculated with some modifications of Smart's method (Smart and Bingham, 1974). To determine RWC, fresh weight (FW) of four one-cm-length leaf pieces from each application were recorded and put in distilled water. Following day, the turgor weight (TW) of leaf samples were measured and the samples were dried at 65 C^0 for 72 hours to determine the dry weight (DW). RWC was calculated with the following formula.

RWC (%)= (FW-DW)/(TW-DW)*100

Determination of Membrane Damage

Membrane damage was estimated with lipid peroxidation and electrolyte leakage. For lipid peroxidation, Hodges et al.'s (1999) protocol was used. 0,5 g fresh leaf sample was homogenized with %80 ethanol and centrifuged 10 minutes at 3000 g. Analysis was continued with two stages with +TBA(%20 TCA , %0,01 BHT and %0,65 TBA in it) and TBA solutions (%20 TCA , %0,01 BHT). First stage samples read at 532 and 600 nm; second stage samples read at 440, 532 and 600 nm spectrophotometrically. The product of lipid peroxidation malondialdehyde (MDA) content was calculated with the following formula.

1. $[(ABS_{532}+TBA)-(ABS_{600}+TBA)-(ABS_{532}-TBA)-(ABS_{600}-TBA)]=A$
2. $[(ABS_{440}+TBA-ABS_{600}+TBA)*0.0571)]=B$
3. nmol MDA / ml =(A-B)/157 000)*10^6

Electrolyte leakage was determined with some modifications Campos et al.'s (2003) method. For this purpose, four one-cm-length leaf pieces from each were put in distilled water. The second day, the conductivity of samples were measured with a conductive meter (EC1). Leaf materials were incubated in boiling water and later put again in same samples. The third day, the conductivity of samples (EC2) were measured again and electrolyte leakage (ELC) was calculated with the following formula.

ELC (%)= (EC1/EC2)*100

Determination of Cadmium and Nutrient Elements

Three time randomly selected leaf and root samples from each genotype were used to determine various mineral contents in studied germplasm. For the removal of moisture, samples were firstly dried in an oven for 48 h at 65°C and then crushed to make powder form which was used for further analysis. 0.2g from each cultivar was used as sample and 5 ml concentrated nitric acid and 2 ml hydrogen per oxide was used for the digestion of these samples. Microwave digestion system (MARSxpress, CEM Corp. North Carolina, USA) was used for the digestion of these samples. Then mineral nutrient concentration in studied germplasm was determined through the inductively coupled plasma optical emission spectrometer (ICP-OES; Vista-Pro Axial; Varian Pty Ltd., Australia). Following the criteria suggested by Jackson (Jackson, 1962), P contents were determined, while K, Ca, Fe, Zn, Cu, Mg, and Mn concentrations were investigated through the atomic absorption spectrometry (Varian SpektrAA-300, Vienna, Austria) (Beaty and Kerber, 1993).

Calculation of Cadmium Tolerance Index

The cadmium tolerance index was calculated by using dry weight parameter with the following formula (Wilkins, 1978; Pourghasemian et al., 2019).

Tolerance ındex(%)= (Dry weight of Cd- treated plants/Dry weight of untreated plants)*100

Statistical Analysis

All analysis were performed by using the MSTAT-C statistical analysis program and XLSTAT (www.xlstat.com).

RESULTS AND DISCUSSION

The Effects of Cadmium Stress on Barley Cultivars' Growth

Cadmium drastically affected on plant morphology as can be seen in Figure 1 and 2; Table 1.

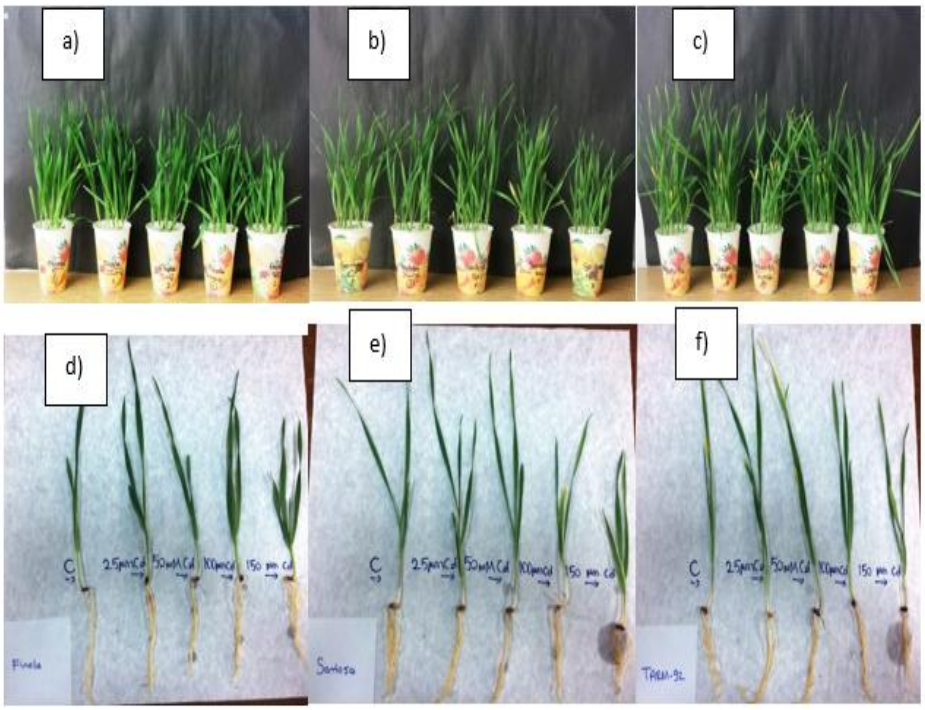


Figure 1. Effects of increasing cadmium concentrations on barley cultivars' shoot and root morphology (a and d for Finola cv., b and e for Sentosa cv., c and f for Tarm 92; Control-25 µM Cd-50 µM Cd, 100 µM Cd and 150 µM Cd left to right).

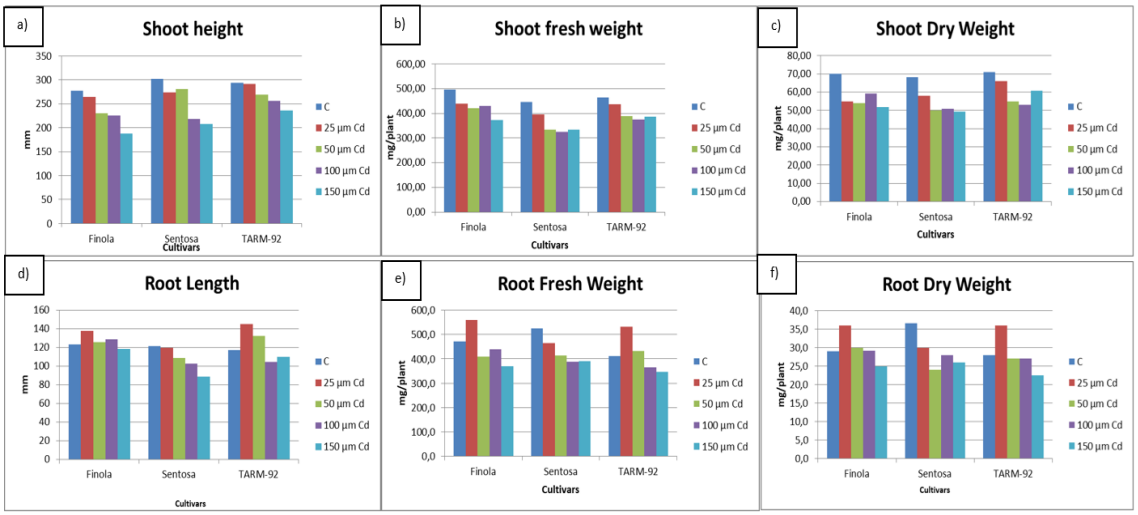


Figure 2. Effects of increasing cadmium concentrations on barley cultivars' shoot and root growth (a, shoot height; b, shoot fresh weight; c, shoot dry weight; d,root length; e, root fresh weight and f, root dry weight).

Table 1. Effects of increasing cadmium concentrations on barley cultivars' growth and some physiological parameters.

Cultivars	Applications	Shoot height (mm)	Shoot Fresh weight (mg)	Shoot Dry weight (mg)	Root length (mm)	Root Fresh weight (mg)	Root Dry weight (mg)	Chlorophyll	RWC	ELC	Proline	MDA
Finola	Control	277.00	495.83	70.00	123.67	471.67	29.17	42.27 ab	94.09 a	9.63	21.73	0.71
Finola	25 µM Cd	264.33	439.17	55.00	138.00	559.17	35.83	41.30 a-c	91.63 ab	11.23	20.89	0.78
Finola	50 µM Cd	230.00	420.00	54.17	126.00	408.33	30.00	39.80 b-d	76.38 c	13.31	31.04	1.07
Finola	100 µM Cd	225.00	430.83	59.17	128.67	439.17	29.17	39.53 cd	92.82 ab	8.90	29.74	1.06
Finola	150 µM Cd	188.00	372.50	51.67	118.33	369.17	25.00	38.13 d-f	94.81 a	12.15	30.41	1.01
Sentosa	Control	302.67	445.83	68.33	121.67	524.17	36.67	42.50 a	73.40 c	7.80	27.39	0.35
Sentosa	25 µM Cd	274.00	395.83	57.50	119.67	464.17	30.00	38.50 de	91.26 ab	8.52	34.73	0.88
Sentosa	50 µM Cd	281.00	333.33	50.00	108.67	413.33	24.17	37.37 d-f	90.95 ab	8.45	50.22	1.52
Sentosa	100 µM Cd	219.00	324.17	50.83	102.67	387.50	28.33	34.20 gh	94.40 a	82.65	31.71	1.12
Sentosa	150 µM Cd	208.00	334.17	49.17	89.00	390.83	25.83	33.27 gh	97.70 a	9.10	41.96	1.32
Tarm 92	Control	293.67	464.17	70.83	117.67	411.67	27.50	37.00 ef	82.48 bc	9.18	24.53	0.28
Tarm 92	25 µM Cd	291.67	435.83	65.83	145.33	533.33	35.83	37.33 d-f	81.59 bc	10.01	34.57	1.15
Tarm 92	50 µM Cd	269.00	389.17	55.00	132.33	432.50	26.67	35.73 fg	90.77 ab	13.65	33.06	0.92
Tarm 92	100 µM Cd	256.00	375.83	52.50	104.67	364.17	26.67	32.87 h	88.41 ab	11.79	33.12	1.19
Tarm 92	150 µM Cd	236.67	385.83	60.83	110.00	346.67	22.50	34.17 gh	88.33 ab	12.54	27.09	1.66
	F	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	**	ns	ns	ns
	LSD	-	-	-	-	-	-	2.476	11.33	-	-	-
	CV (%)	6.86	13.13	12.30	12.00	17.34	16.76	4.00	7.77	22.35	26.96	65.00

Cadmimum application resulted in decreased shoot length and weight for all three cultivars. Very recently, Didwania et al. (2019) found a gradual shoot length decrease in onion with an increase in Cd dosege. Bahmani et al.(2012) recorded 66,3% decrease in shoot length due to Cd application in bean genotypes. Interestingly, it was obserable that lower Cd dosage didn't affect root length and resulted an increase in root parameters in Finola and Tarm 92 cultivars (as seen Figure 2). Our findigs were found in line with the reported by Tamas et al. (2015), as they stated that lower level of Cd dosage results in increased barley root length. Song et al. (2017) also found an increase in root length due to Cd application and same was also found in this study. Among all three cultivars, Sentosa was was found most susceptible one because it was severely effected even at lowest Cd dosage. Tarm 92 was less affected because its dry weight raised with the lowest Cd concentration, and at highest concentration it had maximum tolerance index Table 2). Wu et al. (2004) stated that Cd application results in lower plant biomass.

Table 2. Tolerance Index (%) of barley cultivars against cadmium.

	25 µm Cd	50 µm Cd	100 µm Cd	150 µm Cd
Finola	92	85	89	77
Sentosa	83	71	75	71
TARM_92	103	83	81	85

The Effects of Cadmium Stress on Barley Cultivars' on Chlorophyll Content

Cadmium showed sever effects related to chlorophyll contents in barley. A rapid decrease in chlorophyll content was observed with an increase in Cd dosage. Most visible effect was seen in Sentosa cultivar (Figure 3.a). Cd can inhibit net photosynthesis by causing changes in chloroplast structure and ultimately results in decreased chlorophyll content (Gallego et al., 1996). Our findigs were confirmed by Zhao et al. (2017) as they also found decreased chlorophyll contents in maize seedlings during Cd traetment. Decrease in the chlorophyll contents occurs due to negative effects of Cd on chlorophyll fluorescence and photosystem 2 activity together. Dobrikova and Apiostolova (2019) comprehensively explained how Cd effects the chlorophyll contents. According to them, cadmium ions induced changes in the functionality of photosynthetic membranes by

inhibiting the lipid composition,plastid structure, chlorophyll metabolism and ultimately performance of photosystems. Therfore, it can be assumed that decline in growth of barley seedlings, may be associated with photosynthesis inhibition in this study.

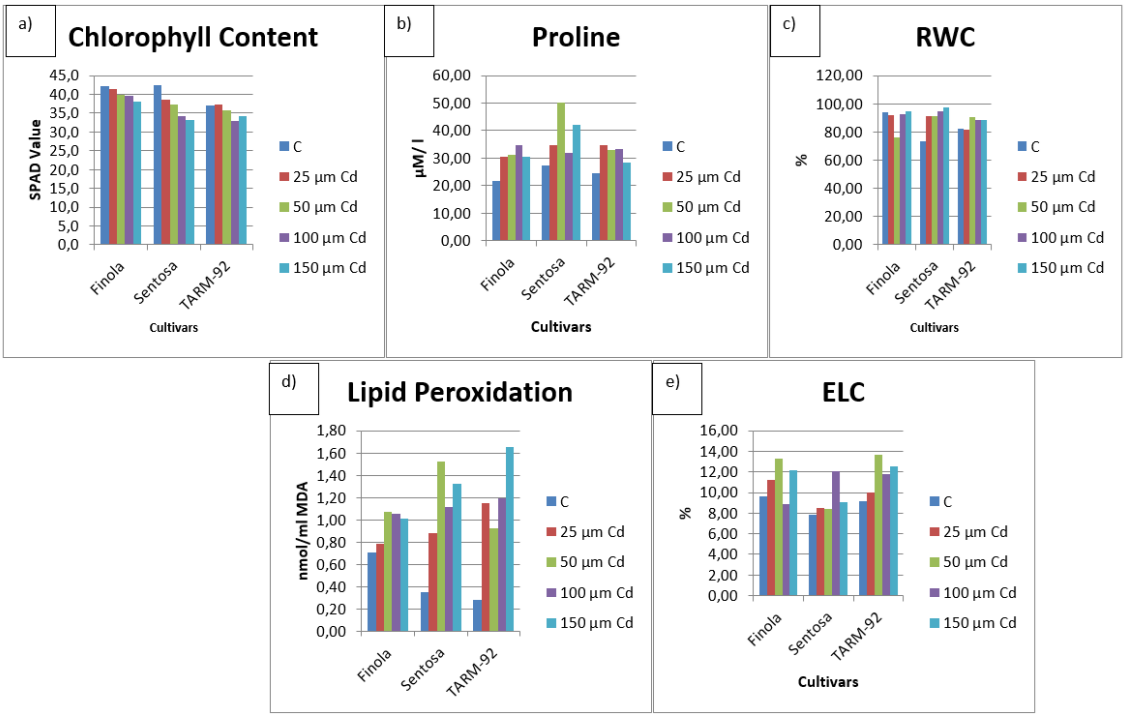


Figure 3. Effects of increasing cadmium concentrations on barley cultivars' physiological parameters (a, chlorophyll content; b, proline concentration; c, relative water content; d, Lipid Peroxidation; e,electrolyte leakage).

Effects of Cadmium Stress on on Proline Content in Barley Cultivars'

Compared with control plants, proline synthesis was induced by cadmium applications (3.b.). Changes in proline contents were observed with the Cd application. An increase in proline level was observed with an increase in Cd dosage. Yuanjie et al.'s (2019) found that under higher Cd application, plant is undergoing to stress and produce higher proline contents. Proline takes part as an osmoprotectant by aiding to membrane regulation and ROS scavenging. In many plant species, ascent of proline content may show retaining of energy and also play roles as a stress signal molecule against water deficiency (Hare et al., 1996; Tamás et al., 2008). Wu et al. stated that proline performed in detoxification of heavy metals by its direct activity or by way of biosynthesis of chelating compounds (Wu et al., 2004).

The Effects of Cadmium Stress on Barley Cultivars' on Relative Water Content

All three cultivars exhibited different stances on relative water content against cadmium (Figure 3.c.). Decrease in relative water content was observed in Finola's cultivar at 50 µM Cd dose. However, relative water contents increased with all doses in Sentosa cultivar. Vassilev et al. (1998) found that Cd didn't have a significant effect on the RWC of Cd treated young barley plants. Yordanova et al. (2017) stated that Cd did not effect RWC. De Maria et al. (2013) determined vaiations against cadmium application in sunflower RWC.

The Effects of Cadmium Stress on Barley Cultivars' on Membrane Damage

Membrane damage was tested with two parameters; lipid peroxidation and electrolyte leakage. Both parameters, increased with cadmium applications as seen in Figure 3.d and e. Due to cadmium, malondialdehyde, which is the last compound of lipid peroxidation, was increased and this rise damaged cell membranes lost their permeability. Following this, electrolyte leakage was increased as shown in Figure 3.e.

Anjum et al. (2015) found that electrolyte leakage and MDA content increased as a response to cadmium in maize plants likewise to our results. They also found that, Cd could be promoting the production of reactive oxygen species (ROS), inhibiting electron transport and basic reactions in PS2 (Sandalio et al., 2001). Also, Yordanova et al. (2017) stated that Cd application caused a higher level of electrolyte leakage in maize plants, too. It is expressed that, MDA produced as the final compound of membrane lipids peroxidation, so the MDA level is identified as an indicator of lipid peroxidation against stress (Chaoui et al., 1997; Shamsi et al., 2010).

The Effects of Cadmium Stress on Barley Cultivars' Cadmium and Mineral Content

Cadmium application resulted in metal accumulation in barley root and shoot tissues. All cultivars reflected higher Cd accumulation in root tissues. Higher cadmium doses resulted in higher metal accumulation can be seen in Table 3 and 4. In addition to these, Finola cultivar had the highest cadmium concentrations in all cadmium applications. Our results showed similarity with the findings of Akhter et al. as they cames to know that barley seedlings retained cadmium in their roots and there is a big difference between root and shoot cadmium concentration (Akhter et al., 2014). Earlier studies revealed that roots are main area of Cd accumulation in barley (Tamás et al., 2008) and other plants like sunflower (De Maria et al., 2013), tomato (López-Millán et al., 2009), soybean (Shamsi, 2010), wheat and maize (Zhao, 2011). Cadmium is easily taken by plants from solutions of cadmium compounds applied to the soil (Shacklette, 1972) and reaches to other parts of plant via vascular system in 24 hours.

Table 3 Effects of increasing cadmium concentrations on barley cultivars' shoot nutrient element and cadmium concentrations.

Cultivar	Treatment	Plant tissue	Zn (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Fe (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Ca (%)	Mg (%)	K (%)	P (%))	Cd (%)
Finola	Control	Shoot	26,27±0,12	35,00±0,26	191,88±1,95	53,76±0,11	1,83±0,04	1,57±0,00	4,87±0,01	0,58±0,00	0,00±0,00
Finola	25 µM Cd	Shoot	29,55±0,11	42,74±0,44	115,62±2,68	56,37±0,03	1,37±0,01	1,52±0,01	5,17±0,01	0,65±0,00	9,88±0,10
Finola	50 µM Cd	Shoot	35,29±0,07	53,18±0,00	73,20±1,07	59,47±0,31	1,54±0,01	1,54±0,00	5,16±0,01	0,74±0,01	40,09±0,01
Finola	100 µM Cd	Shoot	31,78±0,78	47,34±2,94	68,99±1,12	55,80±0,39	1,47±0,04	1,52±0,04	4,96±0,12	0,76±0,06	70,00±0,18
Finola	150 µM Cd	Shoot	27,31±0,06	44,96±0,14	71,19±2,29	52,12±0,16	1,14±0,00	1,35±0,01	4,61±0,01	0,70±0,01	73,51±0,05
Sentosa	Control	Shoot	30,07±0,04	52,39±0,22	69,79±1,37	56,07±0,11	1,55±0,00	1,56±0,00	5,21±0,00	0,55±0,01	0,00±0,00
Sentosa	25 µM Cd	Shoot	31,08±0,91	50,31±2,27	69,63±1,10	56,44±0,23	1,16±0,34	1,49±0,05	5,09±0,11	0,64±0,08	5,59±4,84
Sentosa	50 µM Cd	Shoot	31,09±0,00	48,01±0,04	74,18±0,68	54,69±0,09	1,23±0,20	1,55±0,00	4,81±0,00	0,64±0,00	36,86±0,02
Sentosa	100 µM Cd	Shoot	25,13±0,03	42,02±0,17	74,63±1,02	47,08±0,11	1,30±0,00	1,49±0,00	4,73±0,01	0,56±0,01	51,57±4,77
Sentosa	150 µM Cd	Shoot	24,99±0,10	45,68±0,07	72,91±0,49	46,25±0,31	1,28±0,00	1,42±0,01	4,86±0,00	0,64±0,01	65,82±1,76
TARM 92	Control	Shoot	29,16±0,05	42,50±0,15	72,07±0,73	41,69±0,16	1,48±0,01	1,61±0,01	4,63±0,00	0,69±0,00	0,00±0,00
TARM 92	25 µM Cd	Shoot	34,79±0,02	52,08±0,04	71,74±2,24	44,59±0,18	1,48±0,00	1,56±0,00	4,81±0,01	0,67±0,00	7,10±0,09
TARM 92	50 µM Cd	Shoot	32,76±0,03	48,08±0,18	72,81±0,20	42,70±0,31	1,58±0,01	1,61±0,00	4,56±0,01	0,60±0,00	18,39±1,75
TARM 92	100 µM Cd	Shoot	28,97±0,03	43,85±0,04	68,60±0,65	39,79±0,26	1,51±0,00	1,55±0,00	4,61±0,00	0,68±0,01	43,66±0,02
TARM 92	150 µM Cd	Shoot	28,99±0,07	33,99±0,26	70,48±0,58	39,39±0,04	1,66±0,00	1,56±0,00	4,65±0,01	0,79±0,01	57,39±0,01

Effects of Cd application on the mineral concentrations in barley can be seen in Table 3 and 4. In cadmium polluted soils, it is a high possibility of its competition with nutrient elements. Calcium and cadmium had many physical similarities with a similar charge and ionic radius (Lachman et al., 2015). Generally, the competition between calcium and cadmium causes the decrease of calcium content but this is in contrast to our results. In roots there is no winner of this struggle; in shoots, except for Tarm 92 cv, cadmium affected accumulation of calcium.

Another mineral competes with cadmium is magnesium. It has same charge to cadmium and calcium. In a previous study in barley, magnesium nutrition prevented cadmium translocation to shoots (Kudo et al., 2015). In the present study, magnesium content of roots wasn't affected with cadmium but in shoots, cadmium caused decreasing of magnesium level. Fe content in shoots wasn't affected by cadmium (except Finola cv.), but in roots, Fe didn't show a regular increasing or decreasing regime. Brune and Dietz (1995), stated that transportation of Fe in barley seedlings was hardly affected and this may cause inhibition in the chlorophyll biosynthesis pathway. In the previous work, the Fe content of Finola and Tarm 92 cvs', had a similar trend with chlorophyll level. Same researches found no or little changes in potassium and phosphorus content in roots as our results, but the phosphorus level in shoots of them didn't change while potassium decreased against cadmium. Potassium level of barley shoots in our study, increased in Finola and Tarm 92 cv., but decreased in

Sentosa cv. Also phosphorus content of barley shoots increased against cadmium except for Tarm 92 cv's lower applications.

The shoot manganese, copper and zinc content of the barley seedlings in the present study showed similar trends against cadmium. The concentration of these microelements increased against low cadmium applications, later decreased again in higher doses. Zinc content of roots was decreased with increasing cadmium levels Copper concentration in roots, increased in Finola and Sentosa cvs., but decreased in Tarm 92. In roots, cadmium prevented accumulation of mangan.

Table 4 Effects of increasing cadmium concentrations on barley cultivars' root nutrient element and cadmium concentrations.

Cultivar	Treatment	Plant tissue	Zn (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Fe (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Ca (%)	Mg (%)	K (%)	P (%)	Cd (%)
Finola	Control	Root	43,09±0,06	31,87±0,04	72,00±1,22	32,63±0,36	1,32±0,00	1,67±0,00	2,43±0,01	0,51±0,00	0,00±0,00
Finola	25 µM Cd	Root	35,82±0,13	36,83±0,36	71,94±0,20	34,99±0,25	1,67±0,00	1,70±0,00	2,36±0,00	0,57±0,00	251,59±0,82
Finola	50 µM Cd	Root	31,75±0,06	34,15±0,04	70,06±0,54	31,47±0,40	1,56±0,00	1,67±0,00	2,47±0,01	0,53±0,01	440,87±0,40
Finola	100 µM Cd	Root	32,97±0,01	36,54±0,11	71,65±1,07	30,21±0,31	1,60±0,00	1,67±0,00	2,35±0,00	0,62±0,01	547,40±0,53
Finola	150 µM Cd	Root	39,07±0,08	39,88±0,04	74,05±0,20	31,99±0,14	1,57±0,00	1,62±0,00	2,32±0,01	0,72±0,01	861,71±0,28
Sentosa	Control	Root	46,54±0,59	35,74±0,29	73,76±2,78	37,67±0,03	1,52±0,00	1,62±0,01	2,79±0,00	0,66±0,01	0,00±0,00
Sentosa	25 µM Cd	Root	33,33±0,39	34,11±0,04	75,54±0,52	33,59±0,20	1,23±0,00	1,67±0,01	2,79±0,00	0,70±0,01	153,84±0,02
Sentosa	50 µM Cd	Root	28,39±0,12	43,56±0,04	74,63±1,41	31,42±0,09	5,07±0,18	1,62±0,00	2,22±0,02	0,67±0,01	240,76±0,45
Sentosa	100 µM Cd	Root	28,35±0,06	42,14±0,15	74,05±1,32	30,03±0,16	0,99±0,04	1,59±0,01	2,37±0,01	0,74±0,01	408,04±5,12
Sentosa	150 µM Cd	Root	33,90±0,43	47,46±0,18	75,38±0,73	64,82±0,52	4,60±0,01	1,35±0,01	2,49±0,00	0,69±0,00	675,57±0,58
TARM 92	Control	Root	48,92±0,10	42,24±0,26	75,96±0,97	13,86±0,21	1,00±0,00	1,55±0,01	2,31±0,01	0,72±0,00	0,00±0,00
TARM 92	25 µM Cd	Root	46,24±0,29	28,53±0,04	75,51±0,73	9,12±0,26	1,85±0,01	1,67±0,01	2,01±0,02	0,66±0,00	134,05±0,47
TARM 92	50 µM Cd	Root	38,23±0,02	41,83±1,04	74,79±1,12	9,79±0,22	1,48±0,00	1,61±0,00	1,77±0,01	0,70±0,01	275,67±0,31
TARM 92	100 µM Cd	Root	37,36±0,03	25,25±0,58	78,17±0,00	8,39±0,15	1,82±0,01	1,62±0,01	1,92±0,00	0,58±0,00	454,24±0,29
TARM 92	150 µM Cd	Root	40,46±0,01	26,36±0,40	74,66±1,17	6,66±0,04	1,63±0,00	1,50±0,00	1,77±0,01	0,44±0,01	663,55±0,07

CONCLUSIONS

This study comprehensively explained the harmful effects of Cd on the root, shoot and various mineral concentrations. It was observed that a rapid decrease in chlorophyll contents was observed with an increase in Cd concentrations. Proline level and cell membranes (which indicated with MDA ontent and electrolyte leakege) were also afffected by Cd. An increase in the concentartions of manganese, copper and zinc content were observed with lower concentartions of Cd. As a result of these, Cd had toxic effects on barley seedlings' growth, chlorophyll content, biochemical structure and mineral uptake.

Conflict of Interest Statement: The authors declare that they have no conflict of interest.

Contribution Rate Statement Summary of Researchers: The authors declare that they have contributed equally to the article.

AUTHOR ORCID NUMBERS

Hande OTU BORLU: https://orcid.org/0000-0002-0381-7345

Yeter ÇİLESİZ: https://orcid.org/0000-0002-4313-352X

Halil ÇAKAN: https://orcid.org/0000-0002-8931-9653

Tolga KARAKÖY: https://orcid.org/0000-0002-5428-1907

REFERENCES

Ahmad, P., Nabi, G., Ashraf, M. 2011. Cadmium-induced oxidative damage in mustard [*Brassica juncea* (L.) Czern.&Coss.] plants can be alleviated by salicylic acid. *South African Journal of Botany*, 77:36-44.

Akar, T., Avcı, M., Dusunceli, F. 2004. Barley. Post harvest operetions: http://www.fao.org/3/a-au997e.pdf. Acessed on 11.02.2019.

Akhter, M.F., Omelon, C.R., Gordon, R.A., Moser, D., Macfie, S.M. 2014. Localization and chemical speciation of cadmium in the roots of barley and lettuce. *Environmental And Experimental Botany*, 100: 10-19.

Akkuş, H., & Vural, H. (2023). Mevsimlik Çiçeklerin (*Impatiens balsamina, Zinnia elegans*) Tuz ve Su Stresine Karşı Dayanıklılığının Belirlenmesi. Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi, 10(4), 933-943.

Anjum, S.A., Tanveer, M., Hussain, S., Bao, M., Wang, L., Khan, I., Shahzad, B. 2015. Cadmium toxicity in Maize (*Zea mays* L.): consequences on antioxidative systems, reactive oxygen species and cadmium accumulation. *Environmental Science and Pollution Research*, 22(21): 17022-17030.

Bahmani, R., Bihamta, M.R., Habibi, D., Forozesh, P., Ahmadvand, S. 2012. Effect of cadmium chloride on growth parameters of different bean genotypes (*Phaseolus vulgaris* L.). *ARPN Journal of Agricultural and Biological Science,* 7: 35-40.

Bates, L.S., Waldern, R.P., Teare, I.D. 1973. Rapid determination of free prolin for water-stress studies. *Plant and Soil*, 39: 205-207.

Beaty, R.D., Kerber, J.D. 1993. Concepts, instrumentation and techniques in Atomic Absorption Spectrophotomerty, Perkind Elmer. *Inc.: Shelton, CT*.

Brune, A., Dietz, K.J. 1995. A comparative analysis of element composition of roots and leaves of barley seedlings grown in the presence of toxic cadmium, molybdenum, nickel, and zinc concentrations. *Journal of Plant Nutrition*, 18(4): 853-868.

Campos, P.S., Quartin, V., Ramalho, J.C., Nunes, M.A. 2003. Electrolyte leakage and lipid degradation account for cold sensitivity in leaves of Coffea sp. Plants. *Journal of Plant Physiology*, 160: 283–292.

Chang, S.X., Robison, D.J. 2003. Nondestructive and rapid estimation of hardwood foliar nitrogen status using the SPAD-502 chlorophyll meter. *Forest Ecology and Management*, 181(3): 331-338.

Chaoui, A., Mazhoudi, S., Ghorbal, M.H., El Ferjani, E. 1997. Cadmium and zinc induction of lipid peroxidation and effects on antioxidant enzyme activities in bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Plant Science*, 127(2): 139-147.

Cherif, J., Derbel, N., Nakkach, M., Berhman, H., Jemal, F., Ben Lakhdar, Z. 2012. Spectroscopic studies of photosynthetic responses of tomato plants to the interaction of zinc and cadmium toxicity. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, 111: 9-16.

Çulha, Ş. ve Çakırlar, H. 2011. Tuzluluğun Bitkiler Üzerine Etkileri ve Tuz Tolerans Mekanizmaları. AKU J. Sci., 11 (2), 11-34.

De Maria, S., Puschenreiter, M., Rivelli, A.R. 2013. Cadmium accumulation and physiological response of sunflower plants to Cd during the vegetative growing cycle. *Plant, Soil and Environment*, 59(6): 254-261.

Demirevska-Kepova, K., Simova-Stoilova, L., Stoyonova, Z.P., Feller, U. 2006. Cadmium Stress in Barley: Growth, Leaf Pigment, and Protein Composition and Detoxification of Reactive Oxygen Species. *Journal of Plant Nutrition*, 29: 451–468.

Di Toppi, L.S., Gabbrielli, R. 1999. Response to cadmium in higher plants. *Environmental and Experimental Botany*, 41(2): 105-130.

Didwania, N., Jain, S., Sadana, D. 2019. In-vitro phytotoxic effects of cadmium on morphological parameters of allium cepa. *Biological*, 12(1): 137.

Dobrikova, A.G., Apostolova, E.L. 2019. Damage and Protection of the Photosynthetic Apparatus Under Cadmium Stress. In Cadmium Toxicity and Tolerance in Plants (pp. 275-298). Academic Press.

Dresler, S., Hawrylak-Nowak, B., Kovacik, J., Pochwatka, M., Hanaka, A., Strezemski, M., Sowa, I. and Wójciak, K. 2019. Allantoin attenuates cadmium-induced toxicity in cucumber plants. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 170: 120-126.

FAO Food Outlook Report, (2017). http://www.fao.org/3/a-i7343e.pdf. Acessed on 11.02.2019

Gallego, S.M., Benavides, M.P., Tomaro, M.L. 1996. Effect of heavy metal ion excess on sunflower leaves: evidence for involvement of oxidative stress. *Plant Science*, 121(2): 151-159.

Garnieret, J., Cébron, A., Tallec, G., Billen, G., Sebilo, M., Martinnz, A. 2006. Nitrogen behaviour and nitrous oxide emission in the tidal Seine River estuary (France) as influenced by human activities in the upstream watershed. *Biogeochemistry*, 77: 305-326.

Gill, S.S., Tuteja, N. 2011. Cadmium stress tolerance in crop plants: probing the role of sulfur. *Plant Signaling & Behavior*, 6(2): 215-222.

Hare, P.D., Du Plessis, S., Cress, W.A., Van Staden, J. 1996. Stress-induced changes in plant gene expression. Prospects for enhancing agricultural productivity in South Africa. *South African Journal of Science* (South Africa).

Hodges, D.M., Delong, J.M., Forney, C.F., Prange, R.K. 1999. Improving the thiobarbituric acid reactive substances assay for estimating lipid peroxidation in plant tissues containing anthocyanin and other interfering compounds. *Planta*, 207: 604-611

Jackson, M.L. 1962. Soil Chemical Analysis. Constable and Company, UK.

Kabata-Pendias, A., Mukherjee, A.B. 2007. *Trace elements from soil to human*. Springer Science & Business Media.

Koleva, L. 2010. Mineral Nutrients Content In Zinc- And Cadmium-Treated Durum Wheat Plants With Similar Growth Inhibition. *General and Applied Plant Physiology*, 36 (1–2): 60-63.

Kudo, H., Kudo, K., Uemura, M., Kawai, S. 2015. Magnesium inhibits cadmium translocation from roots to shoots, rather than the uptake from roots, in barley. *Botany*, 93(6): 345-351.

Lachman, J., Kotikova, Z., Zámečníková, B., Miholová, D., Záková, J., Vodičková, H. 2015. Effect of cadmium stress on barley tissue damage and essential metal transport into plant. *Open Life Science*, 10: 30-39.

Li, F., Qi, J., Zhang, G., Lin, L., Fang, P., Tao, A., Xu, J. 2013. Effect of Cadmium Stress on the Growth, Antioxidative Enzymes and Lipid Peroxidation in Two Kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.) Plant Seedlings. *Journal of Integrative Agriculture*, 12(4): 610-620.

Li, M., Zhang, L.J., Tao, L., Li, W. 2008. Ecophysiological responses of Jussiaea rapens to cadmium exposure. *Aquatic Botany*, 88: 347-352.

Li, S., Yang, W., Yang, T., Chen, Y., Ni, W. 2015. Effects of cadmium stress on leaf chlorophyll fluorescence and photosynthesis of elsholtzia argyi—a cadmium accumulating plant. *International Journal of Phytoremediation*, 17(1): 85-92.

López-Millán, A.F., Sagardoy, R., Solanas, M., Abadía, A., Abadía, J. 2009. Cadmium toxicity in tomato (*Lycopersicon esculentum*) plants grown in hydroponics. *Environmental and Experimental Botany*, 65(2-3): 376-385.

Marchiol, L., Leita, L., Martin, M., Peressotti, A., Zerbi, G. 1996. Physiological responses of two soybean cultivars to cadmium. *Journal of Environmental Quality*, 25: 562-566.

Metwally, A., Finkemeier, I., Georgi, M., Dietz, K.J. 2003. Salicylic acid alleviates the cadmium toxicity in barley seedlings. *Plant Physiology*, 132: 272-281.

Pourghasemian, N., Landberg, T., Ehsanzadeh, P., Greger, M. 2019. Different response to Cd stress in domesticated and wild safflower (*Carthamus* spp.). *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 171: 321-328.

Sandalio, L.M., Dalurzo, H.C., Gómez, M., Romero-Puertas, M.C., Río, L.A. 2001. Cadmium-induces changes in the growth and oxidative metabolism of pea plants. *Journal of Experimental Botany*, 52: 2115–2126.

Shacklette, H.T. 1972. Cadmium in plants (No. 1314). US Government Printing Office.

Shamsi, I.H., Jiang, L., Wei, K., Jilani, G., Hua, S., Zhang, G.P. 2010. Alleviation of cadmium toxicity in soybean by potassium supplementation. *Journal of Plant Nutrition*, 33(13): 1926-1938.

Shao, H-B., Chu, L-Y., Jaleel, C.A. ve Zhao, C-X. 2008. Water-deficit stress-induced anatomical changes in higher plants. Comptes Rendus Biologies, 331(3), 215-225.

Siddiqui, M.H., Al-Whaibi, M.H., Sakran, A.M., Basalah, M.O., Ali, H.M. 2012. Effect of calcium and potassium on antioxidant system of *Vicia faba* L. under cadmium stress. *International Journal of Molecular Sciences*, 13: 6604-6619.

Smart, R.E., Bingham, G.E. 1974. Rapid Estimates of Relative Water Content. *Plant Physiology*, 53: 258-260.

Song, J., Feng, S.J., Chen, J., Zhao, W.T., Yang, Z.M. 2017. A cadmium stress-responsive gene AtFC1 confers plant tolerance to cadmium toxicity. *BMC Plant Biology*, 17(1): 187.

Tamás, L., Dudíková, J., Ďurčeková, K., Halušková, L.U., Huttová, J., Mistrík, I., Ollé, M. 2008. Alterations of the gene expression, lipid peroxidation, proline and thiol content along the barley root exposed to cadmium. *Journal of Plant Physiology*, 165(11): 1193-1203.

Tamás, L., Mistrík, I., Alemayehu, A., Zelinová, V., Bočová, B., Huttová, J. 2015. Salicylic acid alleviates cadmium-induced stress responses through the inhibition of Cd-induced auxin-mediated reactive oxygen species production in barley root tips. *Journal of Plant Physiology*, 173: 1-8.

Tiryakioğlu, M., Eker, S., Özkutlu, F., Husted, S., Cakmak, İ. 2006. Antioxidant defense system and cadmium uptake in barley genotypes differing in cadmium tolerance. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 20: 181-189.

Vassilev, A., Berova, M., Zlatev, Z. 1998. Influence of Cd2+ on growth, chlorophyll content, and water relations in young barley plants. *Biologia Plantarum*, 41(4): 601-606.

Wilkins, D.A. 1978. The measurement of tolerance to edaphic factors by means of root growth. *New Phytologist*, 80: 623–633.

Wu, F., Zhang, G., Dominy, P. 2003. Four barley genotypes respond differently to cadmium: lipid peroxidation and activities of antioxidant capacity. *Environmental and Experimental Botany*, 50: 67-78.

Wu, F.B., Chen, F., Wei, K., Zhang, G.P. 2004. Effect of cadmium on free amino acid, glutathione and ascorbic acid concentrations in two barley genotypes (*Hordeum vulgare* L.) differing in cadmium tolerance. *Chemosphere*, 57(6): 447-454.

Xu, W.F., Shi, W.M., Yan, F., Zhang, B., Liang, J.S. 2011. Mechanisms of cadmium detoxification in cattail (*Typha angustifolia* L.). *Aquatic Botany*, 94: 37-43.

Yılmaz, H. Ş., & Kökten, K. (2019). Kadmiyum (Cd) uygulamasının tane sorgumda (Sorghum bicolor L.) bazı morfolojik özellikler üzerine etkisinin belirlenmesi. Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi, 6(3), 447-456.

Yordanova, R., Baydanova, V., Peeva, V. 2017. Nıtrıc oxıde medıates the stress response ınduced by cadmıum ın maıze plants. *Genetics and Plant Physiology*, 7(3–4): 121–134.

Yuanjie, D., Weifeng, C., Xiaoying, B., Fengzhen, L., Yongshan, W. 2019. Effects of exogenous nitric oxide and 24-epibrassinolide on the physiological characteristics of peanut seedlings under cadmium stress. *Pedosphere*, 29(1): 45-59.

Zhao, L.J., Xıe, J.F., Zhang, H., Wang, Z.T., Jıang, H.J., Gao, S.L. 2017. Enzymatic activity and chlorophyll fluorescence imaging of maize seedlings (*Zea mays* L.) after exposure to low doses of chlorsulfuron and cadmium.

Zhao, Y. 2011. Cadmium accumulation and antioxidative defenses in leaves of *Triticum aestivum* L. and *Zea mays* L. *African Journal of Biotechnology*, 10(15): 2936-2943.

Zhao, Y., Hu, C., Wu, Z., Liu, X., Cai, M., Jia, W., Zhao, X. 2019. Selenium reduces cadmium accumulation in seed by increasing cadmium retention in root of oilseed rape (*Brassica napus* L.). *Environmental and Experimental Botany*, 158: 161-170.

Zohary, D., Hopf, M. 1994. Domestication of plants in the Old World, 2nd edn. Clarendon.

Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi 12(1): 51–61, 2025
https://doi.org/10.30910/turkjans.1572312

TÜRK TARIM ve DOĞA BİLİMLERİ DERGİSİ

TURKISH JOURNAL of AGRICULTURAL and NATURAL SCIENCES

www.dergipark.gov.tr/turkjans

Araştırma Makalesi

Farklı Kavuzsuz Arpa Çeşitlerinin Bisküvinin Teknolojik, Tekstürel ve Besin Değerleri Üzerine Etkisi

Arzu OZER[1]*, Berrin OZKAYA[2]

[1]Department of Quality and Technology, Field Crops Central Research Institute, Türkiye
[2]Department of Food Engineering, Ankara University, Türkiye

*Sorumlu Yazar: ozer.arzu@tarimorman.gov.tr

Geliş Tarihi: 23.10.2024 Düzeltme Geliş Tarihi: 01.01.2025 Kabul Tarihi: 06.01.2025

ÖZ

Kavuzsuz arpa, biyoaktif bileşikler ve önemli besin maddeleri bakımından zengin bir tahıldır. Bu çalışmada, iki kavuzsuz arpa (cv. Özen ve cv. Yalın) unu, kabul edilebilir duyusal kaliteyi korurken gelişmiş diyet lifi, fenolik bileşikler, β-glukan ve antioksidan içeriği de dahil olmak üzere yüksek besin değerine sahip bisküvi üretme olanaklarını araştırmak için buğday (cv. Çetinel 2000) unu ile değişen oranlarda (%0, %25, %50, %75 ve %100) karıştırılmıştır. Hammadde olarak kullanılan buğday ve arpa unlarının kimyasal, fizikokimyasal ve besinsel içeriği belirlenmiş ve bisküvilerin fonksiyonel ve kalite özellikleri analiz edilmiştir. Kavuzsuz tam arpanın tüm katkı seviyelerinde bisküvi üretiminde fonksiyonel bir gıda bileşeni olarak kullanılabileceği tespit edilmiştir. Buğday ununa arpa eklenmesi kurabiyelerin çapını ve yayılma oranını azaltırken kalınlıklarını artırmıştır. Kurabiyelerin sertlik değerleri 20,64 N ile 30,45 N arasında değişmiş, en yüksek yayılma oranı kontrol örneğinden elde edilirken, bu değer %100 Özen arpa unu ile yapılan bisküvilerde 5,24'e, %100 Yalın arpa unu ile yapılan bisküvilerde ise 5,27'ye düşmüştür. Tekstür özellikleri incelendiğinde, sertlik değerlerinin katım oranı ile arttığı tespit edilmiştir. Arpanın, fonksiyonel gıdalarda potansiyel uygulamalara sahip olabilecek zengin bir biyoaktif bileşen kaynağı olduğu belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: β-glukan, kavuzsuz arpa, bisküvi kalitesi, tekstür, diyet lif

Effect Of Different Hull-Less Barley Varieties On The Technological, Textural, And Nutritional Properties Of Cookies

ABSTRACT

Hull-less barley is a crop abundant in bioactive compounds and substantial nutrients. In this study, two hull-less barley (cv. Ozen and cv. Yalin) flour was blended with wheat (cv. Cetinel 2000) flour at varying ratios (0%, 25%, 50%, 75%, and 100%) to explore the possibilities of producing cookies with high nutritional value, including enhanced dietary fiber, phenolic compounds, β-glucan, and antioxidant content, while maintaining acceptable sensory quality. The chemical, physicochemical, and nutritional content of the wheat and barley flours used as raw materials were determined, and the functional and quality characteristics of the cookies were analyzed. It was found that hull-less whole barley can be used as a functional food ingredient in cookie production at all supplementation levels. Adding barley to wheat flour decreased the diameter and spread ratio of the cookies while increasing their thickness. The hardness values of the cookies ranged between 20.64 N and 30.45 N., the highest spread ratio was obtained from the control sample, while this value decreased to 5.24 in the cookies made with 100% Ozen barley flour and to 5.27 in the cookies made with 100% Yalin barley flour. The texture properties were found that the hardness values increased with the incorporation ratio. It has been shown that barley is a rich source of bioactive components, which may have potential applications in functional foods.

Keywords: β-glucan, hull-less barley, cookie quality, texture, dietary fiber

INTRODUCTION

Researchers indicate that functional foods significantly reduce the risk of developing certain types of cancer, particularly those related to the digestive and cardiovascular systems. These foods also regulate blood pressure and lower cholesterol and blood sugar levels (Erbaş, 2006). Barley adapts better to environmental conditions than other cereals and can be cultivated under diverse circumstances. Its composition and properties vary depending on the variety, cultivation conditions, and environmental factors, making it a versatile raw material for developing various products. While barley was initially cultivated for human consumption, today it is primarily grown for use in animal feed and the brewing industry (Akdeniz et al., 2004).

Cultivated barley grains are categorized into two primary types depending on their structure: hulled and hull-less. The seed coat and hull stay affixed to the grain in hulled barley. During the latter stages of the grain-filling cycle, certain sticky compounds develop between the hull and the grain, inhibiting their separation. Post-harvest, the hull and seed coat stay affixed to the grain during threshing. In hull-less barley, the hull can be readily detached from the grain during threshing. The lack of de-hulling in processing enhances the value of hull-less barley. The absence of hull in barley is governed by a single recessive gene, 'nud,' situated on the long arm of chromosome 7H (Köksel, 2016).

Hull-less barley has high digestible protein and energy content and is suitable for blending in bread production. Recent studies demonstrated its ability to reduce plasma cholesterol due to its β-glucan and high soluble fiber content, drawing considerable attention to hull-less barley. Beta-glucan is an important dietary fiber in cereal products, mainly barley, oats, and mushrooms (Ahmad et al., 2012). β-glucan is a linear polysaccharide composed of glucose monomers linked by β(1→4) and β(1→3) bonds, primarily located in the endosperms of barley and oats. It is water-soluble and exhibits high viscosity even at low concentrations. The physiological benefits of β-glucan stem from its effects on lipid and postprandial glucose metabolism. Numerous researchers have reported an inverse relationship between β-glucan consumption and cholesterol levels (Lattimer & Haub, 2010).

The concentration of β-glucan in grains fluctuates based on pre- and post-harvest practices, growing circumstances, genetic determinants, and environmental factors (Simsekli and Doğan, 2015). Although β-glucan is predominantly found in the cell walls of the endosperm, the aleurone cell walls also contain small amounts of β-glucan. Compared to other cereals, barley and oats have higher β-glucan content, ranging from 3% to 11% and oats from 4% to 6%. The cell walls of barley contain approximately 70% high-molecular-weight mixed-linkage (1-3) (1-4) β-glucan (Saldamlı, 2014).

Numerous phenolic compounds vary in quality and quantity and are secondary metabolites in plant metabolism. These compounds help plants defend themselves against certain pests (Saldamlı, 2014). The primary role of antioxidants in nutrition is to prevent oxidative stress that arises from the metabolism of macromolecules (carbohydrates, proteins, and fats) during the digestive process (Güleşci and Aygül, 2016). Phenolic compounds, ascorbic acid (vitamin C), tocopherols and tocotrienols (vitamin E), and carotenoids are among the most significant antioxidant chemicals found in foods (Perera and Yen, 2007; Meral et al., 2012). Barley has been observed to possess higher vitamin E levels than other cereals. In research, the vitamin E concentration of 25 barley genotypes varied from 8.5 to 31.5 µg/g. This indicates that barley may have potential uses in functional foods as a source of vitamin E. Furthermore, barley comprises tocotrienols, isomers of tocopherols, which function as natural antioxidants. Tocotrienols and tocopherols have shown efficacy in alleviating the adverse effects of cholesterol. Recognizing that hull-less barley possesses substantial quantities of valuable constituents, numerous recent research and development studies have concentrated on its application in cereal products (Hatami Golzari, 2015; Blandino et al., 2015; Malcolmson et al., 2014; Skrbic and Cvejanov, 2011; Hatcher et al., 2005; Erkan et al., 2006).

In this study, various hull-less barley flour was blended with wheat flour at specific ratios to explore the possibilities of producing cookies with high nutritional value, including enhanced dietary fiber, phenolic compounds, β-glucan, and antioxidant content while maintaining acceptable sensory quality.

This study aimed to furnish information for creating hull-less barley foods using several Turkish varieties, which might be extensively employed in developing diverse barley-based functional foods.

MATERIALS and METHODS

Material

Two types of hull-less barley (cv. Ozen and cv. Yalin) from the Ankara Field Crops Central Research Institute and a cookie wheat variety (cv. Cetinel 2000) from the Eskişehir Transition Zone Agricultural Research Institute were used in the study. The Ozen cultivar is a two-rowed, hull-less, awned, medium-long spiking plant with white-amber grain coloration and a medium-short stature. Yalin is a two-rowed, hull-less, awned, medium-long spiking,

white-amber grain-colored, and medium-tall plant type. After physical analyses of the wheat sample, it was tempered to the appropriate moisture content (15.5%) based on the pearling index value. The wheat was then milled using a Bühler laboratory mill (Bühler MLU 202, Uzwil, Switzerland) according to the International Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists (AACCI) Method No: 26-50 to obtain cookie flour (Anonymous, 2010).

The hull-less barley varieties were milled using an ultra-centrifugal grinder (Retsch ZM 200, Germany) with a 500 µm sieve and incorporated into the cookie formulation as whole grain flour. Local stores provided the other ingredients used in the cookie recipe.

The cookie samples were made from blends in which hull-less whole barley flour was added to wheat flour at varying ratios (0%, 25%, 50%, 75%, and 100%).

Methods

Physical and Chemical Properties of Wheat and Hull-less Barley

The thousand kernel weight analysis for wheat and hull-less barley was conducted using a grain counter (Numigral II, France) according to the method described by Ozkaya and Ozkaya (2005). The hectoliter weight analysis was performed using a hectoliter measurement device (Ohaus, Chicago, USA) following the method Ozkaya and Ozkaya (2005) described. The moisture content of the cereals was determined according to AACCI Standard Method No: 44-15A, while the ash content was measured using AACCI Standard Method No: 08-01 (Anonymous, 2010). The protein content of refined wheat flour and hull-less whole barley flour was determined using the Dumas method with a nitrogen analyzer (Velp Scientifica NDA 701, Italy), according to AACCI Method No: 46-30 (Anonymous, 2010). The nitrogen-to-protein conversion factor was set at 5.7 for wheat samples and 6.25 for hull-less barley samples. The ash content of the samples was determined according to AACCI Standard Method No: 08-01 (Anonymous, 2010).

Physicochemical and Rheological Properties of Wheat Flour

The wet gluten content and gluten index values of the wheat samples were assessed following AACCI Method No: 38-12A (Anonymous, 2010). The gluten index value was determined by centrifuging the wet gluten, acquired using gluten washing equipment (Glutomatic® 2200, Perten, Sweden), in a gluten index device (Centrifuge 2015, Perten, Sweden). The wet gluten extracted from the wheat samples was subjected to drying for 5 minutes in a gluten drier (Glutork 2020, Perten, Sweden), thereafter chilled, and weighed to ascertain the dry gluten content (Ozkaya and Ozkaya, 2005). The Zeleny Sedimentation values of the flour samples were determined according to AACCI Standard Method No: 56-61A, while the Falling Number values were measured using the Falling Number device (Perten FN 1500, Huddinge, Sweden) according to AACCI Standard Method No: 56-81B (Anonymous, 2010). The samples' Farinograph properties were determined according to AACCI Standard Method No: 54-21, while the Alveograph properties were measured according to AACCI Standard Method No: 54-50 (Anonymous, 2010).

Preparation of Cookies

The cookie samples were prepared by modifying the AACCI Standard Method No. 10-54 (Anonymous, 2010), incorporating hull-less whole barley flours (Ozen and Yalin) into cookie wheat flour (Cetinel 2000) at proportions of 0%, 25%, 50%, 75%, and 100%." The formulation comprised 40.0 g of flour (at 13% moisture), 16.8 g of powdered sugar, 16.0 g of shortening, 0.6 g of high-fructose corn syrup, 0.5 g of salt, 0.4 g of non-fat dry milk, 0.4 g of sodium bicarbonate, 0.2 g of ammonium bicarbonate, and 8.8 mL of water.

The dry ingredients (powdered sugar, non-fat dry milk, salt, and sodium bicarbonate) were added to the shortening and combined using a Kitchen Aid mixer (St. Joseph, Michigan, United States). Thereafter, HFCS and ammonium bicarbonate were solubilized in water and integrated into the mixture to yield a uniform cream. Ultimately, a blend of wheat flour or a combination of wheat flour and hull-less barley flour was used, and the mixture was amalgamated to create the dough. The dough is thereafter rolled to a consistent thickness of 6 mm and cut into circles with a diameter of 60 mm. The cookies were baked at 205°C for 11 minutes.

Physical Characteristics of Cookies

The diameter (mm) and thickness (mm) of the cookie samples were evaluated following AACCI Standard Method No: 10-54 (Anonymous, 2010). The spread factor of the cookies (W/T) was determined by dividing the diameter by the thickness.

Nutritional Properties of Wheat, Hull-less barley and Cookies

The β-glucan content in the samples was enzymatically determined using the β-glucan test kit from Megazyme, following a modified version of the methods developed by McCleary and Glennie-Holmes (1985), McCleary and Codd (1991), and McCleary and Mugford (1992). This approach involves degrading glucose units generated by treating the sample with lichenase and β-glucosidase, utilizing the GOPOD (glucose oxidase-peroxidase) reagent. The resultant color is quantified for absorbance at 510 nm via a spectrophotometer (HITACHI U-1800, Tokyo, Japan).

The total dietary fiber content of the samples was determined using the Megazyme total dietary fiber kit, following AOAC Method No: 991.43 (Anonymous, 2000). The total phenolic content of the samples was determined using the Folin-Ciocalteu method, as described by Singleton and Rossi (1965) and Gao et al. (2002). The total antioxidant activity of the samples was determined using the DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) radical scavenging activity assay, according to the method of Brand-Williams et al. (1995).

Textural and Color Characteristics of Cookies

The textural parameters of the cookie samples (hardness and brittleness) were assessed using a texture analyzer (TA-XT plus, Stable Micro Systems, UK) following AACCI Standard Method No: 74-09 (Anonymous, 2010). The breaking force (hardness) values were determined utilizing the three-point bend rig method (load cell: 30 kg, pre-test speed: 1.0 mm/s, test speed: 3.0 mm/s, post-test speed: 10.0 mm/s, distance: 5 mm, trigger force: 50 g). The color values of the cookies were quantified using a Hunterlab MiniScan XE Plus colorimeter (USA) as follows: L* value [(0) black – (100) white], a* value [(+) red – (-) green], and b* value [(+) yellow – (-) blue]. The equation presented below (Peressini and Sensidoni, 2009) computes the total color difference (ΔE*) by deducting the L*, a*, and b* values of barley flour-enriched cookies from those of the control cookies.

$$\Delta E^* = \sqrt{(L^* - L^*control)^2 + (a^* - a^*control)^2 + (b^* - b^*control)^2}$$

Statistical analysis

The data obtained from the analyses were evaluated using One-Way ANOVA (single-factor analysis of variance) with SPSS v.20 software (IBM, Armonk, NY, USA), and the differences between sample means were examined at a significance level of $p<0.05$.

RESULTS and DISCUSSION

Physical and Chemical Properties of Wheat and Hull-less Barley Kernel and Flour

The hectoliter weight and thousand kernel weights of the Çetinel 2000 wheat were 77.8 kg/hl and 34.4 g, respectively. For the barley samples, the hectoliter weight and thousand kernel weight were 77.1 kg/hl-32.3 g for the Ozen variety and 80.1 kg/hl-46.0 g for the Yalın variety, with the Yalın variety showing higher values. In the study conducted by Nohutcu and Soylu (2018), it was reported that the thousand kernel weights of bread wheat genotypes developed for use in the cookie industry ranged from 34.74 g to 50.13 g, and their hectoliter weights varied between 73.19 kg/hl and 80.78 kg/hl, showing a similar variation to this study.

Table 1. Physical and chemical properties of wheat and hull-less barley

Analysis	Wheat (Cetinel 2000)	Refined Wheat Flour (Cetinel 2000)	Hull-less barley (Ozen)	Hull-less barley (Yalin)
1000 Kernel Weight * (g)	77.8±1.7	-	77.1±0.9	80.1±1.3
Hectolitre Weight (kg/hl)	34.4±0.4	-	32.3±0.2	46.0±0.3
Moisture Content(%)	-	12.98±0.02	9.84±0.08	10.68±0.1
Protein Content* (%)	-	10.20±0.03	17.1±0.09	15.8±0.05
Ash Content* (mg/100g)	-	0.50±0.01	1.95±0.02	1.83±0.03

*dry basis

It has been reported that hull-less barley contains higher crude protein content than hulled barley (Mitchall et al., 1976). A research by Edney et al. (1992) on 11 hull-less barley samples indicated that the protein content varied from 12.5% to 17.2%. When examining the protein content of the varieties used in the study, it was observed that the protein content of Ozen and Yalın whole barley flours was 17.1% and 15.8%, respectively, while Çetinel wheat flour contained 10.2% protein. The protein and ash content of whole barley flour were higher than wheat flour's.

Table 2. Physicochemical and rheological properties of wheat flour

Analysis	Wheat (Cetinel 2000) Flour
Wet Gluten Content* (%)	26.2±0.13
Dry Gluten Content* (%)	8.1±0.1
Gluten Index (%)	35±0.4
Falling Number*** (s)	390±2.5
Sedimentation Value** (ml)	22±0,5
Farinograph	
Water Absorption (%)	51.3±1.3
Development Time (min)	1.3±0.02
Stability (min)	2.5±0.07
Softening Degree (BU)	112±3.7
Alveograph	
Energy Value (10^{-4} Joule)	90±1.3
/L Ratio	0.5±0.04

*dry basis, **based on 14% moisture, ***based on %15 moisture, BU: Brabender unit

Physicochemical and Rheological Properties of Wheat Flour

Table 2 presents the values related to the flour properties obtained in the study. The wheat flour utilized in this investigation exhibits wet gluten at 26.2%, dry gluten at 8.1%, a gluten index of 35%, and zeleny sedimentation values of 22 ml. Zeleny sedimentation is considered an indicator of protein quality and is widely used by industry professionals. A low sedimentation value (<30) is desired for flour intended for use in the cookie industry. Wheat with low protein content and weak gluten properties, which is unsuitable for bread making, is preferred for cookie production.

In a study by Demir (2015) on the use of whole wheat flour and its blends in cookie production, the ash, protein, wet gluten, gluten index, and zeleny sedimentation values of cookie wheat flour were found to be 0.672%, 9.01%, 23.5%, 81.4, and 20.5 ml, respectively.

The falling number value provides information about the amylase activity in flours. The flour used in the study had a high falling number value (390 s).

Water absorption, development time, and stability values are expected to be low in flours with low protein content used for cookies (Doğan and Uğur, 2004). The study identified them as 51.3%, 1.3, and 2.5 minutes, respectively. The extent of softening is anticipated to be significant. Upon examining the alveograph values, the W (energy) value of Cetinel flour was determined to be 90 x 10^{-4} Joules. The W energy value plays an important role, particularly in evaluating the bread-making quality of flour. In a study investigating the quality parameters of wheat flour, the W value for cookie wheat flour was reported to be similar to this study, with an average of 119.6 x 10^{-4} J (Arslan, 2018).

Nutritional Properties of Flour

The nutritional contents of the wheat and hull-less whole barley flours used in the study are presented in Table 3. When examining the total β-glucan contents of the flours, it is observed that whole barley flours contain significantly higher amounts of β-glucan, dietary fiber, and phenolic compounds than wheat flour.

Table 3. Nutritional properties of wheat and hull-less barley flour

Analysis	Refined Wheat Flour (Cetinel 2000)	Hull-less barley Flour (Ozen)	Hull-less barley Flour (Yalin)
β-glucan content(%)	0.23±0.01	5.10±0.1	5.11±0.1
Total Dietary Fiber* (g/100g)	2.74±0.07	17.87±0.09	18.05±0.1
Total Phenolic Content* (mgGAE/kg)	817.30±1.2	2306.24±23.4	2413.51±25.8
Total Antioxidant Activity* (µmolTE/100g)	98.73±4.9	859.30±5.2	979.20±7.5

*dry basis, GAE: Gallic acid equivalent, TE: Trolox equivalent

The total dietary fiber contents of Cetinel wheat flour and hull-less barley flours (Ozen and Yalin) were found to be 2.74%, 17.87%, and 18.05%, respectively, with the highest amount obtained from Yalin barley flour. The total phenolic content of the barley flours was found to be 2306.24-2423.51 mg GAE/kg for Ozen and Yalın, while the antioxidant activity values were 859.30-979.20 µmol TE/100 g, with the highest values observed in Yalin whole barley flour.

Physical Characteristics of Cookies

Table 4 presents the diameter (W), thickness (T), and spread factor (W/T) characteristics of cookies made by incorporating Ozen and Yalin hull-less whole barley flours in different ratios into Cetinel 2000 flour.

The control sample exhibited a diameter of 71.24 mm, a thickness of 10.54 mm, and a spread factor of 6.76. The control sample exhibited the largest spread ratio, which diminished to 5.24 in cookies prepared with 100% Ozen barley flour and to 5.27 in those manufactured with 100% Yalin barley flour. The elevated dietary fiber and β-glucan levels in the cookie formulation result in enhanced water absorption, hence diminishing the cookies' spread factor (Sharma and Gujral, 2014).

The decrease in diameter and the increase in thickness values of the cookies were statistically significant for all supplementation ratios ($p<0.05$).

Table 4. Physical characteristics of cookies

Cookie Samples	Supplementation level (g/ 100 g)	Diameter (W) (mm)	Thickness (T) (mm)	Spread Factor (W/T)
Ozen Hull-less Barley	0	71.24^{e}	10.54^{a}	6.76^{e}
	25	70.67^{d}	11.42^{b}	6.19^{d}
	50	69.19^{c}	11.75^{c}	5.89^{c}
	75	66.76^{b}	12.45^{d}	5.36^{b}
	100	66.20^{a}	12.63^{e}	5.24^{a}
Yalin Hull-less Barley	0	71.24^{e}	10.54^{a}	6.76^{e}
	25	68.36^{d}	11.05^{b}	6.19^{d}
	50	67.65^{c}	12.06^{c}	5.61^{c}
	75	66.37^{b}	12.23^{d}	5.43^{b}
	100	65.18^{a}	12.38^{d}	5.27^{a}

The letters 'a-e' within the same column indicate that the differences between the means of different incorporation levels of the same barley flour are statistically significant ($p<0.05$).

Table 5. Nutritional properties of cookies

Cookie Samples	Supplementation level (g/ 100 g)	β-glucan Content* (%)	Total Dietary Fiber* (%)	Total Phenolic Content* (mg GAE/kg)	Total Antioxidant Activity* (µmol TE/100g)
Ozen Hull-less Barley	0	0.11[a]	1.89[a]	522.59[a]	81.88[a]
	25	0.75[b]	4.13[b]	694.45[b]	175.70[b]
	50	1.34[c]	6.25[bc]	881.58[c]	265.85[c]
	75	1.54[d]	7.98[c]	1161.05[d]	361.70[d]
	100	2.41[e]	11.62[d]	1293.97[e]	412.60[e]
Yalin Hull-less Barley	0	0.11[a]	1.89[a]	522.59[a]	81.88[a]
	25	0.73[b]	4.28[b]	698.39[b]	187.30[b]
	50	1.39[c]	6.65[c]	968.12[c]	292.70[c]
	75	1.66[d]	8.51[d]	1256.27[d]	383.55[d]
	100	2.45[e]	12.68[e]	1303.43[d]	447.50[e]

*dry basis, GAE: Gallic acid equivalent, TE: Trolox equivalent.
The letters 'a-e' within the same column indicate that the differences between the means of different incorporation levels of the same barley flour are statistically significant ($p<0.05$).

Nutritional Properties of Cookies

The β-glucan, total dietary fiber, phenolic content, and total antioxidant activity values of cookies made by incorporating different ratios of Ozen and Yalin hull-less whole barley flours into Cetinel 2000 flour are presented in Table 5. The table shows that the β-glucan and total dietary fiber content of the cookies made by adding Ozen and Yalin barley flours to Cetinel flour increased with the incorporation ratio ($p<0.05$). The highest β-glucan content (2.45%) and total dietary fiber content (12.68%) were found in the 100% Yalin barley flour cookie.

In a comparable study, various plants served as sources of active components for functional cookie creation, wherein hull-less barley flour was blended with wheat flour in varying proportions (5%, 10%, 15%, 20%, 30%) to create cookies. It was found that the total dietary fiber content in cookies with 30% hull-less barley flour increased by 183.85% compared to the control sample. The study also reported that the β-glucan content of cookies with 30% hull-less barley was 1.82% and that a 100g serving of this cookie could meet 60.67% of the FDA's recommended daily intake of β-glucan (3 g) (Hassan et al., 2012).

In a study conducted by Verardo et al. (2010), the total dietary fiber content of a cookie prepared by incorporating 60% coarse barley fraction into refined wheat flour was found to be 28.3%, while the total dietary fiber content of the control sample (100% refined wheat flour) was reported to be 4.5%.

Table 5 indicates that the control sample exhibited a total phenolic content of 522.59 mg GAE/kg and a total antioxidant activity of 81.88 µmol TE/100g. The cookies produced by integrating hull-less barley flour with Cetinel flour had the highest values when composed entirely of Yalın flour, with a total phenolic content of 1303.43 mg GAE/kg and an antioxidant activity of 447.50 µmol TE/100g.

In cookies made with barley flour, barley flour increased the total phenolic content and total antioxidant activity in proportion to the supplementation ratio. This increase was statistically significant for all supplementation levels ($p<0.05$). In a study by Sharma and Gujral (2014), barley contained higher amounts of phenolic compounds and antioxidant activity than more commonly consumed grains such as wheat and rice. In the same study, the total phenolic content of cookies made by adding varying amounts of dehulled barley flour (0%, 25%, 50%, 75%, 100%) to wheat flour ranged from 656 to 2154 µg FAE/g, with an increase in phenolic content and antioxidant activity observed as the proportion of barley flour increased.

Textural and color characteristics of cookies

The texture and color characteristics of cookies made by incorporating different ratios of Ozen and Yalin hull-less whole barley flour into Cetinel flour are presented in Table 6. As shown in the table, the hardness values of the cookies ranged between 20.64 N and 30.45 N, with the highest hardness value observed in the cookie made with 100% Yalin barley flour. The brittleness values of the cookies ranged between 38.50 mm and 42.86 mm, with the highest value again obtained from the cookie made with 100% Yalin barley flour. The increases in the hardness values of cookies with barley flour addition were significant ($p<0.05$). In contrast, the supplementation ratio did not significantly affect the brittleness values.

Table 6. Textural and color characteristics of cookies

Cookie Samples	Supplementation level (g/ 100 g)	Hardness (N)	Brittleness (mm)	L*	a*	b*	ΔE*
Ozen Hull-less Barley	0	20.64^{a}	40.48^{a}	70.74^{e}	3.91^{a}	19.00^{e}	-
	25	21.31^{a}	41.85^{b}	66.54^{d}	4.17^{b}	17.53^{d}	4.46
	50	25.60^{b}	41.86^{bc}	64.52^{c}	4.48^{c}	17.06^{c}	6.54
	75	27.31^{c}	42.51^{c}	62.74^{b}	4.77^{d}	16.96^{b}	8.30
	100	28.28^{c}	42.06^{bc}	61.28^{a}	4.83^{e}	16.82^{a}	9.75
Yalin Hull-less Barley	0	20.64^{a}	40.48^{a}	70.74^{e}	3.91^{a}	19.00^{e}	-
	25	25.64^{b}	42.77^{c}	64.97^{d}	4.07^{b}	17.07^{d}	6.09
	50	25.69^{b}	42.68^{b}	64.38^{c}	4.22^{c}	17.05^{c}	6.66
	75	28.62^{c}	42.78^{c}	61.76^{a}	4.50^{e}	16.86^{b}	9.25
	100	30.45^{d}	42.86^{c}	62.11^{b}	4.34^{d}	16.25^{a}	9.07

The letters 'a-e' within the same column indicate that the differences between the means of different incorporation levels of the same barley flour are statistically significant ($p<0.05$).

In a study by Škrbic and Cvejanov (2011), cookies were made by adding hull-less barley flour at different ratios (0%, 30%, 50%) to refined and whole wheat flour. It was reported that the hardness values increased with the incorporation ratio of hull-less barley flour for both types of wheat flour. The hardness values of the cookies made with refined wheat flour were 9.38, 9.63, and 11.7 kg, respectively, while those made with whole wheat flour were 11.8, 18.1, and 20.2 kg, respectively.

A further study examining the quality attributes of fiber-enriched cookies with different fiber ratios (0%, 5%, 10%) revealed that the hardness values of the cookies ranged from 13.53 N to 21.6 N. The hardness values rose with increased fiber content (Laguna et al., 2014).

The L* (lightness) and b* (yellowness) values were reduced by the addition of barley flour, while the a* (redness) value was increased in proportion to the incorporation ratio of barley flour, as observed during the examination of color characteristics of the cookies.

Table 6 indicates that the control sample exhibited L*, a*, and b* color values of 70.74, 3.91, and 19.00, respectively. The control sample exhibited the highest L* and b* values, whereas the cookie formulated with 100% Ozen barley flour yielded the highest a* value. The decrease in L* and b* values in the barley flour cookies was found to be significant for the incorporation ratios ($p<0.05$). In contrast, the change in a* value was not statistically significant ($p>0.05$). In a study conducted by Frost et al. (2011), when barley flour was incorporated into wheat flour at different ratios (0%, 30%, 50%, 60%, 70%) to make cookies, an increase in the a* (redness) value occurred with the addition of barley flour, while decreases were observed in the L* (lightness) and b* (yellowness) values. As the proportion of whole barley flour increased, the ΔE* value also increased, indicating a greater color difference. The most significant color difference from the control sample was observed in the cookie made with 100% Ozen barley flour.

CONCLUSION

This study used hull-less barley, a rich source of β-glucan, which contains high levels of protein, dietary fiber, phenolics, and antioxidants, all of which have clinically validated health benefits. The applicability of hull-less whole barley flour in cookie manufacturing was examined. To achieve this objective, two distinct kinds of hull-less barley (Ozen and Yalın) were milled as whole grain and included into cookie wheat flour at designated ratios (0%, 25%, 50%, 75%, 100%) to formulate flour blends utilized in cookie production. The chemical, physicochemical, and nutritional properties of the wheat and barley flours utilized as raw materials were assessed, and the functional and qualitative attributes of the cookies were examined. Hull-less whole barley flours possess markedly elevated levels of protein, β-glucan, dietary fiber, phenolic compounds, and antioxidants compared to wheat flour.

In the cookies produced, the control sample was selected as the cookie made with 100% refined wheat flour, and the effect of hull-less whole barley flour addition on the characteristics of the cookies was evaluated. Adding hull-less whole barley flour increased the cookies' β-glucan, dietary fiber, phenolic compound content, and antioxidant activity values in proportion to the additional levels. Adding hull-less whole barley flour reduced the diameter and spread ratio of the cookies while increasing their thickness. When examining the texture properties, it was found that the hardness values increased with the incorporation ratio of hull-less whole barley flour. However, incorporating hull-less whole barley did not significantly affect the brittleness. In terms of color, the cookies' L* (lightness) and b* (yellowness) values decreased with increasing supplementation ratios. In contrast, adding hull-less whole barley flour increased the a* (redness) value.

Cookies enriched with hull-less barley maintained enhanced nutritional content and potential health benefits. In conclusion, hull-less barley has been demonstrated to serve as a functional food ingredient in cookie manufacture across all supplementation levels. Additional research is advised to investigate the possibilities of hull-less barley in other functional food products. Our research provides valuable insights into the development of nutritious, functional foods with whole-grain flour from hull-less barley.

Acknowledgments

This study was financially supported by Ankara University Scientific Research Projects (BAP, Project No: L0443013).
The authors declare that there is no conflict of interest to disclose.
The authors declare that they have contributed equally to the article.

AUTHOR ORCID NUMBERS

Arzu OZER https://orcid.org/0000-0002-5787-074X

Berrin OZKAYA https://orcid.org/0000-0002-7326-7369

REFERENCES

Ahmad, A., Anjum, F.M., Zahoor, T., Nawaz, H., Dilshad, S.M.R., 2012. Beta-glucan: A valuable functional ingredient in foods. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 52 (3); 201–212.

Akdeniz, H., Keskin B., Yılmaz İ., Oral E., 2004. Bazı Arpa Çeşitlerinin Verim ve Verim Unsurları ile Bazı Kalite Özellikleri Üzerinde Bir Araştırma. Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Bilimleri Dergisi (J. Agric. Sci.), 14(2); 119-125.

Anonymous., 2010. AACC International. Approved Methods of Analysis, 11th Ed, The Association: St.Paul, MN., USA.

Anonymous., 2012. AOAC. Official Methods of Analysis. 17th ed., Association of Official Analytical Chemists, Gaithersburg, MD, USA.

Arslan, E. Z., 2018. Unun Kalite Parametrelerinin Yakın ve Orta Kızılötesi Spektroskopisi Kullanılarak Tahmin Edilmesi. Yüksek Lisans Tezi. Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, 163, Ankara.

Blandino, M., Locatelli, M., Gazzola, A., Coisson, J.D., Giacosa, S., Travaglia, F., Bordiga, M., Reyneri, A., Rolle, L., 2015. Hull-less barley pearling fractions: Nutritional properties and their effect on the functional and technological quality in bread-making. Journal of Cereal Science, 65, 48-56.

Brand-Williams, W., Cuvelier, M.E., Berset, C., 1995. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. LWT Food Science and Technology, 28, 25-30.

Demir, M. K., 2015. Bisküvi Üretiminde Tam Buğday Unu ve Paçallarının Kullanımı. Tarım Bilimleri Dergisi, 21, 100-107.

Doğan, İ. S., Uğur, T., 2004. Van ve Çevresinde Yetiştirilen Bazı Buğdayların Bisküvilik Kalitesi Üzerine Bir Araştırma. Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Bilimleri Dergisi (J. Agric. Sci.), 15(2); 139-148.

Edney, M. J., Tkachuk, R., MacGregor, A. W., 1992. Nutrient Composition of the Hull-less Barley Cultivar, Condor. J Sci Food Agric, 60, 451–456.

Erbaş, M., 2006. Yeni Bir Gıda Grubu Olarak Fonksiyonel Gıdalar, Türkiye 9. Gıda Kongresi, 24-26 Mayıs 2006, Bolu.

Erkan, H., Çelik, S., Bilgi, B., Köksel, H., 2006. A new approach for the utilization of barley in food products: Barley tarhana. Food Chemistry, 97, 12-18.

Frost, D. J., Adhikari, K., Lewis, D. S., 2011. Effect of barley flour on the physical and sensory characteristics of chocolate chip cookies. Journal of Food Science and Technology, 48(5); 569–576.

Gao, L., Wang, S., Oomah, B.D., Mazza, G., 2002. Wheat Quality: Antioxidant Activity of Wheat Millstreams, in Wheat Quality Education. P. Ng and C.W. Wrigley, eds. AACC International, 219–233, St Paul, MN.

Güleşci, N., Aygül, İ., 2016. Beslenmede Yer Alan Antioksidan ve Fenolik Madde İçerikli Çerezler. Gümüşhane Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi / Gümüşhane University Journal of Health Sciences, 5(1); 109-129.

Hassan, A. A., Rasmy, N. M., Foda, M. I., Bahgaat, W. K., 2012. Production of Functional Biscuits for Lowering Blood Lipids. World Journal of Dairy & Food Sciences, 7(1); 01-20.

Hatami Golzari, E., 2015. Arpa unu ve çavdar unu ilavesinin buğday unlarının bazı fiziksel, kimyasal, reolojik ve ekmek kalite özellikleri üzerine etkisi. Yüksek Lisans Tezi. Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, 67, Ankara.

Hatcher, D.W., Lagasse S., Dexter, J.H., Rossnagel, B., Izydorezyk, M. 2005. Quality Characteristics of Yellow Alkaline Noodles Enriched with Hull-less Barley Flour. Cereal Chem, 82(1); 60-69.

Köksel H., 2016. Kavuzsuz arpa ekmeği. Ekmek, 86, Ankara.

Laguna, L., Sanz, T., Sahi, S., Fiszman, S. M., 2014. Role of Fibre Morphology in Some Quality Features of Fibre-Enriched Biscuits. International Journal of Food Properties, 17(1); 163-178.

Lattimer, J.M., Haub, M.D. 2010., Effects of Dietary Fiber and Its Components on Metabolic Health. Nutrients, 2(12); 1266–1289.

Malcolmson, L., Lukie, C., Swallow, K., Sturzenegger, T., Han, J. 2014. Using barley flour to formulate foods to meet health claims. Cereal Foods World, 59(5); 235-242.

McCleary, B.V., Codd, R., 1991. Measurement Of (1→3), (1→4)-B-DGlucan In Barley And Oats: A Streamlied Enzymic Procedure, Journal Science Food Agriculture, 55, 303–312.

McCleary, B.V., Glennie-Holmes, M. 1985. Enzymatic Quantification Of (1–3), (1–4)-B-D-Glucan In Barley And Malt, Journal Of Institute Of Brewing, 91, 285–295.

McCleary, B.V., Mugford, D.C., 1992. "Interlaboratory Evaluation Of B- Glucan Analysis Methods" In The Changing Role Of Oats In Human And Animal Nutrition, Proceedings Of The Fourth International Oat Conference, 19–23, Adelaide-Australia.

Meral, R., Doğan, İ.S., Kanberoğlu, G.S., 2012. Fonksiyonel Gıda Bileşeni Olarak Antioksidanlar. Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 2(2); 45-50.

Mitchall, K. G., Bell, J. M., Sosulski, F. W., 1976. Digestibility and feeding value of hulless barley for pigs. Can J Anim Sci., 56, 505-511.

Nohutçu, L., Soylu S., 2018. Bisküvi Sanayinde Kullanılmak Üzere Geliştirilen Ekmeklik Buğday Genotiplerinin Sulu Koşullarda Morfolojik ve Verim Özelliklerinin İncelenmesi. Bahri Dağdaş Bitkisel Araştırma Dergisi, 7(1); 32-38.

Ozkaya, H. ve Ozkaya, B., 2005. Tahıl Ve Ürünleri Analiz Yöntemleri. Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları, 31, 157.

Perera, C.O., Yen, G. M., 2007. Functional Properties Of Carotenoids In Human Health. International Journal of Food Properties, 10(2); 201-230.

Saldamlı, İ., 2014. Gıda Kimyası. Hacettepe Üniversitesi Yayınları, 116, Ankara.

Sharma, P., Gujral, H.S., 2014. Cookie Making Behavior of Wheat-Barley Flour Blends and Effects on Antioxidant Properties. Food Science and Technology, 55, 301–307.

Simsekli, N., Doğan, İ.S., 2015. Tahıl Esaslı Beta-glukan İlavesinin Gıdaların Teknolojik ve Fonksiyonel Özelliklerine Etkisi. Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi, 3(4), 190-195.

Singleton, V. L., Rossi, J. A., 1965. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic- phosphotungstic acid reagent. American Society for Enology and Viticulture, 16, 144-158.

Skrbic, B., Cvejanov, J., 2011. The enrichment of wheat cookies with high-oleic sunflower seed and hull-less barley flour: Impact on nutritional composition, content of heavy elements and physical properties. Food Chemistry, 124, 1416-1422.

Verardo, V., Riciputi, Y., Messia, M. C., Vallicelli, M., Falasca, L., Marconi, E., Caboni, M. F., 2010. Dietary fiber and flavan-3-ols in shortbread biscuits enriched with barley flours co-products. International Journal of Food Sciences and Nutrition, 62(3); 262-269.

Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi 12(1): 62–73, 2025
https://doi.org/10.30910/turkjans.1517715

TÜRK TARIM ve DOĞA BİLİMLERİ DERGİSİ

TURKISH JOURNAL of AGRICULTURAL and NATURAL SCIENCES

www.dergipark.gov.tr/turkjans

Araştırma Makalesi

NaCl Tuz Stresini Giderilmesinde Farklı Dozlarda Portakal Biochar Materyalinin Etkisi: Yerfıstığı (*Arachis hypogaea* L.) Uygulamaları

Erkan BOYDAK[1*], Ali Rıza DEMİRKIRAN[2], Sultan ASLAN[3]

[1]Bingöl University Faculty of Agriculture, Department of Field Crops
[2]Bingöl Univ., Faculty of Agriculture, Department of Soil Science and Plant Nutrition
[3]Bingöl University Institute of Science and Technology
*:sorumlu yazar: eboydak@bingol.edu.tr

Geliş Tarihi: 17.07.2024 Düzeltme Geliş Tarihi: 26.11.2024 Kabul Tarihi: 18.12.2024

ÖZ

Bu çalışma farklı oranlarda NaCl tuzu ve Portakal ağacına ait Biochar materyali kullanılarak, NC-7 yerfıstığının gelişimi üzerine olan etkisini araştırmak için Bingöl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümünde açık hava şartlarında saksı denemesi şeklinde yapılmıştır. 5 farklı biochar dozu (0 kg/da 250 kg/da 500 kg/da 750 kg/da ve 1000 kg/da) ve 4 farklı NaCl dozu (0 mM, 50 mM, 100 mM ve 150 mM) kullanılmıştır. Sonuçta; dal sayısı, fide kuru ağırlığı, kök uzunluğu, kök yaş ağırlığını önemli ölçüde etkilerken, bitki boyu, fide yaş ağırlığı, yaprak alanı, K (%) ve Na (mg/kg) üzerine etkisi ise önemsiz bulunmuştur. Farklı dozlarda portakal biochar kullanılması, fide yaş ağırlığı, yaprak alanı, kök uzunluğu, kök yaş ağırlığı, K (%), Na (mg/kg) etkisini önemli ölçüde etkilerken, bitki boyu, dal sayısı ve fide kuru ağırlığını ise önemli ölçüde etkilememiştir. Fide uzunluğu 10,91-12,13 cm, dal sayısı 2,22-3,81 adet/bitki, fide yaş ağırlığı 4,81- 9,05 g, yaprak alanı 36,11-46,72 fide kuru ağırlığı 5,15-6,64 g, kök uzunluğu 27,00-39,72 cm, kök yaş ağırlığı 0.97-2,81 g, K (%) oranı %0,777-1,256 ve Na (mg/kg) oranı 344,60-670,80 mg/kg arasında değişim göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Yerfıstığı (*Arachis hypogaea* L.), portakal kömürü, tuz stresi, NaCl.

Effect of Different Doses of Orange Biochar Material on Relieving NaCl Salt Stress: Peanut (*Arachis hypogaea* L.) Applications

ABSTRACT

This study was carried out as a pot experiment under open air conditions at Bingöl University, Faculty of Agriculture, Department of Field Crops to investigate the effect of different rates of NaCl and biochar material of orange tree on the growth of NC-7 groundnut. 5 different biochar doses (0 kg/da 250 kg/da 500 kg/da 750 kg/da and 1000 kg/da) and 4 different NaCl doses (0 mM, 50 mM, 100 mM and 150 mM) were used. As a result, number of branches, seedling dry weight, root length and root wet weight were significantly affected, while plant height, seedling wet weight, leaf area, K (%) and Na (mg/kg) effects were found insignificant. The use of orange biochar at different doses significantly affected seedling wet weight, leaf area, root length, root wet weight, K (%), Na (mg/kg), while plant height, number of branches and seedling dry weight were not significantly affected. Seedling length 10.91-12.13 cm, number of branches 2.22-3.81, seedling wet weight 4.81-9.05 g, leaf area 36.11-46.72, seedling dry weight 5.15-6.64 g, root length 27.00-39.72 cm, root wet weight 0.97-2.81 g, K (%) ratio 0.777-1.256 and Na (mg/kg) ratio 344.60-670.80 mg/kg.

Keywords: Peanut *(Arachis hypogaea* L.*)*, Biochar, salt stress, NaCl.

INTRODUCTION

Since the effect of temperature on the growth and development of the peanut plant is important, it is very sensitve to hot conditions. As the temperature increases, the vegetation period (growing period) gets shorter. The generative period of peanut is more sensitive to temperature than the vegetative period is, and when the air temperature is over more than 40 °C during the period the plant is fully flowered and fruit formation occurs, the number of flowers increases, while pod set, pod weight and seed yield decrease (Boydak, 2020). Groundnut grows well in calcareous, sandy and sandy-loamy soils (Sürücü et al., 2013). Groundnut oil is dull yellow in colour and has distinctive taste and aroma characteristics (Çelik et al., 2000). Due to the high oil concentration in its seeds, its use as a suitable raw material for biodiesel production is being investigated (Celik and Boydak, 2019). The oil in the seeds consists of oleic acid (40-65%), lineleic acid (20-40%), palmitic acid (5-10%) and stearic acid (3-7%). The proportion of fatty acid components is affected many factors such as irrigation, drought and fertilisation (Boydak et.al., 2010). Since peanut is a legume plant, its green parts, stem parts and the residues (meal) remaining after the oil is extracted are utilised as feed for animals. In groundnut, especially after fruit harvest, the upper body is a source of animal dutrition for especailly during dry seasons (Kökten et al., 2014). Salt stress causes significant disorders on the physiological structures of plants. It has been reported (to have negative effects on plant growth and development, leaf area, bud formation and stomata, impaired fertilisation and small fruits (Önder and Uçar, 2021). Like many plants, peanut plant is quite sensitive to water stress during flowering and pod filling period. In crop production, adequate irrigation and soil moisture are important factors for the formation of plant pods (Balcı and Boydak, 2021). It is known that salt stress causes negative effects on plant growth and development due to osmotic stress and toxic effects of sodium chloride (Na-Cl) ions. The increase in leaf chloride concentration changes the nutrient balance and water potential of the plant and reduces growth by affecting carbon dioxide assimilation. It was found that in legume plants under salt stress between 50 mM and 200 mM sodium chloride, plant growth was inhibited and significant yield decreases were observed (Turhan, 2020). Plants are more sensitive to salinity at the seedling stage than at the germination stage. It has been reported that if the salt exposure period of plants is in the vegetative development stage, the development of all plant organs is suppressed, but stem development is more affected than root development (Bulut, 2007). Biochar is the production of various organic waste materials by low temperature pyrolysis method. When the biochar formed by this method is added to the soil, it stays in the soil for a longer time while decomposing slowly. Thus, it provides an alternative way to utilise the wastes generated in urban areas and agricultural production (Elmasoğlu et al., 2022). Pyrolysis occurs when plants remain in anearob, hot environments. Energy sources such as oil, coal, natural gas, charcoal, etc. are examples of pyrolysis. The most well-known biochar production is the one produced from wood charcoal (Akgül, 2017). Biochar (bio-coal) can hold 6 times its own weight of water in the soil. This ensures that elements such as phosphorus and nitrogen from the soil are more easily taken up by plants and a good nutrient medium is obtained for the development of plants. Biochar generally shows basic characteristics. When they are added to the soil, they regulate the soil pH by increasing the pH values of especially acidic soils (Akgül, 2017). Thus, biochar improves soil biodiversity and soil performance, reduces its sensitivity to weather conditions and the need for fertiliser inputs, contributes to the improvement of soil quality and consequently increases crop productivity. The nutrient content (especially N content) of biochar derived from plant materials is generally low compared to other organic fertilisers (Da Silva et al., 2021). Some researches related to the study are given below: Germination and emergence time and sensitivity index increased significantly with increasing salt content. Germination index, emergence rate and index, seedling and root length, wet and dry seedling and root weight, and salt tolerance decreased significantly (Kurtuluş and Boydak, 2022). A greenhouse experiment was established with soils taken from saline and non-saline areas of Harran Plain. In saline soils, PS biochar was found to be more effective than the control. At the same time, it was determined that the use of low dose of PS biochar material in non-saline soil and high dose in saline soil was more effective (Özyavuz, 2017). It was determined that salt stress had no effect on stem length, wet and dry root weight in peanut (Yolcı et al., 2021). As a result of the study carried out in order to prevent the lignite coal ash from causing environmental pollution and to benefit from the properties of the ash in the waste state, it was determined that the application of coal ash mixed with soil at a rate of 5% or less enriches the soil with plant nutrients such as nitrogen, organic matter, plant-useful potassium, copper, manganese, iron, calcium, zinc, magnesium (Yılmaz, 2015). It was observed that the use of humic + fulvic acid + K and leonardite had a positive effect on the yield and yield components of summer rapeseed variety Heros. It was determined that 10.000 ml ha-1 dose of humic acid + fulvic acid + K dose gave the most appropriate results (Gürsoy and Kolsarıcı, 2017). Leonardite and inorganic fertilisation significantly affected stem length, root length, stem wet weight, wet root weight, plant dry weight, root dry weight and number of leaves of tomato plants. However, the effects of the treatments on the number of flowers and stem diameter were found to be insignificant (Demirkıran et al., 2012). It was determined that Si application reduced the stress effect of salt on bean seedlings. At 100 and 200 ppm Si doses,

favourable results were obtained for root and stem length, root and stem wet and dry weights and leaf area index (Oral et al., 2020). It was reported that phosphorus, proline, sodium (Na+) and chloride (Cl^-) contents of chickpea (*Cicer arietinum* L.) plants increased but potasium (K^+) content and dry weight decreased in sodium-chloride (NaCl) stress (Özcan et al., 2000). A study was carried out to investigate the effect of NaCl salinity on plant height, number of leaves, number of internodes, internode lengths, wet and dry weights of leaves, stems, roots and some minerals uptake (Fe, Ca, Mg, Mn, Na, K, Zn) of Eresen 87, Filiz 97 broad bean varieties grown in perlite medium prepared by adding 50 and 100 mM NaCl to Hoagland solutions containing KNO_3 (Potassium Nitrate) and CH_3COOK (Acetic Acid). As a result of this study, it was determined that the pod varieties, which are moderately sensitive to salt, were affected by ambient salinity, although not very severely, and that the pods do not have an inhibitory and protective mechanism against salinity (Bulut, 2007). Starting from 25 mM salt dose, Na accumulated in the above-ground plant parts. However, it was determined that 25 mM NaCl dose had a positive effect on some traits examined in some varieties. However, it was reported that increasing salt doses negatively affected plant growth (Zambi, 2019). It was reported that increasing salt doses prolonged the germination rate and emergence rate and therefore negatively affected seedling development (Balcı and Boydak, 2021). When characteristics (plant height, first pod height, number of pods per plant, number of grains per plant, 100 grain weight and grain yield) were examined, 100 kg da^{-1} leonardite application gave the highest values in both years of the study (Uçar et al., 2020). It was concluded that as the dose of organic materials increased, the amount of organic matter (OM), total nitrogen, plant-useful phosphorus, potassium and pH (except FZ) of the soil increased while the amount of plant-useful copper decreased, and iron decreased at the application level of 6 tonnes da-1. Plant-useful manganese and zinc contents of soils decreased as the biochar application dose increased. As a result of the research, among all the properties examined, the highest effect of organic material applications, except for pH and nitrogen, was obtained from hazelnut husk and the lowest effect was obtained from biochar applications (Tarakçıoğlu et al., 2019). While the positive effect of irrigation water with salt content less than 4 dS m^{-1} was determined (on plant growth and development parameters), the negative effect was determined in plants irrigated with saline irrigation water higher than 4 dS m^{-1}. The increase in the salt content of irrigation water affected the increase of sodium content in the leaf and root parts of the plant (Aydinşakır et al., 2015). Leonardite and salt doses were statistically significant in terms of root length, shoot length, root wet weight and shoot wet weight. In the uptake of macro and micro elements, potassium and phosphorus decreased while sodium increased. In leonardite applications, there was an increase in the amount of potassium and sodium and no change in the amount of phosphorus. It was reported that leonardite application had a positive effect on plant growth and ion uptake in bean plants exposed to salt (Kiyas, 2020). It was determined that the biochar applied to the soil positively affected the total weight and green parts weight of tomato plants with increasing biochar application dose, while green parts length, flowering period, number of leaves and stem diameters varied statistically according to the biochar application dose. It was reported that Leonardite biochar positively affected the green parts of the plant, while oak charcoal positively affected the root part of the plant seedling (Öztürk, 2022). It was reported that 3000 kg/da applications caused an increase in the amounts of micro and macro elements in the plant, and 1000 kg/da application had the highest effect on grain yield and grain weight of the plant. When the effect of leonardite on the wet weight and biomass of the plant was examined, it was concluded that the highest value was obtained from 3000 kg/da dose (Gürocak, 2022).

The aim of the presnet study is to have an idea about whether groundnut grown in soils containing excessive amounts of NaCl can contribute to the reduction of the negative effect of salt in the soil by using orange biochars.

MATERIAL AND METHOD

The research was conducted as a pot experiment under open air conditions in 2021 at Bingöl University, Faculty of Agriculture, Department of Field Crops. In the experiment, NC-7 peanut variety NaCl salt (4 doses), Orange biochar (5 doses) were used as materials and established on 12 June 2021. The soil used was taken from a depth of 0-30 cm in the field in Güveçli village of Bingöl province and sieved through a 4 mm sieve, and 5 kg of soil was weighed and used for each pot. Characteristics of the pots used: Low specific gravity , floatable in water, good dimensional stability against high humidity and temperature. It is an insulating material. Surface roughness value is low. Expansion coefficient is high after exposure to temperature. It is not resistant to weather conditions. It may oxidise. It interacts with solvents containing chlorine, nitric acid and other strong oxidisers. Melting temperature is 130-170 degrees. It is non-toxic. Characteristics of irrigation water; salinity is low (470 mS/cm), Ph value is close to neutral (7,41), Ca (2,67 mEq/lt) and Mg (3,88 mEq/lt) contents are at medium level, carbonate is absent, bicarbonate is at low level (0,49 mEq/lt), Cl content is low (1,33 mEq/lt), Na content (25,29 ppm) is at medium level (Avcı, 2019).

Table 1. Soil analysis results

pH	Salinity	Organic matter	Lime (%)	P (kg/da)	K (kg/da)
8,09	0,011	0,36	6,91	2,86	18,18
Slightly alkaline	Unsalted	Low	Medium	Low	Medium

According to the results of soil analyses presented in Table 1, the soil structure of the research area was slightly alkaline and moderately calcareous, non-saline, with moderate potassium content, moderate phosphorus content and low organic matter content.

Table 2. Climate data of Bingöl province

Months	Monthly average temperature (°C)		Monthly total precipitation (mm)		Monthly relative humidity (%)	
	2021	Long years average	2021	Long years average	2021	Long years average
June	24,4	22,2	1,8	21,1	30,2	44,3
July	28,4	26,7	0,2	6,9	28,6	37,2
August	27,3	26,7	3,9	4,9	31,0	36,0

Thirty-one years of data, averaged over many years, between 1990 and 2020, were evaluated.

The average temperature recorded during the months of the experiment (June - July) was 24.4 - 28.4°C in 2021 and 22.2 - 26.7°C for over years. The amount of precipitation is 1.8 - 0.2 mm in 2021 and the long-term average is 21.1- 6.9 mm. Relative humidity is 30.2-28.6% in 2021 and 44.3 - 37.2% for over years. The experiment was carried out according to the factorial design in randomised plots with 4 replications, 5 different biochar doses (0 kg/da 250 kg/da 500 kg/da 750 kg/da and 1000 kg/da) and 4 different NaCl doses (0 Mm, 50 Mm, 100 Mm and 150 Mm) were used. Grouping was done according to TUKEYS. After soil analysis, N-P-K fertilisers were applied to each pot at the rate of 6 kg/ha per decare by mixing with soil. 5 kg of soil was added to the pots and 5 peanut seeds were sown in each pot. After emergence, 3 plants were left in each pot by thinning. After the pots were first irrigated with normal tap water until the field capacity was reached, the solutions prepared according to 4 different NaCl doses (0 Mm, 50 Mm, 100 Mm and 150 Mm) were added to the pots. Subsequent irrigations were carried out with drip irrigation method once a week until the soil reached the field capacity. Necessary measurements were made when the plants started to flower. Plant height (cm), number of branches (pcs/plant), root length (cm), leaf area (cm^2), seedling wet weight (g), seedling dry weight (g), root wet weight (g), plant K (potassium) determination, plant Na (sodium) determination, plant P (phosphorus) determination were analysed.

RESULTS AND DISCUSSION

Plant Height (cm)

The groups of Biochar and NaCl treatments on the mean values of plant height of groundnut are given in Table 4.2. The highest mean plant height value was obtained from B_{250} Biochar treatment with 11,78 cm and the lowest value was obtained from B_{500} and B_{1000} treatments with 11,20 cm. The highest average plant height was obtained from N_0 with 11,59 cm and the lowest average was obtained from N_3 with 11,07 cm. It was determined that salinity negatively affected plant growth and decreased plant height, and biochar did not significantly reduce this negative effect (Table 3).

Table 3. Average values of the plant height and groups formed in Biochar and NaCl applications of peanut

Biochar	NaCl				
	N0	N1	N2	N3	Average
B0	12,11	10,96	10,91	11,28	11,32
B250	11,48	11,99	12,13	11,51	11,78
B500	12,11	10,92	11,258	10,49	11,20
B750	11,07	11,49	12,02	11,09	11,42
B1000	11,19	11,27	11,36	11,00	11,20
Average	11,59	11,33	11,54	11,07	

Yolcı et al. (2021), the effect of different amounts of salt applied to peanut on plant growth was investigated. As a result of the study, the effect of salt stress on stem length was found to be statistically insignificant. In the study on groundnut, it was determined that increasing salt amounts did not significantly affect plant height. In the study conducted by Özbay (2012), the effect of humic acid application on plant height in pickled cucumber grown in still water culture was not statistically significant. Biochar applied to peanut did not significantly affect plant height, which is in parallel with the study in which humic acid was applied.

Number of Branches (pcs./Plant)

The mean values of the number of branches of peanut for biochar and NaCl treatments are given in Table 4. The highest average number of branches was obtained from B_{750} treatment with 3,28 and the lowest value was obtained from B_0 treatment with 2,83. The highest average number of branches of NaCl treatment was obtained from N_O treatment with 3,33 and the lowest average was obtained from N_3 treatment with 2,82. It is known that salinity has a negative effect on plant growth. In order to overcome or reduce this negativity, biochar material treatments used in this study increased the number of plant branches under non-saline conditions (N_0). It was determined that this positive effect continued to decrease with the increase in the amount of salt.

Table 4. Average values of the number of branches and groups formed in Biochar and NaCl applications of peanut

Biochar	NaCl				
	N0	N1	N2	N3	Average
B0	3,33	2,58	2,57	2,83	2,83
B250	2,91	3,22	3,56	2,22	2,98
B500	3,06	3,00	3,00	3,33	3,10
B750	3,55	3,22	3,44	2,91	3,28
B1000	3,81	3,07	2,78	2,78	3,11
Average	3,33	3,02	3,07	2,82	

Gürsoy and Kolsarıcı (2017) reported that the effect of different humic acid doses applied to summer rape (*Brassica napus ssp. oleifera* L.) in Leonardite-coated soil on the number of branches of the plant was significant at $p<0.01$ level in the first year, while a significant difference was found at $p<0.05$ level in the number of side branches in the second year. When the effect of biochar on the number of branches of peanut on the number of branches was examined, it was found to be significant at the level of 0.01, although the treatments were not the same, it is in parallel with the study. As a result of many previous studies on biochar, it was reported that the number of branches of the plant increased with the increase in the amount of biochar. Demirkıran et al. (2012) reported that leonardite application used as fertiliser had a significant effect on the number of leaves of tomato plant. Öztürk (2022) reported that the number of branches increased with the increase in the dose of Leonardite and oak charcoal applied to tomato plant. In parallel with the results of the research, it was reported that biochar applied to peanut also had a significant effect on the number of branches. The findings obtained from the researches and the results of this study show that orange charcoal, like leonardite, can be used as a fertiliser in organic and sustainable agriculture.

Seedling Fresh Weight (g)

The mean values of seedling wet weight (g) of peanut for biochar and NaCl treatments are given in Table 4.6. The highest average seedling wet weight (g) of biochar treatment was obtained from B_{1000} treatment with 7,56 g and the lowest value was obtained from B_0 treatment with 6,05 g. The highest average seedling wet weight of NaCl treatment was obtained from N_2 treatment with 7,06 g and the lowest average was obtained from N_1 treatment with 6,61 g. The biochar material used to reduce the negative effect of salinity on plant growth had a positive and significant effect on seedling wet weight measurements (Table 5).

Table 5. Average values of seedling fresh weight and groups formed in Biochar and NaCl applications of peanut

Biochar	NaCl				
	N0	N1	N2	N3	Average
B0	7,47 abc	5,38 bc	4,81 c	6,55 abc	6,05 B
B250	6,25 bc	6,56 abc	7,63 ab	7,06 abc	6,87 AB
B500	6,44 abc	6,78 abc	6,22 bc	6,80 abc	6,56 AB
B750	7,41 abc	7,11 abc	7,58 ab	6,97 abc	7,27 A
B1000	6,14bc	7,22 abc	9,05 a	7,82 ab	7,56 A
Average	6,74	6,61	7,06	7,04	

Previous studies have also reported that biochar used to reduce the negative effect of salt has a positive effect. In Kiyas 2020, it was determined that the effect of salt and leonardite doses applied on bean plants on seedling wet weight of the plant was significant. It was determined that an increase in seedling wet weight was observed in parallel with the increase in the amount of leonardite. Öztürk 2022 reported an increase in seedling wet weight with the increase of oak and leonardite charcoal doses applied to tomato plants. Gürocak 2022 determined that leonardite applied to chickpea (*Cicer arietinum* L.) plant significantly affected seedling wet weight. The increase in seedling wet weight with the increase of biochar applied to groundnut is similar to the studies on the positive effect of biochar application on seedling wet weight.

Leaf Area (cm^2)

The mean values of leaf area (cm^2) of peanut for biochar and NaCl treatments are given in Table 6. The highest average leaf area was obtained from B_0 treatment with 45,85 cm2 and the lowest value was obtained from B_{750} treatment with 38,72 cm^2. The highest average leaf area of NaCl treatment was obtained from N_0 treatment with 42,68 cm2 and the lowest average was obtained from N_1 treatment with 39,52 cm^2 (Table 6).

Table 6. Average values of the leaf area and groups formed in Biochar and NaCl applications of peanut

Biochar	NaCl N0	N1	N2	N3	Average
B0	45,96	45,96	46,72	44,73	45,85 A
B250	42,55	43,09	38,03	43,16	41,71
B500	40,17	36,25	39,10	40,82	39,09 B
B750	45,58	36,11	36,93	36,26	38,72 B
B1000	39,13	36,20	44,45	44,06	40,96
Average	42,68	39,52	41,05	41,81	

It is known that salinity has a negative effect on plant growth. In this study conducted under saline conditions, it was understood that the effect of biochar material on the average leaf area of peanut was different, while it gave the highest value in the B_0 application, this effect decreased in the following applications, but increased again in the B_{1000} application. Oral et al. 2020 determined that the amount of salt applied at different rates affected the leaf area index in their study on bean plant. The highest leaf area index value was obtained from the control (0 mM) application. In the study on peanut, N_0 (0 mM) is in parallel with the measurement of the highest leaf area index.

Seedling Dry Weight (g)

The mean values of seedling dry weight (g) of groundnut for biochar and NaCl treatments are given in Table 4. The highest average seedling dry weight of biochar treatment was obtained from B_{1000} treatment with 6,02 g and the lowest value was obtained from B_0 treatment with 5,60 g. The highest average seedling dry weight of NaCl treatment was obtained from N_2 treatment with 6,15 and the lowest average was obtained from N_1 treatment with 5,43 g. The effect of these levels of salinity on seedling dry weight was not negative.

Table 7. Average values of seedlig dry weight and groups formed in Biochar and NaCl applications of peanut

Biochar	NaCl N0	N1	N2	N3	Average
B0	6,15	5,17	5,23	5,84	5,60
B250	5,15	5,65	6,64	6,13	5,89
B500	6,03	5,19	5,33	6,00	5,64
B750	5,72	5,71	6,37	5,99	5,95
B1000	5,16	5,43	7,19	6,31	6,02
Average	5,64 b	5,43 b	6,15 a	6,05 a	

Kiyas 2020, it was reported that there was a decrease in seedling dry weight parallel to the increase in the amount of salt, and an increase in seedling dry weight parallel to the increase in the amount of leonardite in bean plants treated with different salt and leonardite levels. Özyavuz 2017, when the seedling dry weight of eggplant plant in saline and non-saline soils of biochar applications were examined, it was determined that the amount of biochar increased the seedling dry weight in parallel with the increase in the amount of biochar, while saline soils significantly decreased the seedling dry weight of the plant. Öztürk 2022 stated that the increase in the amount

of leonardite applied to tomato plant increased the seedling dry weight of the plant. The relationship between the salt doses applied to groundnut and the effect on bean and aubergine plants were parallel to each other. In parallel with the increase in the amount of biochar applied to tomato, aubergine and bean plants, it was determined that the dry weight of seedlings increased in parallel with the biochar application applied to peanut.

Root Length (cm)

The mean values of root length of groundnut for biochar and NaCl treatments are given in Table 8. The highest average root length of biochar treatment was obtained from B_0 treatment with 35,03 cm and the lowest value was obtained from B_{1000} treatment with 29,55 cm. The highest average root length of NaCl treatment was obtained from N_2 treatment with 35,61 cm and the lowest average was obtained from N_3 treatment with 30,24 cm. It was observed that biochar used to manage salinity stress had a positive effect on root length up to B_{750} application dose. It was determined that salinity stress could be managed in terms of root length until N_3, the last dose of salt application.

Table 8. Average values of the root lenght and groups formed in Biochar and NaCl applications of peanut

Biochar	NaCl N0	N1	N2	N3	Average
B0	34,17	38,67	35,22	32,06	35,03 a
B250	33,77	37,56	35,33	28,50	33,79 a
B500	34,78	33,83	35,50	35,00	34,78 a
B750	32,67	28,78	39,72	25,83	31,75 b
B1000	27,00	29,14	32,25	29,80	29,55 b
Average	32,48 AB	33,60 AB	35,61 A	30,24 B	

In Kiyas 2020, a decrease in root length was found parallel to the increase in salt ratios. In parallel with the increase in leonardite ratios, a positive relationship was found in root length. Öztürk 2022, in his study, stated that the use of leonardite and oak charcoal at different rates applied to tomato plants had a positive effect on root length. The results of salt and biochar application at different rates applied in peanut are in parallel with the studies. Balcı and Boydak (2021) examined the effect of NaCl salt applied at different rates on the development of plants in their study on rapeseed plant, Kurtuluş and Boydak (2022) on safflower plant. Considering the effect on root development, they determined that there was a decrease in root length parallel to the increase in salt content. In many salinity studies conducted on peanut and other plants, it has been reported that salinity restricts root development in plants and there is a decrease in root length in parallel with the increase in salt doses applied (Aydinşakır et al., 2015; Kiyas, 2020; Oral et al., 2020; Uçar et al. 2020).

Root Wet Weight (g)

The mean values of root wet weight (g) of peanut for biochar and NaCl treatments are given in Table 9. The highest root wet weight (g) was obtained from B_0 treatment with 2,16 g and the lowest value was obtained from B_{1000} treatment with 1,11 g. The highest root wet weight (g) of NaCl treatment was obtained from N_0 treatment with 1,84 g and the lowest value was obtained from N_3 treatment with 1,56 g. It is known that salinity has a negative effect on plant growth. In order to eliminate or reduce this negativity, a positive effect of biochar material applications used in this study in terms of root wet weight was observed at N_1 and N_2 salt levels of B_{750} dose, but this effect could not be observed in other applications.

Table 9. Average values of the root wet weight and groups formed in Biochar and NaCl applications of peanut

Biochar	NaCl N0	N1	N2	N3	Average
B0	2,81 a	2,01 bcd	1,86 bcd	1,57 bcd	2,16 A
B250	1,95 bcd	1,57 d-g	1,94 bcd	1,62 c-g	1,77 B
B500	1,77 b-e	1,48 d-g	1,91 bcd	1,78 bcd	1,74 B
B750	1,72 b-f	2,38 ab	2,29 abc	1,06 fg	1,87 B
B1000	0,97 g	1,10 efg	1,01 g	1,36 d-g	1,11 C
Average	1,84 A	1,71 AB	1,80 A	1,56 B	

Balcı and Boydak (2021) reported a decrease in plant root wet weight in parallel with the increase in the amount of salt at different rates applied to different rapeseed varieties. Zambi (2019), it was reported that there was a decrease in the root wet weight of the plant in parallel with the increase in the amount of salt when looking at different rates of salt doses applied to some pea varieties. (2020), the effect of different rates of silicon and

salt doses on bean (*Phaseolus vulgaris* L.) plant was investigated. It was reported that increasing salt doses stressed the plant and affected the water intake, which negatively affected the development of the plant and caused a decrease in wet root weight. Özyavuz (2017), the mean values on the root wet weight of aubergine plants grown in saline and saline soils showed a significant difference. It was determined that there was a significant decrease in the root wet weight of eggplant plants grown in saline soils. When the results of two different biochar applications were examined in the study, it was stated that there was not much difference between the biochars in the increase of plant root wet weight, but when the general averages of the doses were examined, it was stated that there was an increase between the doses compared to the control. When the effects of biochar and salt concentrations applied to peanut were analysed, it was found to be in parallel with previous studies. It was observed that parallel to the increase in the amount of salt applied to peanut, there was a decrease in the root wet weight of the plant, and parallel to the increase in the amount of biochar, there was an increase in the root wet weight.

Ratio of K (Potassium) in Plant (%)

The mean values of K (%) of peanut for biochar and NaCl treatments are given in Table 10. The highest average K (%) of biochar application was obtained from B_0 application with 1,177% and the lowest value was obtained from B_{500} application with 0,953%. The highest mean K (%) of NaCl application was obtained from N_0 application with 1,09% and the lowest mean was obtained from N_1 application with 1,05%. When the effect of salinity on the potassium uptake of the plant was analysed, it was observed that this effect was not significant, and B_0 and B_{250} applications of biochar treatments provided the most positive increase in K content averages. It was determined that B_{250} application decreased the salinity stress, which was also understood from the interaction values.

Table 10. Average values of the ratio of potassium and groups formed in Biochar and NaCl applications of peanut

Biochar	NaCl				
	N0	N1	N2	N3	Average
B0	1,197	1,256 a	1,197	1,057 b-	1,177 A
B250	1,210 ab	1,160 a-e	1,120 a-g	1,200	1,173 A
B500	1,017 e-	0,777 ı	0,970 fgh	1,047 b-	0,953 C
B750	1,130 a-	1,090 a-g	1,030 c-h	0,900 hı	1,038 B
B1000	0,900 hı	0,957 gh	1,027 d-	1,160 a-c	1,011 B
Average	1,09	1,05	1,07	1,07	

Kiyas (2020), in a study on bean plant, it was determined that leonardite application had a significant effect on K (potassium) value, leonardite applied at certain ratios increased K content, and the positive effect of leonardite decreased in parallel with the increase in salt content. Yilmaz (2015) reported that the use of coal ash in agricultural soils increased the potassium concentration in the soil with 5% or less ash. Tarakçıoğlu et al. (2019) reported that biochar produced from hazelnut shell increased the K (potassium) that the plant can use in the soil in a certain incubation period. When we look at the biochar application applied to peanut, it shows that the most positive result was obtained from the B_{250} application against salinity and thus there is a similarity between the studies and the results found.

Ratio of Na (sodium) in plant (mg/kg)

The mean values of Na (mg/kg) of peanut for biochar and NaCl treatments are given in Table 11. The highest mean value of Na (mg/kg) of biochar application was obtained from B_{1000} application with 521,00 mg/kg and the lowest value was obtained from B_{250} application with 417,86 mg/kg. The highest mean of NaCl application was obtained from N_2 application with 508,17 mg/kg and the lowest mean was obtained from N_0 application with 422,46 mg/kg. It is known that salinity has a negative effect on plant growth. In addition, it is also known that sodium is a plant nutrient element and the plant needs this element to some extent. When evaluated in this context, it was observed that sodium element increased with salt applications, but decreased again at N_3 dose. In addition, it was observed that biochar applications had a positive effect on Na uptake of the plant.

Table 11. Average values of the ratio of sodium and groups formed in Biochar and NaCl applications of peanut

Biochar	NaCl N0	N1	N2	N3	Average
B0	408,40	450,00	487,20	595,95	485,39
B250	360,45	490,65	426,95	393,40	417,86
B500	503,35	344,60	497,85	465,90	452,93
B750	412,70	550,45	458,05	487,65	477,21
B1000	427,40	501,10	670,80	484,70	521,00
Average	422,46	467,36	508,17	485,52	

Kiyas (2020) reported a positive correlation between the increase in the amount of Na with the increase in leonardite and salt doses applied to bean plants. Zambi (2019) reported that the amount of Na accumulated in the above-ground parts generally increased as the salt doses applied to pea plants at different rates increased. Bulut (2007), when the seedling development of broad bean plant was examined, it was determined that a high amount of Na accumulated in roots, stems and leaves with increasing salinity. Özcan et al. (2000) reported that salt stress applied to three different chickpea varieties increased Na accumulation in the plant. Aydinşakır et al. (2015), as a result of the research on how salt stress affects the development of peanut, stated that the increase in the salt content of irrigation water caused an increase in the amount of Na in the leaves and roots. The findings we obtained as a result of the applications applied to peanut are in parallel with the previous studies. Elmasoğlu et al. (2022) stated that biochar can be used to improve saline soils and increase soil fertility. They stated that carbonisation of the wastes generated as a result of agricultural practices and reapplication to the soil will contribute positively to our soils which are poor in organic matter.

Ratio of P (Phosphorus) in plant (%)

The effects of salt stress on phosphorus content in the plant and the effects of biochar applications in reducing it were examined and found to be statistically significant. The average phosphorus content decreased at N_1 dose and increased at N_2 and N_3 doses (Table 12).

Table 12. Average values of the ratio of Phosphorus and groups formed in Biochar and NaCl applications of peanut

Biochar	NaCl				
	N_0	N_1	N_2	N_3	average
BP_0	0,368 a	0,300 bcd	0,307 bc	0,303 bc	0,320 A
BP_1	0,267 c-f	0,267 c-f	0,280 cde	0,270 cde	0,271 CD
BP_2	0,247 ef	0,227 f	0,283 cde	0,272 cde	0,257 D
BP_3	0,259 def	0,287 cde	0,299 bcd	0,300 bcd	0,286 BC
BP_4	0,267 c-f	0,291 cd	0,301 bcd	0,338 ab	0,299 B
Average	0,282 BC	0,275 C	0,294 AB	0,297 A	

The average phosphorus content of biochar treatments was highest in the control, decreased in BP_1 and BP_2 treatments, and increased slightly in BP_3 and BP_4 treatments. When the effects of interaction were analysed, the lowest phosphorus content was found in BP_2N_1 treatment and the highest phosphorus content was found in the control (BP_0N_0) treatment (Table 12). Salinity quitely impairs the growth and physiology of plants. The responses of plants to salinity stress may be different. Biochar applications have attracted increasing interest in recent years as a potential soil amendment agent under stress conditions. Our findings are in parallel with the following studies. Biochar (2, 4 and 6%) obtained from maize was used to increase this resistance of *Glycyrrhiza uralensis Fisch*. (*liquorice*), a *legume* and salt-tolerant plant, and it was found that biochar increased nodule, root length, N and K concentrations in the plant under saline conditions (Egamberdieva et al. 2021). The growth of Suaeda salsa treated with biochar derived from *wheat* straw and phosphorus fertilisation in saline-sodic soil was investigated and it was found that the treatments showed a significant ($P < 0.05$) negative (antagonistic) interaction on plant P concentration. This was explained by the fact that when biochar and P fertilisation were applied together, phosphate precipitation/sorption reaction occurred in saline-sodic soil and plant P availability decreased in saline-sodic soil (Xu et al. 2016). In a study, the use of biochar (control, 10% and 20% addition) to ameliorate saline soil (non-saline, 6, 12 dS m-1 NaCl) was considered and the development of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) seedlings was examined for this purpose. The results showed that salt increased sodium (Na) concentration in leaves and roots. (Farhangi-Abriz, S., & Torabian, S. (2018).

In a study investigating the plant growth and nutrient content status of the application of biochar (0, 30 and 45 g) in saline conditions (0, 1 and 1.5%), as a result, B45S1.5 application had an effect on plant height, number of plant leaves, leaf area and above-ground fresh -It was determined that it increased dry biomass and root fresh-dry biomass. Similarly, the highest total phosphorus (TP) in maize shoot was observed in B30S1, B0S1.5, CK and B0S1.5. It has been reported that the highest TN, TP, TK and Na concentrations in the root were obtained in the B0S1 application, respectively (Soothar et al. 2021).

CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS

According to the results of the present research, the application of a certain amount of orange charcoal to the soil had an important effect on some physiological properties of peanut plant. It was concluded that it reduces the negative effect of salt. It was concluded that the use of materials containing organic matter has a positive effect on soil fertility and plant growth in many ways. It can be said that the stress caused by increasing the salt concentration in the seedling stage of peanut plant can be reduced by the application of orange biochar.

Notice: In this research, the figures in the thesis of Sultan ASLAN, a graduate student, were used.

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

Declaration of Contribution of Researchers: The authors declare that they have contributed equally to the article.

YAZAR ORCID NUMARALAR

Erkan BOYDAK Orcid: https://orcid.org/0000-0002-3466-5356

Ali Rıza DEMİRKIRAN https://orcid.org/0000-0002-0086-0137

Sultan ASLAN Orcid: https://orcid.org/0000-0003-0198-8973

REFERENCES

Akgül, G. (2017). Biyokömür Üretimi ve Kullanım Alanları. S.Ü. Müh. Bilim ve Tekn. Derg. 9364(2147), 1–23.

Anonim (2023). https://bingol.csb.gov.tr/cografi-durumu-i-1393.

Avcı, S. (2019). Bazı ekmeklik Buğday Çeşitlerinde Oksijenlendirilmiş suyun etkisinin Belirlenmesi. Bingöl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı.

Aydinşakır, K., Büyüktaş, D., Dinç, N. and Karaca, C. (2015). Impact of Salinity Stress on Growing, Seedling Development and Water Consumption of Peanut (*Arachis Hypogaea* Cv. NC-7). Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi 28(2).

Balcı, A. ve Boydak, E. (2021). Farklı Kolza (*Brassica Napus* L.) Genotiplerinde NaCl Konsantrasyonlarının Çimlenme ve Çıkış Üzerine Etkisi. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi 4(5), 1011–20. doi: 10.18016/ksutarimdoga.vi. 768704.

Boydak, E. (2020). Doğu Geçit Bölgesinde Yetiştirilen Bazı Yerfıstığı (*Arachis Hypogaea* L.) Çeşitlerinin Verim ve Verim Unsurlarının Belirlenmesi. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi 51(3), 239–42. doi: 10.17097/ataunizfd. 678628.

Boydak, E., Karaaslan, D. and Türkoğlu H. (2010). The Effect of Different Nitrogen and Irrigation Levels on Fatty Acid Composition of Peanut Oils. Turkish Journal of Field Crops 15(1), 29–33. doi: 10.17557/tjfc.59903.

Bulut, F. (2007). Bakla (*Vicia Faba* L.)'da Tuzluluğun Fide Gelişimine ve Bazı Minerallerin Alımına Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Biyoloji Anabilim Dalı 583–583. doi: 10.1007/978-3-540-71095-0-11031.

Celik, S., and Boydak, E. (2019). Determination Of Several Plant Characteristics Affecting Yield Per Decare In Peanut Using Different Regression Models. Journal of Multidisciplinary Engineering Science Studies (JMESS) ISSN: 2458-925X, 5(3), 2540–44.

Çelik, Ş., Akgül A. ve Boydak E. (2000). Harran Ovasında Denenen Yerfıstığı Çeşitlerinin Tohum ve Yağ Bileşimi Üzerine Bir Araştırma. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi. (2), 121-127.

Da Silva Mendes, J., Fernandes, J. D., Garófalo Chaves, L. H., Carvallo Guerra, H. O., Tito,G, A., and Chaves, Iêde de B. (2021). Chemical and Physical Changes of Soil Amended with Biochar (Biochar ile Değiştirilen

Toprağın Kimyasal ve Fiziksel Değişimleri). Water, Air, and Soil Plüton 232(8). doi: 10.1007/s11270-021-05289-8.

Demirkıran, A. R., Özbay, N. ve Demir, Y. (2012). Leonardit ve İnorganik Gübrelemenin Domates Bitkisinin Gelişimi Üzerine Etkileri. Tr. Doğa ve Fen Derg. Tr. J. Nature Sci. 1 (2) 110–14.

Egamberdieva, D., Ma, H., Alaylar, B., Zoghi, Z., Kistaubayeva, A., Wirth, S., & Bellingrath-Kimura, S. D. (2021). Biochar amendments improve licorice (Glycyrrhiza uralensis Fisch.) growth and nutrient uptake under salt stress. Plants, 10(10), 2135.

Elmasoğlu, C., Kumra,l F. E., Şimşek, B. and Akpınar, Ç. (2022). Tarımsal Atıklardan Elde Edilen Biyokömürün Toprak Kalitesi Üzerine Etkisi. Kadirli Uygulamalı Bilimler Fakültesi Dergisi 2(2), 328-338.

Farhangi-Abriz, S., & Torabian, S. (2018). Biochar increased plant growth-promoting hormones and helped to alleviates salt stress in common bean seedlings. Journal of Plant Growth Regulation, 37, 591-601.

Gürsoy, M. ve Kolsarıcı, Ö. (2017). Ankara Koşullarında Leonarditle Kaplanmış Toprakta Yazlık Kolza (*Brassica Napus* Ssp. Oleifera L.)'ya Uygulanan Farklı Humik Asit Dozlarının Verim ve Verim Ögelerine Etkilerinin Belirlenmesi. The Effects of Different Humic Acid Dose on the Yield and Yie. KSÜ Doğa Bilimleri Dergisi, Araştırma Makalesi/Research Article 20, 186–91.

Gürocak, E. N. (2022). Organik Materyal Olarak Leonarditin Nohut Bitkisinin Gelişimi Üzerine Etkileri. Yüksek Lisans Tezi, Bingöl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı.

Kiyas, Ü. (2020). Farklı Leonardit ve Tuz Seviyelerinin Fasulyenin *(Phaseolus vulgaris* L.) Fide Gelişimi Üzerine Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Bingöl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bingöl. 1-51.

Kökten, K., Kaplan, M., Şeydoşoğlu, S., Özdemir, S. ve Boydak, E. (2014). Farklı Yerfıstığı (*Arachis Hypogaea*) Çeşitlerinin Kuru Otlarına Ait Hayvan Besleme Değerlerinin Belirlenmesi (Determination of Animal Nutrition Values of Dry Biomass of Different Peanut (*Arachis Hypogaea*) Varieties). Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi 1(2), 156–60.

Kurtuluş, M. ve Boydak, E. (2022). Farklı Tuz Konsantrasyonlarının Bazı Aspir (*Carthamus Tinctorius* L.) Çeşitlerinin Çimlenme ve Çıkışı. Bingöl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi 9(3): 696–704. https://doi.org/10.30910/turkjans.1121337.

Oral, E., Tunçtürk, R., Tunçtürk, M. ve Kulaz, H. (2020). Silisyum Ön Uygulamalarının Fasulyede (*Phaseolus Vulgaris* L.) Tuzluluğa Dayanıklık Üzerine Etkisi. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi 3(6), 1616–25. doi: 10.18016/ksutarimdoga.vi. 702302.

Önder, S. ve Uçar, Ö. (2021). Tuz Stresinin Fasulye (*Phaseolus Vulgaris* L.) Üzerindeki Etkileri ve Tuza Toleransı Artırmak İçin Yapılan Uygulamalar. 3rd Internatıonal Conference On Food, Agrıculture And Veterınary 19-20 June, Izmir-Turkey (September).

Özbay, N. (2012). Humik Madde Uygulamalarının Durgun Su Kültüründe Yetiştirilen Turşuluk Hıyarda Bitki Gelişimi ve Verim Üzerine Etkileri. Bingöl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Türk Doğa ve Fen Dergisi. Tr. J. Nature Sci. 1 (2), 58-62.

Özcan, H., Turan, M. A., Koç, Ö., Çıkılı, Y. ve Taban, S. (2000). Tuz Stresinde Bazı Nohut (*Cicer aietinum* L. cvs.) Çeşitlerinin Gelişimi ve Prolin, Sodyum, Klor, Fosfor ve Potasyum Konsantrasyonlarındaki Değişimler. Turk J. Agric. For. 24 /6, 649- 654.

Öztürk, A. (2022). Leonardit ve Meşe Kömürü Uygulamalarının Bingöl Guldar Domates Fidelerine Etkileri. Yüksek lisans Tezi, Bingöl üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı.

Özyavuz, M. (2017). Biyokömür (Bıochar) Uygulamalarının Patlıcan Bitkisi ve Toprağın Kimyasal Özellikleri Üzerindeki Etkisinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Soothar, M. K., Mounkaila Hamani, A. K., Kumar Sootahar, M., Sun, J., Yang, G., Bhatti, S. M., & Traore, A. (2021). Assessment of acidic biochar on the growth, physiology and nutrients uptake of maize (Zea mays L.) seedlings under salinity stress. Sustainability, 13(6), 3150.

Sürücü, A., Boydak, E., Demirkıran, A. R., and Yetim, S. (2013). The Effect of Irrigation and Nitrogen on Mineral Composition of Peanut (*Arachis Hypogaea* L.) Leaves. (Yer Fıstığı (*Arachis Hypogaea* L.) Yapraklarının Mineral Bileşimi Üzerine Sulama ve Azotun Etkisi.). Journal of Food, Agriculture and Environment 11(3–4), 824–27.

Tarakçıoğlu, C., Özenç, D. B., Yılmaz, F. I., Kulaç, S. ve Aygün, S. (2019). Fındık Kabuğundan Üretilen Biyokömürün Toprağın Besin Maddesi Kapsamı Üzerine Etkisi. Anadolu Journal of Agricultural Sciences 34,107–17. doi: 10.7161/omuanajas. 433030.

Turhan, A. (2020). Fasulyede (*Phaseolus Vulgaris* L.) Farklı Tuz Dozlarının Çimlenme, Tane Verimi ve Verim Özellikleri Üzerine Etkileri. Erciyes Tarım ve Hayvan Bilimleri Dergisi 12–17.

Uçar, Ö., Soysal, S. ve Erman, M. (2020). Farklı Leonardit Dozlarının Nohut (*Cicer Arietinum* L.)'un Verim ve Bazı Verim Özelliklerine Etkileri. European Journal of Science and Technology (20), 917–21. doi: 10.31590/ejosat. 822906.

Xu, G., Zhang, Y., Sun, J., & Shao, H. (2016). Negative interactive effects between biochar and phosphorus fertilization on phosphorus availability and plant yield in saline sodic soil. Science of the Total Environment, 568, 910-915.

Yılmaz, S. (2015). Kömür Külünün Toprakların Kimyasal Özelliklerine ve Bitki Gelişimine Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı.

Yolcı, M. S., Tunçtürk, R. and Tunçtürk, M. (2021). Effect of Salt Stress on Some Growth and Physiological Parameters of Peanut (*Arachis Hypogea* L.). Yuzuncu Yil University Journal of Agricultural Sciences 31(1), 228–36. doi: 10.29133/yyutbd. 768736.

Zambi, H. (2019). Farklı NaCl Konsantrasyonlarının Bazı Bezelye (*Pisum Sativum*) Çeşit ve Genotiplerinin Bitki Gelişimine Etkisi. Yüksek Lisans Tezi Ordu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı 1–67.

Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi 12(1): 74–86, 2025

https://doi.org/10.30910/turkjans.1537927

TÜRK TARIM ve DOĞA BİLİMLERİ DERGİSİ

TURKISH JOURNAL of AGRICULTURAL and NATURAL SCIENCES

www.dergipark.gov.tr/turkjans

Araştırma Makalesi

Kurşun (II) Asetat ve Salisilik Asidin *Medicago sativa* L. Bitkisinde Gelişim, Biyokimyasal Parametreler ve miRNA156 Gen Anlatımı Üzerine Etkileri

Mustafa AKÇAY[1]*

[1]Kafkas Üniversitesi, Kars Meslek Yüksekokulu, Kimya ve Kimyasal İşleme Teknolojileri Bölümü, Kars

*Sorumlu Yazar: mustafaakcay@kafkas.edu.tr

Geliş Tarihi: 23.08.2024 Düzeltme Geliş Tarihi: 14.10.2024 Kabul Tarihi: 05.12.2024

ÖZ

Bitkiler bulundukları çevre içinde büyüme, gelişim ve fotosentezini engelleyen farklı şekillerde meydana gelebilen olumsuz koşullara maruz kalabilmektedirler. Kurşun (II) asetat, bitkilerin büyüme ve gelişmesini sınırlayan toksik bir ağır metaldir. Salisilik asit, bitkiler tarafından sentezlenebilen ve bitkilerin büyüme ve gelişiminde önemli rol oynayan bir fitohormondur. Bu çalışmada, materyal olarak Türkiye'de tarımı en fazla yapılan ve hayvan beslenmesinde kullanılan yem bitki türü baklagillerinden yonca (*Medicago sativa* L.) bitkisinin Erzurum genotipi kullanılmış ve kurşun (II) asetat ($Pb(CH_3COO)_2$), salisilik asit (SA) ve kombinasyon uygulamalarının bitki üzerinde çeşitli bitki büyüme parametreleri, biyokimyasal analiz ve miRNA ifadesi üzerine etkileri araştırılmıştır. Bitkiler, 25°C sıcaklık 16/8 fotoperiyot ve %60 neme ayarlanmış bitki büyütme kabini içerisinde 28 gün boyunca büyütülmüş ve ardından uygulama aşamasına geçilmiştir. Bitkilere uygulanan konsantrasyon uygulamaları kurşun (II) asetat (100 ve 1000 ppm), salisilik asit (0.5 mM ve 2 mM) ve kombinasyonları şeklinde olup, konsantrasyonlar bitkilerin toprağına 8 gün boyunca 40 ml çözelti şeklinde uygulanmıştır. Bu süre sonunda bitkiler hasat edilerek yapılan uygulamaların kök ve bitki uzunlukları (cm) ile kök ve yaprak yaş ağırlıkları (g), MDA içeriği ve miRNA156 gen anlatım seviyesi üzerine olan etkileri araştırılmıştır. Çalışma sonucunda, kurşun (II) asetat (100 ve 1000 ppm), uygulamalarının bitkinin kök ve bitki uzunlukları ile yaprak ve kök yaş ağırlıklarını azalttığı, MDA içeriğini şiddetli artırdığı ve miRNA156 gen anlatım seviyesini aşağı regüle ederek bitkinin büyüme ve gelişmesini olumsuz etkilediği, buna karşın salisilik asit (0,5 mM ve 2 mM) uygulamaları bitkinin kök ve bitki uzunlukları ile yaprak ve kök yaş ağırlıklarını artırdığı, MDA içeriğini azalttığı ve miRNA156 gen anlatım seviyesini yukarı regüle ederek bitkinin büyüme ve gelişmesini sağladığı tespit edilmiştir.

Anahtar kelimeler: *Medicago sativa* L., Kurşun (II) asetat, Salisilik asit, Lipit peroksidasyonu, miRNA156

Effects of Lead (II) Acetate and Salicylic Acid on Growth, Biochemical Parameters and miRNA156 Gene Expression in *Medicago sativa* L.

ABSTRACT

Plants can be exposed to unfavourable conditions in their environment that can occur in different ways that prevent them from growing, developing and photosynthesising. Lead (II) acetate is a toxic heavy metal that limits the growth and development of plants. Salicylic acid is a phytohormone that can be synthesised by plants and plays an important role in plant growth and development. In this study, Erzurum genotype of alfalfa (*Medicago sativa* L.), one of the most widely cultivated forage legume plants in Türkiye and used in animal nutrition, was used as material and the effects of lead (II)

acetate ($Pb(CH_3COO)_2$), salicylic acid (SA) and combination treatments on various plant growth parameters, biochemical analyses and miRNA expression were investigated. Plants were grown for 28 days in a plant growth chamber adjusted to 25°C temperature, 16/8 photoperiod and 60% humidity and then the application phase was started. Concentrations of lead (II) acetate (100 and 1000 ppm), salicylic acid (0.5 mM and 2 mM) and their combinations were applied to the soil of the plants as 40 ml solution for 8 days. At the end of this period, the plants were harvested and the effects of the treatments on root and plant lengths (cm), root and leaf wet weights (g), MDA content and miRNA 156 gene expression level were investigated. As a result of the study, lead (II) acetate (100 and 1000 ppm) treatments decreased the root and plant lengths and leaf and root wet weights, increased the MDA content severely and down-regulated the miRNA156 gene expression level and negatively affected the growth and development of the plant, On the other hand, salicylic acid (0.5 mM and 2 mM) treatments increased root and plant lengths, leaf and root wet weights, decreased MDA content, and up-regulated miRNA156 gene expression level and promoted plant growth and development.

Key words: *Medicago sativa* L., Lead (II) acetate, Salicylic acid, Lipid peroxidation, miRNA156

GİRİŞ

Yonca (*Medicago sativa* L.), baklagiller familyasına ait yem bitkileri içerisinde önemli bir yere sahip olan ve ülkemizde ekim alanı en fazla yapılan bir bitkidir (Yolcu ve Tan, 2008). Yonca, yem bitkilerinin kraliçesi olarak bilinir ve dünya çapında yaklaşık 32 milyon hektarda yetiştirilen önemli bir yem baklagilidir (Song ve ark., 2019). Yonca, yüksek protein, mineraller (Ca, Mg, S, K ve Zn) ve vitamin içeriği ile en iyi yem bitkileri arasında yer alır ve hayvanlarda lezzetli bir yem oluşturur (Radovic ve ark., 2009). Yıl içerisinde birkaç kez hasat edilebilen yonca, verimi yüksek, işlenebilir güçlü bir bitkidir. Bundan dolayı da hayvancılıkta direkt yem, saman, silaj ve yeşil gübre olarak kullanılmaktadır (Ozkose, 2018). Dahası, kökleri derinlemesine nüfuz eder, böylece daha derin toprak seviyelerinden Ca, K ve P sağlayarak verimli üst toprak alanını zenginleştirir (Zhang ve ark., 2019). Ayrıca *Rhizobium* bakterilerinin simbiyotik özellikleriyle ilişkili azot emme kabiliyeti nedeniyle toprak verimliliğini artırdığı için sürdürülebilir tarım için de önemlidir (Tabande ve ark., 2022). Yonca ve ilişkili gram-negatif toprak bakterileri (*Rhizobium* türleri), ağır metallerden ciddi şekilde etkilenir çünkü ağır metaller simbiyozun verimliliğini ve dolayısıyla yoncanın azot bağlama yeteneğini azaltır (Li ve ark., 2014). Yoncanın ağır metal kontaminasyonu, hayvancılıkta da yaygın olarak kullanıldığı için hayati öneme sahiptir. Dünya çapındaki mahsul bitkilerinin kalitesini ve üretkenliğini etkileyen çevresel kirleticilerin düzeylerinin artmasına insanoğlunun tarımsal ve endüstriyel faaliyetleri yol açmaktadır. Bu nedenle çevresel kirleticilerin zararlı etkilerini azaltma ya da ortadan kaldırma olanaklarını anlamak ve incelemek hayati önem taşımaktadır (Alloway, 2013). Biyosfere salınan zehirli maddeler bitkiler dahil tüm canlı organizmaları etkiler. Ağır metaller, toprağın bütünlüğü ile bitki sağlığı açısından önemli bir sorun oluşturmaktadır. Mahsullerin kirlenmiş olması gıda veya yem pazarlarında küresel riskler oluşturmaktadır (Gan ve ark., 2020). Ağır metal kelimesi, bilim camiasında farklı tanım ve yorumlar ile tartışmalar yaratmış olsa da genel olarak metalik özelliklere sahip kimyasal elementler grubu olarak tanımlanmaktadır (Duffus, 2002). Ağır metallerin temel ve zorunlu olmayan iki ana kategorisi mevcuttur. Bitkilerde temel ağır metaller mikro elementler olarak da işlev görürler ve en önemlileri; demir (Fe), çinko (Zn), bakır (Cu), kobalt (Co), molibden (Mo), manganez (Mn), vanadyum (V) ve nikeldir (Ni) (Rai ve ark., 2019). Temel ağır metallerle ilgili olarak iki büyük endişe söz konusudur. Birincisi, bitkilerin gelişmesinde başarısızlığa yol açabilecek ve fotosentetik üretimde azalmaya neden olabilecek element eksikliğidir. İkincisi ise elementlerin toksik semptomlara ve ölüme sebebiyet verebilecek yüksek doz ya da uzun süreli düşük dozda aşırı kullanımıdır (Dimkpa ve Bindraban, 2016). Zorunlu olmayan ağır metaller ise, kadmiyum (Cd), krom (Cr), cıva (Hg), kurşun (Pb) ve arsenik (As) olup bu elementler toksik etki gösterebilmektedir (Rascio ve Nvari-İzzo, 2011). Ağır metaller içerisinde yer alan çevresel kirliliğe neden olan ve toksik madde bulunduran kurşun bulunduğu ortamlardan bitkiler aracılığıyla absorbe edilerek doku ve organlarda biriktirilmektedir (Nriagu, 1992). Pb, As'tan sonra ikinci en tehlikeli maddedir (Pourrut ve ark., 2011). Kurşunun, kaynakları olarak kömürün yakılması, depolama bataryaları, cevherlerinin madenciliği ve eritilmesi, endüstri atık

suları, metal kaplama gibi çok sayıda örnek verilebilmektedir (Gottesfeld ve ark., 2018). Bitkiler için zorunlu olmayan kurşun elementi bütün bitkilerde doğal olarak bulunmaktadır (Dere ve Doğan, 2020). Ancak kurşun stresine maruz kalan bitkilerde kurşunun aşırı birikmesi durumunda bitkilerde kök uzamasında, biyokütlede, enzim aktivitelerinde, klorofil biyosentezinde (Kieffer ve ark., 2008), tohum çimlenmesinde (Yang ve ark., 2010), fide büyümesinde ve mineral besin alımında azalma (Kopittke ve ark., 2007) gibi çok sayıda fizyolojik ve biyokimyasal olumsuz sonuçlar ortaya çıkmaktadır. Salisilik asit (SA), 2-hidroksi benzoik asit olarak da bilinir ve renksiz, kristal bir yapıya sahiptir (Arteca, 1996). Bitkiler tarafından sentezlenen salisilik asit, bitkinin tüm organlarında mevcuttur (Raskin, 1992). Aromatik bir halkaya sahip olan salisilik asit bitkiler tarafından üretilen sinyaller olarak görev almaktadır (Li ve ark., 2002). Bitki hormonlarından biri olan salisilik asit, bitkilerin büyüme ve gelişmesinde, olgunlaşma ve çiçeklenmesinde, biyotik ve abiyotik (sıcaklık, kuraklık, tuzluluk, düşük sıcaklık, ağır metal gibi) streslere karşı tepkilerin düzenlemesinde önemli rol oynamaktadır (Hara ve ark., 2012). Salisilik asit, bitkide stoma kapanmasını ve gen ekspresyonunu etkilemektedir (Fu ve ark., 2012). Ağır metallerin neden olduğu reaktif oksijen türleri (ROT) hasarlarına karşı antioksidan savunma sistemini çalıştırarak bitki koruması sağlamaktadır (Chen ve ark., 2016). Yapılan çalışmalar salisilik asidin bitki üzerindeki etkisinin çevresel faktörlere, uygulama şekline, doz uygulamasına ve bitki çeşidine göre değiştiğini göstermiştir. Salisilik asidin düşük dozlarda büyümeyi uyardığı buna karşın yüksek doz kullanımında büyümeyi engellediği ileri sürülmüştür (Bagautdinova ve ark., 2022). Bütün bu bulgular salisilik asidin ağır stres koşullarında bitkinin toleransını artırabileceğini göstermektedir. miRNA, (mikroRNA) 20-24 nükleotid uzunluğunda, küçük, tek sarmala sahip, protein kodlamayan ve gen ifadesinin temel denetleyicisi olan RNA molekülleridir. miRNA'lar hedef mRNA'lara bağlanarak mRNA'yı keserek veya inhibe ederek gen ifadesinin negatif yönde düzenlenmesini sağlarlar (Jones-Rhoades, 2012). Biyotik ve abiyotik stres faktörlerine karşı çok sayıda miRNA'lar tanımlanmıştır (Zhou ve ark., 2008). Son dönemlerde yapılan çalışmalar miRNA'ların stres faktörlerine karşı önemli rol oynadığını göstermektedir. Kuraklık, tuzluluk, düşük ve yüksek sıcaklık gibi abiyotik stres faktörleri bitkilerin büyüme ve gelişmesinden sorumlu miRNA'ların ifadelerini değiştirmektedir (Shriram ve ark., 2016). miRNA'ların aktivitesi hem yukarı hem de aşağı regülasyon olmak üzere iki şekilde gerçekleşmektedir. miRNA aracılı gen regülasyonu, bitkilerin abiyotik strese verdiği yanıtlar da dahil olmak üzere farklı yollarda kritik öneme sahiptir. Ağır metal stresi sırasında miRNA'lar sülfatların asimilasyonu ve tahsisi, fitohormonların sinyalizasyonu, antioksidan temizleyicilerin aktivasyonu ve biyogenez miRNA'ları için metal stresine duyarlı metabolik yollarda yer alan çeşitli genleri hedef alırlar. Ağır metal strese yanıt veren bazı miRNAlar; miR156, miR159, miR162, miR166, miR171, miR390, miR393, miR395 ve miR396 olmak üzere çeşitli bitki türlerinde *Brassica juncea, B. napus, M. truncatula, O. sativa* ve *Phaseolus vulgaris* gibi genom çapında tanımlama yoluyla tanımlanmıştır (Yang ve Chen, 2013). Çoğu miRNA'ların, metalik strese yanıt olarak bitkilerin doğal büyüme ve gelişme sürecine katılan transkripsiyon faktörlerini hedef aldığı gözlemlenmiştir. miRNA156, bitkilerde bolca bulunan, miRNA ailesi içerisinde yüksek oranda korunan ve ilk olarak da *Arabidopsis thaliana* bitkisinde keşfedilmiş, 20 nükleotit uzunluğundaki miRNA'dır. miRNA156'nın 2 hedef geni vardır. Bunlar; SBP/SPL (SQUAMOSA promotör bağlayıcı protein) gen ailesidir. miRNA156, SPL gen ailesi üyelerinin ifadesini düzenleyerek bitkilerin büyüme ve gelişmesini sağlar (Xie ve ark., 2006).

Yonca (*Medicago sativa* L.) bitkileri, ağır metal etkilerini ve bunların hafifletilme potansiyelini inceleyen nispeten az sayıda çalışmanın konusu olmuştur. Bu bağlamda, bu çalışmada ($Pb(CH_3COO)_2$)'nin farklı konsantrasyon (100 ve 1000 ppm) toksisitelerine maruz kalan yonca (*Medicago sativa* L.) bitkilerinde tolerans mekanizmalarının geliştirilmesi hedefi ile SA'nın farklı konsantrasyon (0.5 ve 2 mM) uygulamalarının büyüme parametreleri, biyokimyasal analiz ve moleküler düzeyde etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

MATERYAL ve METOT

Bitki Materyali, Büyüme Koşulları ve Uygulamalar

Bu çalışma, 2024 yılında Kafkas Üniversitesi Yaşam Bilimleri ve Teknolojileri Uygulama ve Araştırma Merkezinde yapılmıştır. Materyal olarak ülkemizde tarımı en fazla yapılmakta olan yonca (*Medicago sativa* L.)'nın (Avcıoğlu ve ark., 2009) Erzurum genotipine ait tohumları kullanılmıştır. Tohumlar bölgenin yerel çiftçilerinden temin edilmiştir. *Medicago sativa* L. tohumları öncelikle %75'lik etil alkol içerisinde yıkanmış ardından %5'lik sodyum hipoklorit (NaClO) ticari çamaşır suyunda 15 dk sterilize edilmiştir. Son olarak tohumlar saf su ile birkaç kez yıkanarak ekime hazır hale getirilmiştir. Tohumların ekimi daha önceden hazırlanmış olan toprak:perlit:torf (1:1:1) karışımı içeren viyollerde yapılmış ve her bir viyole eşit sayıda tohum ekilmiştir. Ekim sonrası viyoller 25°C sıcaklık 16/8 uzun gün fotoperiyodu ve %60 neme sahip bitki büyütme kabini içerisine alınarak yetiştirilmeye bırakılmışlardır. Her bir viyolde bulunan fideler hasat edilinceye kadar (4 hafta) yalnızca eşit miktarda su ile sulanmışlardır. 28. gün bitkilere kurşun (II) asetat ($Pb(CH_3COO)_2$), salisilik asit (SA) ve kombinasyon uygulamaları yapılmaya başlanmıştır. Uygulamaların konsantrasyonları literatür araştırmalarına ve ön çalışmaya göre belirlenmiştir (Altun ve Orcan, 2024). Kontrol dâhil toplam dokuz grup oluşturulmuştur. Gruplar; $Pb(CH_3COO)_2$ (100 ve 1000 ppm), SA (0.5 mM ve 2 mM) ve kombinasyonlar (100 ppm $Pb(CH_3COO)_2$ + 0.5 mM SA, 100 ppm $Pb(CH_3COO)_2$ + 2 mM SA, 1000 ppm $Pb(CH_3COO)_2$ + 0.5 mM SA ve 1000 ppm $Pb(CH_3COO)_2$ + 2 mM SA) şeklindedir. Konsantrasyon çözeltileri ise ($Pb(CH_3COO)_2$ ve SA) su ile çözdürülerek hazırlanmıştır. Her bir viyole 40 ml ilgili çözeltiler topraktan ilave edilmiş ve uygulamalar 8. gün sonlandırılmıştır. Uygulama süresi boyunca kontrol bitkileri olarak esas alınan viyole ise yalnızca su uygulaması yapılmıştır.

Büyüme Parametreleri

8. gün sonunda bitkiler hasat edilerek kök ve bitki uzunlukları hassas bir cetvel ile ölçülmüş, kök ve yaprak yaş ağırlıkları ise hassas terazi ile belirlenmiştir. Hasat edilen bitkilerin kökleri analiz yapılıncaya kadar -80°C'de muhafaza edilmiştir.

Lipit Peroksidasyonunun Belirlenmesi

Bitkilerde malondialdehit (MDA) içeriği lipid peroksidasyonun son ürünü olarak ifade edilir (nmol g^{-1} Taze Ağırlık). MDA içeriğini belirlemede Heath ve Packer (1968) tarafından anlatılan yöntem kullanılmıştır. Öncelikle 0.2 g taze bitki örneği tartıldıktan sonra sıvı nitrojen kullanılarak havan içerisinde ezme işlemi yapılmıştır. 2 ml %0.1'lik trikloro asetik asit (TCA) ile homojenize edildikten sonra homojenat 15000 rpm'de 15 dakika santrifüj edilmiştir. Süpernatant kısmından 1 ml alınıp, üzerine 1 ml %20'lik TCA ve 1 ml %0.5'lik tiobarbitürik asit (TBA) eklenmiştir. 100°C'lik su banyosunda 40 dk inkübe edildikten sonra buz banyosuna hızlıca alınarak soğutuldu ve 10000 rpm'de 10 dk santrifüj yapıldıktan sonra süpernatant kısmı alınarak 532 ve 600 nm dalga boylarında 3'lü biyolojik tekrar şeklinde absorbans ölçümü yapılmıştır (Heath ve Packer, 1968).

RNA İzolasyonu ve cDNA Sentezi

Toplam RNA izolasyonu, RNA Mini Kit kullanılarak üreticinin talimatlarına göre yapılmış ve bitkilerin köklerinden elde edilmiştir (PureLink™/Cat. No. 12183018A). İzole edilen kök RNA örneklerinin kalite ve miktarları (260/280) nanodrop (Thermo Scientific Multiscan) cihazı kullanılarak belirlenmiştir. cDNA sentezi için izole edilen RNA örnekleri ile stem loop primer ve "RevertAid First Strand cDNA Synthesis Kit (Thermoscientific/Cat. No. K1622)" protokülü kullanılmıştır. miRNA156 stem loop primer (GTCGTATCCAGTGCAGGGTCCGAGGTATTCGCA CACTGGATACGACTGTGCT) NCBI veri tabanına göre dizayn edilmiştir.

Real-Time qPCR

miRNA156'nın gen ifadesindeki değişikliğini tespit edebilmek için "Hot Fırepol Evagreen Real-Time qPCR Supermix 5x (Solıs Bıodyne/Cat. No. 08-36-00001)" kullanılmış ve kit protokolüne göre gerçekleştirilmiştir. Protokol kısaca, Solıs Bıodyne Evagreen Supermix 2 µl, ileri primer (F-5'ACCGGGGTGACAGAAGAGAGAG-3') 0.2 µl, geri primer (R-5'CCAGTGCAGGGTCCGAGGTA-3') 0.2 µl, cDNA 2 µl, Nükleaz Free Water (distile su) 5.6 µl olmak üzere toplam 10 µl hacimde gerçekleştirilmiştir. Reaksiyon protokolünde kullanılan miRNA156 ileri ve geri primer setleri miRbase (mikroRNA dizisi veritabanı kullanılarak tasarlanmıştır. Referans gen olarak 6U (F-5' TCGGGGACATCCGATAAAAT-3' ile R-5' TTTGTGCGTGTCATCCTTGC-3') kullanılmıştır (Shu ve ark., 2016). Reaksiyon koşulları ise, 95°C'de 12 dk pre-denetürasyon aşamasını takiben, 40 döngü 95°C'de 15 sn, 58°C'de 20 sn, 72°C'de 20 sn şeklinde gerçekleştirilmiştir. PCR reaksiyonunun spesifikliğini kontrol etmek için PCR ürünleri erime eğrisi analizi ile kontrol edilmiştir. Reaksiyonlar her bir örnek için 3 biyolojik tekrar şeklinde çalışılmıştır. Reaksiyon sonucunda elde edilen veriler ile gen ifadesindeki değişiklikler ($2^{-\Delta\Delta Ct}$) yöntemiyle hesaplanmıştır (Livak ve Schmittgen, 2001).

İstatistiksel Analiz

İstatistiksel değerlendirme için SPSS 17.0 paket programı kullanılmıştır. Çalışma 3 tekrarlı olarak yapılmış verilerin ortalaması; üç tekrarın ortalaması ± standart sapma şeklinde verilmiştir. Elde edilen veriler üzerinde tek yönlü varyans analizi testi (ANOVA) yapılmış ve ortalamalar arasındaki farklılıklar Duncan Testi ile karşılaştırılmıştır. $P<0.05$ olan değerler istatistiksel bakımdan anlamlı kabul edilmiştir.

BULGULAR ve TARTIŞMA

$Pb(CH_3COO)_2$, SA ve Kombinasyon Uygulamalarının *Medicago sativa* L. bitkisinde Büyüme Parametreleri Üzerine Etkileri

Medicago sativa L. fideleri üzerine uygulanan $Pb(CH_3COO)_2$, SA ve kombinasyon uygulamalarının büyüme parametreleri üzerine etkisi (bitki ve kök uzunluğu) Çizelge 1' de, kök ve yaprak yaş ağırlığı ise Çizelge 2'de verilmiştir.

Bitki ve kök uzunluğu (cm)

Tüm uygulamalar arasındaki bitki uzunlukları Çizelge 1'e bakıldığında 9.16 ile 24.5 cm aralığında değişiklik göstermiştir. $Pb(CH_3COO)_2$'nin iki farklı konsantrasyonunun da bitkinin boyunu azalttığı, konsantrasyon miktarı arttıkça bitki boyundaki azalmanın daha şiddetli gerçekleştiği görülmüştür. SA'nın uygulanan iki farklı konsantrasyonları ise kontrol grubuna göre karşılaştırıldığında bitki uzunluğunu artırmıştır. Konsantrasyon arttıkça bu artışın daha fazla olduğu görülmektedir ($p<0.05$). En düşük bitki uzunluğu kontrole göre %56 azalma ile $Pb(CH_3COO)_2$'nin yüksek konsantrasyonu 1000 ppm uygulamasında görülürken, bitki uzunluğundaki en yüksek artış %17 oranla SA'nın yüksek konsantrasyonu olan 2 mM uygulamasında gerçekleşmiştir. $Pb(CH_3COO)_2$ ve SA'nın kombinasyon uygulamaları değerlendirildiğinde,kombinasyon uygulamalarının kontrole göre bitki uzunluklarını azalttığı fakat $Pb(CH_3COO)_2$'nin her iki konsantrasyonu ile karşılaştırıldığında bitki uzunluklarını artırdığı görülmüştür. Ağır metal stresinin bitki uzunlukları üzerine olan etkileri ile ilgili yapılan çalışmalara bakıldığında kurşunun farklı konsantrasyonlarının 11 farklı susam (*Sesamum indicum*) bitkisi üzerinde yapılan bir araştırmasında artan konsantrasyona bağlı olarak bitki uzunluklarının azaldığı ve büyümenin olumsuz etkilendiği bildirilmiştir (Kaya ve ark., 2019). Kıvırcık salata (*Lactuca sativa* var. *crispa*) bitkisi üzerinde kurşunun 150 ve 300 ppm'lik uygulamasının yapıldığı bir çalışmada 300 ppm kurşun uygulamasının bitkinin uzunluğunu en fazla etkilediği bildirilmiştir (Kıran, 2015). Benzer şekilde Alzahranı ve ark. (2020) yıldız çiçeği (*Dahlia variabilis* Cav) üzerinde yapmış oldukları bir çalışmada kurşun ağır metalinin tüm konsantrasyonları (0, 100, 500 ve 5000 mg kg) bitki uzunluklarını, kontrole göre önemli derecede azalttığını bildirmişlerdir. Kök uzunlukları değerlendirildiğinde, kök uzunlukları 4.85 ile 14.80

cm aralığında değişiklik göstermiştir (Çizelge 1). En düşük kök uzunluğu kontrol grubu ile karşılaştırıldığında %58 azalma ile $Pb(CH_3COO)_2$'nin yüksek konsantrasyonu olan 1000 ppm uygulamasında gerçekleşmiştir. Kök uzunluklarındaki en yüksek artış ise bitki uzunluğunda olduğu gibi SA uygulamasının yüksek konsantrasyonu 2 mM'da %28 artış oranı ile gerçekleşmiştir. $Pb(CH_3COO)_2$'nin her iki konsantrasyon uygulaması (100 ve 1000 ppm) bitki kök uzunluklarındaki büyümeyi azaltmış ve konsantrasyon miktarı arttıkça kök uzunluğundaki azalma şiddetli derecede artmıştır ($p<0.05$). SA'nın 2 mM konsantrasyon uygulamasında bitkilerin kök uzunlukları kontrole göre artmıştır. ($p<0.05$). Bitkilerin Pb'yi metal bulaş çözeltilerden aldıkları ve büyüme ve gelişmeyi olumsuz etkiledikleri bilinmektedir. Pb uygulamalarının kök uzunluklarında azalmalara yol açtığını gösteren literatür çalışmalarına bakıldığında, Ghani ve ark. (2010) iki mısır (*Zea mays* L.) çeşidini (Neelam ve Desi) 10, 20 ve 30 ppm Pb'ye maruz bırakmışlar ve kök büyümesi inhibisyonunun gerçekleştiğini bildirmişlerdir. (Kopittke ve ark. (2007) börülcede (*Vigna unguiculata*) yapmış oldukları çalışmada uygulamış oldukları Pb'nin (3 ve 5 µM) kök uzunluğunu azalttığını rapor etmişlerdir. Benzer şekilde Małkowski ve ark. (2002) yaptığı bir çalışmada mısır (*Zea mays* L.) fidelerine uygulanan kurşun ağır metalinin tüm konsantrasyonlarının (10, 100 ve 1000 uM) kök büyümesini inhibe ettiğini bildirmişlerdir. Obroucheva ve ark. (1998) genç mısır (*Zea mays* L.) fidelerinde yapmış oldukları çalışmada (10^{-2} ve 10^{-5} M) Pb uygulamasının bitkinin kök gelişimini engellediğini bildirmişlerdir. Benzer şekilde Godbold ve Kettner (1991), avrupa ladini (*Picea abies)* üzerine yapmış oldukları çalışmada, 0.5 µM Pb uygulamasının sonucunda bitki kök gelişiminin kontrole göre azaldığını bildirmişlerdir. Bhatti ve ark. (2013) buğdaya (*Triticum aestivum* L.) uygulamış oldukları 40 ve 60 ppm'lik Pb çözeltisinin kök uzunluğunu azalttığını rapor etmişlerdir.

Bitki ve kök uzunlukları ile ilgili elde ettiğimiz bulgulara göre *Medicago sativa* L. bitkilerinde artan $Pb(CH_3COO)_2$ konsantrasyon uygulamasıyla kök ve bitki uzunlukları önemli derecede azalmış, artan SA konsantrasyon uygulamasıyla da kök ve bitki uzunlukları önemli derecede artış göstermiştir. $Pb(CH_3COO)_2$ konsantrasyonunun kök ve bitki uzunluklarında azalmaya neden olması Pb tarafından indüklenen hücre bölünmesinin bir inhibisyonundan kaynaklı olabileceğini düşündürmektedir (Eun ve ark., 2000).

Çizelge 1. *Medicago sativa* L. fideleri üzerine uygulanan $Pb(CH_3COO)_2$, SA ve kombinasyon uygulamalarının bitki ve kök uzunluğu üzerine etkisi.

Uygulamalar	**Bitki uzunluğu**	**Kök uzunluğu**
Kontrol	$20.93±1.63^{bc}$	$11.53±0.97^{b}$
100 ppm $Pb(CH_3COO)_2$	$16.25±3.72^{f}$	$8.30±1047^{c}$
1000 ppm $Pb(CH_3COO)_2$	$9.16±1.57^{g}$	$4.85±1.02^{d}$
0.5 mM SA	$23.10±1,89^{ab}$	$13.14±3.33^{ab}$
2 mM SA	$24.50±2.57^{a}$	$14.80±3.59^{a}$
100 ppm $Pb(CH_3COO)_2$ + 0.5 mM SA	$19.65±1.85^{cde}$	$10.85±1.59^{b}$
100 ppm $Pb(CH_3COO)_2$ + 2 mM SA	$20,33±3.80^{cd}$	$11.12±3.56^{b}$
1000 ppm $Pb(CH_3COO)_2$ + 0.5 mM SA	$17,55±2.45^{ef}$	$11.04±3.34^{b}$
1000 ppm $Pb(CH_3COO)_2$ + 2 mM SA	$18.40±2.43^{def}$	$11.45±2.88^{b}$

*$Pb(CH_3COO)_2$: Kurşun (II) asetat, SA: Salisilik asit
*Değerler üç paralel ölçümün ortalama ± standart sapması olarak verilmiştir (n=3).
*Aynı sütundaki farklı harfleri taşıyan grup ortalamaları arasındaki fark, istatistiksel olarak önemlidir ($p<0.05$).

Kök ve yaprak yaş ağırlığı (g)

Bitkilerin kök yaş ağırlığı, Çizelge 2'ye bakıldığında 0.07 ile 0.27 g aralığında değişiklik göstermiştir. $Pb(CH_3COO)_2$ uygulamasının konsantrasyon miktarı arttıkça kök yaş ağırlığında azalma, SA

uygulamasının konsantrasyon miktarı arttıkça kök yaş ağırlığında artış gerçekleşmiştir. Kontrol grubu ile karşılaştırıldığında en düşük kök yaş ağırlığı $Pb(CH_3COO)_2$ uygulamasının yüksek konsantrasyonu olan 1000 ppm'de %61 ile en düşük ağırlığa sahip iken en yüksek kök yaş ağırlığı SA'nın yüksek konsantrasyonu 2 mM uygulamasıyla %50 artış oranında gerçekleşmiştir ($p<0.05$). Bitkideki büyüme parametresi ağırlık artışı ile yakından ilişkilidir. Bitkilerdeki ağırlık artışının metal stresiyle azaldığını birçok araştırmacı rapor etmiştir (Abdelgawad ve ark., 2020;Ahmad ve ark., 2012). Ouzounidou ve ark. (1997), yılında üç günlük buğday (*Triticum aestivum* L.) bitkileriyle yapmış oldukları çalışmalarında artan Cd stresi ile kök, sürgün ve yaprak ağırlıklarının azaldığını, büyüme ve gelişmenin neredeyse durduğunu bildirmişlerdir. Akıncı ve ark. (2010), yılında domates (*Solanum lycopersicum* L.) bitkisi üzerinde yapmış oldukları çalışmada Pb'nin farklı konsantrasyonlarının (75, 150 ve 300 mg l) bitkinin kök yaş ağırlıklarını azalttığını ve konsantrasyon arttıkça bu azalmanın daha şiddetli olduğunu bildirmişlerdir.

Bitkilerin yaprak yaş ağırlığı değerlendirildiğinde ise, yaprak yaş ağırlıkları 0.01 ile 0.08 g aralığında değişiklik göstermiştir (Çizelge 2). Genel olarak $Pb(CH_3COO)_2$ uygulamasının konsantrasyon miktarı arttıkça kök yaş ağırlığında azalma, SA uygulamasının konsantrasyon miktarı arttıkça da kök yaş ağırlığında artış gerçekleşmiştir. $Pb(CH_3COO)_2$ uygulamasının her iki dozunda (100 ve 1000 ppm) yaprak yaş ağırlığı kontrole göre kıyaslandığında azalmıştır ($p<0.05$). Yaprak yaş ağırlığında ki en fazla azalma kontrol grubuyla karşılaştırıldığında $Pb(CH_3COO)_2$ 1000 ppm uygulamasında %83 oranıyla gerçekleşmiştir. SA uygulamasının her iki dozu (0.5 ve 2 mM) ise kontrole göre kıyaslandığında yaprak yaş ağırlığını artırmıştır. Yaprak yaş ağırlığındaki en yüksek artış SA'nın 2 mM uygulamasında %33 oranıyla gerçekleşmiştir ($p<0.05$). Yaprak yaş ağırlığının metal stresiyle azaldığını bildiren çalışmalar söz konusudur. Deswal ve ark. (2018) yılında bezelye (*Pisum sativum* L.) bitkisi üzerine kadmiyum (Cd), nikel (Ni) ve kurşunun (Pb) çeşitli konsantrasyonlarını uygulamış ve bitkilerin organlarının yaş ağırlıklarının azaldığını ve bu azalmanın konsantrasyon artışı ile arttığını bildirmişlerdir. Hussain ve ark. (2018) mısır (*Zea mays* L.) bitkisinde kurşunun farklı konsantrasyonlarının (0, 25, 50, 100, 200, 500 mM) büyüme üzerine etkisini araştırmış ve bitkilerin yaş ağırlıklarının azaldığını rapor etmişlerdir.

Kök ve yaprak yaş ağırlıkları ile ilgili elde ettiğimiz bulgulara göre *Medicago sativa* L. bitkilerinde artan $Pb(CH_3COO)_2$ konsantrasyon uygulamasıyla kök ve yaprak yaş ağırlıkları önemli derecede azalmış, artan SA konsantrasyon uygulamasıyla da kök ve yaprak yaş ağırlıkları önemli derecede artış göstermiştir.

Çizelge 2. *Medicago sativa* L. fideleri üzerine uygulanan $Pb(CH_3COO)_2$, SA ve kombinasyon uygulamalarının kök ve yaprak yaş ağırlığı üzerine etkisi.

Uygulamalar	**Kök yaş ağırlığı**	**Yaprak yaş ağırlığı**
Kontrol	$0.18±0.09^{b}$	$0.06±0.01^{bc}$
100 ppm $Pb(CH_3COO)_2$	$0.13±0.01^{cd}$	$0.03±0.01^{e}$
1000 ppm $Pb(CH_3COO)_2$	$0.07±0.01^{e}$	$0.01±0.01^{f}$
0.5 mM SA	$0.19±0.02^{b}$	$0.07±0.00^{b}$
2 mM SA	$0.27±0.02^{a}$	$0.08±0.01^{a}$
100 ppm $Pb(CH_3COO)_2$ + 0.5 mM SA	$0.15±0.03^{bc}$	$0.05±0.01^{d}$
100 ppm $Pb(CH_3COO)_2$ + 2 mM SA	$0.16±0.06^{bc}$	$0.05±0.01^{cd}$
1000 ppm $Pb(CH_3COO)_2$ + 0.5 mM SA	$0.09±0.05^{de}$	$0.05±0.00^{cd}$
1000 ppm $Pb(CH_3COO)_2$ + 2 mM SA	$0.13±0.01^{cd}$	$0.05±0.00^{cd}$

*$Pb(CH_3COO)_2$: Kurşun (II) asetat, SA: Salisilik asit
*Değerler üç paralel ölçümün ortalama ± standart sapması olarak verilmiştir (n=3).
*Aynı sütundaki farklı harfleri taşıyan grup ortalamaları arasındaki fark, istatistiksel olarak önemlidir ($p<0.05$).

Lipit Peroksidasyonunun Belirlenmesi

Hem biyotik hemde abiyotik stres faktörleri lipidlerde peroksidasyona (LPO) neden olurlar (Rama Devi ve Prasad, 2004). Reaktif oksijen türlerinin tetiklenmesi sonucunda meydana gelen oksidatif stres kurşun ağır metalinin neden olduğu etkilerden biridir. Oksidatif stres; karbonhidrat, lipit, protein ve DNA'nın yapısını bozabilir stres süresi uzadıkça da geri dönüşü olmayan tahribatlara neden olabilir. Lipit peroksidasyon düzeyini belirlemek için malondialdehit (MDA) düzeyinin tespiti önemlidir. MDA, lipit peroksidasyonunun son ürünüdür. Şekil 1'e bakıldığında MDA içeriği 0.379 ile 1.049 nmol g^{-1} arasında değişiklik göstermiştir. $Pb(CH_3COO)_2$ uygulamasının konsantrasyon uygulaması arttıkça MDA içeriğinde artış, SA uygulamasının konsantrasyon uygulaması arttıkça da MDA içeriğinde azalma gerçekleşmiştir. Kontrol grubuyla karşılaştırıldığında $Pb(CH_3COO)_2$'nin 100 ppm uygulamasında %77 (0.8293 nmol g^{-1}), 1000 ppm uygulamasında %123 (1.049 nmol g^{-1}) oranıyla MDA içeriğinde artış gerçekleşmiştir ($p<0.05$). Buna karşın kontrol grubuyla karşılaştırıldığında SA'nın 0.5 mM uygulamasında %12 (0.4133 nmol g^{-1}), 2 mM uygulamasında %19 (0.3790 nmol g^{-1}) oranıyla MDA içeriğinde azalma gerçekleşmiştir. $Pb(CH_3COO)_2$ ve SA'nın kombinasyon uygulamaları, MDA içeriği artışına neden olan $Pb(CH_3COO)_2$'nin her iki konsantrasyon uygulamasıyla karşılaştırıldığında ise $Pb(CH_3COO)_2$'nin her iki konsantrasyon uygulamasından daha düşük MDA içeriği göstermiştir. Pb ve SA ile yapılan literatür çalışmalarına bakıldığında, Pb'nin farklı konsantrasyonları (2, 4, 8, 16, 32 ve 64 ppm) ile sorgum *(Sorghum bicolor* L.) bitkisi üzerinde yapılan bir çalışmada MDA içeriğinin bitkide hem kökte hemde yaprakta önemli derecede arttığı bildirilmiştir (Yılmaz, 2015). Benzer şekilde iki arpa (*Hordeum vulgare* L.) çeşidine (Tarm/Tokak) uygulanan Pb'nin 15 mM konsantrasyon uygulamasının kontrole göre MDA içeriğini artırdığı bildirilmiştir (Gezer, 2011). Song ve ark. (2012) buğday (*Triticum aestivum*) bitkisinde yapmış oldukları çalışmada Pb uygulamasının MDA içeriğini artırdığını buna karşın SA uygulamasının Pb'nin etkisini azaltığını bildirmişlerdir. MDA ile ilgili elde ettiğimiz bulgulara göre *Medicago sativa* L. bitkilerinde artan $Pb(CH_3COO)_2$ konsantrasyon uygulamasıyla MDA içeriğinde önemli derecede bir artış gerçekleştirerek bitkide hücresel hasara sebebiyet vermiştir. SA konsantrasyon uygulamasıyla da MDA içeriğinde azalma ile bitkide $Pb(CH_3COO)_2$ 'nin oluşturmuş olduğu hasarın etkisini hafiflettiği görülmüştür.

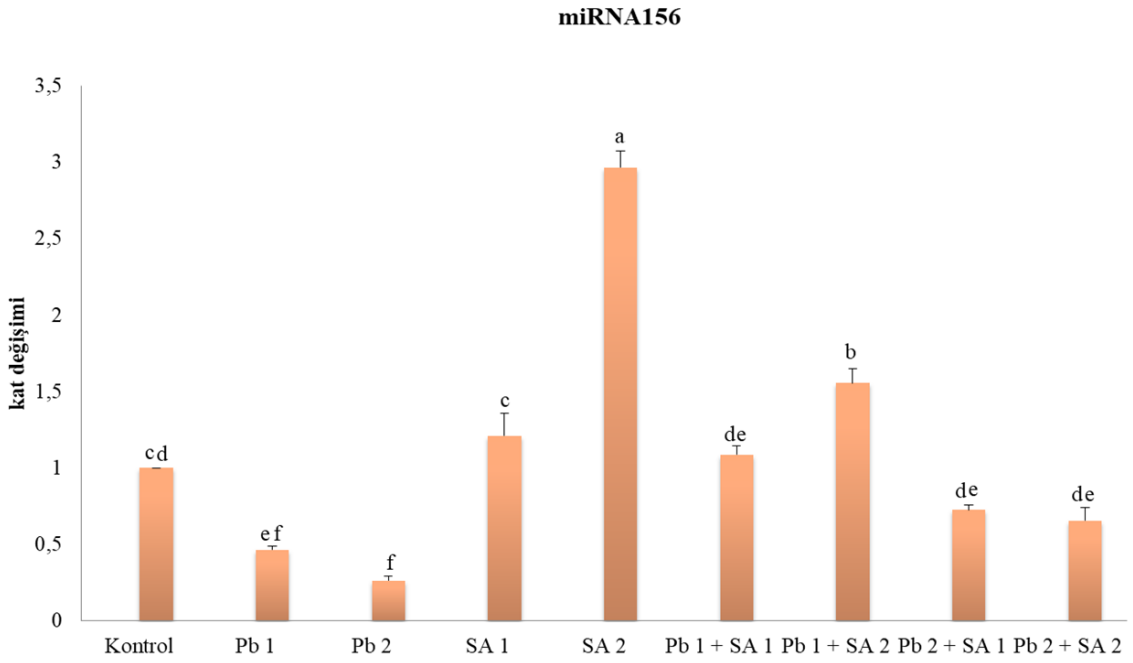
*Pb 1: $Pb(CH_3COO)_2$ 100 ppm, Pb 2: $Pb(CH_3COO)_2$ 1000 ppm, SA 1: SA 0.5 mM, SA 2: SA 2mM, Pb 1+ SA1: $Pb(CH_3COO)_2$ 100 ppm + SA 0.5 mM, Pb 1+ SA 2: $Pb(CH_3COO)_2$ 100 ppm + SA 2 mM, Pb 2+SA 1: $Pb(CH_3COO)_2$ 1000 ppm + SA 0,5 mM, Pb 2+ SA 2: $Pb(CH_3COO)_2$ 1000 ppm + SA 2 mM

*Aynı sütundaki farklı harfleri taşıyan grup ortalamaları arasındaki fark, istatistiksel olarak önemlidir ($p<0.05$).

Şekil 1. *Medicago sativa* L. köklerindeki lipit peroksidasyon (MDA) düzeyi.

Real-Time qPCR

Medicago sativa L. $Pb(CH_3COO)_2$ SA ve kombinasyon uygulamalarıyla miRNA156 gen anlatım seviyesinde farklı sonuçlar vermiştir (Şekil 2). $Pb(CH_3COO)_2$'nin 100 ve 1000 ppm uygulamaları kontrol grubu ile karşılaştırıldığında gen anlatım seviyesinde azalma, SA'nın 0.5 ve 2 mM uygulamaları kontrol grubu ile karşılaştırıldığında gen anlatım seviyesinde artış gerçekleşmiştir. Kombinasyon uygulamalarında ise gen anlatım seviyesinde artış ve azalış şeklinde uygulamalara göre farklı sonuçlar ortaya çıkmıştır. Kontrol grubuyla karşılaştırıldığında $Pb(CH_3COO)_2$'nin 100 ppm uygulaması %53.3 oranı ve 0.46 kat değişimi ile gen anlatım seviyesinde aşağı regüle olurken, 1000 ppm uygulaması %74 oranı ve 0.26 kat değişimi ile en düşük gen anlatım seviyesinde aşağı regüle olmuştur ($p<0.05$). SA'nın 0.5 mM uygulaması %21 oranı ve 1.21 kat değişimi ile gen anlatım seviyesinde yukarı regüle olurken, 2 mM uygulaması %196 oranı ve 2.97 kat değişimi ile en yüksek gen anlatım seviyesinde yukarı regüle olmuştur ($p<0.05$). Kombinasyon uygulamaları ise $Pb(CH_3COO)_2$ 'nin 100 ppm uygulaması SA'nın her iki konsantrasyon uygulamasıyla sırasıyla (1.08-1.55) kat değişimi ile yukarı regüle olurken, $Pb(CH_3COO)_2$ 'nin 1000 ppm yüksek konsantrasyonu SA'nın her iki konsantrasyon uygulamasıyla sırasıyla (0.72-0.65) kat değişimleriyle aşağı regüle olmuştur ($p<0.05$) (Şekil 2). Bitkilerde, miRNA'lar gen ifadesini esas olarak kesme için mRNA'ları hedef alarak düzenler; bu nedenle, belirli bir miRNA'nın ifadesinin seviyesi ile hedeflerinin ifadesinin seviyesi arasında ters bir korelasyon olabilir. miRNA156, transkripsiyon faktörlerini kodlayan promoter bağlama benzeri SPL genlerini hedefler ve SPL gen ailesi üyelerinin ekspresyonunu düzenleyerek bitkinin büyüme ve gelişmesini sağlar (Xu ve ark., 2016). $Pb(CH_3COO)_2$'nin 100 ve 1000 ppm uygulamalarının gen anlatım seviyelerinin aşağı doğru regüle olması muhtemelen hedeflediği genin yukarı doğru düzenlenmesine neden olarak bitkinin büyüme ve gelişmesini olumsuz etkilediği düşünülmektedir. Aynı şekilde SA'nın 0.5 ve 2 mM uygulamalarının gen anlatım seviyelerinin yukarı doğru regüle olması muhtemelen hedeflediği genin aşağı doğru düzenlenmesine neden olarak bitkinin büyüme ve gelişmesine olumlu yönde etki ettiği düşünülmektedir. Ağır metal stres ile ilgili yapılan miRNA gen anlatım seviyesi çalışmalarına bakıldığında, ağır metal stresi ve bitki çeşidine göre miRNA gen anlatım seviyesinde farklı değişiklikler söz konusudur. *Oryza sativa (*pirinç) bitkisinin 60 µM Cd ile muamele edilmiş köklerinde miRNA156 aşağı regüle (Ding ve ark. (2011), *Zea mays* (mısır) köklerinde 200 ppm Cd stresi ile miRNA156'nın aşağı regüle (Gao ve ark. (2019), Pb kaynaklı strese karşı *Gossypium hirsutum* L. (pamuk) bitkisinin köklerinde miRNA156 25 ve 50 ppm uygulamasında yukarı, 100 ve 200 ppm uygulamasında aşağı doğru regüle olduğu bildirilmiştir (He ve ark., 2014). Wang ve ark. (2015) yılında *Raphanus sativus* L. (turp) ile yapmış oldukları çalışmada Pb stresinde miRNA156'nın yukarı regüle olduğunu bildirmişlerdir.



*Pb 1: $Pb(CH_3COO)_2$ 100 ppm, Pb 2: $Pb(CH_3COO)_2$ 1000 ppm, SA 1: SA 0.5 mM, SA 2: SA 2 mM, Pb 1+ SA1: $Pb(CH_3COO)_2$ 100 ppm + SA 0.5 mM, Pb 1+ SA 2: $Pb(CH_3COO)_2$ 100 ppm + SA 2 mM, Pb 2+SA 1: $Pb(CH_3COO)_2$ 1000 ppm + SA 0,5 mM, Pb 2+ SA 2: $Pb(CH_3COO)_2$ 1000 ppm + SA 2 mM
*Aynı sütundaki farklı harfleri taşıyan grup ortalamaları arasındaki fark, istatistiksel olarak önemlidir ($p<0.05$).

Şekil 2. *Medicago sativa* L. köklerindeki miRNA156 mRNA seviyesindeki değişiklik

SONUÇ ve ÖNERİLER

Medicago sativa L. bitkileri üzerine uygulanan $Pb(CH_3COO)_2$, SA ve kombinasyonlarının etkileri değerlendirildiğinde, $Pb(CH_3COO)_2$'nin her iki konsantrasyonununda (100 ve 1000 ppm) bitkinin kök ve bitki uzunluklarını, kök ve yaprak yaş ağırlıklarını azalttığı, MDA içeriğini artırdığı ve miRNA156 gen anlatım seviyesini aşağı regüle ettiği görülmüştür. Çalışmada 1000 ppm $Pb(CH_3COO)_2$ uygulamasının daha şiddetli etki gösterdiği ve bitkilerde stres oluşturduğu bununla beraber toksik etki yaratarak büyüme ve gelişmeyi olumsuz etkilediği görülmüştür. SA uygulamalarının her iki konsantrasyonununda (0.5 ve 2 mM) MDA içeriğini azalttığı, bitkinin kök ve bitki uzunluklarını, kök ve yaprak yaş ağırlıklarını artırdığı ve miRNA156 gen anlatım seviyesini yukarı regüle ettiği görülmüştür. SA'nın $Pb(CH_3COO)_2$ ile olan kombinasyon uygulamalarına bakıldığında ise $Pb(CH_3COO)_2$'nin MDA içeriği, kök, bitki uzunlukları ile kök ve yaprak yaş ağırlıklarında neden olduğu olumsuz etkiyi iyileştirdiği görülmüştür. SA uygulamaları, $Pb(CH_3COO)_2$'nin bitki üzerindeki yaratmış olduğu olumsuz etkilerin azaltılmasında etkili olduğu ve bitkiye bir koruma görevi sağladığı görülmüştür. SA'nın olumlu etkisinin daha fazla net bir şekilde ortaya çıkarılabilmesi için farklı çeşitlerde farklı stres ve SA konsantrasyonlarını içeren çalışmaların yapılması önem arz etmektedir.

YAZAR ORCID NUMARALARI

Mustafa AKÇAY http://orcid.org/ 0000-0003-1747-2314

KAYNAKLAR

AbdElgawad, H., Zinta, G., Hamed, B. A., Selim, S., Beemster, G., Hozzein, W. N. ve Abuelsoud, W. 2020. Maize roots and shoots show distinct profiles of oxidative stress and antioxidant defense under heavy metal toxicity. *Environmental Pollution*, *258*, 113705.

Ahmad, P., Ozturk, M. ve Gucel, S. 2012. Oxidative damage and antioxidants induced by heavy metal stress in two cultivars of mustard (*Brassica juncea* L.) plants. *Fresenius Environ Bull*, *21*(10), 2953-2961.

Akinci, I.E., Akinci, S. ve Yilmaz, K. 2010. Response of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) to lead toxicity: Growth, element uptake, chlorophyll and water content. *African Journal of Agricultural Research*, *5*(6), 416-423.

Alloway, B.J. 2013. Sources of heavy metals and metalloids in soils. *Heavy metals in soils: trace metals and metalloids in soils and their bioavailability*, 11-50.

Altun, H. ve Orcan, P. 2024. Responses to exogenous elicitor treatment in lead-stressed *Oryza sativa* L. *BMC Plant Biology*, *24*(1), 897.

Alzahrani, Y., Alharby, H.F., Hakeem, K.R. ve Alsamadany, H. 2020. Modulating effect of EDTA and SDS on growth, biochemical parameters and antioxidant defense system of Dahlia variabilis grown under cadmium and lead-induced stress. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, *48*(2), 906-923.

Arteca, R.N. 1999. *Plant growth substances: principles and applications*. Springer Science & Business Media. New York, 128 s.

Avcıoğlu, R., Geren, H., Tamkoç, A. ve Karadağ, Y. 2009. Yonca (*Medicago sp.* L.). Yem Bitkileri Cilt II: Baklagil Yem Bitkileri. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı, Tarımsal Üretim ve Geliştirme Genel Müdürlüğü, İzmir, 293-295.

Bagautdinova, Z.Z., Omelyanchuk, N., Tyapkin, A.V., Kovrizhnykh, V.V., Lavrekha, V.V. ve Zemlyanskaya, E.V. 2022. Salicylic acid in root growth and development. *International Journal of Molecular Sciences*, *23*(4), 2228.

Bhatti, K.H., Sehrish Anwar, S.A., Khalid Nawaz, K.N., Khalid Hussain, K.H., Siddiqi, E.H., Sharif, R.U. ve Aneela Khalid, A.K. 2013. Effect of heavy metal Lead (Pb) stress of different concentration on wheat (*Triticum aestivum* L.). *Middle East Journal of Scientific Research,* 14(2), 148-154.

Chen, Y.E., Cui, J.M., Li, G.X., Yuan, M., Zhang, Z.W., Yuan, S. ve Zhang, H.Y. 2016. Effect of salicylic acid on the antioxidant system and photosystem II in wheat seedlings. *Biologia plantarum*, *60*(1), 139-147.

Dere, S. ve Doğan, M. 2020. Kurşun Uygulamasının Yerfıstığı (*Arachis hypogaea* L.)'ndaki Morfolojik ve Fizyolojik Etkileri. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, *7*(3), 233-245.

Deswal, M. ve Laura, J.S. 2018. Effect of heavy metals cadmium, nickel and lead on the seed germination and early seedling growth of *Pisum sativum*. *Research Journal of Life Sciences, Bioinformatics, Pharmaceutikal and Chemical Sciences*, *4*, 368-383.

Dimkpa, C.O. ve Bindraban, P.S. 2016. Fortification of micronutrients for efficient agronomic production: a review. *Agronomy for Sustainable Development*, *36*(1), 7.

Ding, Y., Chen, Z. ve Zhu, C. 2011. Microarray-based analysis of cadmium-responsive microRNAs in rice (*Oryza sativa*). *Journal of experimental botany*, *62*(10), 3563-3573.

Duffus, J.H. 2002. "Heavy metals" a meaningless term? (IUPAC Technical Report). *Pure and applied chemistry*, *74*(5), 793-807.

Eun, S.O., Shik Youn, H. ve Lee, Y. 2000. Lead disturbs microtubule organization in the root meristem of *Zea mays*. *Physiologia plantarum*, *110*(3), 357-365.

Fu, Z.Q., Yan, S., Saleh, A., Wang, W., Ruble, J., Oka, N. ve Dong, X. 2012. NPR3 and NPR4 are receptors for the immune signal salicylic acid in plants. *Nature*, *486*(7402), 228-232.

Gan, C.D., Chen, T. ve Yang, J.Y. 2020. Remediation of vanadium contaminated soil by alfalfa (*Medicago sativa* L.) combined with vanadium-resistant bacterial strain. *Environmental Technology & Innovation*, *20*, 101090.

Gao, J., Luo, M., Peng, H., Chen, F. ve Li, W. 2019. Characterization of cadmium-responsive MicroRNAs and their target genes in maize (*Zea mays*) roots. *BMC Molecular Biology*, *20*, 1-9.

Gezer, E. 2011. Arpa (*hordeum vulgare* l.) Bitkisinin bazı çeşitlerinde ağır metal stresi etkilerinin fizyolojik olarak araştırılması., *Sakarya Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi*, 1-43

Ghani, A., Shah, A.U. ve Akhtar, U. 2010. Effect of lead toxicity on growth, chlorophyll and lead (Pb) content of two varieties of maize (*Zea mays* L.). Pakistan Journal of Nutrition, 9(9): 887891.

Godbold, D.L. ve Kettner, C. 1991. Lead influences root growth and mineral nutrition of Picea abies seedlings. *Journal of plant physiology*, 139(1), 95-99.

Gottesfeld, P., Were, F.H., Adogame, L., Gharbi, S., San, D., Nota, M.M. ve Kuepouo, G. 2018. Soil contamination from lead battery manufacturing and recycling in seven African countries. *Environmental research*, *161*, 609-614.

Hara, M., Furukawa, J., Sato, A., Mizoguchi, T. ve Miura, K. 2012. Abiotic stress and role of salicylic acid in plants. *Abiotic stress responses in plants: metabolism, productivity and sustainability*, 235-251.

He, Q., Zhu, S. ve Zhang, B. 2014. MicroRNA–target gene responses to lead-induced stress in cotton (*Gossypium hirsutum* L.). *Functional & integrative genomics*, *14*, 507-515.

Heath, R.L. ve Packer, L. 1968. Photoperoxidation in isolated chloroplasts: I. Kinetics and stoichiometry of fatty acid peroxidation. *Archives of biochemistry and biophysics*, *125*(1), 189-198.

Hussain, A., Abbas, N., Arshad, F., Akram, M., Khan, Z.I., Ahmad, K. ve Mirzaei, F. 2013. Effects of diverse doses of Lead (Pb) on different growth attributes of *Zea-Mays* L. *Agricultural Sciences*, 4(5), 262-265.

Jones-Rhoades, M.W. 2012. Conservation and divergence in plant microRNAs. *Plant molecular biology*, *80*, 3-16.

Kaya, A.R., Eryigit, T., Uslu, O.S., Gedik, O. Ve Tuncturk, M. 2019. Effects of lead on seed germination and seedling growth in different sesame (*Sesamum İndicum*) genotypes. *Fresenius Environmental Bulletin*, *28*(9), 6574-6579.

Kıran, S., Özkay, F., Kuşvuran, Ş. ve Ellialtıoğlu, Ş. 2015. Kurşunun kıvırcık salata (*lactuca sativa var.* Crispa) bitkisinin bazı morfolojik ve biyokimyasal özelliklerine etkisi. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, *5*(1), 83-88.

Kieffer, P., Dommes, J., Hoffmann, L., Hausman, J.F. ve Renaut, J. 2008. Quantitative changes in protein expression of cadmium-exposed poplar plants. *Proteomics*, *8*(12), 2514-2530.

Kopittke, P.M., Asher, C.J., Blamey, F.P.C. ve Menzies, N.W. 2007. Toxic effects of Pb^{2+} on the growth and mineral nutrition of signal grass (*Brachiaria decumbens*) and Rhodes grass (*Chloris gayana*). *Plant and Soil*, *300*, 127-136.

Li, X., Schuler, M.A. ve Berenbaum, M.R. 2002. Jasmonate and salicylate induce expression of herbivore cytochrome P450 genes. *Nature*, *419*(6908), 712-715.

Li, Z., Ma, Z., Hao, X., Rensing, C. Ve Wei, G. 2014. Genes conferring copper resistance in Sinorhizobium meliloti CCNWSX0020 also promote the growth of *Medicago lupulina* in copper-contaminated soil. *Applied and Environmental Microbiology*, *80*(6), 1961-1971.

Livak K.J ve Schmittgen T.D. 2001 Analysis of relative gene expression data using real-time quantitative PCR and the $2^{-\Delta\Delta CT}$ method. *Methods,* 25(4), 402-408.

Małkowski, E., Kita, A., Galas, W., Karcz, W. Ve Kuperberg, J.M. 2002. Lead distribution in corn seedlings (*Zea mays* L.) and its effect on growth and the concentrations of potassium and calcium. *Plant Growth Regulation*, *37*, 69-76.

Min Yang, Z. ve Chen, J. 2013. A potential role of microRNAs in plant response to metal toxicity. *Metallomics*, *5*(9), 1184-1190.

Nriagu, J.O. 1992. Toxic metal pollution in Africa. *Science of the Total Environment*, *121*, 1-37.

Obroucheva, N.V., Bystrova, E.I., Ivanov, V.B., Antipova, O.V. ve Seregin, I.V. 1998. Root growth responses to lead in young maize seedlings. In *Root Demographics and Their Efficiencies in Sustainable Agriculture, Grasslands and Forest Ecosystems: Proceedings of the 5th Symposium of the International Society of Root Research, held 14–18 July 1996 at Madren Conference Center, Clemson University, Clemson, South Carolina, USA,* Springer Netherlands, 445-456.

Ouzounidou, G., Moustakas, M. ve Eleftheriou, E.P. 1997. Physiological and ultrastructural effects of cadmium on wheat (*Triticum aestivum* L.) leaves. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, *32*, 154-160.

Ozkose, A. 2018. Effect of environment x cultivar interaction on protein and mineral contents of alfalfa (*Medicago sativa* L.) in central Anatolia, Turkey. Sains Malays, 47(3), 551-562.

Pourrut, B., Jean, S., Silvestre, J. Ve Pinelli, E. 2011. Lead-induced DNA damage in Vicia faba root cells: potential involvement of oxidative stress. *Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis*, *726*(2), 123-128.

Prasad, M.N.V., Hagemeyer, J., Devi, S.R. ve Prasad, M.N.V. 1999. Membrane lipid alterations in heavy metal exposed plants. *Heavy metal stress in plants: from molecules to ecosystems*, Berlin Heidelberg, 99-116.

Radović, J., Sokolović, D. Ve Marković, J.J.B.A.H. 2009. Alfalfa-most important perennial forage legume in animal husbandry. *Biotechnology in Animal Husbandry*, *25*(5-6-1), 465-475.

Rai, P.K., Lee, S.S., Zhang, M., Tsang, Y.F. ve Kim, K.H. 2019. Heavy metals in food crops: Health risks, fate, mechanisms, and management. *Environment international*, *125*, 365-385.

Rascio, N. ve Navari-Izzo, F. 2011. Heavy metal hyperaccumulating plants: how and why do they do it? And what makes them so interesting?. *Plant science*, *180*(2), 169-181.

Raskin, I. 1992. Role of salicylic acid in plants. *Annual review of plant biology*, *43*(1), 439-463.

Shriram, V., Kumar, V., Devarumath, R.M., Khare, T.S. ve Wani, S.H. 2016. MicroRNAs as potential targets for abiotic stress tolerance in plants. *Frontiers in Plant Science*, *7*, 817.

Shu, Y., Liu, Y., Li, W., Song, L., Zhang, J. Ve Guo, C. 2016. Genome-wide investigation of microRNAs and their targets in response to freezing stress in *Medicago sativa* L., based on high-throughput sequencing. *G3:Genes, Genomes, Genetics*, *6*(3), 755-765.

Song, W., Zheng, A., Shao, H., Chu, L., Brestic, M. ve Zhang, Z. 2012. The alleviative effect of salicylic acid on the physiological indices of the seedling leaves in six different wheat genotypes under lead stress. *Plant Omics*, *5*(5), 486-493.

Song, Y., Lv, J., Ma, Z. ve Dong, W. 2019. The mechanism of alfalfa (*Medicago sativa* L.) response to abiotic stress. *Plant Growth Regulation*, *89*, 239-249.

Tabande, L., Sepehri, M., Yasrebi, J., Zarei, M., Ghasemi-Fasaei, R. ve Khatabi, B. 2022. A comparison between the function of Serendipita indica and Sinorhizobium meliloti in modulating the toxicity of zinc oxide nanoparticles in alfalfa (*Medicago sativa* L.). *Environmental Science and Pollution Research*, 1-14.

Xie, K., Wu, C. ve Xiong, L. 2006. Genomic organization, differential expression, and interaction of SQUAMOSA promoter-binding-like transcription factors and microRNA156 in rice. *Plant physiology*, *142*(1), 280-293.

Xu, M., Hu, T., Zhao, J., Park, M.Y., Earley, K.W., Wu, G. ve Poethig, R.S. 2016. *Arabidopsis thaliana*'daki miR156 tarafından düzenlenen SQUAMOSA PROMOTER BINDING PROTEIN-BENZERİ (SPL) genlerinin gelişimsel işlevleri. *PLoS genetiği* , *12* (8), e1006263.

Yang, Y., Wei, X., Lu, J., You, J., Wang, W. Ve Shi, R. 2010. Lead-induced phytotoxicity mechanism involved in seed germination and seedling growth of wheat (*Triticum aestivum* L.). *Ecotoxicology and environmental safety*, *73*(8), 1982-1987.

Yilmaz, H.Ş. 2015. Bazı ağır metal uygulamalarının sorgum (*Sorghum bicolor* L.) bitkisinin enzim aktivitesi üzerine etkisi. *Erciyes Üniversitesi*, *Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, 1-74.

Yolcu, H. ve Tan, M. 2008. Ülkemiz yem bitkileri tarımına genel bir bakış. *Tarım Bilimleri Dergisi*, *14*(3), 303-312.

Zhang, F., Liu, M., Li, Y., Che, Y. ve Xiao, Y. 2019. Effects of arbuscular mycorrhizal fungi, biochar and cadmium on the yield and element uptake of *Medicago sativa*. *Science of the Total Environment*, *655*, 1150-1158.

Zhou, Z.S., Huang, S.Q. ve Yang, Z.M. 2008. Bioinformatic identification and expression analysis of new microRNAs from *Medicago truncatula*. *Biochemical and biophysical research communications*, *374*(3), 538-542.

Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi 12(1): 87–93, 2025

https://doi.org/10.30910/turkjans.1554533

TÜRK TARIM ve DOĞA BİLİMLERİ DERGİSİ

TURKISH JOURNAL of AGRICULTURAL and NATURAL SCIENCES

www.dergipark.gov.tr/turkjans

Araştırma Makalesi

Kültür Şartlarında Yetiştirilen *Heracleum platytaenium* Boiss. (Endemik) Türün Bazı Tarımsal Özelliklerinin Belirlenmesi

Bekir TOSUN[1*] Tahsin KARADOĞAN[2]

[1]Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, , Tarım, Hayvancılık ve Gıda Araştırmaları Uygulama ve Araştırma Merkezi, Burdur, Türkiye

[2]Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bİtkileri Bölümü, Isparta, Türkiye

[*]Sorumlu Yazar:btosun@mehmetakif.edu.tr

Geliş Tarihi: 23.09.2024 Düzeltme Geliş Tarihi: 13.12.2024 Kabul Tarihi: 18.12.2024

ÖZ

Çalışma, 2021-2022 yıllarında Isparta ekolojik koşullarında yetiştirilen *Heracleum platytaenium* türünün bazı tarımsal özellikleri, protein oranları, sabit yağ oran ve bileşenlerinin belirlenmesi amacıyla yürütülmüştür. Çalışmada türün tarımsal özellikleri bakımında ana dal, yan dal, meyve veren ve vermeyen şemsiye sayıları ile meyve verimleri belirlenmiştir. Meyvelerin ham protein oranı Kjeldahl yöntemi, ham yağ oranları sokholet, sabit yağ içeriği ise GC/FID cihazı kullanılarak tespit edilmiştir. Türün 2021-2022 yıllarında meyve verimi 542-500 g/bitki, ham protein oranı %12.77-12.07, ham yağ oranı %14.46-14.44 olarak belirlenmiştir. Türün başlıca yağ asitlerini, petroselinik (%47.63-44,61), linoleik (%16.09-15.46), oleik (%9.52-7.91) ve palmitik asit (%3.75-4.00) oluşturmuştur. Sonuç olarak endemik *H. platytaenium* türünün ilerleyen yıllarda çeşitli ıslah ve yetiştiricilik çalışmaları yapılarak ekonomik öneme sahip türler arasında yer alabileceği düşünülmektedir.

Anahtar kelimeler: Sabit yağ içeriği, Protein oranı, Ham yağ oranı, Tohum verimi

Determination of Agricultural Charactareristics of *Heracleum platytaenium* Boiss. (Endemic) Species Grown Under Culture Condition

ABSTRACT

This study was conducted to determine the agronomic characteristics, crude oil and protein content, and fatty acid content of *Heracelum platytaenium* species cultivated under Isparta ecological conditions in 2021-2022. The main branch, sub-branch, fruit-bearing, and non-fruiting insurance parts of the species, and fruit yields were determined as agronomic characteristics. The crude protein content of fruits was determined using the Kjeldahl method, crude oil content was assessed using Soxhlet extraction, and fatty acid content was quantified using a GC/FID device. The fruit yield of the species was 542-500 g/plant, the crude protein rate was 12.77-12.07%, and the crude oil rate was 14.46-14.44%, respectively, in 2021-2022. The main fatty acids of the species were petroselinic (47.63-44.61%), linoleic (16.09-15.46%), oleic (9.52-7.91%), and palmitic (3.75-4.00%). Consequently, it is thought that it can be among the species of economic importance to conduct various breeding and cultivation studies in future years.

Key words: Fatty acid content, Protein rate, Crude oil rate, Seed yield

GİRİŞ

Apiaceae familyası, dünyada yetiştiriciliği yapılan bitki türleri arasında ekonomik öneme sahip familyalar arasında yer almaktadır. Familyaya ait kimyon, anason, rezene, kişniş gibi türlerin ülkemizde tarımı yapılmaktadır. Tarımı yapılan bu türlerin meyveleri genellikle gıdalarda baharat veya uçucu yağ kaynağı olarak kullanılmalarının yanı sıra yan ürün olarak tokoferol, sabit yağlar ve fenolik maddeler elde edilme olanağı sunmaktadır (Kooti ve ark., 2015). Tarımı yapılan türlerin meyveleri damıtıldıktan sonra kalan posalarından (ham yağ oranı %8-30) petroselinik yağ asidi bakımdan zengin (% 55-90) ham yağ elde edilebilmektedir (Bayrak ve Korkut 1995; Reiter ve ark., 1998a). Çeşitli araştırmacılar tarafından familyaya ait türlerin ham yağının doymamış yağ asitleri bakımdan zengin olduğu ve sabit yağın büyük bir kısmını ise petroselinik yağ asidinin (18:1, cis-6) oluşturduğu bildirilmiştir (Reiter ve ark., 1998b; Bağcı, 2007; Keskin ve Baydar, 2016; Tosun ve Karadoğan, 2024). Petroselenik asit (Δ6-oktadekenoik asit), esas olarak Apiacae, Araliaceae ve Garryaceae familyalarına ait türlerin tohumlarında meydana gelen sıra dışı bir yağ asididir. (Harwood, 1996). Petroselinik asidinde arasında yer aldığı C18 doymamış yağ asidi grupları bitkiler için hem abiyotik hem de biyotik stresle ilişkisinin yanı sıra jasmonik asit ve salisilik asit salgılanmasına öncülük ederek bitki savunmasında düzenleyici olarak rol oynamaktadırlar. (Lim ve ark., 2017; Kachroo ve ark., 2001). Doymamış yağ asitleri (C18 gubu yağ asitleri) gliserolipidlerdeki membran bileşenleri ve modülatörlerinin yanısıra trigliserollerdeki karbon ve enerji rezervinin, içsel antioksidanlar, çeşitli biyoaktif moleküllerin öncüleri ve kütin ve suberin gibi hücre dışı bariyer bileşenlerine de kaynaklık etmektedir (Ohlrogge ve Browse, 1995; Harwood, 1996; He ve ark., 2018). Aynı zamanda doymamış yağ asidine sahip bu bitkiler; hem yemeklik hem de endüstriyel yağ olarak ve ayrıca biyoyakıt, kozmetik, deterjan, farmasötik gibi çok çeşitli kullanım olanağı sağlamaktadır (Bayrak ve Korkut, 1995; Harwood, 1996; Reiter ve ark., 1998a; Özbucak ve ark., 2007; Tosun ve Karadoğan, 2024).

Apiaceae familyasına ait Heracleum L., cinsi ülkemiz florasında 8 i endemik olmak üzere toplamda 23 taksonla temsil edilmektedir. Araştırmaya konu olan *Heracleum platytaenium* Boiss endemik, monokarpik bir tür olup beyaz çiçekli, 1-2 m uzunlukta ve sarı meyvelere sahiptir. Türün yayılış alanları karışık ormanlar, kayalık yamaçlar, dere kenarları ve kıyılar olarak bildirilmiştir. (Davis, 1972). *H. platytaenium* türü ülkemizde yöresel olarak "tavşancıl otu, öğrek otu (Baytop, 1994), havlan otu, havlan (Kızılarslan ve Özhatay, 2012), ve tavşan otu (Özbucak ve ark., 2007)" isimleri ile bilinmektedir.

Daha önce *H. platytaenium* türü üzerine yapılan çalışmalarda türün doğadan toplanan meyvelerinin sabit yağ oranı ve uçucu yağ içeriği hakkında bilgiler sunulmuştur. Bu çalışmada ise türün sabit yağ oranı ve içeriğine ek olarak kültür şartlarındaki tarımsal özellikleri ile protein oranı belirlenmiştir. Çalışmadan elde edilen veriler türün kültür şartlarındaki ilk kayıdı olarak literatüre katkı sağlayacak ve ilerleyen çalışmalara ışık tutacaktır.

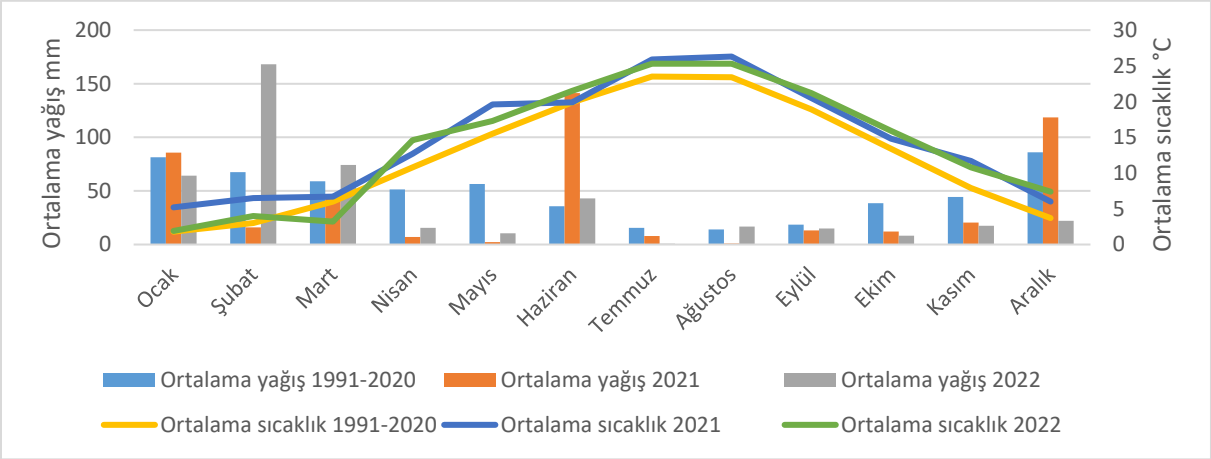
MATERYAL ve METOT

Çalışmaya konu olan *H. platytaenium* türünün ilk örnekleri "Göller Yöresinde Yer Alan Isparta ve Burdur İllerindeki Umbelliferae Familyasına Dahil Bitki Türlerinin Tespiti ve Uçucu Yağ Değerlerinin Belirlenmesi" isimli proje ile 2014-2016 yılları arasında Isparta Gökçay mevkinden toplanmıştır. Başlangıç bitki materyalleri tam çiçeklenme döneminde toplanarak Prof. Dr. Hasan Özçelik tarafından "Flora of Turkey Volume 4" dayanarak teşhis edilmiştir. Türe ait tip örnekleri ise Süleyman Demirel Üniversitesi Gül Herbaryumunda 63.75.3.1-2 kod numaraları ile muhafaza edilmektedir. Çalışma Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, araştırma ve uygulama alanlarında 2021-2022 yılları arasında yürütülmüştür. 2016 yıllında tam olum döneminde toplanan tohumlar +4°C'de bir yıl muhafaza edilmiştir. Muhafaza edilen tohumlar 2017 sonbahar ayında 32'li viyollarin içerisinde 3:1 pertlit ve torf karışımında ekimleri gerçekleştirilmiştir. Denme alanı tıoprağı 2017 yılında sonbaharda pullukla derin sürüm yapılmış ve 2018 yılında ikileme işlemi yapıldıktan sonra rötavatör ile ekim alanı hazırlanmıştır. 2018 yılı ilkbahar döneminde ise elde edilen fideler arazi koşularına 60 cm sıra üzeri ve 140 cm sıra arası olacak şekilde dikilmiştir. Dikim 2 sıra halinde, 20 m uzunluğunda yapılmıştır. Yabancı ot kontrolü ise elle çapalanarak gerçekleştirilmiştir. Sulama aralığı toprak yüzeyi 10 cm derinlikte kuruduğunda damla sulama yöntemiyle bitkilere verilmiştir. Türün genel özellikleri 2019 ve 2020 yıllarında incelenmiş olup 2021-2022 yıllarında Temmuz ayında ise tohumları tam olgunluğa erdiğinde hasat edilmiştir.

Deneme Yerinin İklim ve Toprak Özellikleri

Uzun yıllar ortalama sıcaklığı 12.32 °C iken, denemenin yapıldığı 2021 yılında 14.65 °C ve 2022 yılında ise 14.03 °C olarak belirlenmiştir. Uzun yıllar sıcaklık ortalaması aylara göre incelendiğinde 2021 ve 2022 yıllarındaki ortalama sıcaklık 2021 yılı mart ayı hariç genel olarak yüksek bulunmuştur. Uzun yıllar toplam yağış miktarına bakıldığında ortalama toplam yağış miktarı 568 mm olurken 2021 (468 mm) ve 2022 (456 mm) yıllarında yaklaşık olarak 100 mm azalış yönünde kaydedilmiştir. Uzun yıllar yağış ortalamaları ele alındığında ise; 2021 yılında Ocak,

Haziran ve Aralık aylarında ve 2022 Şubat ve Mart aylarında ortalamanın üzerinde oluğu görülürken, diğer aylarda uzun yıllar ortalamasının altında kaldığı belirlenmiştir (Şekil 1).



Şekil 1. Araştırma yıllarında ve uzun yıllara ait iklim verileri

Deneme alanının toprak tekstürü killi-tınlı, pH'sı 8.2 olup, toprağın kireç içeriği % 7.1 (Scheibler kalsimetresi), organik madde içeriği % 1.3 (Walcley-Black yöntemi) ve toplam tuz % 0.29'dur. Toplam azot içeriği % 0.29 (Kjelhdal yöntemi), ekstrakte edilebilir fosfor ve değiştirilebilir potasyum içerikleri sırasıyla (0.4 N $NaHCO_3$ ekstraksiyonu ile) 16.7 mg kg^{-1} ve (1 N NH_4OAc ile) 179 mg kg^{-1} ve kullanılabilir sülfat 17.3 mg kg^{-1} olarak belirlenmiştir.

Bitkinin;

Ana dal sayısı:

Belirlenmiş olan 10 bitkiden çıkan ana dallar sayılmış ve ortalama "adet/bitki" olarak ana dal sayıları hesaplanmıştır.

Yan dal sayısı:

Belirlenmiş olan 10 bitkiden çıkan ana dallardan çıkan ikincil dallar sayılmış ve ortalama "adet/bitki" olarak kaydedilmiştir.

Meyve veren şemsiye ve meyve vermeyen şemsiye sayısı:

Belirlenmiş olan 10 bitkiden alınan şemsiyeler meyve veren ve vermeyen olarak sayılmış ortalaması alınarak hesaplanmıştır.

Tohum verimi:

Belirlenmiş olan 10 bitkiden meyveler tam olum döneminde toplanmış ve tartıldıktan sonra ortalaması alınarak "g/bitki" olacak şekilde belirlenmiştir.

Ham yağ oranı ve bileşenleri:

Türün meyveleri öğütüldükten sonra kurutulan örnekler kartuşlara yerleştirildikten sonra petrol eteri kullanılarak soxhlet cihazında 4 saat ekstraksiyon edilmiştir. Daha sonra kartuşlar kurutulup tartıldıktan sonra ağırlık kayıplarından faydalanarak ham yağ oranı hesaplanmıştır.Kurutulmuş tohumlar öğütülerek 5 g tartılmış ve üzerine 10 ml n-hekzan eklenerek ham yağ elde edilmesi için 24 saat bekletilecek şekilde ekstraksiyon yapılmıştır. Daha sonra filtre edilerek süzüntüden solventin uzaklaştırılması için 45 °C'de kurutulmuştur. Solvent uçurulduktan sonra elde edilen ham yağ AOAC tarafından önerilen yöntemle % 0.5'lik Sodyum Metilat (NaoMe) ile metil esterlerine (FAME) dönüştürmüştür. Esterleşmiş yağ asitlerinin (FAME) toplandığı üst fazdan 1 µL çekilerek gaz kromatografisi (GC-FID) cihazına enjekte edilmiştir. Yağ asitlerine ilişkin kromatogramlar elde edilerek yağ asitlerinin oranları belirlenmiştir. Shimadzu GC-2010 Plus (Shimadzu Corporation, Kyoto, Japan) model cihazının çalışma koşulları şu şekilde ifade edilebilir; Kolon Restek Rtx-2330 (50 m × 0.25 mmID, 0.20 µm), enjektör sıcaklığı 250 °C, detektör sıcaklığı 200 °C, akış hızı (psi) 10, taşıyıcı gaz H2 (40 ml/dk), enjektör kapasitesi 1.0 µl'dir. Fırın sıcaklığı 140 °C'de 10 dakika bekledikten sonra 240 °C'ye dakikada 3 °C'lik artışla ulaşıyor ve bu sıcaklıkta 10 dakika bekliyor. Elde edilen kromotogramlardaki pikler ticari standart yağ asidi metil ester karışımına (Sigma, Supelco® 37 Component FAME Mix) göre isimlendirilmiştir.

Ham protein oranı:

Kurutulmuş ve öğütülmüş örneklerin ham protein oranı Kjedahl metodu kullanılarak belirlenmiştir. (KJELDATHERM KT 20 s ünitesi ve VAPODEST 50 s Distilasyon ve titarsyon ünitesi, C. Gerhardt GmbH & Co. KG, Königswinter, Germany)

İstatistik Analizler

Çalışmada 2021-2022 yıllarında elde edilen ana dal, yan dal, meyve veren şemsiye ve meyve vermeyen şemsiye sayıları ile meyve verimleri Minitab istatistik paket programında t testi kullanılarak analiz edilmiş, ham yağ ve ham protein oranları ait verilerin standart sapmaları hesaplanmıştır.

BULGULAR ve TARTIŞMA

H. platytaenium türünün ana dal, yan dal, meyve veren ve vermeyen şemsiye sayıları ile tohum verimlerinde yıllara bağlı olarak istatiksel farklılık tespit edilememiştir (Çizelge1). Bu durum türün yetiştirme yıllarında meydana gelen iklim değişiklerini tolere edebileceğinizi göstermektedir.

H. platytaenium türünün ana dal sayısı 2021 yılında 1.5±0.52 adet/bitki, 2022 yılında ise 1.30±0.48 adet/bitki olarak belirlenmiştir. Yan dal sayısı ise 2021 yılında 10.0±2.95 adet/bitki, 2022 yılında 10.0±1.05 adet/bitki olarak tespit edilmiştir. Takson 2021 yılında bitki başına 10.2±3.33 adet/bitki şemsiye meyve verriken 13.2±1.6 adet/bitki şemsiyenin meyve bağlamadığı belirlenmiştir. *H. platytaenium* türü 2022 yılında ise 11±1.25 adet/bitki şemsiyesi meyve bağlarken, 19.5±0.85 adet/bitki şemsiyesinin meyve bağlamadığı tespit edilmiştir. Türün meyve vermeyen şemsiyeleri arasındaki farklılığın iklim koşullarından ileri geldiği düşünülmektedir. Türün meyve verimi 2021 yılında 550 g/bitki olarak gerçekleşirken 2022 yılında 542 g/bitki olarak gerçekleşmiştir (Çizelge 1).

Çizelge 1. *H. platytaenium* türüne t testi sonuçları ve tarımsal özellikleri

	Ana dal sayısı (adet/bitki)		Yan dal sayısı (adet/bitki)		Meyve veren şemyise sayısı (adet/bitki)		Meyve vermeyen şemsiye sayısı (adet/bitki)		Tohum verimi (gr/bitki)	
Hasat Yılları	2021	2022	2021	2022	2021	2022	2021	2022	2021	2022
Örnek sayısı	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Ortalama	1.50	1.30	10.0	10.0	10.2	11	13.2	19.5	550	542
Standart sapma	0.52	0.48	2.95	1.05	3.33	1.25	1.60	0.85	60.0	45.3
p değeri	0.389		0.694		0.491		*		0.750	

H. platytaenium türünün sabit yağ oranı 2021 yılında % 14.46, 2022 yılında ise % 14.44 olarak tespit edilmiştir (Çizelge 2). Yıllara bağlı olarak ham yağ oranında istatiksel olarak farklılık tespit edilememiştir. Daha önce araştırmacılar tarafından yürütülen çalışmalarda türün ham yağ içeriğinin % 11.2-23.1 aralığında değişim gösterdiği belirlenmiştir (Kleiman ve Spencer, 1982; Bagci, 2007; Küçükboyacı ve ark., 2016; Tosun ve Karadoğan 2024).

Türün meyvelerinde ham protein oranı 2021 yılında %12.77 ve 2022 yılında % 12.07 olarak tespit edilmiş olup yıllara bağlı olarak istatiksel olarak farklık tespit edilememiştir (Çizelge 2).

Ham yağ ekstrelerinde ise toplamda 30 farklı yağ asidi tespit edilmiş olup 24 tanesi yetiştirme yıllarına bağlı olarak benzerlik göstermiştir. *H. platytaenium* türünün ham yağının % 4.94-5.53 doymuş, % 57.65-52.90 tekli doymamış ve % 1.58-0.79 çoklu yağ asitlerinden meydana gelmiştir. Dünya Sağlık Örgütüne göre yağların tüketilebilir olabilmesi için aranan kriterler arasından doymamış yağ asitlerinin (P) oranının doymuş yağ (S) asitlerine oranı 2 veya 2'nin üzerinde olması gerekmektedir (Dağhan ve Vardin 2019). *H. platytaenium* türünde ise bu oran 2021 yılında 11.98, 2022 yılında ise 9.7 olarak belirlenmiştir. Türün ham yağının ana bileşenlerini petroselinik (% 47.63-44,61), linoleik (% 16.09-15.46), oleik (% 9.52-7.91) ve palmitik asitleri (% 3.75-4.00) oluşturmuştur . Türün yağ asidi bileşenlerinin % 80.67 (2021 yılında) ve % 75.98 (2022 yılında) tanımlanırken, % 19.33 ve % 24.36 kısımları ise tanımlanamamıştır. Tespit edilemeyen yağ asidi bileşenleri 2021 ve 2022 yıllarında sırasıyla 12.625 dakikada % 0.4-0.9, 13.456 dakikada % 18.1-22.63, 57.419 dakikada % 0.61-0.61 ve 60.117 dakikada %0.22-0.22 olarak belirlenmiştir.

Çizelge 2. *H. platytaenium* türünün yağ asidi kompozisyonu, protein ve sabit yağ oranı (%)

Geliş Zamanları	Moleküler Formülü	Yağ Asidi Bileşenleri	2021	2022	Referans Aralığı	Referanslar
6.227	C4:0	Butirik Asit ME	-	0.37		
7.553			-	0.04		
8.460	C6:0	Kaproik Asit ME	-	0.09	1.43	1
12.625			0.40	0.90		
13.456			18.1	22.63	11.39	1
14.334	C10:0	Kaprik Asit ME	0.11	0.04	0.03	1
20.076	C14:0	Miristik Asit ME	-	0.04	0.04-0.1	1,2,3
21.957	C15:0	Pentadekanoik Asit ME	0.01	0.03	0.0500	1
24.401	C16:0	Palmitik Asit ME	3.75	4.00	4.49-6.80	1,2,3,4
26.101	C16:1	Palmitoleik Asit ME	0.12	0.12	0.1-0.14	1,3
27.332	C17:0	Heptadekanoik Asit ME	0.04	0.04	0.05-02	1,2,3
29.590	C17:1	cis-10-Heptadekanoik Asit ME	0.05	0.03	0.04	1
31.350	C18:0	Stearik Asit ME	0.91	1.07	0.97-1.60	1,2,3,4
33.440	C18:1n6c	Petroselinik asit ME	47.63	44.61	47.8-64.2	1,2,3,4
33.823	C18:1n9c	Oleik Asit ME	9.52	7.91	3.92-14.70	1,2,3,4
36.541	C18:2n6t	Linolelaik Asit ME	0.05	0.02	0.04	1
38.321	C18:2n6c	Linoleik Asit ME	16.09	15.46	18.42-27.10	1,2,3,4
41.537	C20:0	Araşidik Asit ME	0.14	0.07	0.12-0.2	1,2,3
43.353	C20:1	cis-11- Aikosenoik Asit ME	0.20	0.12	0.14-0.3	1,3
47.534	C20:2	cis-11,14 Aikosadienoik Asit ME	0.19	0.19	0.05	1
49.453	C22:0	Behenik Asit ME	0.09	0.07	0.02-0.4	1,2
50.048	C20:3n6	cis-8,11,14 Aikosatrienoik Asit ME	0.05	0.04		
50.907	C22:1n9	Erusik Asit ME	0.01	0.01		
53.290	C20:4n6	Araşidonik Asit ME	-	0.01	0.04	1
54.268	C23:0	Trikosanoik Asit ME	-	0.25	0.06	1
54.325	C22:2	cis-13,16 Dokosadienoik Asit ME	1.17	0.53	0.04	1
57.419			0.61	0.61		
57.950	C24:1	Nervonik Asit ME	0.13	0.11	0.03	4
60.117			0.22	0.22		
62.140	C22:6n3	cis-4,7,10,11,16,19-Dokosahekzaenoik Asit ME	0.41	0.26	0.07	1
Toplam tanımlanmış bileşen oranı			80.67	75.98		
Yağ asidi sayısı			24	30		
Toplam doymuş yağ asidi oranı (∑DY)			4.94	5.53		
Toplam tekli doymamış yağ asidi oranı (∑DY)			57.65	52.90		
Toplam çoklu doymamış yağ asidi oranı (∑ÇDY)			1.58	0.79		
Ham yağ oranı			14.46 ± 0.16	14.44 ± 0.22		
Ham Protein oranı			12.77 ± 0.23	12.07 ± 0.31		

Doğal flordan toplanan meyve örneklerine ait referanslar 1: Tosun ve Karadoğan 2024, 2: Bağcı 2007, 3: Küçükboyacı 2016, 4: Kleiman ve Spencer, 1982

Çalışmada elde edilen bulgulara benzer olarak araştırmacılar türün ham yağının başlıca yağ asitlerinin petroselinik (% 47.80-64.00), linoleik (% 18.42-27.10), oleik (% 3.92-14.70) ve palmitik (% 4.49-6.80) yağ asitlerinden oluştuğunu bildirmişlerdir (Kleiman ve Spencer, 1982; Bağcı 2007; Küçükboyacı 2016; Tosun ve

Karadoğan 2024). Bitkiler arasındaki yağ asidi kompozisyonları farklılığını hidrokarbon zincirlerdeki karbon sayısı, çift bağlarının yeri ve sayısı belirlemektedir (Baydar, 2000) Bitkisel yağ asitleri, başta sıcaklık olmak üzere çeşitli çevre koşullarına karşı oldukça hassastır (Rahmatalla ve ark., 1998). Ayrıca meyve oluşumlarının bitki üzerindeki konumları, olgunlaşma dönemleri içinde yağ asitleri açısından büyük bir varyasyona neden olabilmektedir. C18 yağ asitlerinin bileşimi çevresel etkilere, embriyonun genetik kontrol üzerine, sitoplazmik ve maternal etkilerinin olduğu belirtilmiştir (Pleines ve Friedt 1989; Karaca ve Aytaç, 2007). Petroselinik asit Apiaceae, Araliaceae, ve Garryaceae familyalarına ait bazı tohumlarda toplam yağın % 85 ini oluşturabilmektedir (Ohlrogge, 1994). Petroseilinik asit, yağ asidi molekülünün karoksil ucundan itibaren dokuzundu karbon yerine altıncı karbon çift bağına sahip bir oelik izomeridir. Oliek asit cis Δ9-18:1, petroselinik asit ise cis Δ6-18:1 pozisyonuna sahiptir. Petroselinik asidin çift bağını açil zincirinin karboksil ucuna üç karbon daha yakın konumlandırılması, belirgin şekilde daha yüksek bir erime noktasına oluşmasına sebep olmaktadır. (Ohlrogge, 1994). Petroselinik yağ asidi bitkilerin çeşitli kısımlarında yer alırken yağ asidinin miktarını tohumların olgunlaşma dönemi, toprak ve iklim şartlarından etkilenebilmektedir (Laribi ve ark., 2009; Rebey ve ark., 2019; Rebey ve ark., 2012). Familyaya ait türlerde yağ asitleri genel olarak stearik, petroselinik ve oleik yağ asitleri sırası ile yeralmaktadır (Kleiman ve Spencer, 1982; Reiter ve ark., 1998a; Reiter ve ark., 1998b; Bağcı 2007; Küçükboyacı 2016; Tosun ve Karadoğan 2024). Petroselinik asit kosmetik formüllerinde, saç dökülmesine karşı, anitidiabeitk, antibakteriel ve antifungal olarak değerlendirilmektedir (Tong ve ark., 2010; Sayed-hmed ve ark., 2017; Lee ve ark., 202). Ayrıca petroselinik asit, çift bağın oksidasyonu yoluyla laurik (12:0) ve adipik (6:0) asitlere ayrılabilir; bunların her ikisi de naylon ve yumuşatıcılar, emülgatörler, deterjanlar ve sabun üretiminde önemli uygulamalara sahiptir (Kenar ve ark., 2017). Araştırma sonuçları ve diğer çalışmalarla ele alındığında türün hasat yılları arasındaki farklılığı çevre koşullarından ileri geldiği düşünülmektedir.

SONUÇ ve ÖNERİLER

Kültür şartlarından yetiştirilen *H. platytaenium* türünden elde edilen veriler ışığında değerlendirildiğinde bitki başına tohum veriminin oldukça yüksek olduğu görülmektedir. *H. platytaenium* türünün bir bitki yaklaşık olarak 72 g ham yağ üretmektedir. Türün 60x140 ekim normunda yetiştiriciliği yapıldığında ise yaklaşık olarak dekarda 1190 bitki yer alabilmekte olup, yaklaşık olarak dekara 85 kg ham yağa karşılık gelmektedir. *H. platytaenium* türünün ham yağının farklı endüstri kollarında değerlendirebilme olanağına sahip olması türü ön plana çıkarmaktadır. Sonuç olarak endemik *H. platytaenium* türü doğal florada monokarpik özellik gösterirken kültür şartlarında seçilen bitkilerde bu özelliğini kaybederek yetiştirme yıllar boyunca generatif dönem geçmiştir. İlerleyen yıllarda çeşitli ıslah ve yetiştiricilik çalışmaları yapılarak ekonomik öneme sahip türler arasında yer alabileceği düşünülmektedir.

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

Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti: Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan ederler.

YAZAR ORCID NUMARALARI

Bekir TOSUN https://orcid.org/0000-0002-2470-3865

Tahsin KARADOĞAN https://orcid.org/0000-0002-3422-8295

KAYNAKLAR

Bağcı, E. 2007. Fatty acids and tocochromanol patterns of some Turkish Apiaceae (Umbelliferae) plants; a chemotaxonomic approach. *Acta Botanica Gallica*,154(2): 143-151.

Baydar, H. 2000. Bitkilerde yağ sentezi, kalitesi ve kaliteyi artırmada ıslahın önemi. E*kin Dergisi*, 22 (1): 50-57.

Bayrak, A., Korkut, M. H. 1995. Bazı tohum yağlarının (Umbelliferae) yağ asidi kompozisyonu ve özellikle petroselinik asit miktarları üzerinde araştırma-II. *Standard*, 400: 120-126.

Baytop, T. 1994. *Turkish Plant Names Dictionary*. –Ankara.

Davis, P. H. 1972. *Flora of Turkey and the East Aegean Islands*, Vol. 4, s. 488-500. Edinburgh:Edinburgh University Press.

Dağhan, Ş., Vardin, H. 2019. Şanlıurfa biber tohumu yağının yağ asitleri kompozisyonu ve mineral içeriğinin belirlenmesi. *Harran Üniversitesi Mühendislik Dergisi* 4(3): 49-57.

Harwood, J. L. 1996. Recent advances in the biosynthesis of plant fatty acids. *Biochimica et Biophysica Acta* 1301: 7–56.

He, M., He, C. Q., Ding, N.Z. 2018. Abiotic stresses: general defenses of land plants and chances for engineering multistress tolerance. *Frontiers in Plant Science*, 9:1771

Kachroo, P., Shanklin, J., Shah, J., Whittle, E.J., Klessig, D. F. 2001. A fatty acid desaturase modulates the activation of defense signaling pathways in plants. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 98: 9448–9453.

Karaca, E., Aytaç, S. 2007. Yağ bitkilerinde yağ asitleri kompozisyonu üzerine etki eden faktörler. *OMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 22(1): 123-131.

Kenar, J. A., Moser, B. R., List, G. R. 2017. N*aturally occurring fatty acids:* Source, chemistry, and uses*. In Fatty Acids*.Elsevier: Amsterdam,The Netherlands, s. 23-82.

Keskin, S., Baydar, H. 2016. Umbelliferae familyasından bazı önemli kültür türlerinin Isparta ekolojik koşullarında tarımsal ve teknolojik özelliklerinin belirlenmesi*. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 20(19): 133-141.

Kızılarslan, Ç., Ozhatay, N. 2012. An ethnobotanical study of the useful and edible plants of İzmit. *Marmara Pharmaceutical Journal*, 16: 134-140.

Kleiman, R., Spencer, G. F. 1982. Search for new industrial oils: XVI. Umbelliflorae-seed oils rich in petroselinic acid. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 59(1): 29–38.

Kooti, W., Moradi, M., Ali-Akbari, S., SharafiAhvazi, N., Asadi-Samani, M., Ashtary-Larky, D. 2015. Therapeutic and pharmacological potential of *Foeniculum vulgare* Mill: a review. *Journal of Herbmed Pharmacology*, 4(1): 1-9.

Küçükboyacı, N., Ayaza, F., Adıgüzel, N., Banic, B., Gören, A. C. 2016. Fatty acid methyl ester composition of some turkish apiaceae seed oils: new sources for petroselinic acid. *Natural Product Communications*, 11(11): 1697-1700.

Laribi, B., Bettaieb, I., Kouki, K., Sahli, A., Mougou, A., Marzouk B. 2009. Water deficit effects on caraway (*Carum carvi* L.) growth, essential oil and fatty acid composition. *Industrial Crops and Products* 30(3): 372-379.

Lee, J., Kim, Y., Lee, J. 2022. Inhibition of *Staphylococcus aureus* biofilm formation and virulence factor production by petroselinic acid and other unsaturated C18 fatty acids. *Microbiology Spectrum* 10(3): 1-10.

Lim, G. H., Singhal, R., Kachroo, A., Kachroo, P. 2017. Fatty acid- and lipid-mediated signaling in plant defense. Annu. Rev. Phytopathol. 55: 505–536.

Ohlrogge, J. B. (1994). Design of new plant products: engineering of fatty acid metabolism. *Plant physiology*,104(3): 821.

Ohlrogge, J., Browse, J. 1995. Lipid biosynthesis. *Plant Cell* 7: 957–970.

Özbucak, B. T., Ergen Akçin. Ö. Yalçın, S. 2007. Nutrition contents of some wild edible plants in Central Black Sea region of Turkey. *Inernational Journal and Engineering Sciences,* 1: 11-13.

Pleines, S., Friedt, W., 1989. Genetic control of linolenic acid concentration in seed oil of rapeseed (*Brassica napus* l.) theor. *Journal of Applied Genetics*, 78: 793-797.

Rahmatalla, A. B., Babiker, E. E., Krishna A. G., El Tinay, A. H. 1998. Changes in chemical composition, minerals and amino acids during seed growth and development of four safflower cultivars. *Plant Foods for Human Nutrition*, 52: 161-170.

Rebey, I. B., Wannes, W. A., Kaab, S. B., Bourgou, S., Tounsi, M. S., Ksouri, R., Fauconnier, M. L. 2019. Bioactive compounds and antioxidant activity of *Pimpinella anisum* L. accessions at different ripening stages. *Scientia Horticulturae*, 246: 453-461.

Rebey, I. B., Jabri-karoui, I., Hamrouni-Sellami, I., Bourgou, S., Limman, F., Marzouk, B. 2012. Effect of drought on the biochemical composition and antioxidant activities of cumin (*Cuminum cyminum* L.) seeds. *Industrial Crops and Products*, 36(1): 238-245.

Reiter, B., Lechner, M., Lorbeer, E. 1998a. The fatty acid profiles – ıncluding petroselinic and cis-vaccenic acid – of different umbelliferae seed oils. *Lipid/Fett,* 100: 498-502.

Reiter, B., Lechner, M., Lorbeer, E. 1998b. Determination of petroselinic acid in umbelliferae seed oils by automated gas chromatography. *Journal of High Resolution Chromatography*, 21(2): 133-136.

Sayed-Ahmed, B., Talou, T., Saad, Z., Hijazi, A., Merah, O. 2017. The Apiaceae: Ethnomedicinal family as source for industrial uses. *Industrial Crops and Products*, 109: 661-671.

Tong, Y. F., Zhang, P., Chen, F., Hao, L. H., Ye, F., Tian, J. Y., Wu, S. 2010. Synthesis and biological evaluation of novel N-(alkoxyphenyl)-aminocarbonylbenzoic acid derivatives as PTP1B inhibitors. *Chinese Chemical Letters*, 21(12): 1415-1418.

Tosun, B., Karadoğan, T. 2024. Determination of the fatty acid composition of some taxon of the Apiaceae family. *Yuzuncu Yil University Journal of Agricultural Sciences*. 34(1): 14-23.

Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi 12(1): 94–101, 2025
https://doi.org/10.30910/turkjans.1560180

TÜRK TARIM ve DOĞA BİLİMLERİ DERGİSİ

TURKISH JOURNAL of AGRICULTURAL and NATURAL SCIENCES

www.dergipark.gov.tr/turkjans

Araştırma Makalesi

Rize Çay Bahçeleri İçin Tehdit Oluşturan Türkiye İçin Yeni Bir İstilacı Bitki Kaydı: *Begonia cucullata* Willd. var. *hookeri* (A.DC.) L.B.Sm. & B.G.Schub

Abdurrahman SEFALI[1*], Bayram YURTVERMEZ[2], Yakup YAPAR[3]
İbrahim DEMİR[4], Ali Murat KESER[5]

[1]Dept of Primary Education, Faculty of Education, Bayburt University, Bayburt, Turkey.
[2]Dept of Organic Farming Management, Faculty of Applied Sciences, Bayburt University, Bayburt, Turkey.
[3]Department of Biology, Faculty of Science and Art, Bingöl University, 12000 Bingöl, Turkey
[4]Department of Biology, Faculty of Arts and Sciences, Bitlis Eren University, Bitlis, Turkey.
[5]Dept of Plant and Animal Production, Yuksekova Vacational School, Hakkari, Turkey.

*Sorumlu Yazar: asef4petal@gmail.com

Geliş Tarihi: 02.10.2024 Düzeltme Geliş Tarihi: 11.12.2024 Kabul Tarihi: 18.12.2024

ÖZ

Bir alanın biyolojik çeşitliliği mevcut doğal envanterin devamlılığı için önemlidir. Benzer şekilde tarım alanlarında verimi üst düzeyde tutabilmek insanoğlu için zorunluluk haline gelmiştir. İstilacı bitkiler biyolojik çeşitliliği ve tarımı, olumsuz etkilemektedir. Bu çalışmaya konu olan *Begonia cucullata* Willd. var. *hookeri* (A.DC.) L.B.Sm. & B.G.Schub taksonu, Rize ilindeki bazı çay bahçelerinde (*Camellia sinensis* (L.) Kuntze) doğal yollarla yayılmaya başladığı tespit edilmiştir. Yerel düzeyde çay bahçelerinin ekonomik ve tarımsal önemi göz önünde bulundurulduğunda, bu kaydın ne denli önem arz ettiği görülmektedir.

Anahtar kelimeler: *Begonia*, *Begonia cucullata*, İstilacı bitki, Yeni kayıt, Rize.

A New Invasive Plant Threat for Rize Tea Gardens (Turkey): *Begonia cucullata* Willd. var. *hookeri* (A.DC.) L.B.Sm. & B.G.Schub

ABSTRACT

The biodiversity of an area is important for the continuity of the existing natural inventory. Similarly, maintaining high agricultural productivity is now imperative for humanity. Invasive plants negatively affect biodiversity and agriculture. The *Begonia cucullata* Willd. var. *hookeri* (A.DC.) L.B.Sm. & B.G.Schub taxon, which is the subject of this study, has been detected to have started to spread naturally in some tea gardens (*Camellia sinensis* (L.) Kuntze) in Rize province. When the economic and agricultural importance of tea gardens at the local level is considered, it is seen how important this record is.

Key words: *Begonia*, *Begonia cucullata*, Invasive plant, New record, Rize.

GİRİŞ

İstilacı bitkiler sahip oldukları genetik çeşitlilikleri ve rekabet güçleri sayesinde, tarım yapılan alanlardan, çayır, mera, parklar, bahçeler, tarihi ve sulak alanlar, yol kenarlarından demir yollarına kadar birçok alanda kolaylıkla yetişmektedirler (Özer ve ark., 2001; Uygur ve Uygur, 2010). Bitkilerin ait olmadıkları farklı alanlara (habitatlara) taşınmasında antropojenik faaliyetler özellikle etkili olmaktadır (Sefalı ve ark., 2020). İnsanlar bu istilacı karakterli bitkileri tıbbi, ekonomik, gıda ve peyzaj amaçlı olarak taşıyabilmektedirler.

Ülkemizde yerli olduğu halde istilacı karakterli bitkiler de bulunmaktadır. Örneğin Brassicaceae familyasına ait *Sisymbrium* türlerinin istilacı karakterli oldukları bilinmektedir (Sefalı ve Ünal, 2023). Uludağ ve

arkadaşları (2017) yaptıkları araştırmada ülkemizde yaklaşık 92 familya ile 251 cinse ait 340 kadar istilacı bitki çeşidinin bulunduğunu belirlemişlerdir. Türkiye'de 2020 yılından bu yana istilacı, yabancı ot veya egzotik gibi isimlerle adlandırılan azımsanmayacak sayıda bitki taksonu kaydı verilmiştir (Terzioğlu, 2020; Terzioğlu ve Özkan, 2020; Karaer ve ark., 2020; Eker ve Tuzlacı, 2021; Yılmaz, 2021; Yazlık, 2021; Bozkurt ve ark., 2021; Önen ve ark., 2021; Tunçkol, 2022; Coşkunçelebi ve Terzioğlu, 2022; Sefalı ve Eroğlu, 2022; Asal ve ark., 2022; Günal ve ark., 2023; Sefalı ve Uzun, 2023; Merrick ve ark., 2024). Ülkemizden verilen istilacı ve yeni bitki kayıtları incelendiğinde araştırmacıların yabancı ot, egzotik ve istilacı terimleri birbirlerinin yerine kullandıkları tespit edilmiştir (Sefalı ve Uzun, 2023). Bu araştırmada istilacı kavramının kullanılması uygun görülmüştür (Asal ve ark., 2022).

Theaceae familyası üyesi olan *Camellia sinensis* (L.) Kuntze, yaprakları ve yaprak tomurcukları Çin çayı üretmek için kullanılan bir bitki türüdür. Beyaz çay, yeşil çay ve siyah çay bu türden hasat edilmektedir. Yaygın isimleri arasında çay bitkisi, çay ağacı ve çay çalısı bulunur (Namita ve ark., 2012). Çay, sudan sonra dünyada en çok tüketilen içecektir (O'Malley, 1997).

Doğu Karadeniz Bölgesi'nde son yapılan ölçümlerde yaklaşık 800.000 dekar alanda 205.000 kadar üretici çay tarımı yapmaktadır. Yaş çayın son dört yılda ortalama 1.250 -1.400 bin ton arasında değiştiği ve 2023 yılında rekoltenin 1.355 bin tonun üzerine çıktığı rapor edilmiştir (Rize Ticaret Borsası, 2023). Türkiye'de çay, Orta Karadeniz'den (Ordu ili Fatsa ilçesi) başlayarak Gürcistan sınır bölgesine kadar uzanan alanlarda yetişmektedir (Yıldız ve Midilli, 2022). Çay, ilk önceleri keyif verici özelliği ile Türklerin damak zevkine hitap eden ve günün farklı zamanlarında tüketilmenin yanı sıra ülkemizde kişi başı tüketim miktarıyla dünya ortalamasının en üstünde yer almaktadır (Yıldız ve Midilli, 2022). Ülkemiz için bu denli önemli olan çay bitkisinin yetiştirilmesi ve fabrikalara ulaştırılması oldukça zahmetlidir. Çayın fabrikaya olan yolculuğunda başlıca zorluklardan biri de toplandığı bahçedeki yabancı otların bulunması olacaktır. Dünyadaki bazı çay bahçelerinde olduğu gibi, ülkemizde ak telgrafçiçeği (*Tradescantia fluminensis* Vell.) olarak bilinen (Bidarlord ve ark., 2021) bitki çay bahçelerimizde önemli bir yabancı ottur.

Begonia L., 70 seksiyonda sınıflanan yaklaşık 2110 türle temsil edilmekte olup, kapalı tohumlular içerisinde tür zenginliği bakımından altıncı büyük cins olarak kabul edilmektedir (Moonlight ve ark., 2018). Kültür begonyalarının en popüler üyesi olan *B. cucullata* var. *hookeri*, 30 cm'ye kadar uzayabilen, hastalıklara karşı dirençli ve iklimin sıfırın altında olduğu sezonlar hariç sürekli çiçeklenebilen avantajları nedeniyle bahçecilikte yaygın olarak kullanılmaktadır (Chen ve Mii, 2012). Arjantin, Brezilya, Bolivya, Paraguay ve Uruguay, *B. cucullata*'nın doğal olarak yetiştiği yerlerdir (POWO, 2024). Fakat bitki Alabama, Bangladeş, Borneo, Cape Eyaletleri, Kolombiya, Küba, Dominik Cumhuriyeti, Himalaya, Eritre, Etiyopya, Florida, Fransız Guyanası, Gürcistan, Haiti, Hawaii, Kore, Leeward Adaları, Mauritius, Meksika Körfezi, Meksika, Porto Riko, Réunion, St. Helena, Venezuella'ya taşınmıştır (POWO, 2024).

Bu çalışmada 2023-2024 yıları vejetasyon döneminde Rize, Derepazarı'ndaki çay bahçelerinde üreme yeteneğine sahip ve dağılmaya başlamış bir süs bitkisi toplanmıştır. Bitki örneklerinin detaylı incelemesi sonucunda Türkiye'de kaydı olmayan *Begonia cucullata* var. *hookeri*, olduğu tespit edilmiştir.

MATERYAL ve METOT

Herbaryum materyallerini 2023-2024 yıllılarında Rize İline bağlı Derepazarı ilçesinde Çeşme köyü'nde yol kenarları ve çay bahçelerinden toplanan bitkiler oluşturmaktadır. Bu materyaller Bingöl Üniversitesi Herbaryumu (BIN)'nda muhafaza altına alınmıştır. Bitkinin Türkiye florasına ait olup olmadığını tespit etmek için sırasıyla "Türkiye ve Doğu Ege Adaları Florası (Davis 1965-1985; Davis ve ark., 1988; Güner ve ark., 2000)", "Türkiye Bitkileri Listesi (Damarlı Bitkiler)" (Güner ve ark., 2012) ve Türkiye'nin yabancı (istilacı) bitki florası listesi (Uludağ ve ark., 2017) eserleri incelenmiştir. *B. cucullata* var. *hookeri*'nin teşhisi ve cins/ tür tanımlamaları için Walters ve ark. (2011) "Naturalised and invasive succulents of southern Africa" isimli eserden faydala'nılmıştır (Golding, 1982; Tebbitt, 1997).

Şekil 1. A. *Camellia sinensis*'in genel görünümü ve dünya genelindeki dağılımı, B. *Begonia cucullata* var. *hookeri*'ye ait genel görünümü ve dünya genelindeki dağılımı. Yeşil renk bitkinin doğal olarak bulunduğu, bordo renk ise bitkinin taşındığı ve tarımı veya payzajı yapılan bölgeleri göstermektedir. (Royal Botanic Gardens Kew, (POWO, 2024)'den alınmıştır.

BULGULAR ve TARTIŞMA

Bu çalışmada Türkiye'nin Rize ilinde tespit edilen *Begonia* cinsine ait *B. cucullata* var. *hookeri*'nin tanımlamalarına aşağıda sırasıyla yer verilmiştir.

Begonia L. First published in Sp. Pl.: 1056 (1753). TYPE: *Begonia obliqua* L.

Cins betimi: Gövdeli veya gövdesiz otsular bazen bodur çalı formunda olup sukulent gövde yapraklara sahiptirler. Rizom veya yumrulu olan, genellikle yerden yükselici bazen körelmiş olabilse de bazen tırmanıcı özellik göstermektedir. Yapraklar genellikle almaşlı, saplı, genellikle asimetrik, kenarlar düz, loblu veya parçalanmış düzensiz dişli olup yeşil veya bazen gözalıcı renklerle noktalanmış bir görünüme sahip. Bazen küçük aksiller bulblar olabilir. Erkek çiçekler: tepaller 2 veya 4, nadiren fazla veya hiç yok, Petaloid: Stamenler çok sayıda flamentler serbest veya tabanda birleşmiş durumda. Dişi çiçekler: tepaller genellikle 5 veya 6 bazen 4, petaloid; ovaryum genellikle 3-, nadiren 2-, 4- veya 5-loküllü; ovüller çok sayıda, stillus nerdeyse locul kadar, serbest veya tabanda birleşik, iki parçalı; stigma düz veya dallanmış, genellikle bükülmüş ve pappilli. Meyve

genellikle kapsül, 3-kanatlı ve 3-köşeli, nadiren düz veya 4-köşeli veya dutsu. Tohumlar küçük ve çok sayıda olup besidoku ihtiva etmez (Golding, 1982; Tebbitt, 1997; Walters ve ark., 2011).

Begonia cucullata Willd. var. ***hookeri*** (A.DC.) L.B.Sm. & B.G.Schub, Darwiniana 5: 104 (1941).

= *Begonia sellowii* Klotzsch in Abh. Königl. Akad. Wiss. Berlin 1855: 148 (1855)

=*Begonia semperflorens* var. *sellowii* (Klotzsch) C.DC. in C.F.P.von Martius & auct. suc. (eds.), Fl. Bras. 4(1): 342 (1861)

≡ *Begonia hookeri* Sweet in Hort. Brit., ed. 2: 437 (1830)

≡ *Begonia semperflorens* Hook. in Bot. Mag. 56: t. 2920 (1829), nom. illeg.

≡ *Begonia semperflorens* var. *hookeri* A.DC. in C.F.P.von Martius & auct. suc. (eds.), Fl. Bras. 4(1): 342 (1861)

Şekil 2. *Begonia cucullata* var. *hookeri*'ye ait genel görünüm: A. Toprak üstü kısımlar, B. Habitatındaki genel görünümü, C. Çiçek yapısı, D. Yaprak sapı ve stipül, E. Tohumdan gelişmiş olan genç bireyler, F. Olgun meyve yapısı.

Tür betimi: Yumrulu, stolonlu çok yıllık bir bitki, gövde düz veya yükselici, tüysüz, 40 cm kadar. Saplı yapraklar (sap: en fazla 2.5 cm uzunluğunda), yaprak ayası hafifçe asimetrik, genişçe yumurtamsı, en fazla 8 x 7 cm, yaprak tabanı kesik ve içe kıvrık belirgin dişli, silli, parmak şekilli damarlanma mevcut, parlak ve etli bir yapıda, Stipüller oblong, obtus, 2-3 cm uzunluğunda kalıcı olup kenarları dişli. Çiçek durumu aksillar, birkaç veya çok sayıda çiçek kimözleri mevcut. Çiçek durum sapı 3-5 cm uzunluğunda, çiçek sapları esnek; brakteler kalıcı, yumurtamsı, 5mm uzunluğunda, testere dişli. Erkek çiçekler: tepaller 4, dıştaki çift yuvarlağımsı ile böbrek şekilli arasında, 8-13 mm uzunluğunda, içteki çift daha küçük ve darca ters yumurtamsı, beyaz veya pembe; stamenler serbest, çok sayıda; flamentler kısa; anterler linear. Dişi çeçekler: brakteoller dökülücü, eliptik ile spatulat arası şekilli, 3.5–4 mm uzunluğunda, kenarlar silli; tepaller 4-5, ters yumurtamsı, 6-9 mm uzunluğunda, beyaz veya pembe; ovaryum 3-loküllü; stillüs 3; stigma linear olup spiral şekilli devam eder. Meyve kapsül, 24–30 mm uzunluğunda, eşit olmayan 3-kanatlı, en büyük kanat üçgenimsi, akuta yakın. Tohumlar küçük ve çok sayıda (Golding, 1982; Tebbitt, 1997; Walters ve ark., 2011) (Şekil 2, 3).

Çiçeklenme zamanı: Mayıs- Haziran

Habitat: Nemli yol kenarları ve çay bahçeleri.

Türkçe ismi: *Begonia* cins ismi için begonya, *B. cucullata* var. *hookeri* için de cinsin en yaygın peyzajı yapılan taksonu olduğundan Türkçe isim olarak yine begonya önerilmektedir (Menemen, ve ark., 2016).

İncelenen örnekler: Rize, Derepazarı, Çeşme Köyü, yol kenarları ve çay bahçeleri, 330 m, 29.05.2024, *Sefalı 1043* (Bingöl Üniversitesi Herbaryumu (BIN)!).

Şekil 3. *Begonia cucullata* var. *hookeri*'ye ait farklı habitat seçimi: A., B. Rize, Derepazarı, Çeşme köyünde bulunan çay bahçelerindeki görünümü, C. Eğimli kaya üzeri yerleşmiş bitkinin genel görünümü.

Ülkemizde son 5 yılda çok sayıda istilacı bitki kaydı verilmiştir (Terzioğlu, 2020; Terzioğlu ve Özkan, 2020; Karaer ve ark., 2020; Eker ve Tuzlacı, 2021; Yılmaz, 2021; Yazlık, 2021; Bozkurt ve ark., 2021; Önen ve ark., 2021; Tunçkol, 2022; Coşkunçelebi ve Terzioğlu, 2022; Sefalı ve Eroğlu, 2022; Asal ve ark., 2022; Günal ve ark., 2023; Sefalı ve Uzun, 2023; Merrick ve ark., 2024). Ülkemizde kaydı verilen bitkilerin % 67 kadarının doğal ortama uyum sağladığı bilinmektedir (Uludağ ve ark., 2017). İstilacı bitki türlerinin bazıları peyzaj ve saksı bitkisi

olarak yetiştirilmektedir. *Begonia cucullata* var. *hookeri*'nin en çok satılan begonya türü olduğu göz önünde bulundurulduğunda (Chen ve Mii, 2012), bu bitkinin çoğu ülkede doğallaşmış olması sürpriz olmayacaktır. *Begonia cucullata*, bölgesel olarak potansiyel bir istilacıdır ve yüksek tohum tutumu ve kalıcı ve stolonlu anaç nedeniyle uygun koşullar altında hızla çoğalma potansiyeline sahiptir (Walters ve ark., 2011). McLellan ve ark. (1994) göre *Begonia cucullata* kısmen açık bir orman altı gölgelik alanlarda doğallaştığını rapor etmişlerdir. Bu rapordan hareketle Türkiye'den kaydı verilen *Begonia cucullata* var. *hookeri*'nin de Doğu Karadeniz'in Rize ilinde, nemli ve ormanlık alanlara yakın yerlerde bulunması doğallaşma ihtimalini arttırmaktadır. *B. cucullata*'nın doğal olarak Arjantin, Brezilya, Bolivya, Paraguay ve Uruguay'da yetiştiği bilinmektedir (POWO, 2024). Bitkinin yetiştiği alanların çay bitkisi (*Camellia sinensis*) ile benzer iklimlere sahip olduğu görülmektedir (POWO, 2024). Dolayısıyla dünya genelinde *Begonia cucullata* var. *hookeri*'nin çay tarımı yapılan yerlerde görülmesi olağandır. Çay ve begonya bitkisinin dünyadaki yayılışlarının benzerlik göstermesi de bu kanıyı güçlendirmektedir (Şekil 1).

SONUÇ ve ÖNERİLER

Begonia cucullata var. *hookeri* taksonu, Türkiye'nin Karadeniz Bölgesi'ndeki Rize ilinde doğal yayılışı tespit edilmiş ve yapılan taksonomik çalışmalar ve literatür taraması sonucunda Türkiye için yeni bir istilacı tür kaydı olarak tanımlanmıştır. Bitkinin çay bahçelerinde doğal yollarla yayılmaya başladığı gözlemlenmiştir. İstilacı bir takson olan *Begonia cucullata* var. *hookeri* ileriki dönemlerde çay alanlarında sorun meydana getirebilecek bir düzeye gelebilir.

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

Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti: Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan ederler.

YAZAR ORCID NUMARALARI

Abdurrahman Sefalı http://orcid.org/0000-0002-0092-0857

Bayram Yurtvermez http://orcid.org/0000-0001-9726-3672

Yakup Yapar http://orcid.org/0000-0002-5298-0085

İbrahim Demir http://orcid.org/0000-0003-1533-556X

Ali Murat Keser http://orcid.org/0000-0003-2245-3978

KAYNAKLAR

Asal, D., Çimen, Ö. ve Güner, A. (2022). Türkiye'den istilâcı bir bitki kaydı: *Eschscholzia californica* Cham. *Bağbahçe Bilim Dergisi*, 9(2), 29-34.

Bidarlord, M., Kahneh, E., Tokasi, S., & Mirghasemi, S. T. (2021). Introducing the invasive species, Tradescantia fluminensis for the flora of Iran, with emphasis on its risk assessment. *Rostaniha*, 22(1), 56-66.

Bozkurt, N., Öz, A. ve Yıldırım, H. (2021). Türkiye florası için yeni bir bitki türü kayıdı: *Zeuxine strateumatica* (L.) Schltr. (Orchidaceae). *Bağbahçe Bilim Dergisi*, 8(2), 1-6.

Chen, Y. M., & Mii, M. (2012). Interspecific hybridization of *Begonia semperflorens* (section *Begonia*) with *B. pearcei* (section *Eupetalum*) for introducing yellow flower color. *Plant Biotechnology*, 29(1), 77-85.

Coşkunçelebi, K. ve Terzioğlu, S. (2022). Contribution to the alien flora of Turkey: *Impatiens glandulifera* Royle (Balsaminaceae). *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 25(1), 78-82.

Davis, P.H. (1965-1985). *Flora of Turkey and the East Aegean Islands 1–9*. Edinburgh University Press, Edinburgh.

Davis, P.H., Mill, R., & Tan, K. (1988). *Flora of Turkey and the East Aegean Islands 10*. Edinburgh University Press, Edinburgh.

Eker, İ. ve Tuzlacı, H. (2021). Türkiye florası için doğallaşmış yeni bir egzotik bitki kaydı: *Freesia leichtlinii* subsp. *alba* (Iridaceae). *Bağbahçe Bilim Dergisi*, 8(1), 96-105.

Golding, J. (1982). Begonia nomenclature notes. 6. *Begonia cucullata* Willdenow and included species [New taxa]. *Phytologia*, 50(5). 330-356.

Günal, B., Merrick, D. ve Semiz, G. (2023). Türkiye Florası İçin Yeni Kayıt: *Erigeron karvinskianus* DC. (Asteraceae). *Bağbahçe Bilim Dergisi*, 10(1), 24-31.

Güner, A., Aslan, S., Ekim, T., Vural, M., Babaç, M.T., (Ed.), (2012). *Türkiye Bitkileri Listesi (Damarlı Bitkiler)*. Nezahat Gökyiğit Botanik Bahçesi ve Flora Araştırmaları Derneği Yayını. İstanbul.

Güner, A., Özhatay, N., Ekim, T., & Başer, K. H. C. (2000). *Flora of Turkey and the East Aegean Islands 11*. Edinburgh University Press, Edinburgh.

IPNI. (2024). International Plant Names Index: https://www.ipni.org/n/30492-2 (Accessed date: July, 20, 2024).

Karaer, F., Terzioğlu, S., & Kutbay, H. G. (2020). A new genus record for the flora of Turkey: *Reynoutria* (Polygonaceae). *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi,* 23(3): 606-610.

McLellan, T., Cloete, E. C. & Bosa, A. J. N. (1994). Naturalization of *Begonia cucullata* in the Port St. Johns region, Transkei. *South African Journal of Botany* 60: 136–137.

Menemen, Y., Aytaç, Z. ve Kandemir, A. (2016). Türkçe Bilimsel Bitki Adlandırma Yönergesi. *Bağbahçe Bilim Dergisi,* 3(3): 1–3.

Merrick, D., Asal, D., Çimen, A. Ö., Güner, A. ve Gardner, H. B. (2024). Türkiye Florası İçin İki Yeni Yabancı Bitki Kaydı: *Euphorbia hirta* L. ve *Youngia japonica* (L.) DC. *Bağbahçe Bilim Dergisi*, 11(1), 13-19.

Moonlight, P. W., Ardi, W. H., Padilla, L. A., Chung, K.-F., Fuller, D., Girmansyah, D., Hollands, R., Jara-MunÞoz, A., Kiew, R., Leong, W.-C., Liu, Y., Mahardika, A., Marasinghe, L. D. K., O'Connor, M., Peng, C.-I, Peìrez, A. J., Phutthai, T., Pullan, M., Rajbhandary, S., Reynel, C., Rubite, R. R., Sang, J., Scherberich, D., Shui, Y.-M., Tebbitt, M. C., Thomas, D. C., Wilson, H. P., Zaini, N. H., & Hughes, M. (2018) Dividing and conquering the fastest-growing genus: Towards a natural sectional classification of the mega-diverse genus *Begonia* (Begoniaceae). *Taxon* 67: 267–323. https://doi.org/10.12705/672.3

Namita, P., Mukesh, R., & Vijay, K. J. (2012). *Camellia sinensis* (green tea): a review. *Global journal of pharmacology*, 6(2), 52-59.

O'Malley P. Tea for Two. Finan Publishing; 1997. Available from: www.club-mgmt.com/dining/9712/tea.html [cited 2005 Jan 17]. 3. Takhtajan A. Di

Önen, H., Özaslan, C., Farooq, S., & Jones, C. A. (2021). *Ipomoea coccinea* L.(Convolvulaceae): a new introduced alien plant species in Turkey. *EPPO Bulletin*, 51(1): 207-212.

Özer Z., Kadıoğlu İ., Önen H. ve Tursun N. (2001) *Herboloji (Yabancı Ot Bilimi)*, Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Yayınları, No:20, 412 sayfa.

POWO. (2024). https://powo.science.kew.org/taxon/urn:lsid:ipni.org:names:210605-1 (Erişim adresi: 13 Mart 2023)

Rize Ticaret Borsası. (2024). 2024 Türk Çay Sektörü Güncel Durum Raporu: https://www.rtb.org.tr/tr/cay-sektoru-raporlari

Sefalı, A. ve Eroğlu, H. (2022). Türkiye florası için yeni bir melez bitki taksonu kaydı: *Rorippa× anceps* (Wahlenb.) Rchb.(Brassicaceae). *Bağbahçe Bilim Dergisi*, 9(2), 1-10.

Sefalı, A., ve Ünal, M. (2023). Türkiye'de Yayılış Gösteren Bazı *Sisymbrium* L.(Brassicaceae) Taksonlarının Meyve ve Tohum Yapılarının Mikromorfolojik Açıdan İncelenmesi. *Bayburt Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 6(1), 65-72.

Sefalı, A., & Uzun, K. (2023). Türkiye Florası İçin Yeni Bir İstilacı Bitki Kaydı: *Grindelia hirsutula* Hook. & Arn. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 13(4), 2373-2381.

Sefalı, A., Murat, Ü. ve Gıdık, B. (2020). Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi kampüs alanında doğal olarak yetişen Brassicaceae çeşitliliğinin belirlenmesi. *Bahçe,* 49(1), 25-33.

Tebbitt, M.C. 1997. Begoniaceae. In: Cullen, J., Alexander, J. C. M., Brickell, C. D., Edmondson, J. R., Green, P. S., Heywood, V. H., Jørgensen, P.-M., Jury, S. L., Knees, S. G., Matthews, V. A., Maxwell, H. S., Miller, D. M., Nelson, E. C., Robson, N. K. B., Walters, S. M., & Yeo, P. F. (Ed.), *The European garden flora. Volume V. Dicotyledons (Part III)*. Cambridge University Press, Cambridge: 277– 290.

Terzioğlu, S. (2020). *Arrhenatherum elatius* subsp. *bulbosum* (Poaceae): A new alien record for the flora of Turkey. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi,* 23(4): 924-927.

Terzioğlu, S., & Özkan, K. (2020). *Leptatherum* (Poaceae): A new genus record for the Flora of Turkey. *Kastamonu University Journal of Forestry Faculty* 20(2): 175-180.

Tunçkol, B. (2022). *Verbena brasiliensis* Vell.: a new record of an invasive alien species in the flora of Turkey. *BioInvasions Records*, 11(1): 57-61.

Uludağ, A., Aksoy, N., Yazlık, A., Arslan, Z. F., Yazmış, E., Üremiş, İ., Cossu, T. A., Groom, Q., Pergl, J., Pyšek, P., & Brundu, G. (2017). Alien flora of Turkey: checklist, taxonomic composition and ecological attributes. *NeoBiota,* 35: 61-85.

Uygur S. ve Uygur F. N. (2010) Yabancı otların biyolojik mücadelesi. *Türkiye Biyolojik Mücadele Dergisi*, 1(1): 79-95.

Walters, M., Figueiredo, E., Crouch, N. R., Winter, P. J., Smith, G., Zimmermann, H. G., & Mashope, B. K. (2011). Naturalised and invasive succulents of southern Africa. Brussels, Belgium: Belgian Development Cooperation.

Yazlık, A. (2021). *Impatiens balfourii* (Balsaminaceae): First recording from the Western Black Sea Region of Turkey. *Turkish Journal of Weed Science*, 24(1): 13-18.

Yıldız, S. ve Midilli, A. (2022). Türkiye'de Organik Çay Üretimi ve Pazarlaması, *Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 3(2), 136-145. Doi: 10.53501/rteufemud.1174700

Yılmaz, H. (2021). *Gamochaeta coarctata*: A new allien species for Turkey. *Turkish Journal of Biodiversity*, 4(2): 77-81.

Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi 12(1): 102–110, 2025
https://doi.org/10.30910/turkjans.1572739

TÜRK TARIM ve DOĞA BİLİMLERİ DERGİSİ

TURKISH JOURNAL of AGRICULTURAL and NATURAL SCIENCES

www.dergipark.gov.tr/turkjans

Araştırma Makalesi

Broilerlerde Karkas Özellikleri ve İç Organ Ağırlıkları Üzerine Günlük Yaştaki Civciv Ağırlığı, Parmak Uzunluğu, İncik Uzunluğu ve Civciv Uzunluğunun Etkileri

Turgay ŞENGÜL[1]*, Ömer ŞENGÜL[2]

[1]Bingöl University, Faculty of Agriculture, Dept. of Anim. Sci., Bingöl, Türkiye
[2]Bursa Uludağ University, Faculty of Agriculture, Dept. of Anim. Sci., Bursa, Türkiye

*Sorumlu Yazar: tsengul2001@yahoo.com

Geliş Tarihi: 24.10.2024 Düzeltme Geliş Tarihi: 07.11.2024 Kabul Tarihi: 11.11.2024

ÖZ

Bu çalışma, günlük yaştaki etlik piliçlere ait bazı vücut ölçütlerinin (civciv ağırlığı, parmak uzunluğu, incik uzunluğu, civciv uzunluğu) karkas özellikleri ve yenilebilir iç organ ağırlıkları üzerine etkilerini araştırmak amacıyla yürütülmüştür. Çalışmada, 192 adet günlük yaşta erkek broiler civcivi kullanılmıştır. Etlik piliçler önce muamele gruplarına göre (civciv ağırlığı, parmak uzunluğu, incik uzunluğu, civciv uzunluğu) 4 gruba ayrılmış olup, daha sonra her bir grup ağırlık (ağır-hafif) veya uzunluk (uzun-kısa) durumlarına göre ikişer gruba ayrılmıştır. Vücut ölçütlerinden; civciv ağırlığı ≥47.7 ve <47.7 g, parmak uzunluğu ≥2.01 ve <2.01 cm, incik uzunluğu ≥2.9 ve <2.9 cm ve civciv uzunluğu ≥18.3 ve <18.3 cm olarak planlanmıştır. 42 günlük besi dönemi sonunda vücut ağırlığı bakımından ağır ve hafif gruplar arasında, karkas ağırlığı, but ağırlığı, göğüs ağırlığı ve abdominal yağ ağırlıkları arasında önemli (P<0.05) farklılıklar gözlenmiştir. Parmak uzunluğu, incik uzunluğu ve vücut uzunluğu bakımından ise, uzun ve kısa gruplar arasında, karkas ağırlığı, but ağırlığı, göğüs ağırlığı, taşlık ağırlığı, karaciğer ağırlığı, kalp ağırlığı ve abdominal yağ ağırlıkları arasında önemli (P<0.05, P<0.01) farklılıklar saptanmıştır. Ayrıca, karkas özellikleri arasında önemli ve pozitif korelasyonlar bulunmuştur.

Anahtar kelimeler: Broiler, civciv ağırlığı, civciv uzunluğu, karkas özellikleri, iç organ, korelasyon

Effect of Day-Age Chick Weight, Finger Length, Shank Length and Chick Length on Carcass Characteristics and Internal Organ Weights of Broiler Chickens

ABSTRACT

This study was carried out to investigate the effects of some body measurements (chick weight, finger length, shank length, chick length) of day-old broiler chicks on carcass characteristics and edible yields. In the study, 192 day-old male broiler chicks were used. Broiler chicks were first divided into 4 groups according to treatment groups (chick weight, finger length, shank length, chick length), and then each group was divided into two groups according to weight (heavy-light) or length (long-short). From body criteria; chick weight ≥47.7 and <47.7 g, finger length ≥2.01 and <2.01 cm, shank length ≥2.9 and <2.9 cm, and chick length ≥18.3 and <18.3 cm is planned as. At the end of the 42-day fattening period, in different body weight groups (heavy and light groups) significant (P<0.05) differences were observed between carcass weights, thigh weights, breast weights and abdominal fat weights. In terms of finger length, shank length and body length (long and short groups) there were significant (P<0.05, P<0.01) differences between carcass weights, thigh weights, breast weights, gizzard weights, liver weights, heart weights and abdominal fat weights. In addition, significant and positive correlations were found between carcass characteristics.

Keywords: Broiler chick, body weight, body length, carcass characteristics, internal organs, correlation.

INTRODUCTION

One of the important factors affecting profitability in chicken meat production is chick quality (Tona et al., 2005). It is known that chick quality significantly affects fattening performance and carcass yield in broilers (İpek and Sözcü, 2013; Zamani et al., 2017). In a production made with the use of poor quality chicks, the losses in the fattening period can reach a level that cannot be compensated (Kamanlı and Durmuş, 2010). For this reason, the necessity of producing quality chicks for hatcheries has come to the fore, as producers desire higher slaughter weight, carcass weight and carcass yield at the end of the production process. For broilers producing broilers, in addition to high hatchability, it is important that the survivability of the chicks and broiler performance meet the expectations of the producer.

Many factors are effective on chick quality, and chick quality also changes depending on the effect levels of these factors. Quality in chicks is measured by some quantitative and qualitative scoring methods. Factors such as the age of the breeding flock, the storage conditions of the hatching eggs, the genotype and hatchability affect the chick quality and therefore the growth rate of broiler chickens (Kamanlı and Durmuş, 2014; Alshelmani et al., 2016).

If the factors affecting the chick quality are taken into account, the chick quality increases. Genetic factors affecting the quality are factors such as the shell thickness of the breeding eggs, the white height and the resistance of the egg shell to breakage. The chick quality of the genotypes and lines with high egg quality is also good. The age of the breeding flock affects chick quality and hatchability. If the breeder flocks are older, especially depending on the storage conditions, a decrease in egg white height, an increase in embryo mortality and poor quality chick rate are observed. Depending on the storage period of eggs belonging to this type of flock, a decrease in Haugh unit and a decrease in chick quality are observed. Lower hatching power and chick quality are obtained from very large or small hatching eggs compared to normal ones. Thin-shelled, cracked or dirty eggs are not recommended to be used as hatching because they affect chick quality (Kamanlı and Durmuş, 2010).

Studies show that chick size is associated with broiler performance. In order to achieve the desired body weight in chicks, it is important to pay attention to the optimum weight of hatching eggs. As the egg weight increases, the chick weight also increases. Ould-Ali and Schulte-Drüggelte (2016), Patbandha et al. (2017) and Narinç and Aydemir (2021) reported that body measurements such as chick weight and chick length are among the important quality parameters. Reijrink and Molenaar (2006) reported that there is a positive correlation between 7th day live weight and chick length in broiler chickens. Ketels (2011) reported that chick length is not only associated with broiler performance, but also with the development of internal organs. He explained that heart and liver weights showed significant differences in long and short chicks. He also stated that it is possible to calculate flock uniformity by measuring the length of day-old chick. Petek et al., (2008) found a significant correlation between body length at hatching and live weight in broiler chicks and reported that body length could be used instead of body weight to determine growth potential in day-old chicks. Meijerhof (2005) reported that daily chick weight is often considered an important indicator in determining chick quality in broilers, and measuring chick weight is both easy and objective. He also emphasized that measuring chick length or shank length is a more practical way to determine chick quality. In addition, he explained that the correlation of day-old chick length with broiler performance at 6 weeks was higher than its relationship with day-old chick weight.

Kamanlı and Durmuş, (2010) reported that determining chick quality by looking at one-day-old live weight may not give accurate results for the following periods. In poultry, hatching weight is an important criterion used to measure and determine hatchability (Hill, 2001). Incubation quality is important as it provides information about embryo development and subsequent performance during the incubation period (Molenaar et al., 2008). Some studies showed that 7-day-old body weight has a greater effect on performance in the following weeks rather than starting weight. Willemsen et al., (2008) reported that the relationship between live weight and carcass weight at 7-10 days of age was higher than the relationship between hatching weight and carcass weight.

In this study, it was aimed to determine the effects of some body criteria such as chick weight, shank length, finger length and chick length on carcass characteristics in day-old broiler chickens.

MATERIAL and METHODS

A total of 192 Ross 308 hybrid male chicks were used in the study. The experiment was carried out for 42 days in a windowed coop. The chicks were housed in multi-level broiler cages for the first 2 weeks and were transferred to the litter system at the end of the 2nd week. The feeds used during the fattening were obtained from a commercial enterprise. Broilers, 1-14. They were fed with feeds containing 24% crude protein and 3000

kcal/kg ME between days, and 22% crude protein and 3200 kcal/kg ME from the 15th day to slaughter. The feed and water needs of the animals were supplied as ad libitum during the fattening period. The chicks were illuminated 24 hours a day for the first 3 days. The lighting program was applied as 23 hours of light and 1 hour of darkness from the third day to the cutting. The temperature was kept between 32-33 °C in the first week, and from the second week it was reduced by 3 °C every week to 18-20 °C towards slaughter.

Chicks were divided into 4 different groups at the age of one day according to 4 different body criteria (body weight, finger length, shank length, chick length). In order to form the body weight group, 48 chicks selected randomly were divided into two groups, 24 heavy and 24 light, according to their weight. 24 chicks in the heavy chick group were randomly divided into 3 and three replication groups of 8 were formed (14 bird/m2). The same method was applied for the light group, and a light group with 3 replications was formed. In order to determine the length of the chick, 48 chicks were stretched on the ruler, respectively, and the part of the beak and middle finger of the right foot to the beginning of the nail was measured. The chicks, whose measurements were completed, were formed in the same way as the body weight group, this time as long and short groups, with the same number of repetitions. In order to form the shank length group, the distance between the elbow of the right leg and the starting point of the ankle of 48 chicks was measured with the help of electronic caliper, and long and short groups were formed. In order to form the toe length groups, long and short groups were formed by measuring the middle finger of the right foot of 48 chicks to the point of the nail start with an electronic caliper.

At the end of the fattening period, all broilers were slaughtered and carcass traits were measured. In the current study, the carcass characteristics of broilers slaughtered at the end of the 42-day fattening period; carcass weight, carcass percentage, thigh weight, breast weight, wing weight, ridge weight, neck weight and edible internal organ weights were determined. The study was designed as randomized experimental design. Data of the examined features were analyzed in the SPSS 22.0 statistical package program. T-test was performed to determine the differences between groups.

RESULTS and DISCUSSION

Carcass characteristics

The averages of carcass weight, carcass yield, thigh weight, breast weight, wing weight, ridge weight, neck weight, edible internal organ (gizzard, liver and heart) weights and abdominal fat weights of broiler chickens at the end of the 6-week fattening period are given in Table 1.

Differences between the mean weights of thigh weight, breast weight and abdominal fat weight between the heavy and light groups were significant ($P<0.05$). Values related to the carcass characteristics were affected by the live weights of day-old chicks. The thigh weight was found to be higher in the heavy group, and this value was 509.5 g in the heavy group and 487.5 g in the light group. In terms of breast weight, a higher value (574.5 g) was observed in the light group, while a lower value (545.5 g) was measured in the heavy group. In terms of abdominal fat content, the heavy group had a higher value (30.0 g), while the light group had a significantly lower value (26.0 g).

In terms of finger length, the differences between the long and short groups were significant in terms of carcass weight ($P<0.01$), thigh weight, breast weight, gizzard weight and abdominal fat weight ($P<0.05$). The group with long fingers (1876.5 g) had a higher carcass weight (1575.5 g) than the group with short fingers ($P<0.01$). Similarly, higher values (502.5 and 452.5 g) were obtained in terms of thigh weight than the long-fingered group ($P<0.05$). While the breast weight was 568.5 g in the long-fingered group, it was 547.5 g in the short-fingered group ($P<0.05$). There was also a significant difference between finger length groups in terms of gizzard weight ($P<0.05$) and the long finger group had higher gizzard weight (39.5 g). In terms of abdominal fat level, the heavy group had a higher value (28.5 g), while the light group had a significantly lower value (25.5 g).

Table 1. Means and standard errors of carcass characteristics and internal organ weights of broiler chickens belonging to experimental groups.

	Body weight (g)			Finger length (cm)			Shank length (cm)			Body length (cm)		
	Heavy	Light		Long	Short		Long	Short		Long	Short	
Characteristics	≥ 47.7	< 47.7	P	≥ 2.01	< 2.01	P	≥ 2.9	< 2.9	P	≥ 2.9	< 2.9	P
Final weight (g)	2269.0±64.1a	2063.5±97.1b	**	2177.5±43.7a	2305.0±53.4b	*	2224.5±52.0a	2290.5±61.3a	NS	1945.5±66.6a	2113.5±46.4b	*
Carcass weight (g)	1707.5±36.5	1709.5±38.2	NS	1876.5±41.2^{a}	1575.5±39.4^{b}	**	1632.0±38.5^{a}	1701.5±39.2^{b}	*	1432.5±41.2	1548.0±35.2	*
Carcass perc. (%)	74 ± 0.6	74 ± 0.7	NS	69 ± 0.6	69 ± 0.7	NS	70 ± 0.6	69 ± 0.7	NS	71 ± 0.6	72 ± 0.7	NS
Thigh weight (g)	509.5 ± 0.1^{a}	487.5 ± 0.4^{b}	*	502.5 ± 0.4^{a}	452.5 ± 0.3^{b}	*	477.5 ± 0.2^{b}	510.0 ± 0.4^{a}	*	428.5 ± 0.2^{b}	469.5 ± 0.3^{a}	*
Thigh ratio (%)	29.5 ± 0.1	28.5 ± 0.3	NS	29.5 ± 0.6	29.5 ± 0.7	NS	29.5 ± 0.5	30.5 ± 0.1	NS	29.0 ± 0.3	28.5 ± 0.8	NS
Breast weight (g)	545.5 ± 0.5^{b}	574.5 ± 0.5^{a}	*	568.5 ± 0.3^{a}	547.5 ± 0.1^{b}	*	520.5 ± 0.1^{b}	557.5 ± 0.1^{a}	*	470.5 ± 0.1^{a}	525.5 ± 0.2^{b}	**
Breast ratio (%)	31.5 ± 0.2	33.5 ± 0.2	NS	30.5 ± 0.6	34.5 ± 0.5	NS	31.5 ± 0.4	32.5 ± 0.2	NS	32.5 ± 0.9	33.5 ± 0.5	NS
Wing weight (g)	187.5 ± 0.2	187.5 ± 0.5	NS	182.5 ± 0.4	180.0 ± 0.4	NS	188.0 ± 0.4	184.5 ± 0.7	NS	160.5 ± 0.5	177.5 ± 0.3	NS
Ridge weight (g)	359.0 ± 0.3	360.5 ± 0.8	NS	328.5 ± 0.3	311.5 ± 0.7	NS	345.5 ± 0.6	350.5 ± 0.4	NS	284.5 ± 0.6	294.0 ± 0.3	NS
Neck weight (g)	105.5 ± 0.2	99.5 ± 0.1	NS	95.5 ± 0.3	83.5 ± 0.25	NS	100.5 ± 0.4	99.5 ± 0.2	NS	88.5 ± 0.9	82.5 ± 0.1	NS
Heart weight (g)	15.0 ± 0.4	15.5 ± 0.0	NS	14.5 ± 0.2	14.5 ± 0.1	NS	14.5 ± 0.5	15.5 ± 0.9	NS	13.5 ± 0.3^{b}	15.0 ± 0.2^{a}	*
Liver weight (g)	51.5 ± 0.5	50.5 ± 0.3	NS	50.5 ± 0.3	54.0 ± 0.4	NS	53.5 ± 0.3	52.0 ± 0.2	NS	47.5 ± 0.7^{b}	52.0 ± 0.1^{a}	*
Gizzard weight (g)	40.5 ± 0.2	39.5 ± 0.5	NS	39.5 ± 0.2^{a}	34.5 ± 0.2^{b}	*	35.5 ± 0.2^{b}	41.5 ± 0.4^{a}	*	33.5 ± 0.1	34.5 ± 0.1	NS
Abdominal fat (g)	30.0 ± 0.2^{a}	26.0 ± 0.3^{b}	*	28.5 ± 0.4^{a}	25.5 ± 0.5^{b}	*	27.5 ± 0.4^{b}	30.5 ± 0.9^{a}	*	25.5 ± 0.4^{a}	23.5 ± 0.4^{b}	*

$^{a, b}$: Differences between means with different superscripts in the same row are significant. *: P<0.05, **: P<0.01, NS: Non-significant.

The differences between the mean carcass weight, thigh weight, breast weight and gizzard weight and abdominal fat weights of the groups with long and short shank length were found significant (P<0.05). These properties were significantly (P<0.05) affected by the shank length. Higher carcass weight (1701.5 and 1632.0 g) was observed in the group with short shank length. The thigh weight was similarly higher (510.0 and 477.5 g) in the short shank group. Breast weight was found to be higher (557.5 and 520.5 g) in the group with short shanks than in the group with long shanks. In terms of both gizzard weight and abdominal fat weight, a higher value was obtained in the short shank group compared to the other group (P<0.05).

The differences between the averages obtained from different body length groups in day-old chicks in terms of characteristics such as carcass weight, thigh weight, breast weight (P<0.01), heart weight, liver weight and abdominal fat weight were significant (P<0.05). These carcass characteristics were significantly affected by body length. Carcass weight was higher (1548.0 and 1432.5 g) in the short-bodied group. Again, similar results were obtained in terms of leg weight and the shorter body group had a higher value. Breast weight was found to be higher with 525.5 g in the short group, while this value was measured as 470.5 g in the tall group (P<0.01). In terms of both heart weight and liver weight, higher values were obtained in the short group compared to the other group (P<0.05). In terms of abdominal fat level, the tall group had a higher (25.5 g) value, while the short group had a significantly lower (23.5 g) value.

Correlations between carcass characteristics

The correlations of body weight and some carcass characteristics of the experimental groups were calculated and given on the basis of groups. The correlations of the group with heavy body weight are shown in Table 2.

Table 2. Correlation coefficients of the group with high body weight**.**

Traits	**BW**	**CW**	**CP**	**TW**	**BRW**	**AF**
BW	1	0.47*	0.63*	0.25	0.32*	0.96*
CW	0.47*	1	0.26	0.36**	0.12**	0.41
CP	0.63*	0.26	1	0.45	0.11	0.41
TW	0.25	0.36**	0.45	1	0.19**	0.19
BRW	0.32*	0.12**	0.11	0.19**	1	0.41
AF	0.96*	0.41	0.41	0.19	0.41	1

*: P<0.05, **: P<0.01. BW: Body weight, CW: Carcass weight, CP: Carcass percentage, TW: Thigh weight, BRW: Breast weight, AF: Abdominal fat.

When Table 2 is examined, it is seen that there are significant correlations between some features of the heavy group. There is a positive and significant relationship between live weight and carcass weight, carcass percentage, breast weight, thigh weight and abdominal fat weight, between carcass weight and thigh weight and breast weight, between leg weight and carcass weight and breast weight (P<0.05, P<0.01) relationships were determined. The correlations of the light weight group are given in Table 3.

Table 3. Correlation coefficients of the group with light body weight.

Traits	BW	CW	CP	TW	BRW	AF
BW	1	0.13	0.45	0.16	0.19	0.43
CW	0.13	1	0.12	-0.09**	0.14	0.33
CP	0.45	0.12	1	0.17	0.16	0.19
TW	0.16	-0.09**	0.17	1	0.64	0.14
BRW	0.19	0.14	0.16	0.64	1	0.17
AF	0.43	0.33	0.19	0.14	0.17	1

**: P<0.01. BW: Body weight, CW: Carcass weight, CP: Carcass percentage, TW: Thigh weight, BRW: Breast weight, AF: Abdominal fat.

In Table 3, it is seen that there are significant correlations between some characteristics of the light group. There were positive and significant (P<0.01) relationships between carcass weight and thigh weight, and between carcass weight and thigh weight. Correlations of the long-fingered group are given in Table 4.

Table 4. Correlation coefficients of the long-fingered group.

Traits	BW	CW	CP	TW	BRW	AF
BW	1	0.05	0.16	0.41*	0.63	0.14
CW	0.05*	1	0.45	0.15**	0.41**	0.16*
CP	0.16	0.45	1	0.23	0.14	0.46
TW	0.41*	0.15**	0.23	1	0.15**	0.15
BRW	0.63	0.41**	0.14	0.15**	1	0.17**
AF	0.14	0.16*	0.46	0.15	0.17**	1

* : P<0.05, **: P<0.01. BW: Body weight, CW: Carcass weight, CP: Carcass percentage, TW: Thigh weight, BRW: Breast weight, AF: Abdominal fat.

It is seen in Table 4, it is seen that there are significant correlations between some traits of the long-fingered group. Positive and significant (P<0.05, P<0.01) correlations were found between body weight and carcass weight, between carcass weight and thigh weight, breast weight and abdominal fat weight, and between thigh weight and breast weight. Correlations of the short-fingered group are given in Table 5.

Table 5. Correlation coefficients of the short-fingered group.

Traits	BW	CW	CP	TW	BRW	AF
BW	1	0.15	0.64	0.45*	0.41*	0.44
CW	0.15	1	0.12	0.13**	0.44*	0.19
CP	0.64	0.12	1	0.41	0.13	0.41
TW	0.45*	0.13**	0.41	1	0.41	0.12
BRW	0.41*	0.44*	0.13	0.41	1	0.41
AF	0.44	0.19	0.41	0.12	0.41	1

*: P<0.05, **: P<0.01. BW: Body weight, CW: Carcass weight, CP: Carcass percentage, TW: Thigh weight, BRW: Breast weight, AF: Abdominal fat.

In Table 5, it is seen that there are significant correlations between some features of the short-fingered group. There were positive and significant (P<0.05, P<0.01) correlations between thigh weight and breast weight, and between thigh weight and breast weight. Correlations of the long shank group are given in Table 6.

Table 6. Correlation coefficients of the long shank group.

Traits	BW	CW	CP	TW	BRW	AF
BW	1	0.19*	0.23	0.18*	0.49*	0.41
CW	0.19*	1	0.14	0.46	0.74	0.81
CP	0.23	0.14	1	0.41	0.13	0.23
TW	0.18*	0.46	0.41	1	0.19	0.86
BRW	0.49*	0.74	0.13	0.19	1	0.14
AF	0.41	0.821	0.23	0.86	0.14	1

*: P<0.05. BW: Body weight, CW: Carcass weight, CP: Carcass percentage, TW: Thigh weight, BRW: Breast weight, AF: Abdominal fat.

When Table 6 is examined, it is seen that there are significant correlations between some characteristics of the long shank group. It was observed that there were positive and significant (P<0.05) relationships between body weight and carcass weight, thigh weight and breast weight. Correlation coefficients of the short shank group are given in Table 7.

Table 7. Correlation coefficients of the short-shank group.

Traits	BW	CW	CP	TW	BRW	AF
BW	1	0.13	0.19	0.16	0.22	0.11
CW	0.13	1	0.19	0.36**	0.41**	0.14
CP	0.19	0.19	1	0.53	0.71	0.91
TW	0.16	0.36**	0.53	1	0.49**	0.34
BRW	0.22	0.41**	0.71	0.49**	1	0.17
AF	0.11	0.14	0.91	0.34	0.17	1

**: P<0.01. BW: Body weight, CW: Carcass weight, CP: Carcass percentage, TW: Thigh weight, BRW: Breast weight, AF: Abdominal fat.

In Table 7, it is seen that there are significant correlations between some characteristics of the short shank group. Positive and significant (P<0.01) correlations were found between carcass weight and thigh weight and breast weight, and between breast weight and thigh weight. Correlations of the tall group are given in Table 8.

Table 8. Correlation coefficients of the tall group.

Traits	BW	CW	CP	TW	BRW	AF
BW	1	0.15	0.16	0.55*	0.23*	0.41
CW	0.15	1	0.19	0.44	0.32*	0.79
CP	0.16	0.19	1	0.41	0.39	0.73
TW	0.55*	0.44	0.41	1	0.41	0.13*
BRW	0.23*	0.32*	0.39	0.41	1	017
AF	0.41	0.79	0.73	0.13*	0.17	1

**: P<0.05. BW: Body weight, CW: Carcass weight, CP: Carcass percentage, TW: Thigh weight, BRW: Breast weight, AF: Abdominal fat.

It is seen in Table 9, it is seen that there are significant correlations between some features of the long-fingered group. There were positive and significant (P<0.05) relationships between body weight and carcass weight, thigh weight, breast weight.

Table 9. Correlation coefficients of the short group.

Traits	BW	CW	CP	TW	BRW	AF
BW	1	0.13*	0.63	0.46*	0.74*	0.11
CW	0.13*	1	0.41	0.33	0.41	0.12
CP	0.63	0.41	1	0.11	0.14	0.74
TW	0.46*	0.33	0.11	1	0.14	0.13
BRW	0.74*	0.41	0.14	0.14	1	0.14
AF	0.11	0.12	0.74	0.13	0.14	1

*: P<0.05. BW: Body weight, CW: Carcass weight, CP: Carcass percentage, TW: Thigh weight, BRW: Breast weight, AF: Abdominal fat.

SONUÇ ve ÖNERİLER

It was determined that the selection of chicks according to their body weight on the first day affected the thigh weight, breast weight and abdominal fat weight significantly (P<0.05) at the end of the 6-week period. In terms of thigh weight, a higher value was obtained in the heavy group, while the breast weight was higher in the light group. Abdominal fat weight was also affected by daily body weight and was higher in the heavy group. Differences between other averages of carcass characteristics were found to be insignificant. The results obtained were similar to studies showing that chicks with high daily body weight gain more thigh weight in the following periods (Hill, 2001).

In the study, it was determined that the differences between carcass weight, thigh weight, breast weight, gizzard weight and abdominal fat weight of the animals belonging to the finger length groups were significant (P<0.01, P<0.05). The fact that day-old chicks have different finger lengths affects their carcass characteristics. In terms of features such as carcass weight, leg weight, breast weight, gizzard weight and

abdominal fat weight, higher values were determined than the group with long fingers. It can be said that finger length can be an important criterion in the selection of day-old chicks.

In the study, it was observed that the selection of day-old broiler chicks according to shank length affected some important carcass characteristics. According to the results obtained, properties such as carcass weight, leg weight, breast weight, gizzard weight and abdominal fat weight were significantly (P<0.05) affected by shank length. These characteristics were found to be higher in chickens in the group with short shank length. According to this result, the short shank length in day-old chicks can be seen as an advantage. It can be said that shank length can be a criterion in terms of chick quality in selection in broiler production. The results were in agreement with the findings reported by Abiola, (2008).

The effect of chick length, which is another body criterion, on some carcass characteristics of broilers was found to be significant (P<0.05, P<0.01). The attributes affected by this criterion were carcass weight, thigh weight, breast weight, heart weight, liver weight, and abdominal fat weight. In the group with short chick length, the values of carcass weight, leg weight, breast weight, heart weight and liver weight, except for abdominal fat weight, were higher. Abdominal fat weight was measured more in the group with tall chicks. Other carcass characteristics examined in the study were not significantly affected by chick size. According to the results obtained, it can be said that body length is an important criterion affecting the carcass characteristics in day-old chicks.

Considering the correlations between some characteristics of the groups, significant (P<0.05, P<0.01) and positive correlations were found between carcass weight, thigh weight, breast weight, heart, liver and abdominal fat for body weight, finger length, shank length and body length groups.

It was observed that 4 different body criteria such as chick weight, finger length, shank length and chick length of the broiler chicks examined in this study were effective on the carcass characteristics of the chickens slaughtered after the 6-week fattening period. The body criteria in question will facilitate the selection of chicks and the determination of chick quality. However, it can be said that the studies on this subject are still insufficient and it is necessary to carry out different studies.

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

Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti: Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan ederler.

YAZAR ORCID NUMARALARI

Turgay ŞENGÜL http://orcid.org/0000-0002-2640-149X

Ömer ŞENGÜL http://orcid.org/0000-0001-5078-2002

REFERENCES

Abiola, S. S., Meshioye, O. O., Oyerinde, B. O., Bamgbose, M. A. 2008. Effect of egg size on hatchability of broiler chicks. *Archivos de Zootecnia,* 57: 83-86.

Alshelmani, M. I., Loh, T. C., Foo, H. L., Sazili, A. Q., Lau, W. H. 2016. Effect of feeding different levels of palm kernel cake fermented by Paenibacillus polymyxa ATCC 842 on broiler growth performance, blood biochemistry, carcass characteristics, and meat quality. *Animal Production Science*, 57(5), 839-848.

Hill, D. 2001. Chick length uniformity profiles as a field measurement of chick quality. *Avian Poultry Biology Reviews* 12: 188.

İpek, A., Sözcü, A. 2013. Broiler chick quality and scoring methods. *B.U.Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi*, 27(2), 131-137.

Kamanlı S, Durmuş İ, Demir S 2010. Hatching characteristics of abnormal eggs. *Asian Journal of Animal and Veterinary Advances,* 5(4), 271-274.

Kamanlı, S., Durmuş, İ. 2014. Civciv kalitesi değerlendirme yöntemleri ve civciv kalitesinin iyileştirilmesi konusundaki son yaklaşımlar. *Tavukçuluk Araştırma Dergisi*, 11(1), 40-44.

Ketels, P. 2011. Controlling chick quality. Thesis Project. Livestock Management.

Meijerhof, R. 2005. What count for chick quality? Hybro B.V., Boxmeer, the Netherlands.

Molenaar, R., Reijrink, I. A. M., Meijerhof, R., Brand, H. V. D. 2008. Relationship between hatchling length and weight on later productive performance in broilers. *World's Poultry Science Journa*l, 64(4), 599–604.

Narinç, D., Aydemir, E. (2021). Chick quality: an overview of measurement techniques and influencing factors. *World's Poultry Science Journal*, 77(2), 313–329.

Ould-Ali, D., Schulte-Drüggelte, R. 2016. Review of different day-old chick quality parameters in layer type breeds. *International Poultry Production,* 23:4.

Patbandha, T. K., Garg, D. D., Marandi, S., Vaghamashi, D. G., Patil, S. S., Savsani, H. H. (2017). Effect of chick weight and morphometric traits on growth performance of coloured broiler chicken. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 5(6), 1278-1281.

Petek, M., Orman, A., Dikmen, S., Alpay, F. 2008. Relations between day-old chick length and body weight in broiler, quail and layer. *B.U.Ü. Veteriner Fakültesi Dergisi*, 27(1-2):25-28.

Reijrink, I., Molenaar, R. 2006. Chick length & Organ development. http://en.engormix.com/articles_view.aspx?AREA= AVG&id=155&pag=0. (Accessed Date: 25.12.2023)

Tona, K., Onagbesan, O., De Ketelaere, B., Bruggeman, V., Decuypere, E. 2005. Interrelationships between chick quality parameters and the effect of individual parameter on broiler relative growth to 7 days of age. *Archiv für Geflügelkunde,* 69(2), 67-72.

Willemsen H, Everaert N, Witters A, De Dmit L, Debonne M, Verschuere F, Garain P, Berckmans D, Decuypere E, Bruggeman, V. 2008. Critical assessment of chick quality measurements as an indicator of post hatch performance. *Poultry Science*, 87: 2358-2366.

Zamani, H. U., Loh, T. C., Foo, H. L., Samsudin, A. A., Alshelmani, M. I. 2017. Effects of feeding palm kernel cake with crude enzyme supplementation on growth performance and meat quality of broiler chicken. *International Journal of Microbiology and Biotechnology*, 2(1), 22-28.

Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi 12(1): 111–121, 2025
https://doi.org/10.30910/turkjans.1581615

TÜRK TARIM ve DOĞA BİLİMLERİ DERGİSİ

TURKISH JOURNAL of AGRICULTURAL and NATURAL SCIENCES

www.dergipark.gov.tr/turkjans

Araştırma Makalesi

Cyanus depressus ve *Schizochytrium* sp. Ekstraktlarının Sazan Balığında (*Cyprinus carpio*) Büyüme Endeksleri, Antioksidan ve Bağışıklıkla İlgili Genlerin İfade Düzeyleri Üzerindeki Sinerjik Etkileri

Boran KARATAŞ[1]*

[1]Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Su Ürünleri Yetiştiriciliği Bölümü, Van

*Sorumlu Yazar: borankaratas@yyu.edu.tr

Geliş Tarihi: 08.11.2024 Düzeltme Geliş Tarihi: 29.11.2024 Kabul Tarihi: 29.11.2024

ÖZ

Bu çalışmada, gökbaş bitkisi (*Cyanus depressus*) ve mikroalg (*Schizochytrium* sp.) özütlerinin sinerjik etkileri sazan balığının (*Cyprinus carpio*) büyüme performansı ve gen ifade düzeyleri üzerinde incelenmiştir. Ortalama canlı ağırlığı 3,71 ± 0,16 g olan sazanlar, 60 gün boyunca 0 (kontrol), 0,05 (CS05) ve 0,1 (CS1) g/kg oranlarında bu özütlerin karışımı (CS) ilave edilmiş yemlerle beslenmiştir. Araştırma sonuçları, 0,05 ve 0,1 CS g/kg katkılı yemlerin sazanların canlı ağırlık kazancı ve spesifik büyüme oranında önemli iyileşmeler sağladığını göstermiştir ($p<0,05$). Özellikle 0,05 CS g/kg katkılı yemle beslenen balıklarda süperoksit dismutaz (SOD) ve katalaz (CAT) genlerinin ifade düzeylerinde anlamlı artışlar kaydedilmiştir ($p<0,05$). Ayrıca bağışıklık göstergesi olarak değerlendirilen interlökin-1 beta (IL-1β) gen ekspresyonunun, CS içeren yemlerle beslenen tüm gruplarda kontrol grubuna göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Sonuç olarak, *Cyanus depressus* ve *Schizochytrium* sp. özütlerinin %0,05 seviyesinde yem katkısı olarak kullanılması, sazan balığı yetiştiriciliğinde büyüme ve bağışıklık parametrelerini iyileştiren, verim artırıcı bir alternatif yem katkı maddesi olarak önerilmektedir.

Anahtar kelimeler: *Cyanus depressus, Ekstrakt, Yem takviyesi, Gen ifadesi, Schizochytrium sp.*

Synergistic Effects of *Cyanus depressus* and *Schizochytrium* sp. Extracts on Growth Indices and The Expression Levels of Antioxidant and Immunity-Related Genes in Common Carp (*Cyprinus carpio*)

ABSTRACT

This study investigated the synergistic effects of cornflower (*Cyanus depressus*) and microalgae (*Schizochytrium* sp.) extracts as alternative feed additives on the growth performance and expression levels of antioxidant and immunity-related genes in common carp (Cyprinus carpio). Juvenile carp with an average weight of 3.71 ± 0.16 g were fed diets supplemented with 0 (Control), 0.5 (CS05), and 1 (CS1) g/kg of extract blend (CS) for 60 days. The results revealed significant improvements in weight gain and specific growth rate in carp fed diets containing 0.5 and 1 g/kg CS ($p<0.05$). Notably, fish fed the diet with 0.5 g/kg CS exhibited the highest expression levels of superoxide dismutase (SOD) and catalase (CAT) genes ($p<0.05$). Additionally, the interleukin-1 beta (IL-1β) gene, considered a marker of immune response, was upregulated in all experimental groups fed CS-supplemented diets compared to the control. In conclusion, the supplementation of *Cyanus depressus* and *Schizochytrium* sp. extracts at a level of 0.5 g/kg in the diet is recommended as an effective alternative feed additive to enhance growth performance and immune health in common carp aquaculture.

Key words: *Cyanus depressus, Extract, Feed supplement, Gene expression, Schizochytrium sp.*

INTRODUCTION

The growing global demand for high-quality fish products has positioned aquaculture as vital to food security. This sector faces the challenge of ensuring sustainability while meeting consumer expectations for health benefits and environmental responsibility (Boyd et al., 2020; Ababouch et al., 2023; Estim et al., 2024). To address these challenges, innovative nutritional strategies focused on promoting growth, enhancing immunity, and improving the overall health of farmed fish are essential (Dawood et al., 2018; Ahmadifar et al., 2021a; Sarker, 2023). Recent trends reveal a significant shift toward natural feed additives, particularly those derived from marine algae and terrestrial plants, as viable alternatives to synthetic growth promoters and immune stimulants (Idenyi et al., 2022; Rombenso et al., 2022; Eroldoğan et al., 2023). These natural compounds not only support fish physiology but also help reduce environmental impact, aligning with consumer preferences for cleaner, more sustainable aquaculture practices (Gephart et al., 2020; Reverter et al., 2021; Wang et al., 2024).

Among promising natural additives, *Schizochytrium* sp., a marine microalga, has garnered particular attention due to its high omega-3 PUFA content, especially docosahexaenoic acid (DHA) (Bélanger et al., 2021; Trevi et al., 2023). DHA is an integral part of fish cell membranes, contributing to membrane fluidity, immune modulation, and gene expression regulation (Hashimoto et al., 2017; Magalhães et al., 2021; Koven et al., 2024). Numerous studies have demonstrated that incorporating *Schizochytrium* sp. into fish diets enhances growth metrics, boosts antioxidant defences, and strengthens immune responses across species, including Nile tilapia (Souza et al., 2020), Atlantic salmon (Kousoulaki et al., 2022), and rainbow trout (Serrano et al., 2021). Furthermore, DHA supplementation has been associated with enhanced antioxidant defences that mitigate oxidative stress, a common concern in intensive aquaculture systems (Bi et al., 2018; Zhang et al., 2019; Ji et al., 2025).

Parallel to research on marine-derived compounds, terrastial plant extracts rich in bioactive molecules, such as phenolic compounds, have shown beneficial effects in aquaculture (Ahmadifar et al., 2021b; Tadese et al., 2022; Naiel et al., 2023; Kalaiselvan et al., 2024). *Cyanus depressus*, a terrestrial plant noted for its high phenolic and flavonoid content, exhibits strong antioxidant and immunomodulatory properties (Khammar & Djeddi, 2012; Escher et al., 2018; Fattaheian-Dehkordi et al., 2021; Gawlik-Dziki et al., 2023). According to Karataş (2024), this plant may serve as an effective alternative feed additive, with potential benefits for fish growth and overall health. While previous research has established the individual benefits of each extract, there remains a significant knowledge gap regarding their combined effects on enhancing growth and improving fish physiological status, particularly through the regulation of antioxidant and immune-related pathways. Investigating the interactions between these extracts and their effects on growth indices and key gene expression markers is crucial for optimizing feed efficiency and fish health in commercial aquaculture. Including these natural additives not only supports the physiological needs of fish but also aligns with increasing consumer demand for chemical-free aquaculture products.

This study investigates the synergistic effects of *Cyanus depressus* and *Schizochytrium* sp. extracts on growth and gene expression in common carp (*Cyprinus carpio*), a species of considerable commercial importance. Like many aquaculture species, carp face challenges related to oxidative stress and disease susceptibility under intensive farming conditions (Martos-Sitcha et al., 2020; Ciji & Akhtar, 2020; Song et al., 2023). By analyzing growth indices and the expression of key antioxidant genes (SOD and CAT) and the immune-related gene IL-1β, this research aims to provide valuable insights into how these natural additives can support fish health. In conclusion, this study evaluates the potential of *Cyanus depressus* and *Schizochytrium* sp. extracts as synergistic dietary supplements for improving growth performance and enhancing the expression of antioxidant and immune-related genes in carp. The findings aim to contribute to the development of sustainable and effective dietary strategies in aquaculture, fostering healthier fish and optimizing production outcomes.

MATERIALS AND METHODS

Ethical approval

This experiment was approved by the Van Yüzüncü Yıl University Local Ethics Committee for Animal Experiments (protocol no: 2023/13-31) and conducted in accordance with established ethical guidelines.

Preparation of extracts

The *Cyanus depressus* plants used in this study were collected from the campus of Van Yüzüncü Yıl University (Van, Turkey). For preparing the ethanol extracts, dried flower parts were ground into powder, and a total of 40 g of flower powder was combined with 1 L of 80% ethanol, shaken for 24 hours (Duman et al., 2022; Karataş 2024). *Schizochytrium* sp. was obtained in powder form from Marine Biotechnology Products (Aydın, Turkey). The microalgae powder was combined with 1 L of 80% ethanol at a ratio of 1:5 and gently shaken for 48 hours (Kiadaliri et al., 2020). Both mixtures were filtered initially through sterile cheesecloth, then centrifuged at

3500 rpm for 5 minutes. The filtrates were further clarified using Whatman filter paper (No. 1). After filtration, ethanol was evaporated at 40°C in a rotary evaporator to yield a concentrated extract. The concentrate was freeze-dried at −85°C and stored at −20°C until further experimental applications (Karataş 2024).

Incorporation of extracts into experimental diets

The extract mixture was prepared by thoroughly mixing equal volumes of each extract. To formulate experimental diets, basal diet (46% crude protein, 19% crude lipid, 2.7% crude fiber, 8.7% crude ash, 1.7% calcium, 1.23% phosphorus, and 0.3% sodium; Skretting (Milas-Muğla/Turkey)) was supplemented with extract mixtures at levels of 0 (Control), 0.5, and 1 g/kg. Briefly, the basal diet was moistened with 300 ml of water per kg until a smooth dough formed, then the extract mixture was added and thoroughly mixed. The dough was passed through a mincer to form sticks, which were dried under a fan at 22°C. These dried sticks were pelletized (3 mm) and stored at 4°C in plastic bags until use (Hoseinifar et al., 2017; Rajabiesterabadi et al., 2020; Ghafarifarsani et al., 2021).

Fish rearing and feeding protocols

The study was conducted at the Aquatic Organisms Research Unit of Van Yüzüncü Yıl University (Van, Turkey). Carp (*C. carpio*) were obtained from this facility and acclimated to experimental conditions for two weeks. Afterward, 108 healthy fish with an average weight of 3.71 ± 0.16 g were randomly distributed into nine aquaria (100 L each) at a density of 12 fish per aquarium, with three replicates. Fish were fed twice daily at 3% of their body weight for 60 days (Ghafarifarsani et al., 2021). Bi-weekly, total fish weights per aquaria were assessed, and feed amounts were adjusted based on the latest average weights. During the experiment, each aquarium was aerated by a central air pump, and 50% of the water was replaced daily with dechlorinated water. Additionally, waste materials were regularly siphoned from the aquaria bottom. Physicochemical parameters of the rearing water were maintained at 22.46 ± 0.33°C (temperature), 8.2 ± 0.1 (pH), and 6.71 ± 0.18 mg/L (dissolved oxygen). A photoperiod of 12:12 h light-dark cycle was provided using artificial lighting.

Growth indices and sampling

Fish were weighed at the start of the feeding trial and after 60 days, and growth indices were calculated using the following standard formulas:

Weight gain (WG; g/fish) = Final weight (g) − Initial weight (g),
Daily weight gain (DWG; g/fish) = (Final weight (g) − Initial weight (g)) / days,
Specific growth rate (SGR; %/day) = ((ln (final weight) – ln (initial weight)) / days) x 100,
Thermal growth coefficient (TGC) = (((final weight)1/3 – (initial weight)1/3) / temperature in °C x time in days) x 1000,
Feed conversion ratio (FCR) = Total feed given (g) / Weight gain (g),
Survival rate (SR; %) = (Final number of fish / Initial number of fish) x 100.

Prior to sampling, fish were fasted for 24 hours to allow for gut clearance. For gene expression analyses, six fish per treatment (two fish per aquarium) were randomly selected and anesthetized with clove powder (150 ppm) (Ghafarifarsani et al., 2021). Liver tissues were rapidly dissected from the sampled fish, with 25–50 mg of liver tissue collected and preserved in RNAlater solution until RNA isolation.

Gene expression analysis

Total RNA isolation was performed using the DiaRex® Total RNA Extraction Kit (TR-0877-100, Diagen, Ankara, Turkey) following the manufacturer's protocol. RNA quantity and purity were evaluated using a nanospectrophotometer (QIAxpert) at 260 and 280 nm. cDNA synthesis was subsequently performed with the Solver ArGe cDNA Synthesis Kit (SLV-M-2021-10-100, Van, Turkey)(Önalan, 2019). Real-time PCR was conducted on a RotorGene Q 9000 (Qiagen) using Solver ArGe qPCR Master Mix (SLV-M-2021-01-0.5ML Van, Turkey). A total of four genes were analyzed, including three target genes and one reference gene. The PCR reaction mixture consisted of 21 µL total volume: 12 µL SybrGreen qPCR Master Mix, 2.5 µL forward and reverse primers, 4 µL H2O, and 4 µL cDNA. The PCR protocol involved an initial incubation at 95°C for 10 minutes, followed by 45 cycles of denaturation at 94°C for 15 seconds and annealing at 63°C for 45 seconds. Beta-actin served as the reference gene to normalize Ct values from real-time PCR. Data analysis was conducted using the ΔΔCT method (Livak and Schmittgen, 2001).

Table 1. Primer sequences used to determine the expression of antioxidant and immune response genes in carp.

Gene name	Primer sequence (5´ to 3´)	Primer Efficacy	Annealing Tm (°C)	Reference
β-actin (Beta-actin)	F: CCTGTATGCCAACACCGTGCTG R: CTTCATGGTGGAGGGAGCAAGG	%98	63	Hoseini et al., 2020; Fazelan et al., 2020

CAT (Catalase)	F: AGACGACACCCATCGCTGTTCG R: AAGGTCCCAGTTGCCCTCATCG	%99	63	Hoseini et al., 2020; Fazelan et al., 2020
SOD (Superoxide dismutase)	F: TGAGCTGTCGGAAGCCATCAAG R: TTGGTTCCCACATGCAGCAATCC	%97	63	Hoseini et al., 2020; Fazelan et al., 2020
IL-1β (Interleukin-1 Beta)	F: ACCAGCTGGATTTGTCAGAAG R: ACATACTGAATTGAACTTTG	%99	55	Hoseini et al., 2020; Fazelan et al., 2020

Statistical analysis

All statistical analyses were performed with SPSS version 20. Data were checked for normality and homogeneity of variance before proceeding. Differences among groups were evaluated using one-way analysis of variance (ANOVA). When significant differences ($p < 0.05$) were found, Duncan's multiple range test was applied for post hoc comparisons. Results are reported as means ± standard error.

RESULTS

Growth indices

Growth indices for carp are presented in Table 2. During the 60-day feeding trial, no mortality was observed in the control or extract mixture groups (CS). The inclusion of a mixture of *Cyanus depressus* and *Schizochytrium* sp. extracts in the diet significantly improved FW, WG, SGR, DWG, and TGC values in fish compared to the control group ($P < 0.05$). Growth indices were highest in the CS1 group among the CS treatment groups. The most favorable (i.e., lowest) FCR was observed in the CS05 and CS1 groups ($P < 0.05$).

Table 2. Growth performance parameters of carp fed diets supplemented with different levels of extract mixture for 60 days.

Growth performance	**Experimental diets**		
	Control	**CS05**	**CS1**
Initial weight (g)	3.71 ± 0.03	3.71 ±0.01	3.71±0.02
Final weight (g)	17.67 ± 0.24 ^{b}	21.84 ± 0.78 ^{a}	22.01 ± 0.65 ^{a}
WG (g)	13.96 ± 0.25 ^{b}	18.14 ± 0.79 ^{a}	18.30 ± 0.65 ^{a}
DWG (g)	0.24 ± 0.00 ^{b}	0.32 ± 0.01 ^{a}	0.32 ± 0.01 ^{a}
SGR (%/day)	2.78 ± 0.02 ^{b}	3.16 ± 0.07 ^{a}	3.17 ± 0.05 ^{a}
TGC	0.84 ± 0.01 ^{b}	0.99 ± 0.02 ^{a}	0.99 ± 0.02 ^{a}
FCR	2.19 ± 0.01 ^{b}	1.62 ± 0.02 ^{a}	1.58 ± 0.01 ^{a}
SR (%)	100	100	100

Results are presented as mean ± S.E. (n = 3). Different superscript letters within the same row indicate significant treatment differences. Letters a and b in the same row denote statistical significance ($p<0.05$).

Abbreviations: WG, Weight Gain; SGR, Specific Growth Rate; DWG, Daily Weight Gain; TGC, Thermal Growth Coefficient; FCR, Feed Conversion Ratio; SR, Survival Rate.

Gene expression associated with antioxidant and ımmune responses

Changes in the expression levels of genes encoding the antioxidant enzymes CAT and SOD are presented in Figure 1. Results indicate that CAT gene expression was significantly upregulated in the CS05 group compared to the control and CS01 groups ($p < 0.05$). For SOD expression levels, upregulation was observed in the CS05 group compared to the control, while downregulation was noted in the CS1 group relative to the control ($p < 0.05$). The expression levels of the IL-1β gene, associated with immune response, are shown in Figure 1. According to these findings, IL-1β gene expression was significantly upregulated in the CS05 and CS1 groups compared to the control group.

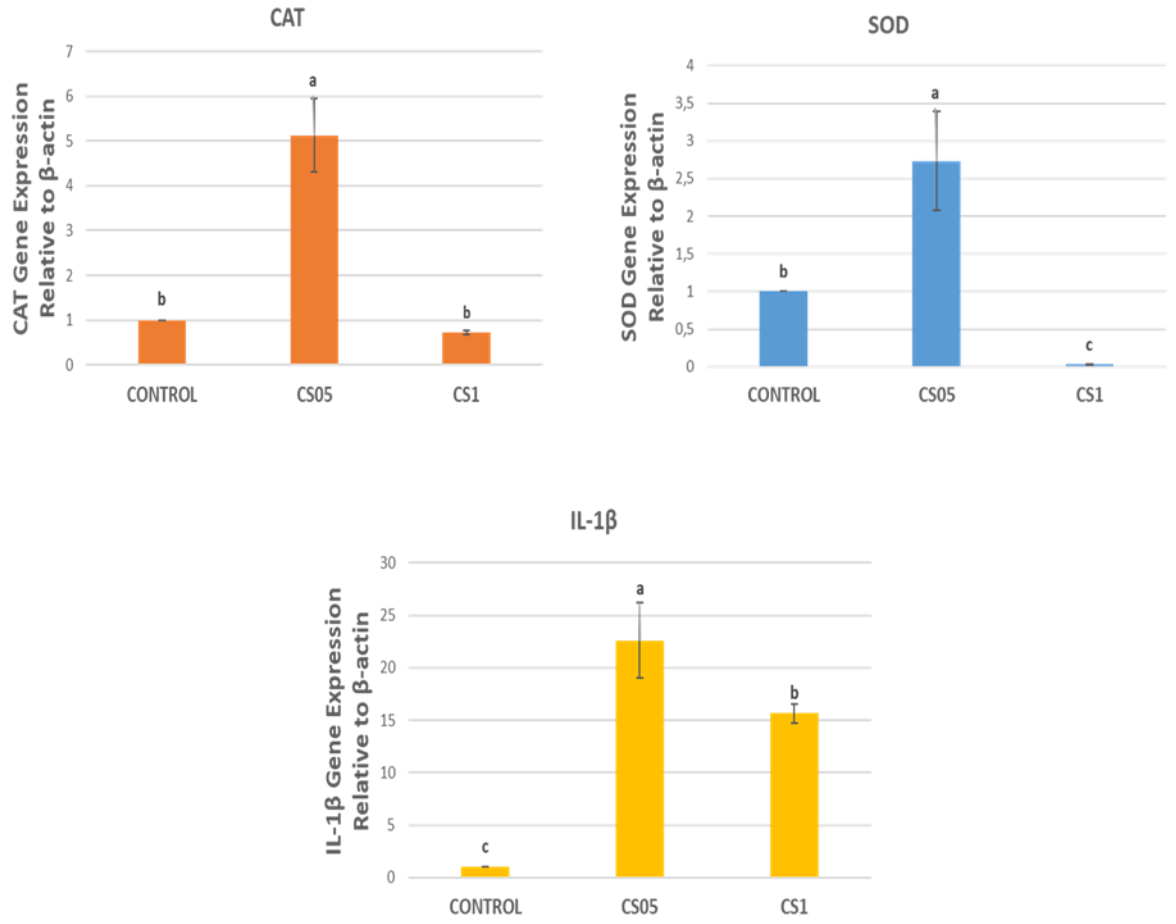


Figure 1. Synergistic effects of *Cyanus depressus* and *Schizochytrium* sp. extracts on the expression levels of antioxidant and immunity-related genes in carp after 60 days of feeding trial (n = 6).

DISCUSSION

With the increase in fish production in aquaculture, numerous microalgae and medicinal plants are now commonly used as feed additives due to their beneficial effects (Ivanova et al., 2024; Jitendrasinh et al., 2024; Onomu and Okuthe, 2024; Vijayaram et al., 2024). Studies have reported that these additives, or their extracts, improve growth indices, antioxidant status, and immune responses in aquatic animals (Vijayaram et al., 2022; Tadese et al., 2022; Bahi et al., 2023). However, these effects mostly focus on the individual use of medicinal plants and microalgae. To our knowledge, no prior research has examined the combined dietary supplementation of *Cyanus depressus* and *Schizochytrium* sp. extracts in fish. Therefore, this study was designed to evaluate the effects of combined dietary supplementation of *Cyanus depressus* and *Schizochytrium* sp. extracts on growth indices and gene activities related to antioxidant and immune responses in carp.

Findings from the present study indicate that a combination of *Cyanus depressus* and *Schizochytrium* sp. extracts added to carp diets had a beneficial effect on fish growth indices. Compared to the control (C) group, fish fed diets containing a combination of plant and microalgae extracts (CS) demonstrated significant improvements in growth indices such as WG and SGR, regardless of supplementation level. Additionally, all groups receiving diets with CS extracts showed marked improvements in FCR values. The observed improvements in growth indices may be attributed to various bioactive compounds found in plant and algae extracts that enhance feed palatability and intake (Dawood et al., 2018; Nagarajan et al., 2021; Kuebutornye et al., 2024). Previous studies have also shown that compounds like flavonoids and phenolic acids, present in *Cyanus depressus* and *Schizochytrium* sp. extracts, positively influence growth indices in various fish species (das Neves et al., 2021; Xu et al., 2022; Ghafarifarsani et al., 2023; Jin et al., 2023; Lin et al., 2024). Furthermore, as reported in prior studies (das Neves et al., 2021; Zhang et al., 2023; Shang et al., 2024), these bioactive compounds can stimulate digestive enzyme production, thereby improving feed digestibility and nutrient absorption. Improved growth indices observed here may thus be linked to increased digestive enzyme activity and enhanced nutrient absorption (Jeney et al., 2015; Yousefi et al., 2021; Karataş, 2024). Additionally, previous studies investigating

Cyanus depressus (Karataş, 2024) and *Schizochytrium* sp. (Dos Santos et al., 2019; Xie et al., 2019; Li et al., 2023) as individual feed additives reported their positive impact on fish development. To date, no data on the combined effects of *Cyanus depressus* and *Schizochytrium* sp. extracts on fish growth indices exists. However, prior studies on combined feed additives have highlighted the beneficial effects of combination applications over single additives (Abu-Elala et al., 2016; Ghafarifarsani et al., 2021; Sattanathan et al., 2022; Yousefi et al., 2022; Rashidian et al., 2023).

The efficacy of antioxidants in reducing oxidative stress is often influenced by specific aquaculture conditions, dietary applications, and environmental parameters (Zhang et al., 2020; Mugwanya et al., 2023; Karataş, 2024). In the present study, SOD and CAT gene expression levels were significantly elevated in the CS05 group compared to the control and CS1 groups. These findings suggest that the combination of *Cyanus depressus* and *Schizochytrium* sp. extracts can enhance the capacity of the antioxidant system, potentially protecting organisms from oxidative damage. However, determining the appropriate dosage is crucial in combination applications. In this study, among the concentrations evaluated, the 0.5 g/kg treatment demonstrated the most beneficial effect on antioxidant capacity, indicating that specific dosages can impact antioxidant status. The increase in CAT and SOD levels in the CS05 group may be attributed to bioactive compounds present in *Cyanus depressus* and *Schizochytrium* sp. extracts. These bioactive compounds function as potent antioxidants, neutralizing reactive oxygen species (ROS) before they cause harmful physiological effects in cells (Pradhan et al., 2021; Zhou et al., 2022). Furthermore, previous research has highlighted beneficial impacts of compounds such as fumaric acid, quinic acid, 4-hydroxybenzoic acid, chlorogenic acid, luteolin, and gallic acid components of the *Cyanus depressus* and *Schizochytrium* sp. extract blend on enhancing antioxidant capacity in aquatic species (Ghafarifarsani et al., 2023; Jin et al., 2023; Zhang et al., 2023; Lin et al., 2024; Karataş, 2024).

IL-1β is a cytokine protein secreted by various immune cells, primarily monocytes and macrophages, and plays a role in inflammatory processes (Hoseinifar et al., 2022). IL-1β is essential for regulating the innate immune response, and several studies have suggested that monitoring expression levels can provide insights into immune response changes (Ahmadifar et al., 2023; Hoseinifar et al., 2023; Shang et al., 2024). In our study, notable differences in IL-1β gene expression levels related to immunity were recorded among treatments, with the highest IL-1β expression observed in fish subjected to CS containing diets, irrespective of supplementation level. The elevated IL-1β levels compared to the control group may be attributed to compounds such as flavonoids and antioxidants in the *Cyanus depressus* and *Schizochytrium* sp. extract combination. Research has shown that specific phenolic compounds present in these materials possess immune-enhancing properties (Jin et al., 2023; Zhang et al., 2023; Lin et al., 2024). Consistent with these findings, the elevated levels of the selected immune gene in this study demonstrate the immunostimulatory effect of the dietary *Cyanus depressus* and *Schizochytrium* sp. extract combination at a molecular level in carp.

CONCLUSION

In conclusion, this study demonstrates that the combined dietary supplementation of *Cyanus depressus* and *Schizochytrium* sp. extracts significantly enhances growth performance, antioxidant capacity, and immune responses in carp (*Cyprinus carpio*). The combination effectively improved growth indices, feed conversion ratio, and upregulated the expression of key antioxidant genes (SOD, CAT) and the immune-related gene (IL-1β), suggesting enhanced nutrient utilization and immune function. Importantly, a dosage of 0.5 g/kg of the extract blend proved to be the most beneficial in this study. These findings underscore the potential of this natural extract combination as a sustainable and efficient feed additive, providing valuable insights for promoting fish health and optimizing aquaculture practices.

Acknowledgments: This research was supported by the Van Yüzüncü Yıl University, Scientific Research Projects Department (FHD-2024-10941). The author thanks the Van Yuzuncu Yıl University Scientific Research Projects Department for their support.

Declarations: The author declares no competing interests.

ORCID NUMBERS OF AUTHOR

Boran KARATAŞ https://orcid.org/0000-0003-4353-1293

REFERENCES

Ababouch, L., Nguyen, K. A. T., Castro de Souza, M., & Fernandez-Polanco, J. (2023). Value chains and market access for aquaculture products. *Journal of the World Aquaculture Society*, *54*(2), 527-553. https://doi.org/10.1111/jwas.12964

Abu-Elala, N. M., Galal, M. K., Abd-Elsalam, R. M., Mohey-Elsaeed, O., & Ragaa, N. M. (2016). Effects of dietary supplementation of *Spirulina platensis* and garlic on the growth performance and expression levels of immune-related genes in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Journal of Aquaculture Research and Development*, *7*(7), 433-442.

Ahmadifar, E., Kalhor, N., Yousefi, M., Adineh, H., Moghadam, M. S., Sheikhzadeh, N., Moonmanee, T., Hoseinifar, S. H., & Van Doan, H. (2023). Effects of dietary *Plantago ovata* seed extract administration on growth performance and immune function of common carp (*Cyprinus carpio*) fingerling exposed to ammonia toxicity. *Veterinary Research Communications*, *47*(2), 731-744. https://doi.org/10.1007/s11259-022-10034-5

Ahmadifar, E., Pourmohammadi Fallah, H., Yousefi, M., Dawood, M. A., Hoseinifar, S. H., Adineh, H., Yilmaz, S., Paolucci, M., & Doan, H. V. (2021a). The gene regulatory roles of herbal extracts on the growth, immune system, and reproduction of fish. *Animals*, *11*(8), 2167. https://doi.org/10.3390/ani11082167

Ahmadifar, E., Yousefi, M., Karimi, M., Fadaei Raieni, R., Dadar, M., Yilmaz, S., Dawood, M. A., & Abdel-Latif, H. M. (2021b). Benefits of dietary polyphenols and polyphenol-rich additives to aquatic animal health: an overview. *Reviews in Fisheries Science & Aquaculture*, *29*(4), 478-511. https://doi.org/10.1080/23308249.2020.1818689

Bahi, A., Ramos-Vega, A., Angulo, C., Monreal-Escalante, E., & Guardiola, F. A. (2023). Microalgae with immunomodulatory effects on fish. *Reviews in Aquaculture*, 15(4), 1522-1539. https://doi.org/10.1111/raq.12792

Bélanger, A., Sarker, P. K., Bureau, D. P., Chouinard, Y., & Vandenberg, G. W. (2021). Apparent digestibility of macronutrients and fatty acids from microalgae (*Schizochytrium* sp.) fed to rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*): A potential candidate for fish oil substitution. *Animals*, *11*(2), 456. https://doi.org/10.3390/ani11020456

Bi, Z. Q., Ren, L. J., Hu, X. C., Sun, X. M., Zhu, S. Y., Ji, X. J., & Huang, H. (2018). Transcriptome and gene expression analysis of docosahexaenoic acid producer *Schizochytrium* sp. under different oxygen supply conditions. *Biotechnology for Biofuels*, *11*, 1-13. https://doi.org/10.1186/s13068-018-1250-5

Boyd, C. E., D'Abramo, L. R., Glencross, B. D., Huyben, D. C., Juarez, L. M., Lockwood, G. S., McNevin, A. A., Tacon, A. G. J., Teletchea, F., Tomasso Jr, J. R., Tucker, C. S., & Valenti, W. C. (2020). Achieving sustainable aquaculture: Historical and current perspectives and future needs and challenges. *Journal of the World Aquaculture Society*, *51*(3), 578-633. https://doi.org/10.1111/jwas.12714

Ciji, A., & Akhtar, M. S. (2021). Stress management in aquaculture: A review of dietary interventions. *Reviews in Aquaculture*, 13(4), 2190-2247. https://doi.org/10.1111/raq.12565

das Neves, S. C., da Silva, S. M., Costa, G. K., Correia, E. S., Santos, A. L., da Silva, L. C., & Bicudo, Á. J. (2021) Dietary supplementation with fumaric acid improves growth performance in nile tilapia juveniles. *Animals*, *12*(1), 8. https://doi.org/10.3390/ani12010008

Dawood, M. A., Koshio, S., & Esteban, M. Á. (2018). Beneficial roles of feed additives as immunostimulants in aquaculture: a review. *Reviews in Aquaculture*, *10*(4), 950-974. https://doi.org/10.1111/raq.12209

Dos Santos, S. K. A., Schorer, M., Moura, G. D. S., Lanna, E. A. T., & Pedreira, M. M. (2019). Evaluation of growth and fatty acid profile of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fed with *Schizochytrium. Aquaculture research,* 50(4), 1068-1074. https://doi.org/10.1111/are.13979

Duman, K. E., Dogan, A., & Kaptaner, B. (2022). Ameliorative role of *Cyanus depressus* (M. Bieb.) Soják plant extract against diabetes-associated oxidative-stress-induced liver, kidney, and pancreas damage in rats. *Journal of Food Biochemistry*, *46*(10), e14314. https://doi.org/10.1111/jfbc.14314

Eroldoğan, O. T., Glencross, B., Novoveska, L., Gaudêncio, S. P., Rinkevich, B., Varese, G. C., Carvalho, M. F., Tasdemir, D., Safarik, I., Nielsen, S. L., Rebours, C., Lada, L. B., Robbens, J., Strode, E., Haznedaroğlu, B. Z., Kotta, J., Evliyaoğlu, E., Oliveira, J., Girao, M., Vasquez, M. I., Cabarkapa, I., Rakita, S., Klun, K., & Rotter, A. (2023). From the sea to aquafeed: A perspective overview. *Reviews in aquaculture*, *15*(3), 1028-1057. https://doi.org/10.1111/raq.12740

Escher, G. B., Santos, J. S., Rosso, N. D., Marques, M. B., Azevedo, L., do Carmo, M. A. V., Daguer, H., Molognoni, L., do Prado-Silva, L., Sant'Ana, A. S., da Silva, M. C., & Granato, D. (2018). Chemical study, antioxidant, anti-hypertensive, and cytotoxic/cytoprotective activities of *Centaurea cyanus* L. petals aqueous extract. *Food and chemical toxicology*, *118*, 439-453. https://doi.org/10.1016/j.fct.2018.05.046

Estim, A., Shapawi, R., Shaleh, S. R. M., Fui-Fui, C., & Mustafa, S. (2024). Transformative Research in Aquaculture for Sustainable Seafood Security. In *SDGs in the Asia and Pacific Region* (pp. 415-444). Cham: Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-031-17463-6_118

Fattaheian-Dehkordi, S., Hojjatifard, R., Saeedi, M., & Khanavi, M. (2021). A review on antidiabetic activity of *Centaurea* spp.: A new approach for developing herbal remedies. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, *2021*(1), 5587938. https://doi.org/10.1155/2021/5587938

Fazelan, Z., Hoseini, S. M., Yousefi, M., Khalili, M., Hoseinifar, S. H., & Van Doan, H. (2020). Effects of dietary eucalyptol administration on antioxidant and inflammatory genes in common carp (*Cyprinus carpio*) exposed to ambient copper. *Aquaculture*, *520*, 734988. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.734988

Gawlik-Dziki, U., Wrzesińska-Krupa, B., Nowak, R., Pietrzak, W., Zyprych-Walczak, J., & Obrępalska-Stęplowska, A. (2023). Herbicide resistance status impacts the profile of non-anthocyanin polyphenolics and some phytomedical properties of edible cornflower (*Centaurea cyanus* L.) flowers. *Scientific Reports*, *13*(1), 11538. https://doi.org/10.1038/s41598-023-38520-z

Gephart, J. A., Golden, C. D., Asche, F., Belton, B., Brugere, C., Froehlich, H. E., Fry, J. P., Halpern, B. S., Hicks, C. C., Jones, R. C., Klinger, D. H., Little, D. C., McCauley, D. J., Thilsted, S. H., Troell, M., & Allison, E. H. (2020). Scenarios for global aquaculture and its role in human nutrition. *Reviews in Fisheries Science & Aquaculture*, *29*(1), 122-138. https://doi.org/10.1080/23308249.2020.1782342

Ghafarifarsani, H, Hoseinifar, S. H., Adhami, B., Rohani, M. F., & Van Doan, H. (2023). Dietary gallic acid influences serum enzymatic parameters and immunological responses in *Cyprinus carpio* exposed to crowding stress. *Aquaculture Reports*, *30*, 101630. https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2023.101630

Ghafarifarsani, H., Hoseinifar, S. H., Adorian, T. J., Ferrigolo, F. R. G., Raissy, M., & Van Doan, H. (2021). The effects of combined inclusion of *Malvae sylvestris*, *Origanum vulgare*, and *Allium hirtifolium* boiss for common carp (*Cyprinus carpio*) diet: Growth performance, antioxidant defense, and immunological parameters. *Fish & Shellfish Immunology*, *119*, 670-677. https://doi.org/10.1016/j.fsi.2021.10.014

Hashimoto, M., Hossain, S., Al Mamun, A., Matsuzaki, K., & Arai, H. (2017). Docosahexaenoic acid: one molecule diverse functions. *Critical reviews in biotechnology*, *37*(5), 579-597. https://doi.org/10.1080/07388551.2016.1207153

Hoseini, S. M., Khalili, M., Rajabiesterabadi, H., Hoseinifar, S. H., & Van Doan, H. (2020). Effects of dietary monoterpene, myrcene, administration on immune-and health-related genes expression in common carp gill following exposure to copper sulfate. *Fish & shellfish immunology*, *98*, 438-445. https://doi.org/10.1016/j.fsi.2020.01.027

Hoseini, S. M., Mirghaed, A. T., Iri, Y., Hoseinifar, S. H., Van Doan, H., & Reverter, M. (2021). Effects of dietary Russian olive, *Elaeagnus angustifolia*, leaf extract on growth, hematological, immunological, and antioxidant parameters in common carp, *Cyprinus carpio. Aquaculture,* 536, 736461. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2021.736461

Hoseinifar, S. H., Fazelan, Z., Bayani, M., Yousefi, M., Van Doan, H., & Yazici, M. (2022). Dietary red macroalgae (*Halopithys incurva*) improved systemic an mucosal immune and antioxidant parameters and modulated related gene expression in zebrafish (*Danio rerio*). *Fish & Shellfish Immunology*, *123*, 164-171. https://doi.org/10.1016/j.fsi.2022.02.047

Hoseinifar, S. H., Ghafarifarsani, H., Raeisi, M., Raissy, M., Safari, R., Khosraviani, K., Yousefi, M., & Van Doan, H. (2023). Effect of dietary nutmeg (*Myristica fragrans*) on growth performance, antioxidant status, immune response, and gene expression of common carp (*Cyprinus carpio*). *Aquaculture Reports*, *33*, 101787. https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2023.101787

Hoseinifar, S. H., Zou, H. K., Miandare, H. K., Van Doan, H., Romano, N., & Dadar, M. (2017). Enrichment of common carp (*Cyprinus carpio*) diet with medlar (*Mespilus germanica*) leaf extract: Effects on skin mucosal immunity and growth performance. F*ish & shellfish immunology,* 67, 346-352. https://doi.org/10.1016/j.fsi.2017.06.023

Idenyi, J. N., Eya, J. C., Nwankwegu, A. S., & Nwoba, E. G. (2022). Aquaculture sustainability through alternative dietary ingredients: Microalgal value-added products. *Engineering Microbiology*, *2*(4), 100049. https://doi.org/10.1016/j.engmic.2022.100049

Ivanova, S., Sukhikh, S., Popov, A., Shishko, O., Nikonov, I., Kapitonova, E., Krol, O., Larina, V., Noskova, S., & Babich, O. (2024). Medicinal plants: a source of phytobiotics for the feed additives. *Journal of Agriculture and Food Research*, 101172. https://doi.org/10.1016/j.jafr.2024.101172

Jeney G, Wet LD, Jeney Z, & Yin G (2015) Plant extracts. *Dietary nutrients, additives, and fish health*, 321-332. https://doi.org/10.1002/9781119005568.ch16

Ji, S., Xue, R., Zhou, L., Sun, J., & Ji, H. (2025). The individual and combined effect of DHA and high-fat diet on flesh quality, antioxidant capacity and myofiber characteristics of grass carp (*Ctenopharyngodon idellus*). *Aquaculture*, *595*, 741487. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2024.741487

Jin, X., Su, M., Liang, Y., & Li, Y. (2023) Effects of chlorogenic acid on growth, metabolism, antioxidation, immunity, and intestinal flora of crucian carp (*Carassius auratus*). *Frontiers in Microbiology*, *13*, 1084500. https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.1084500

Jitendrasinh, R. R., Kotiya, A. S., & Dipakbhai, J. M. (2024). Bioactive Feed Ingredients used in Aquaculture: A Review. *Journal of Scientific Research and Reports*, *30*(5), 399-414. https://doi.org/10.9734/jsrr/2024/v30i51956

Kalaiselvan, P., Malarvizhi, K., & Ranjan, A. (2024). Exploring phytobiotics in aquaculture: sources, mode of action, effects, administration, and its bioavailability in fish. *Aquaculture International*, 1-63. https://doi.org/10.1007/s10499-024-01444-0

Karataş, B. (2024). Dietary *Cyanus depressus* (M. Bieb.) Soják plant extract enhances growth performance, modulates intestinal microbiota, and alters gene expression associated with digestion, antioxidant, stress, and immune responses in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquacult Int* **32**, 7929–7951. https://doi.org/10.1007/s10499-024-01548-7

Khammar, A., & Djeddi, S. (2012). Pharmacological and biological properties of some *Centaurea* species. *Eur J Sci Res,* 84(3), 398-416.

Kiadaliri, M., Firouzbakhsh, F., & Deldar, H. (2020). Effects of feeding with red algae (*Laurencia caspica*) hydroalcoholic extract on antioxidant defense, immune responses, and immune gene expression of kidney in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) infected with Aeromonas hydrophila. *Aquaculture*, *526*, 735361. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735361

Kousoulaki, K., Sveen, L., Norén, F., & Espmark, Å. (2022). Atlantic salmon (*Salmo salar*) performance fed low trophic ingredients in a fish meal and fish oil free diet. *Frontiers in Physiology*, 13, 884740. https://doi.org/10.3389/fphys.2022.884740

Koven, W., Yanowski, E., Gardner, L., Nixon, O., & Block, B. (2024). Docosahexaenoic acid (DHA) is a driving force regulating gene expression in bluefin tuna (*Thunnus thynnus)* larvae development. *Scientific Reports*, *14*(1), 23191. https://doi.org/10.1038/s41598-024-74152-7

Kuebutornye, F. K. A., Roy, K., Folorunso, E. A., & Mraz, J. (2024). Plant-based feed additives in *Cyprinus carpio* aquaculture. *Reviews in Aquaculture*, *16*(1), 309-336. https://doi.org/10.1111/raq.12840

Li, Y., Le, Q., Zhang, M., Xu, S., He, S., Yan, X., Hu, J., & Wang, Y. (2023). The effect of *Schizochytrium* on growth, fatty acid profile and gut microbiota of Silver Pomfret (*Pampus argenteus*). *Journal of Marine Science and Engineering,* 11(2), 414. https://doi.org/10.3390/jmse11020414

Lin, Y., Li, S., Li, Y., Fang, L., Zhang, H., Wang, Q., & Ruan, G. (2024). Effects of luteolin supplementation on growth, histology, antioxidant capacity, non− specific immunity and intestinal microbiota of the red swamp crayfish (*Procambarus clarkii*). *Animal Feed Science and Technology*, *313*, 115986. https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2024.115986

Livak, K. J., & Schmittgen, T. D. (2001). Analysis of relative gene expression data using real-time quantitative PCR and the 2− ΔΔCT method. *methods*, *25*(4), 402-408. https://doi.org/10.1006/meth.2001.1262

Magalhães, R., Guardiola, F. A., Guerreiro, I., Fontinha, F., Moutinho, S., Olsen, R. E., Peres, H., & Oliva-Teles, A. (2021). Effect of different dietary arachidonic, eicosapentaenoic, and docosahexaenoic acid content on selected immune parameters in gilthead sea bream (*Sparus aurata*). *Fish and Shellfish Immunology Reports*, *2*, 100014. https://doi.org/10.1016/j.fsirep.2021.100014

Martos-Sitcha, J. A., Mancera, J. M., Prunet, P., & Magnoni, L. J. (2020). Welfare and stressors in fish: Challenges facing aquaculture. *Frontiers in physiology*, *11*, 162. https://doi.org/10.3389/fphys.2020.00162

Mugwanya, M., Dawood, M. A., Kimera, F., & Sewilam, H. (2023). Replacement of fish meal with fermented plant proteins in the aquafeed industry: A systematic review and meta-analysis. *Reviews in Aquaculture*, 15(1), 62-88. https://doi.org/10.1111/raq.12701

Nagarajan, D., Varjani, S., Lee, D. J., & Chang, J. S. (2021). Sustainable aquaculture and animal feed from microalgae–nutritive value and techno-functional components. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *150*, 111549. https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.111549

Naiel, M. A., El-Kholy, A. I., Negm, S. S., Ghazanfar, S., Shukry, M., Zhang, Z., Ahmadifar, E., & Abdel-Latif, H. M. (2023). A mini-review on plant-derived phenolic compounds with particular emphasis on their possible applications and beneficial uses in aquaculture. *Annals of Animal Science*, *23*(4), 971-977. https://doi.org/10.2478/aoas-2023-0007

Onomu, A. J., & Okuthe, G. E. (2024). The Role of Functional Feed Additives in Enhancing Aquaculture Sustainability. *Fishes*, *9*(5), 167. https://doi.org/10.3390/fishes9050167

Önalan, Ş. (2019). Expression differences of stress and immunity genes in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*, Walbaum 1792) with different bacterial fish diseases. *Israeli Journal of Aquaculture-Bamidgeh*, 71.

Pradhan, B., Patra, S., Dash, S. R., Nayak, R., Behera, C., & Jena, M. (2021). Evaluation of the anti-bacterial activity of methanolic extract of *Chlorella vulgaris* Beyerinck [Beijerinck] with special reference to antioxidant modulation. *Future Journal of Pharmaceutical Sciences,* 7, 1-11. https://doi.org/10.1186/s43094-020-00172-5

Rajabiesterabadi, H., Yousefi, M., & Hoseini, S. M. (2020). Enhanced haematological and immune responses in common carp *Cyprinus carpio* fed with olive leaf extract-supplemented diets and subjected to ambient ammonia. *Aquaculture Nutrition*, 26(3), 763-771. https://doi.org/10.1111/anu.13035

Rashidian, G., Zare, M., Tabibi, H., Stejskal, V., & Faggio, C. (2023). The synergistic effects of four medicinal plant seeds and chelated minerals on the growth, immunity, and antioxidant capacity of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Fish & Shellfish Immunology*, *139*, 108930. https://doi.org/10.1016/j.fsi.2023.108930

Reverter, M., Tapissier-Bontemps, N., Sarter, S., Sasal, P., & Caruso, D. (2021). Moving towards more sustainable aquaculture practices: a meta-analysis on the potential of plant-enriched diets to improve fish growth, immunity and disease resistance. *Reviews in Aquaculture*, *13*(1), 537-555. https://doi.org/10.1111/raq.12485

Rombenso, A., Araujo, B., & Li, E. (2022). Recent advances in fish nutrition: Insights on the nutritional implications of modern formulations. *Animals*, *12*(13), 1705. https://doi.org/10.3390/ani12131705

Sarker, P. K. (2023). Microorganisms in fish feeds, technological innovations, and key strategies for sustainable aquaculture. *Microorganisms*, *11*(2), 439. https://doi.org/10.3390/microorganisms11020439

Sattanathan, G., Liu, W. C., Padmapriya, S., Pushparaj, K., Sureshkumar, S., Lee, J. W., Balasubramanian, B., & Kim, I. H. (2022). Effects of Dietary Blend of Algae Extract Supplementation on Growth, Biochemical, Haemato-Immunological Response, and Immune Gene Expression in *Labeo rohita* with *Aeromonas hydrophila* Post-Challenges. *Fishes*, *8*(1), 7. https://doi.org/10.3390/fishes8010007

Serrano, E., Simpfendorfer, R., Medina, A., Sandoval, C., Martínez, A., Morales, R., & Davies, S. J. (2021). Partially replacing fish oil with microalgae (*Schizochytrium limacinum* and *Nannochloropsis oceanica*) in diets for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) reared in saltwater with reference to growth performance, muscle fatty acid composition and liver ultrastructure. *Aquaculture Research,* 52(9), 4401-4413. https://doi.org/10.1111/are.15279

Shang, G. J., Liu, S. Y., Zhu, R., Li, D. L., Meng, S. T., Wang, Y. T., & Wu, L. F. (2024). Chlorogenic acid improves common carp (*Cyprinus carpio*) liver and intestinal health through Keap-1/Nrf2 and NF-κB signaling pathways: Growth performance, immune response and antioxidant capacity. *Fish & Shellfish Immunology*, *146*, 109378.https://doi.org/10.1016/j.fsi.2024.109378

Song, C., Sun, C., Liu, B., & Xu, P. (2023). Oxidative stress in aquatic organisms. *Antioxidants*, *12*(6), 1223. https://doi.org/10.3390/antiox12061223

Souza, F. P. D., Lima, E. C. S. D., Urrea-Rojas, A. M., Suphoronski, S. A., Facimoto, C. T., Bezerra Junior, J. D. S., de Oliveira, T. E. S., Pereira, U. P., Di Santis, G. W., de Oliveira, C. A. L., & Lopera-Barrero, N. M. (2020). Effects of dietary supplementation with a microalga (*Schizochytrium* sp.) on the hemato-immunological, and intestinal histological parameters and gut microbiota of Nile tilapia in net cages. *PloS one*, 15(1), e0226977. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0226977

Tadese, D. A., Song, C., Sun, C., Liu, B., Liu, B., Zhou, Q., Xu, P., Ge, X., Liu, M., Tamiru, M., Zhou, Z., Lakew, A., & Kevin, N. T. (2022). The role of currently used medicinal plants in aquaculture and their action mechanisms: A review. *Reviews in Aquaculture*, *14*(2), 816-847. https://doi.org/10.1111/raq.12626

Trevi, S., Uren Webster, T., Consuegra, S., & Garcia de Leaniz, C. (2023). Benefits of the microalgae *Spirulina* and *Schizochytrium* in fish nutrition: a meta-analysis. *Scientific Reports*, *13*(1), 2208. https://doi.org/10.1038/s41598-023-29183-x

Vijayaram, S., Ringø, E., Ghafarifarsani, H., Hoseinifar, S. H., Ahani, S., & Chou, C. C. (2024). Use of Algae in Aquaculture: A Review. *Fishes*, *9*(2), 63. https://doi.org/10.3390/fishes9020063

Vijayaram, S., Sun, Y. Z., Zuorro, A., Ghafarifarsani, H., Van Doan, H., & Hoseinifar, S. H. (2022). Bioactive immunostimulants as health-promoting feed additives in aquaculture: A review. *Fish & Shellfish Immunology*, *130*, 294-308. https://doi.org/10.1016/j.fsi.2022.09.011

Wang, J., Deng, L., Chen, M., Che, Y., Li, L., Zhu, L., Chen, G., & Feng, T. (2024). Phytogenic feed additives as natural antibiotic alternatives in animal health and production: A review of the literature of the last decade. *Animal Nutrition*. https://doi.org/10.1016/j.aninu.2024.01.012

Xie, J., Fang, H., Liao, S., Guo, T., Yin, P., Liu, Y., Tian, L., & Niu, J. (2019). Study on *Schizochytrium* improving the growth performance and non-specific immunity of golden pompano (*Trachinotus ovatus*) while not

affecting the antioxidant capacity. *Fish & shellfish immunology*, *95*, 617-623. https://doi.org/10.1016/j.fsi.2019.10.028

Xu, G., Xing, W., Yu, H., Jiang, N., Ma, Z., Luo, L., & Li, T. (2022). Evaluation of chlorogenic acid supplementation in koi (*Cyprinus carpio*) diet: growth performance, body color, antioxidant activity, serum biochemical parameters, and immune response. *Aquaculture Nutrition*, (1), 2717003. https://doi.org/10.1155/2022/2717003

Yousefi, M., Farsani, M. N., Ghafarifarsani, H., Hoseinifar, S. H., & Van Doan, H. (2021). The effects of dietary supplementation of mistletoe (Viscum album) extract on the growth performance, antioxidant, and innate, immune responses of rainbow trout (Oncorhynchus mykiss). *Aquaculture*, *536*, 736385. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2021.736385

Yousefi, M., Ahmadifar, M., Mohammadzadeh, S., Kalhor, N., Esfahani, D. E., Bagheri, A., Mashhadizadeh, N., Moghadam, M. S., & Ahmadifar, E. (2022). Individual and combined effects of the dietary *Spirulina platensis* and *Bacillus licheniformis* supplementation on growth performance, antioxidant capacity, innate immunity, relative gene expression and resistance of goldfish, *Carassius auratus* to *Aeromonas hydrophila*. *Fish & Shellfish Immunology*, *127*, 1070-1078. https://doi.org/10.1016/j.fsi.2022.07.015

Zhang, J., Wang, Z., Shi, Y., Xia, L., Hu, Y., & Zhong, L. (2023). Protective effects of chlorogenic acid on growth, intestinal inflammation, hepatic antioxidant capacity, muscle development and skin color in channel catfish *Ictalurus punctatus* fed an oxidized fish oil diet. *Fish & Shellfish Immunology*, *134*, 108511. https://doi.org/10.1016/j.fsi.2022.108511

Zhang, T. T., Xu, J., Wang, Y. M., & Xue, C. H. (2019). Health benefits of dietary marine DHA/EPA-enriched glycerophospholipids. *Progress in lipid research*, *75*, 100997. https://doi.org/10.1016/j.plipres.2019.100997

Zhang, X., Zhang, Y., Zhang, Q., Liu, P., Guo, R., Jin, S., Liu, J., Chen, L., Ma, Z., & Liu, Y. (2020). Evaluation and analysis of water quality of marine aquaculture area. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(4), 1446. https://doi.org/10.3390/ijerph17041446

Zhou, L., Li, K., Duan, X., Hill, D., Barrow, C., Dunshea, F., Martin, G., & Suleria, H. (2022) Bioactive compounds in microalgae and their potential health benefits. *Food Bioscience,* 49, 101932. https://doi.org/10.1016/j.fbio.2022.101932

Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi 12(1): 122–128, 2025
https://doi.org/10.30910/turkjans.1581699

TÜRK TARIM ve DOĞA BİLİMLERİ DERGİSİ

TURKISH JOURNAL of AGRICULTURAL and NATURAL SCIENCES

www.dergipark.gov.tr/turkjans

Araştırma Makalesi

Yumurta şekil indeksinin kuluçka performansı ve cinsiyet üzerine etkisi

Günnur PEŞMEN[1*]

[1]Afyon Kocatepe Üniversitesi, Şuhut Meslek Yüksekokulu, Laborant Veteriner Sağlık Bölümü, Afyonkarahisar

*Sorumlu Yazar: gpesmen@aku.edu.tr

Geliş Tarihi: 08.11.2024 Düzeltme Geliş Tarihi: 25.11.2024 Kabul Tarihi: 02.12.2024

ÖZ

Bu çalışmada kuluçkalık yumurtalarında şekil indeksinin, civciv uzunluğu, cinsiyet, döllülük oranı, kuluçka randımanı, çıkış gücü üzerine etkileri incelenmiştir. Çalışmanın verilerini 1008 adet kuluçkalık broyler yumurtası oluşturmuştur. Veriler SPSS paket programında ki-kare kullanılarak analiz edilmiştir. Çalışma sonucunda çıkış gücü, embriyonik ölümler, döllülük oranında en iyi sonuçlar şekil indeksinin %72-76 arasında olduğu gruptan elde edilmiştir. Dolayısıyla kuluçkalık yumurtalarda şekil indeksinin %72-76 arasında (normal şekilli) olması başarılı bir kuluçka için önemli olduğu sonucuna varılmıştır. Çalışmada şekil indeksinin civciv cinsiyeti üzerinde bir etkisi olmadığı tespit edilmiştir.

Anahtar kelimeler: Civciv uzunluğu, çıkış gücü, döllülük oranı, kuluçka randımanı, şekil indeksi.

Effect of egg shape index on hatching performance and gender

ABSTRACT

In this study, the effects of shape index on chick length, gender, fertility rate, hatchability and hatching power in hatching eggs were investigated. The data of the study consisted of 1008 broiler hatching eggs. The data were analyzed using chi-square in the SPSS package program. As a result of the study, the best results in hatchability, embryonic deaths and fertility rates were obtained from the group where the shape index was between 72-76%. Therefore, it was concluded that the shape index in hatching eggs should be between 72-76% (normal shape) for successful incubation. In the study, it was determined that the shape index had no effect on the chick gender.

Key words: Chick length, hatching power, fertility rate, hatchability, shape index.

INTRODUCTION

The livestock sector has an important and continuous role in the nutrition of societies, and poultry breeding and feeding models strive to produce the healthiest solution for human nutrition in the shortest time (Karakaya & İnci, 2014).

Shape index is one of the external quality traits used to determine egg quality in poultry (Çelik et al. 2017; Durmuş, 2014). Egg shape index is the ratio of egg width to length (Türkoğlu & Sarıca 2014; İnci et al. 2015), and the “normal” chicken egg has an elliptical shape (Jacqueline et al. 2000). It is the egg shape that remains unchanged throughout all stages of incubation. In order to ensure a high rate of chick hatching, in addition to optimum incubation conditions, hatching eggs must also have appropriate characteristics. Any abnormality in the physical properties of the egg leads to the deterioration of basic functions that will provide the best conditions for embryo development (Durmuş, 2014). Better hatching is achieved from eggs with a

normal shape than from eggs with an abnormal shape. Therefore, better hatching results are obtained from eggs with a shape index between 72-76% (Durmuş, 2014).

Worldwide, early gender determination in eggs used in incubation of laying hens is a critical issue related to the welfare of poultry animals. Gender determination is important in poultry farms depending on the production objectives (Alaşahan & Akpinar, 2014). Due to differences in nutritional requirements, growth rate, marketing age, management and nutrition of male and female animals, raising males and females separately requires sex determination (Kaleta & Redmann, 2008; Tran et al., 2010; Saatci et al., 2011; Sari et al., 2013; Shafey et al., 2013; Alaşahan & Akpinar 2014). Pastrana et al. (2019) reported that sex determination in chicks can be used in planning conservation and breeding programs of endangered local breeds. This study was conducted to investigate the effects of shape index on chick length, gender, fertility rate, hatchability and hatching power in hatching eggs.

MATERIAL and METHOD

In the study, a total of 1008 hatching eggs obtained from a 53-week-old flock (ROSS 308) were divided into 3 groups according to their shape index as 1) Shape index 72% and lower (SI≤72), 2) Shape index 72-76% range (72≤SI≤76), 3) Shape index 76% and above (SI≥76) and egg weights were determined. On the 18th day of incubation, fertility control was performed on the eggs and they were transferred to the hatcher. Eggs that did not hatch as a result of incubation were broken and early (<6 days), middle (7-15 days) and late (16 days+ bursting through the shell and dying) embryonic deaths were determined. Each chick was weighed with a scale with a sensitivity of 0.01 g and the chick weight and chick length were determined with the help of a ruler (Table 1). At the same time, the gender of the chicks was determined according to their wing feathers. In the evaluation of hatching results (fertility rate, hatchability, hatching power), the formulas in Table 1 were used. Data were analyzed using chi-square in the SPSS package program.

Table 1: Measurements used to determine the features

Features	Formula
Shape index (SI) (%)	Egg width / Egg length x 100 (Türkoğlu & Sarıca, 2014; İnci et al. 2015)
Egg weight (EW) (g)	Measured with a scale with a sensitivity of 0.01 g.
Fertility rate (FR) (%)	(Number of fertile eggs / Number of eggs placed in the machine) x 100 (Aksoy,1999)
Embryonic deaths (early, middle and late stages)	(Number of died embryos /Number of fertile eggs) x100 Early period (EED): Deaths occurring between days 0-6 of incubation. Mid-term (MED): Deaths occurring between days 7-18 of incubation. Late term (LED): Deaths occurring between days 19-21 of incubation.
Hatchability (H) (%)	(Number of hatched chicks / Number of eggs placed in the machine) x 100 (Aksoy, 1999)
Hatching power (HP) (%)	(Number of hatched chicks / Number of fertile eggs placed in the machine) x 100 (Aksoy, 1999)
Chick weight (CW) (g)	Measured with a scale with a sensitivity of 0.01 g.
Chick length (CL) (cm)	The length from the tip of the beak to the tip of the finger was taken. (Aksoy, 1999; Wolanski et al. 2005).
Gender (G)	It was determined according to the wing feathers.

RESULT and DISCUSSION

In the study, shape index did not have a significant ($p<0.05$) effect on chick weight, chick length, fertility rate, hatchability, hatching power, embryonic mortality and gender.

Table 2: Effect of shape index on hatchability and chick gender

Feature	Number of Egg	EW (g)	FR (%)	H (%)	HP (%)	CW (g)	CL (cm)	EED (%)	MED (%)	LED (%)	G (%)
SI (%)		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<72	336	67,06	88,98	81,50	91,63	46,57	20,00	3,30	0,70	1,70	M:49,6 F: 50,4
72-76	336	66,42	91,07	87,70	94,10	45,60	20,00	2,60	0,00	1,60	M: 52,4 F:47,6
>77	336	65,40	90,77	85,40	94,10	45,32	19,52	3,60	0,00	1,00	M:53,7

											F:46,3
Mean	**1008**	**66,29**	**90,30**	**84,20**	**93,30**	**45,83**	**19,84**	**3,20**	**0,20**	**1,40**	**M: 51,9 F:48,1**
p-value		**0,199**	**0,615**	**0,255**	**0,376**	**0,199**	**0,199**	**0,770**	**0,129**	**0,724**	**0,633**

-: No significant (P>0.05) M:Male F: Female

As a result of the statistical analyzes, chick weight was found as 46.57, 45.60, 45.32 g in SI=<72, SI=72-76, SI=>77 groups. Chick length was found as 20.00, 20.00, 19.52 cm, respectively. Gender was found as M: 49.6%, F: 50.4 in SI=<72 group, M: 52.4%, F: 47.6% in SI=72-76 group, M.53.7%, F: 46.3% in SI=>77 group. As can be seen in Table 2, the best results in terms of fertility rate and hatchability were obtained from the group with shape index 72-76. The highest hatching power was obtained from the group with shape index 72-76 and >77. The lowest early embryonic death was obtained from the group with shape index 72-76, mid-term embryonic death was obtained from the group with shape index 72-76 and >77, and late embryonic death was obtained from the group with shape index >77.

Chick Weight

In the study, chick weights in the groups SI=<72, SI=72-76, SI=>77 were found to be 46.57, 45.60, 45.32 g, respectively. These values are not statistically significant (p>0.05). Iqbal et al. (2016) stated that chick weight and chick length increased with increasing egg size, Abiola et al. (2008) stated that there was a positive correlation between egg size and chick weight in broiler chickens, Alabi et al. (2012), Sabah & Şahan, (2018) stated that heavier chicks were obtained from heavy eggs, and Vieira et al. (2005) stated that heavier chicks were obtained from large eggs (72.7 ± 2.5 g) compared to small eggs (57.7 ± 1.8 g) in the 40-week-old Ross-38 flock. In several studies, slaughter weight results confirmed the importance of hatched egg size (Wyatt et al. 1985). Williams (1994) explained this situation by the fact that heavier eggs contain more nutrients than smaller eggs and therefore embryos developing from heavier eggs tend to contain more nutrients for their growth requirements. In a study conducted (Patbandha et al. 2017), initially heavier chicks gained significantly more weight up to day 15 compared to lighter chicks. In Ross chickens, Suk (2014) did not observe any effect of chick weight on post-hatch growth (between weeks 1 and 5) except on day 1. The presence of residual yolk sac (0.8–10.6 g, 2–2–8 g) in the abdominal region of chicks may mislead their actual weight and this may be the reason for the insignificant effect of chick weight on growth after two weeks of age. In addition, breeds of chickens used in the studies may cause differences in results between studies. The gender of chicks used in different studies may be another reason for the variability of the results (Molenaar et al. 2008). Broiler performance depends on chick weight, ration and environmental conditions such as ambient temperature and hygiene. Chick weight, which helps determine the ultimate performance of the broiler, depends on parent age, nutritional level and egg weight (Tona et al., 2004; Alabi et al., 2012; Coskun et al. 2017).

Gender

In the study, the highest male chick hatching was in the SI=>77 group (round-ended eggs), and the lowest male chick hatching was in the SI=<72 group (pointed eggs). The highest female chick hatching was in the SI=<72 group (pointed eggs), and the lowest female chick hatching was in the SI=>77 group (round-ended eggs). When all groups were considered, the average number of male chicks was 51.9 and the number of female chicks was 48.1. No significant difference was found between the groups in terms of gender (p>0.05). Yılmaz-Dikmen & Dikmen (2013) reported that the gender of the chick can be determined by morphological measurements (shape index) of the egg before incubation in white layer hens. Various studies have reported that pointed eggs are more likely to produce male chicks, while round eggs are more likely to produce female chicks (Mulder & Wollan, 1974; Yılmaz-Dikmen & Dikmen, 2013; Maltsev et al., 2018; Indarsih et al. 2021). Contrary to these studies, Górecki et al. (2020), Aşçı & Durmuş (2015), Idahor et al. (2015), Rutkowska et al. (2014) reported that there is no relationship between egg size and chick gender. Alaşahan & Akpinar (2014) stated that egg weight and egg width have a positive effect on chick gender in quails. Although chick gender can be determined before, during and after incubation (Kayadan & Uzun 2023), gender determinations made before hatching are more advantageous, but the prediction rate is relatively low (Kayadan & Uzun 2023). Early gender determination in hatching eggs has scientific and practical value in differentiating rearing technology and reducing feed and costs per production unit and increasing the economic efficiency of poultry production, determining the ration (Maltsev et al. 2018), and may be beneficial in increasing management, nutrition and protection practices in endangered poultry breeds (Salgado Pardo et al. 2022).

Chick Length

In the study, chick length was found to be the highest in the SI=<72 and SI=72-76 groups and the lowest in the SI=>76 group. However, there was no significant difference in chick length between the groups ($p< 0.05$). Since chick length is a fast, repeatable and harmless method for the animal, it is recommended to use chick length to determine chick quality and predict performance. Chick length is an indicator of the yolk absorption rate and may vary depending on the age of the breeders, chick weight or incubation conditions (temperature, humidity, etc.). According to research, a positive correlation has been found between chick length and chick weight for up to 7 days. A study on this subject has shown that the heart, liver and spleen weights of tall chicks are higher than those of short chicks and that the digestive system is better developed in tall chicks. Therefore, it can be said that the organs of tall chicks are better developed (Petek et al., 2008; Willemsen et al., 2008; Meijerhof, 2009; Şeremet, 2012; Sözcü & İpek, 2013; Kamanlı & Durmuş, 2014; Pesmen, 2023). King'ori (2011), who reported that hatchability and chick weight may be closely related to egg weight, suggested that it is not healthy to use chick weight as an indicator of growth performance due to the residual egg yolk that is not absorbed in the abdomen, while Patbandha et al. (2017) suggested that chick length is more important in predicting the growth performance of chickens. Chick length reflects the development of the embryo at hatching. It was also found that there is a positive correlation between chick length and performance at older ages. Again, chicks with high body length gained higher live weight until slaughter age compared to chicks with low and medium body length. When all these are considered together, it can be concluded that day-old chick length significantly affects growth performance in broilers. However, although chick length significantly affects body weight at older ages, this effect gradually decreases towards marketing age (Patbandha et al. 2017).

Fertility Rate

In the study, the fertility rate was found to be 88.98%, 91.07%, 90.77% in the SI=<72, SI=72-76, SI=>77 groups, respectively. No statistically significant difference was found between the groups ($p>0.05$). These results are compatible with the results of the studies conducted by Elibol, (2009), Sarı et al. (2010), Aşçı & Durmuş (2015). The infundibulum section of the oviduct is the section where fertilization occurs, and the magnum is the section where the egg shape is formed (Elibol, 2009). Due to this situation, Aşcı & Durmuş (2015) reported that the shape index will not affect fertility. Fertility and hatchability may be affected by age and egg size (Kruenti et al. 2022). Iqbal et al. (2016) reported that in order to obtain high fertility and hatchability in broiler breeder flocks (45 weeks of age), medium weight eggs (60-69 g) should be selected for hatching. Kirk et al. (1980) observed that hatchability in eggs obtained from 60-week-old breeders decreased by 9% in eggs weighing more than 70 g. This effect was partly explained by the relationship between breeder age and egg weight (Iqbal et al. 2016). Wilson (1991) suggested that the heritability of hatchability is low, that it may take a long time to improve this trait by selection, and therefore, improving hatching egg weight and hatchery management may be the most appropriate way to improve hatchability. (Abiola et al., 2008) reported that medium-sized eggs should be selected to obtain better hatching results, Taşkın et al. (2015) reported that an increase in fertility and hatchability was observed in Japanese quails with egg weights over 11 g, and Kruenti et al. (2022) reported that fertility was significantly affected by egg size.

Hatchability

In the study, hatchability was found to be 81.50%, 87.70%, 85.40% in the SI=<72, SI=72-76, SI=>77 groups, respectively. These values are not statistically significant ($p<0.05$). However, the highest hatchability rate was obtained from the SI=72-76 group. King'ori (2011) reported that hatchability may be closely related to egg weight, while Kruenti et al. (2022) reported that it may be affected by egg size. Khurshid et al. (2004) reported in their study on quail eggs that the increase in shape index negatively affected hatchability performance. Average values of internal and external egg quality characteristics have a more positive effect on hatchability than extreme values (Durmuş, 2014).

Hatching Power

In the study, the highest hatching power was seen in the SI=72-76 and SI=>77 groups. Aşçı & Durmuş (2015) reported that it is important for the shape index to be between 72-76% for optimum hatching power in hatching eggs. Maltsev et al. (2018) reported in their study that chick hatchability increased with the increase in the egg shape index value. The low hatching power in deformed eggs is probably due to the embryo changing its axial direction. However, it is estimated that the rotation of the embryo in the egg may be difficult in eggs with narrow and very distinct oval structures (Durmuş, 2014).

Embryonic Deaths

In the study, the lowest embryonic death (early, middle, late period) occurred in the SI=72-76 group, and the highest in the SI=<72 group. In a study conducted on the Cobb breed, small eggs were associated with higher embryonic death rates, which resulted in lower hatchability (Tona et al. 2001). Mcloughlin & Gous (1999) attributed this to insufficient nutrients and pores in small eggs, which could affect embryo development and the hatching process. Durmuş (2014) reported that this was due to the embryo changing its axial direction in deformed eggs (Durmuş, 2014).

CONCLUSION

In the study, when hatchability, embryonic deaths, fertility rate, hatchability were taken into consideration, the best results were obtained from the group where the shape index was between 72-76%. Therefore, it is important for the shape index to be between 72-76% in hatching and breeding eggs. With the rapid increase in demand for methods of determining the sex of embryos during the incubation period and research in this direction, more definite results will be obtained in studies on this subject.

Conflict of Interest: The Authors declares that there are no conflicts of interest.

Author Contributions: The author has made a contribution to the entire study.

Ethical approval: The study does not require ethics committee approval.

YAZAR ORCID NUMARALARI

Günnur PEŞMEN https://orcid.org/0000-0002-9164-6629

REFERENCES

Abiola, S. S., Meshioye, O.O., Oyerinde, B. O, Bamgbose, M. A. (2008). Effect of egg size on hatchability of broiler chicks. *Archivos de Zootecnia*, *57*, 83–86.

Aksoy F.T. Tavuk Yetiştiriciliği. 3. Baskı, Şahin Matbaası. 1999.

Alabi, O. J., Ng`ambi, J. W., Norris, D. & Mabelebele, M. (2012). Effect of egg weight on hatchability and subsequent performance of potchefstroom koekoek chicks. *Asian Journal of Animal and Veterinary Advances, 7*, 718-725**.** DOİ: 10.3923/ajava.2012.718.725

Alaşahan, S., & Akpinar, G. Ç. (2013). An investigation on the determination of factors influencing chick sex prediction in hatching eggs. *African Journal of Agricultural Research.* 9(6), 603-606. DOI: 10.5897/AJAR2013.8230.

Aşcı, E., & Durmuş, İ. (2015). Tavuklarda Yumurta Şekil İndeksinin Kuluçka Özellikleri Üzerine Etkisi. *Türk Tarım-Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*, *3*(7), 583-587.

Coskun, I., Tad, M., Filik, G., Altop, A., Sahin, A., Erener, G., Samli, H. E. (2017). Dietary symbiotic supplementation alters the ileal histomorphology and caecal pathogen micro-organism in broiler chicks. *J. Livestock Sci., 8,* 109-114.

Çelik, Ş., Şengül, T., İnci, H., Söğüt, B., Şengül, Y., Kuzu, Ç., Ayaşan, T. (2017). Estimation of egg weight from some external and internal quality characteristics in quail by using various data mining algorithms. *Indian Journal of Animal Sciences*, *87*(12), 1524–1530.

Durmuş, İ. (2014). Yumurta kalite özelliklerinin kuluçka sonuçlarına etkisi. *Akademik Ziraat Dergisi*, *3*(2), 95-99.

Elibol, O. (2009). Embriyo gelişimi ve kuluçka.(Ed:M.Türkoğlu &M Sarıca), Tavukçuluk Bilimi Yetiştirme, Besleme ve Hastalıklar.*Bey Ofset Matbaacılık*, 3. Basım, Ankara, s.140- 184.

Górecki, M. T., Nowaczewski, S., Grzegrzółka, B., Szablewski, T., Stuper-Szablewska, K., Rudzińska, M., Cegielska-Radziejewska, R., Biadała, A., Tomczyk, L., Hejdysz, M., Racewicz, P., Gruszczyńska, J. (2020). Morphological and biochemical traits of pheasant *Phasianus colchicus* eggs in relation to embryo sex and egg laying date. *Animal Science Papers and Reports*, *38* (2), 181-194.

Idahor, K. O., Akinola, L. A. F. & Chia, S. S. (2015). Predetermination of Quail Chick Sex Using Egg Indices in North Central Nigeria *J. Anim. Pro. Adv., 5*(1), 599-605. DOI: 10.5455/japa.20141223074311

İnci, H, Celik, S., Sogut, B., Sengul, T., & Karakaya, E. (2015). Figuring out the effects of different feather color on the characteristics of interior and exterior egg quality of Japanese quail by using Kruskal-Wallis Tests. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi, 2*, 112-118.

Indarsih, B., Tamzil, M. H., Kisworo, D., & Aprilianti, Y. (2021). Egg shape index for sex determination of post-hatch chicks in Pekinducks: a solution for smallholder duck farming in LombokIndonesia. *Livestock Research for Rural Development, 33*(4).

Iqbal, J., Khan, S. H., Mukhtar, N., Ahmed, T., & Pasha, R. A. (2016). Effects of egg size (weight) and age on hatching performance and chick quality of broiler breeder. *Journal of Applied Animal Research, 44*(1), 54-64, DOI: 10.1080/09712119.2014.987294

Jacqueline, P., Richard, J., Miles, D., & Ben Mather, F. (2000). Egg Quality 1. *Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences.* http://edis.ifas.ufl.edu.

Kaleta, E. F., Redmann, T. (2008). Approaches to determine the sex prior to and after incubation of chicken eggs and of day-old chicks. *WPSA*, *64,* 391-399.

Kamanlı, S., & Durmuş, K. (2014). Civciv Kalitesi Değerlendirme Yöntemleri ve Civciv Kalitesinin İyileştirilmesi Konusundaki Son Yaklaşımlar. *Tavukçuluk Araştırma Dergisi, 11*(1), 40–44.

Karakaya, E., İnci, H. (2014). Bingöl İli Merkez İlçesi Hane Halkının Kanatlı Eti Tüketim Tercihleri. *U. Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi, 28*(1), 53-64.

Kayadan, M., Uzun, Y. (2023). High accuracy gender determination using the egg shape index. *Sci Rep, 13*, 504. https://doi.org/10.1038/s41598-023-27772-4.

Khurshid, A., Farooq, M., Durrani, F. R., Sarbiland, K., Manzoor, A. (2004). Hatching performance of Japanese quails, *Lives. Res. Rur. Dev., 16,* 1-5.

King'ori A. M. (2011). Review of the factors that influence egg fertility and hatchability in poultry. *Indian J Poult Sci., 10,* 483–492.

Kirk, S., Emmans, G. C., Mcdonald R, Arnot, D. (1980). Factors affecting the hatchability of eggs from broiler breeders. *Br Poult Sci. 21,* 37–53.

Kruenti, F., Lamptey, V. K., Okai, M. A., Adu-Aboagye, G., Oduro-Owuso, A. D. Bebanaayele, F., Suurbessig, F. (2022). The influence of flock age and egg size on egg shape index, hatchability and growth of japanese quail chicks. *Journal of Innovative Agriculture, 9*(1), 8-16, DOI: 10.37446/jinagri/rsa/9.1.2022.8-16.

Maltsev, A., Omarkozhauly, N., Senkebayeva, D. (2018). Communication of Parameters of Hatching Eggs With Hatchability and Sex Determination of Birds. *Международный научно-исследовательский журнал. 12*(78), 1 DOI: https://doi.org/10.23670/IRJ.2018.78.12.035.

McLoughlin, L. & Gous, R. M. (1999). The effect of egg size on pre-and post-natal growth of broiler chickens. *World Poultry, 15*(8), 34-37.

Meijerhof, R. (2009). The influence of incubation on chick quality and broiler performance. In 20th Annual Australian Poultry Science Symposium. Sydney, New South Wales. 9 – 11th February 2009.

Molenaar, R., Reijrink, I. A. M., Meijerhof, R., Brand, H. V. D. (2008). Relationship between hatchling length and weight on later productive performance in broilers. *World's Poultry Science Journal*, *64*(4), 599-604.

Mulder, J, Wollan, O. (1974). How to sex an egg. *Mother Earth News.* Available from: http://www.motherearthnews.com/ Sustainable-Farming/1974-01-01/How-to-Sex-an-Egg.aspx.

Pastrana, C. I., Navas González, F. J., Marín Navas, C., Arando Arbulu, A., González Ariza, A., León Jurado, J. M., et al. (2019). Sexual dimorphism for coping styles complements traditional methods for sex determination in a multivariety endangered hen breed. *Animals, 9*, 1165. doi: 10.3390/ani9121165.

Patbandha, T. K., Garg, D. D., Marandi, S., Vaghamashi, D. G., Patil, S.S., & Savsani, H. H. (2017). Effect of chick weight and morphometric traits on growth performance of coloured broiler chicken. *Journal of Entomology and Zoology Studies, 5*(6), 1278-1281.

Pesmen, G. (2023). Research on the relations between some parameters for daily aged domestic goose chick. *Journal of Radiation Research and Applied Sciences*, *16,* 100709. https://doi.org/10.1016/j.jrras.2023.100709

Petek, M., Orman, A., Dikmen, S., Alpay, F. (2008). Relations Between Day-old Chick Length and Body Weight in Broiler, Quail and Layer. *Uludag Univ. J. Fac. Vet. Med,. 27*(1-2), 25-28.

Rutkowska, J., Dubiec, A., Nakagawa, S. (2014). All eggs are made equal: meta-analysis of egg sexual size dimorphism in birds. *Journal of Evolutionary Biology, 27*, 153-160. https://doi.org/10.1111/jeb.12282

Sabah, Ş. & Şahan, Ü. (2018). Effect of Egg Weight on Eggshell Thickness, Pore Density and Chick Quality in Broiler Breeder Flock. *Jounal of Agricultural Faculty of Bursa Uludag University. 32*(2), 123-130.

Saatci, M., Arslan, C., Unal, Y., Tilki, M., Aksoy, A. R. (2011). Effect of fattening length, sex and feather color on growth and fattening performance in native Turkish geese. *Eurasian J. Vet. Sci. 27*(3),183-189.

Shafey, T., Hussein, E. O. S., Al-Batshan, H. A. (2013). The effect of sex on the accuracy of predicting carcass composition of Ross broiler chickens. *The Journal of Animal and Plant Sciences, 23*(4), 975.

Salgado Pardo, J. I., Navas González, F. J., González Ariza, A., Arando Arbulu, A., León Jurado, J. M., Delgado Bermejo, J. V. & Camacho Vallejo, M. E. (2022). Traditional sexing methods and external egg

characteristics combination allow highly accurate early sex determination in an endangered native turkey breed. *Front. Vet. Sci.* 9:948502. doi: 10.3389/fvets.2022.948502

Sarı, M., Tilki, M., Saatci, M., Işık, S., Önk, K. (2010). Japon Bıldırcınlarında (*Coturnix coturnix japonica*) Ebeveyn Yaşı, Yumurta Ağırlığı ve Şekil İndeksinin Kuluçka Özellikleri ve Yaşama Gücü Üzerine Etkisi. *F.Ü. Sağ. Bil. Vet. Derg*., 24(2), 93 – 97. http://www.fusabil.org

Sari, M., Sari, T, Önk, K., Isik, S. (2013). Effects of production system and gender on liveweight and body measurements Pekin ducks. *Atatürk Univ. J. Vet. Sci.*, *8*(2), 112-121.

Sözcü, A., & İpek, A. (2013). Kuluçka koşullarının Civciv kalitesi ve broiler performansı üzerine etkileri. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 27*(2), 139–146.

SPSS. (2013). IBM SPSS Statistics 22.0 for Windows. Armonk, N.Y.

Suk, Y. O. (2004). The association of growth rate with body weight or shank length at birth in broiler chickens. *Korean Journal of Poultry Science.* 31(3), 157-164.

Şeremet, Ç. (2012). Civciv kalitesini etkileyen etmenler ve değerlendirme yöntemleri. *Hayvansal Üretim*, *53*, 38-43.

Taşkın, A., Karadavut, U., Cayan, H., Genc, S., Coskun, İ. (2015). Determination of small variation effects of egg weight and shape index on fertility and hatching rates in Japanese Quail (Coturnix coturnix japonica). *Journal of Selçuk University Natural and Applied Science, 4*(2), 73-83.

Tona, K., Bamelis, F., Couke, W., Bruggeman, V., Decuypere, E. (2001). Relationship between broiler breeders age and egg weight loss and embryonic mortality during incubation in large scale conditions. *J Appl Poult Res. 10*, 221–227.

Tona, K., Onagbesan, O., De Ketelaere, B., Decuypereand, E. and Bruggeman,V. 2004. Effects of age of broiler breeders and egg storage on egg quality, hatchability, chick quality, chick weight, and chick posthatch growth to forty-two days. *The Journal of Applied Poultry Research, 13,* 10-18.

Tran, H. T., Ferrell, W., Butt, T. R. (2010). An estrogen sensor for poultry sex sorting. *J. Anim. Sci.*, *88,*1358-1364.

Türkoğlu, M., Sarıca, M. (2014). Tavukçuluk Bilimi. Yetiştirme, Besleme, Hastalıklar. Bey-Ofset Matbaacılık, Ankara, 671 sayfa.

Vieira, S. L., Almeida, J. G., Lima, A. R., Conde, O. R. A., Olmos, A. R. (2005). Hatching distribution of eggs varying in weight and breeder age. *Braz J Poult Sci., 7,* 73-78.

Williams, T. D. (1994). Intraspecific variation in egg size and egg composition in birds: effects on offspring fitness. *Biol Rev., 69*, 35-59.

Willemsen, H., Everaert, N., Witters, A., De Smit, L., Debonne, M., Verschuere, F., Bruggema, V. (2008). Critical assessment of chick quality measurements as an indicator of posthatch performance. *Poultry Science*, *87*, 2358-2366. https ://doi.org/10.3382/ps.2008-00095.

Wilson, H. R. (1991). Interrelationships of egg size, chick size, post hatching growth and hatchability. *J World's Poult Sci. 47*, 5–20.

Wolanski, N.J., Luiten, E., Meijerhof, R., Vereijken, A. L. J. (2005). Yolk utilisation and chick length as parameters for embryo development. *Avian and Poultry Biology Reviews, 15,* 233-239.

Wyatt, C. L., Weaver, Jr W. D., Beane, W. L. (1985). Influence of egg size, eggshell quality, and posthatch holding time on broiler performance. *Poult Sci., 64*, 2049–2055.

Yilmaz-Dikmen, B., Dikmen, S. (2013). A Morphometric Method of Sexing White Layer Eggs*. Brazilian Journal of Poultry Science Revista Brasileira de Ciência Avícola, 15*(3), 169-286. https://doi.org/10.1590/S1516-635X2013000300006

Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi 12(1): 129–135, 2025
https://doi.org/10.30910/turkjans.1583364

TÜRK TARIM ve DOĞA BİLİMLERİ DERGİSİ

TURKISH JOURNAL of AGRICULTURAL and NATURAL SCIENCES

www.dergipark.gov.tr/turkjans

Araştırma Makalesi

Entansif ve Yarı Entansif Şartlarda Besiye Alınan Erkek Kıvırcık Kuzularının Canlı Ağırlık, Canlı Ağırlık Artışı, Karkas Özellikleri ve İç Organ Ağırlıkları Bakımından Karşılaştırılması

Ömer ŞENGÜL*, İbrahim AK

Bursa Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootekni Bölümü, Bursa

*Sorumlu Yazar: omersengul@uludag.edu.tr

Geliş Tarihi: 12.11.2024 Düzeltme Geliş Tarihi: 15.12.2024 Kabul Tarihi: 16.12.2024

ÖZ

Bu çalışma, entansif (kapalı) ve yarı entansif (meraya dayalı) besleme yöntemlerinin erkek kıvırcık kuzularının canlı ağırlık, canlı ağırlık artışı, kesim ağırlığı ve karkas özellikleri üzerine etkilerini saptamak amacıyla yürütülmüştür. Çalışmada, 10'u entansif sistemde, 10'u ise yarı entansif sistemde olmak üzere 2.5-3 aylık yaşta toplam 20 adet erkek Kıvırcık kuzusu kullanılmıştır. Deneme 56 gün süreyle devam ettirilmiştir. Bir grup besi sonuna kadar kapalı ağılda tutulurken, diğer grup denemenin ilk gününden itibaren gündüz saatlerinde meraya çıkarılmıştır. Sonuç olarak, gruplar arasında canlı ağırlık, kesim ağırlığı ve haftalık canlı ağırlık artışları bakımından önemli farklılıklar saptanmamıştır. Günlük ortalama canlı ağırlık artışı ve ortalama canlı ağırlık artışı (besi boyunca) bakımından gruplar arasındaki farklılıklar önemli (P<0.01) bulunmuştur. Kuzulara ait, soğuk ve sıcak karkas ağırlıkları, karkas randımanları ve karkas fireleri bakımından önemli farklılıklar gözlenmemiştir. İç yağı ağırlığı ve içyağı oranı bakımından entansif gruba ait kuzular merada beslenenlere oranla daha yüksek (P<0.05, P<0.01) değerler göstermişlerdir.

Anahtar kelimeler: Kıvırcık, kuzu besisi, yetiştirme sistemi, mera, canlı ağırlık, karkas özellikleri.

Comparison of Live Weight, Live Weight Gain, Carcass Characteristics and Internal Organ Weights of Kıvırcık Male lambs fed under Intensive and Semi-Intensive Conditions

ABSTRACT

This study was conducted to determine the effects of intensive (indoor) and semi-intensive (pasture-based) feeding methods on live weight, live weight gain, slaughter weight and carcass characteristics of Kıvırcık male lambs. A total of 20 Kıvırcık male lambs, 2.5-3 months old, were used in the study, 10 in the intensive system and 10 in the semi-intensive system. The treatment was continued for 56 days. While one group was kept in a closed sheepfold until the end of the fattening, the other group was taken out to pasture during the daytime from the first day of the experiment. As a result, no significant differences were detected between the groups in terms of live weight, slaughter weight and weekly live weight gain. Differences between groups in terms of daily average live weight gain and average live weight gain (over the course of fattening) were found to be significant (P<0.01). No significant differences were observed in terms of cold and hot carcass weights, carcass yields and carcass losses of the lambs. In terms of internal fat weight and internal fat ratio, lambs belonging to the intensive group showed higher values (P<0.05, P<0.01) than those fed on pasture.

Key words: Kıvırcık, lamb fattening, rearing system, pasture, live weight, carcass characteristics.

GİRİŞ

Türkiye, koyunculuk sektörü açısından geniş bir potansiyele sahip olup, yerel ırkların desteklenmesi ve geliştirilmesi, et ve süt ürünleri arzının sürdürülebilirliği için önemlidir. Yerli koyun ırklarının besi koşulları altında performanslarını inceleyen araştırmalar, özellikle entansif ve yarı entansif besleme yöntemlerinin bu

ırklar üzerindeki etkilerini anlamada önemli bir rol oynamaktadır (Düzgüneş ve ark., 2021). Koyun yetiştiriciliği, et ve süt verimi açısından oldukça önemli bir sektör olup, özellikle yerli ırklar arasında Kıvırcık koyunları et kalitesi ve adaptasyon kabiliyetiyle öne çıkmaktadır (Akçapınar ve Özbeyaz, 1999; Kaymakçı ve ark., 2010; Karakaya ve Kızıloğlu, 2014). Yerli koyun ırklarının besi performansını geliştirmeye yönelik entansif ve yarı entansif besleme yöntemleri, modern hayvancılık sektöründe daha verimli bir üretim sağlama açısından giderek artan bir ilgi görmektedir. Entansif besleme, yüksek düzeyde enerji ve protein içeren yemlerle hayvanların hızlı büyüme ve yüksek karkas verimine ulaşmasını hedeflerken; yarı entansif koşullar, doğada otlama ile sağlanan besleme ile yoğun yem kullanımının dengelendiği daha düşük maliyetli bir besleme sistemini ifade eder (Sarı ve ark., 2018; Düzgüneş ve ark., 2021).

Kıvırcık kuzuları, genetik yapılarından kaynaklanan yüksek karkas kalitesi ve düşük yağ oranları ile Türkiye'de özellikle tercih edilen ırklar arasındadır (Akçapınar ve Özbeyaz, 1999). Ancak, farklı besi sistemlerinin bu ırk üzerindeki etkilerini ayrıntılı olarak araştırmak, bölgesel yetiştiricilikte sürdürülebilir ve verimli üretim stratejileri belirlenmesi açısından önem arz etmektedir (Kaymakçı ve ark., 2012). Çeşitli araştırmalar, yoğun besi programları altında Kıvırcık kuzularının günlük ağırlık artışı ve karkas özelliklerinde kayda değer iyileşmeler sağlandığını belirtmektedir (Teke ve ark., 2018). Entansif ve yarı entansif sistemlerde uygulanan farklı besi programlarının Kıvırcık kuzularının karkas özellikleri üzerindeki etkilerini değerlendirmek, koyun yetiştiriciliğinin ekonomik yönlerini optimize etme açısından kritik bir öneme sahiptir (Sarı ve ark., 2018).

Bu çalışmada, iki farklı besleme yönteminin (entansif ve yarı entansif) kıvırcık kuzularının canlı ağırlık, canlı ağırlık artışı, karkas özellikleri ve bazı iç organ ağırlıkları üzerindeki etkilerinin saptanması amaçlanmıştır.

MATERYAL ve METOT

Deneme, Bursa Uludağ Üniversitesi Tarımsal Uygulama ve Araştırma Merkezi'ne ait bir koyun çiftliğinde yürütülmüştür. Denemede hayvan materyali olarak 2,5-3 aylık yaşta 20 erkek Kıvırcık kuzu kullanılmıştır. Kuzuların canlı ağırlıkları 23 ile 25 kg arasında değişmektedir. Araştırmada kullanılacak kuzular, entansif ve yarı entansif grup olacak şekilde 2 ayrı bölüme ayrılmış ve her grupta toplam 10'ar adet hayvan bulunacak şekilde düzenlenmiştir. Denemenin yarı entansif grubundaki hayvanlar sabah 06:00'da meraya çıkarılmış akşam saat 19:00'a kadar merada serbest şekilde otlamaya bırakılmıştır. Hayvanların otladığı meranın kompozisyonu, ak üçgül (Trifolium repens), çayır üçgülü (Trifolium pratense), domuz ayrığı (Dactylis glomerata), İngiliz çimi (Lolium perenne), İtalyan çimi (Lolium multiflorum) ve adi fiğ (Vicia sativa) 'den oluşmaktadır. Meradan dönen hayvanların önlerinde ad libitum olarak tüketebilecekleri yonca kuru otu bulundurulmuştur. Entansif gruptaki hayvanlar ise, deneme boyunca kapalı bölmede tutulmuştur ve ad libitum şekilde yoğun yem karması ve hayvan başına 200 g yonca kuru otu ile beslenmişlerdir. Çalışma, Nisan-Haziran 2023 döneminde ve 56 gün süreyle yürütülmüştür. Her iki gruptaki hayvanlara içme suyu, plastik kovalar içinde serbest olarak günlük ve taze olarak sağlanmıştır. Denemede kullanılan yoğun yem, Bursa Uludağ Üniversitesi Tarımsal Uygulama ve Araştırma Merkezi'nin yem ünitesinde hazırlanmıştır.

Tablo 1. Denemede kullanılan yoğun yemin besin madde kompozisyonuna ilişkin sonuçlar.

Besin Maddeleri (% KM)	**Yoğun Yem**	**Yonca**
Kuru madde	88.13	91.05
Organik Madde	91.03	90.84
Ham kül	8.97	9.16
Ham protein	21.65	18.75
Ham yağ	1.02	2.98
Ham selüloz	11.35	22.83
Nitrojensiz Öz Maddeler	57.01	46.28
Nötr Deterjan Fiber (NDF)	27.13	36.11
Asit Deterjan Fiber (ADF)	15.69	25.38
Asit Deterjan Lignin (ADL)	4.98	6.02
Metabolik Enerji, Kcal/kg KM	2558	2249

KM: Kuru Madde.

Denemede kullanılan yoğun yemin ve kuru yoncanın kimyasal analizleri, Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Hayvan Besleme Laboratuvarı'nda yapılmıştır. Kimyasal analizler için yem hammaddeleri ve rasyonlar, 1 mm elek çapına sahip bir laboratuvar değirmeninde öğütülerek hazırlanmıştır. Yem örneklerinin kuru madde

(KM) içerikleri, örneklerin 105 °C'de 4 saat kurutulmasıyla belirlenmiş, ham kül içerikleri ise 550 °C'de 4 saat kül fırınında yakılarak saptanmıştır. Azot (N) içerikleri Kjeldahl yöntemi ile, ham yağ içerikleri ise AOAC (1990) tarafından bildirilen tekniklere göre eter ekstraksiyonu ile belirlenmiştir. Denemede kullanılan yoğun yem ve yoncanın metabolik enerji değerleri TSE 1991'de belirtilen formülle hesaplanmıştır.

Yem hammaddeleri ve rasyonların hücre duvarı bileşenlerini oluşturan nötr deterjan lif (NDF), asit deterjan lif (ADF) ve asit deterjan lignin (ADL) içerikleri Van Soest ve ark. (1991) tarafından bildirilen yöntemlere göre belirlenmiştir. Selüloz (ADF-ADL) ve hemiselüloz (NDF-ADF) seviyeleri diğer değerler kullanılarak hesaplanmıştır.

Tablo 2. Denemede kullanılan yoğun yemin hammadde içeriğine ilişkin oransal değerler.

Yem hammaddeleri	**Düzey (%)**
Arpa	73.0
ATK	25.0
Mermer tozu	1.4
Tuz	0.5
İz mineral+Vitamin karması*	0.1
TOPLAM	100.0

***Her kg için;** Vit. A 300.000 IU, Vit. D_3 50.000 IU, Vit. E 1250 mg, mangan (oksit) 3000 mg, demir (sülfat) 3000 mg, çinko (oksit) 4500 mg, bakır (sülfat) 1000 mg, kobalt (monokarbonat) 30 mg, iyot (kalsiyum iyodat) 45 mg, selenyum (sodyum selenit) 12 mg, dolgu mad. (razmol veya $CaCO_3$) 969.066 mg.

Deneme sonunda her gruptan 8'er adet hayvan olmak üzere toplam 16 adet hayvan kesilmiştir. Hayvanlar kesimden önce 12 saat aç bırakılmış ve mezbahada tartıldıktan sonra kesilmiştir. Kuzuların kesim ağırlığını ölçmek için 100 g hassasiyete sahip bir terazi kullanılmıştır. Kesim işleminin hemen ardından hayvanlar yüzülmüş ve iç organları çıkarılmıştır. Sıcak karkas ağırlıkları alındıktan sonra karkaslar, +4°C'de soğuk depoda 24 saat dinlendirilmiştir. Karkasların parçalanması ve karkas özelliklerinin belirlenmesi için Colomer-Rocher ve ark. (1987) tarafından tanımlanan karkas işleme yöntemi kullanılmıştır.

Çalışmaya ait verilerin istatistik analizinde Minitab 19.0 paket programı kullanılmıştır. Ortalamalar arasındaki farklılıkların belirlenmesinde bağımsız gruplara t testi uygulanmıştır.

BULGULAR ve TARTIŞMA

Entansif ve yarı entansif besleme yöntemlerinin erkek kıvırcık kuzularının 56 günlük besi periyodundaki canlı ağırlık ile canlı ağırlık değerleri ve standart hataları Tablo 3'te verilmiştir. Kuzular, besi başlangıcında 2 gruba ayrıldıktan sonra, entansif ve yarı entansif grupların ortalama canlı ağırlıkları sırasıyla, 22.75 ve 23.63 kg olarak bulunmuştur. Her iki gruptaki hayvanların 14 günde bir yapılan tartımlarla 2., 4. ve 6. hafta canlı ağırlıkları belirlenmiş ve gerek besi başı canlı ağırlıkları gerekse diğer haftalarda ölçülen canlı ağırlıklar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Elde edilen sonuçlar, uygulanan farklı besi yöntemlerinin kuzuların canlı ağırlık ve canlı ağırlık artışları üzerine istatistiksel açıdan etkili olmadığını, fakat kuzuların kesim ağırlıkları arasında %12.7'lik bir farklılığın meydana geldiğini göstermiştir.

Kuzuların kesim ağırlıkları, entansif ve yarı entansif beslenen gruplar için sırasıyla, 37.51 ve 34.38 kg olarak saptanmıştır. Deneme gruplarının kesim ağırlıklarına ait ortalamalar arasındaki farklılıklar ise istatistiksel açıdan önemsiz bulunmuştur. Elde edilen kesim ağırlığı değerleri, Soysal (2007) ve Ekiz ve ark. (2019)'nın kıvırcık kuzularla entansif besi sistemleri konusunda yaptıkları çalışmalarda buldukları değerlerle benzerlik gösterirken, Karabacak ve Boztepe (2007) nin değerlerinden yüksek, Canbolat ve ark. (2015) 'ın bildirdikleri değerlerden ise düşük olmuştur. Bazı çalışmaların bulguları ile farklılığın nedeni, araştırmacıların yaptıkları çalışmalarda yüksek oranda yoğun yem kullanmalarına atfedilmiştir.

Tablo 3. Entansif ve yarı entansif şartlarda besiye alınan erkek kıvırcık kuzularının canlı ağırlık ve canlı ağırlık artışlarına ilişkin ortalama değerler.

Besi Performansları	Beslenme Tipi		P
	Entansif	Yarı Entansif	
Besi başı canlı ağırlığı (kg)	22.75±1.9	23.63±2.0	ÖD
2. hafta canlı ağırlığı (kg)	28.01±2.0	26.71±2.1	ÖD
4. hafta canlı ağırlığı (kg)	32.02±2.4	29.00±2.2	ÖD
6. hafta canlı ağırlığı (kg)	33.91±2.6	35.85±2.1	ÖD
Kesim ağırlığı (kg)	35.99±2.3	31.97±2.0	ÖD
Ortalama canlı ağırlık artışı (kg)	13.24±1.1	8.35±0.36	**
Günlük ortalama canlı ağırlık artışı (g)	236.5.0±19	149.1±6.5	**

**: P<0.01, ÖD: Önemli değil.

Deneme gruplarının ortalama canlı ağırlık artışları (CAA) ve ortalama günlük canlı ağırlık artışlarına (GCAA) ilişkin ortalama değerler sırasıyla, 13.78 ve 8.38 kg ile 246.0 ve 149.6 g olarak saptanmıştır. Entansif ve yarı entansif şartlarda beslenen Kuzuların CAA ve GCAA değerleri arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli (P<0.01) bulunmuştur. Söz konusu özellikler bakımından farklı besleme sistemlerinin etkili olduğu söylenilebilir. Elde edilen GCAA değerleri Altın ve ark. (2005) ve Soysal (2007)'nin in bildirdiği değerlere paralel iken Canbolat ve ark. (2015) ve Ekiz ve ark. (2019) 'ın bildirdiği değerlerden daha düşük bulunmuştur. Bulgular arasındaki farklılıkların nedeni olarak, kullanılan yoğun yemin oranı ve enerjisinin yüksekliği düşünülebilir. Sonuç olarak, tamamen kapalı şartlarda veya meraya dayalı olarak yapılan kuzu besiciliğinde kuzuların kesim ağırlıkları benzer olsa da, CAA ve GCAA değerleri dikkate alındığında entansif grubun mera grubuna oranla önemli bir avantaj sağladığı görülmektedir. Entansif ve yarı entansif besleme yöntemlerinin erkek kıvırcık kuzularının besi periyodu sonunda sıcak ve soğuk karkas ağırlıkları, karkas randımanları ve karkas firelerine ait ortalamalar ve standart hataları Tablo 4'te verilmiştir.

Tablo 4. Entansif ve yarı entansif şartlarda besiye alınan erkek kıvırcık kuzularının karkas ağırlıkları, karkas randımanları ve karkas firelerine ilişkin ortalama değerler.

Karkas Kısımları	Beslenme Tipi		P
	Entansif	Yarı Entansif	
Sıcak karkas ağırlığı (kg)	16.88±1.1	15.02±0.7	ÖD
Sıcak karkas randımanı (%)	44.84±0.73	43.60±0.67	ÖD
Soğuk karkas ağırlığı (kg)	16.46±1.1	14.63±0.7	ÖD
Soğuk karkas randımanı (%)	43.71±0.77	42.43±0.67	ÖD
Karkas firesi (kg)	1.125±0.075	1.169±0.077	ÖD

ÖD: Önemli değil.

Kuzuların sıcak karkas ağırlıkları, entansif ve yarı entansif gruplar için sırasıyla, 16.88 ve 15.02 kg olarak saptanmıştır. Gruplara ait sıcak karkas ağırlığı değerleri arasında %12.38'lik bir farklılık söz konusu olmuş ve entansif şartlarda beslenen kuzular daha yüksek değerlere sahip olmuşlardır. Ancak, söz konusu değerler arasında istatistiksel açıdan önemli bir farklılık bulunmamıştır. Benzer şekilde, farklı sistemlerde beslenen kuzuların sıcak karkas randımanları arasındaki farklılıklar da istatistiksel açıdan önemsiz bulunmuştur.

Bu araştırmadan elde edilen sıcak karkas ağırlığı değerleri, Altın ve ark. (2005) 'ın bildirdiği sonuçlardan daha yüksek bulunmuştur. Soysal (2007) ve Ekiz ve ark. (2019) ise, daha yüksek sıcak karkas ağırlıkları

bildirmişlerdir. Sıcak karkas randımanı bakımından elde ettiğimiz değerler, Soysal (2007), Altın ve ark. (2005) ve Ekiz ve ark. (2019) un bildirdiği sonuçlardan daha düşük bulunmuştur. Diğer çalışmaların sonuçları ile olan farklılıkların nedenleri, kuzuların beslenmesinde kullanılan rasyonların bileşimi, kaba-yoğun yem oranları ve hayvanların besi sürelerine atfedilmiştir.

Kuzuların soğuk karkas ağırlıkları entansif grup için 16.46 kg, yarı entansif grup için 14.63 kg olarak saptanmıştır. Soğuk karkas randımanları ise, entansif ve yarı entansif gruplarda sırasıyla, %43.71 ve %42.43 olarak hesaplanmıştır. Her iki değer bakımından da gruplar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Elde etmiş olduğumuz soğuk karkas ağırlıkları, Altın ve ark. (2005) ’ın bildirdiği verilerden daha yüksek bulunmuştur. Soysal (2007) ise yaptığı benzer bir çalışmada araştırmada elde ettiğimiz soğuk karkas ağırlığı ve randımanından daha yüksek değerler bildirmiştir.

Entansif ve yarı entansif şartlarda beslenen kuzuların karkas fireleri sırasıyla, 1.125 ve 1.169 kg olarak hesaplanmıştır. Grupların karkas firesine ilişkin ortalamaları arasındaki farklılıklar önemsiz bulunmuştur. Farklı besleme sistemlerinin kuzularda karkas firesi üzerine etkili olmadığı söylenilebilir. Soysal (2007) ve Ekiz ve ark. (2019) yaptıkları benzer çalışmalarda daha yüksek karkas fireleri bildirmişlerdir. Entansif ve yarı entansif şartlarda beslenen erkek kıvırcık kuzularının bazı iç organ ağırlıkları, iç yağı ağırlıkları ve yüzdelerine ait ortalamalar ve standart hataları Tablo 5’te verilmiştir.

Tablo 5. Entansif ve yarı entansif şartlarda besiye alınan erkek kıvırcık kuzularının bazı iç organ ağırlıkları, iç yağı ve yüzdelerine ilişkin ortalama değerler.

Karkas Kısımları	**Beslenme Tipi**		**P**
	Entansif	**Yarı Entansif**	
Dolu mide ağırlığı (kg)	5.045±0.29	5.514±0.22	ÖD
Dolu mide oranı (%)	30.39±1.7	37.04±1.6	*
Boş mide ağırlığı (kg)	1.282±0.090	1.091±0.027	ÖD
Boş mide oranı (%)	7.67±0.43	7.342±0.27	ÖD
Bağırsak ağırlığı (kg)	3.123±0.16	3.240±0.12	ÖD
Bağırsak oranı (%)	18.73±0.78	21.76±0.83	*
Ciğer-takım ağırlığı[1] (kg)	1.823±0.092	1.481±0.067	**
Ciğer-takım oranı[1] (%)	10.94±0.46	9.904±0.30	ÖD
Böbrek ağırlığı (kg)	0.141±0.0061	0.116±0.0033	**
Böbrek oranı (%)	0.872±0.040	0.8024±0.029	ÖD
İç yağı ağırlığı (kg)	0.313±0.039	0.181±0.024	*
İç yağı oranı (%)	1.82±0.16	1.19±0.13	**
Böbrek yağı ağırlığı (kg)	0.1364±0.018	0.0911±0.016	ÖD
Böbrek yağı oranı (%)	0.82±0.098	0.60±0.089	ÖD

*: P<0.05, **: P<0.01. ÖD: Önemli değil. [1]: Karaciğer, kalp, akciğer, dalak.

Entansif ve yarı entansif şartlarda beslenen kuzuların dolu mide ağırlıkları sırasıyla, 5.04 ve 5.51 kg, dolu mide oranları ise sırasıyla, %30.39 ve %37.04 olarak hesaplanmıştır. Araştırmada elde edilen dolu mide ağırlığı ve oranına ait değerler Soysal (2007)’nin bulguları ile benzerdir. Grupların dolu mide ağırlığına ait ortalamaları arasındaki farklılıklar istatistiki olarak önemli bulunmazken, dolu mide oranları arasında önemli (P<0.05) farklılıklar saptanmıştır. Dolu mide ağırlığı ve oranları bakımından merada beslenen kuzular rakamsal olarak daha yüksek değerlere sahip olmuşlardır.

Ensansif ve yarı entansif şartlarda beslenen kuzuların boş mide ağırlıkları ve oranları ile ilgili elde edilen verilere bakıldığında, entansif sistemde barındırılan kuzuların daha yüksek değerlere sahip oldukları gözlenmiştir. Ancak, ortalamalar arasındaki farklılıklar istatistiki açıdan önemli olmamıştır.

Bağırsak ağırlıkları, kuzuların entansif olarak beslendiği grupta 3.123 kg, yarı entansif grupta 3.240 kg olarak ölçülmüştür. Rakamsal olarak, yarı entansif sistemde barındırılan hayvanlar, mera grubuna oranla daha yüksek barsak ağırlığına sahip olmuşlardır. Ancak, bu ağırlıklar arasındaki farklılıklar istatistiki olarak önemli bulunmamıştır. Grupların bağırsak oranlarına bakıldığında ise, yarı ensantif grubun daha yüksek değerlere sahip olduğu gözlenmiş ve değerler arasındaki farklılıkların önemli (P<0.05) olduğu saptanmıştır. Merada otlatmanın kuzularda barsak oranını önemli ölçüde artırdığı söylenilebilir. Bu sonuçlar, Soysal (2007) 'ın bu konuda yapmış olduğu bir çalışmanın sonuçları ile benzerlik göstermiştir.

Farklı barındırma ve besleme şartları altında büyütülen kuzuların ciğer-takım ağırlıkları arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli (P<0.05) bulunmuştur. Entansif şartlarda beslenen kuzularda ciğer-takım ağırlığı yarı entansif gruba oranla daha yüksek bulunmuştur. Fakat ciğer-takım oranları incelendiğinde, gruplar arasında farklılıkların önemsiz olduğu görülmüştür. Altın ve ark. (2005), bu araştırmadan elde ettiklerimizden daha düşük ciğer-takım ağırlığı ve oranları bildirmişlerdir.

Kuzuların böbrek ağırlığı sonuçları, gruplar arasında belirgin farklılıklar göstermiş olup, elde edilen değerler arasında istatistiksel açıdan önemli (P<0.01) farklılıklar saptanmıştır. Entansif şartlarda barındırılan kuzular daha yüksek böbrek ağırlığına sahip olmuşlardır. Kuzuların böbrek ağırlığının, farklı besleme şartlarından önemli ölçüde etkilendiği söylenilebilir. Böbrek ağırlığına ilişkin elde edilen değerlerin, Soysal (2007)'ın bulguları ile benzer olduğu görülmüştür. Böbrek oranları ilgili sonuçlar ise, yapılan istatistiksel analizler sonucunda önemsiz bulunmuştur. Yapılan önceki çalışmalardaki araştırmacıların bazıları, elde ettiğimiz söz konusu değerlerin altında (Altın ve ark., 2005) bazıları ise benzer (Soysal, 2007) sonuçlar bildirmişlerdir.

Farklı besleme şartlarında büyütülen kuzuların iç yağı ağırlıkları (0.313 ve o.181 kg) ve iç yağı oranları (%1.82 ve 1.19) arasında önemli (P<0.05, P<0.01) farklılıklar saptanmıştır. Kapalı şartlarda barındırılan kuzularda iç yağı ağırlığı ve iç yağı oranına ait değerler, mera şartlarında beslenen kuzulara oranla çok daha yüksek (sırasıyla,(%72.9 ve %52.9) bulunmuştur. İç yağı ağırlığına ilişkin elde edilen değerler, Soysal (2007)'nin bildirdiği bulgularla benzerlik göstermiştir. İç yağı oranlarına bakıldığında, araştırmada bulunan değerlerin, Ekiz ve ark. (2019) 'nın bildirdiği sonuçlara paralel olduğu gözlenmiştir.

Entansif ve yarı entansif şartlarda beslemenin, kuzuların böbrek yağı ağırlığı (0.1364 ve 0.0911 kg) ve böbrek yağı oranları (%0.82 ve 0.60) üzerine etkisi incelendiğinde, kapalı şartlarda barındırmanın böbrek yağı değerlerini rakamsal olarak artırdığı gözlenmiştir. Ancak, söz konusu farklılıkların istatistiksel açıdan önemli olmadığı saptanmıştır.

SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu çalışmada, entansif ve yarı entansif koşullarda 56 gün boyunca beslenen erkek kıvırcık kuzularının canlı ağırlık, canlı ağırlık artışı, kesim ağırlığı, karkas ağırlığı, karkas özellikleri ve bazı iç organ ağırlıklar gibi özelikleri incelenmiştir. İki grup halinde denemeye alınan kuzuların bir grubu, besi süresince tamamen kapalı bir barınakta, diğer grup ise geceleri kapalı barınakta gündüz saatlerin de ise merada barındırılırmışlardır. Kapalı grup besi süresince serbest olarak yoğun yem ve günde 200 g kuru yonca ile beslenmişlerdir. Mera grubuna ise yoğun yem verilmemiş ve sadece merada otlatılmıştır. Ancak, meradan dönüşte kuzulara serbest olarak kuru yonca verilmiştir. Denemenin başlangıcında tartılan grupların canlı ağırlık ortalamaları arasında istatistiksel açıdan önemli bir farklılık bulunmamıştır. Daha sonraki haftalarda (2 hafta arayla) yapılan tartımlarda da gruplar arasındaki canlı ağırlık farklılıkları önemli olmadığı gözlenmiştir. Kesim öncesi yapılan canlı ağırlık tartımlarında da, deneme grupları arasında benzer sonuçlar elde edilmiştir. Fakat tüm besi süresi boyunca elde edilen ortalama canlı ağırlık artışı ve günlük ortalama canlı ağırlık artışı bakımından gruplar arasında önemli farklılıklar gözlenmiştir. Entansif gruba ait olan kuzular, merada otlatılan gruptan daha iyi canlı ağırlık artışına sahip olmuşlardır.

Grupların karkas değerlerine bakıldığında, sıcak karkas ağırlığı, soğuk karkas ağırlığı, karkas randımanı ve karkas kayıpları dikkate alındığında gruplar arasında anlamlı farklılıkların olmadığı görülmüştür. Yani, farklı barındırma şartlarında beslemenin, kuzuların karkas verimine etkileri önemsiz olmuştur.

Karkas özellikleri ve iç organ ağırlıkları açısından İncelenen özelliklerden, dolu mide oranı, bağırsak oranı, ciğer-takım ağırlığı (karaciğer, kalp, akciğer, dalak) böbrek ağırlığı, iç yağı ağırlığı ve iç yağı oranı bakımından besleme grupları arasında dikkati çekici farklılıklar gözlenmiştir. Mera grubunda dolu mide oranı ve barsak oranının daha yüksek bulunması bu gruptaki kuzuların büyük ölçüde kaba yemle beslenmesinden kaynaklanmış olabilir. Mera grubuna ait karkasların daha az yağlı olması, tüketiciler açısından tercih nedeni olduğundan önemli bir özelliktir. Ciğer-takım ağırlığı, böbrek ağırlığı, iç yağı ağırlığı ve iç yağı oranının entansif grupta daha yüksek bulunmasının nedeninin, bu gruptaki kuzuların önemli ölçüde enerji ve proteince zengin yoğun yemle beslenmesi ve dışarıya çıkarılmadıklarından daha az enerji harcamalarından kaynaklandığı söylenilebilir.

Sonuç olarak, yapılan çalışmada, kapalı şartlarda veya meraya dayalı besleme sistemlerinde yetiştirilen erkek kuzuların verimle ilgili özellikleri karşılaştırıldığında, özellikle kaliteli mera ve otlakların bulunduğu bölgelerde yapılacak kuzu besisinde yarı entansif besi sisteminin tercih edilmesinin daha uygun olacağı sonucuna varılmıştır.

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

Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti: Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan ederler.

YAZAR ORCID NUMARALARI

Ömer ŞENGÜL http://orcid.org/0000-0001-5078-2002
İbrahim AK http://orcid.org/0000-0003-1691-5996

KAYNAKLAR

Akçapınar, H. ve Özbeyaz, C. (2021). Hayvan Yetiştiriciliği (Temel Bilgileri). Medisan Yayınevi.

Altın, T., Karaca, O., Cemal, İ., Yılmaz, M., Yılmaz, O. (2005). Kıvırcık ve Karya Kuzularda Besi ve Karkas Özellikleri. Hayvansal Üretim, 46(1).

AOAC. (1990). Official Methods of Analysis, 15th ed. Association of Official Analytical Chemists, AOAC, Washington, DC, USA, p. 69–88.

Canbolat, Ö., Kara, H., Filya, İ., Kamalak, A. (2015). Kuzu Besi Rasyonlarına İlave Edilen Canlı Mayanın Besi Performansı ile Bazı Rumen Sıvısı ve Kan Parametreleri Üzerine Etkisi. Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 29(1): 73-86.

Duncan, D. B. 1955. Multiple Range and Multiple F Tests. Biometrics 11:1-42. https://doi.org/10.2307/3001478.

Ekiz, B., Atalay, H., Akın, P., Ozturk, N., Birkiye, M., Yılmaz, A. (2019). Carcass and meat quality of Karacabey Merino and Kivircik lambs under an intensive finishing system. South African Journal of Animal Science. (5)49.

Karabacak, A. ve Boztepe, S. (2007) Yağlı Kuyruklu ve Yağsız İnce Kuyruklu Koyun Irklarının Besi Performanslarının Karşılaştırılması Selcuk Journal of Agriculture and Food Sciences. (21)42: 89 -95

Karakaya, E., Kızıloğlu, S. (2014). Küçükbaş Hayvancılık İşletmelerinin Örgütlenme Yapısı Bingöl İli Örneği. Turkish Journal of Agricultural and Natural Sciences, 1(4).

Kaymakçı, M., Teke, B., & Taşkın, T. (2010). Türkiye'de Koyun Yetiştiriciliği. Türk Veteriner Hekimleri Birliği Dergisi.

Sarı, M., & Önk, K. (2018). Entansif ve Yarı Entansif Besi Yöntemlerinin Farklı Koyun Irklarında Besi Performansına Etkisi. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi.

Soysal, D. (2007). Yoğun ve ekolojik besi uygulanan kıvırcık ve merinos erkek kuzuların besi performansı, kesim ve karkas özelliklerinin belirlenmesi (Doktora Tezi). Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa, Türkiye.

Teke, B., Önk, S., & Sarı, M. (2018). Türkiye Yerli Irk Kuzularının Entansif Koşullarda Besi Performansı. Dergipark, Erciyes Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi.

TSE. 1991. Hayvan yemleri - metabolik (dönüştürülebilir) enerjinin tayini (kimyasal yöntem) UDK 636.085. TS 9610. Ankara, Türkiye.

Van Soest, P.J., J.B. Robertson. and B.A. Lewis. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. Journal of Dairy Science 74:3583-3597.

Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi 12(1): 136–144, 2025
https://doi.org/10.30910/turkjans.1597186

TÜRK TARIM ve DOĞA BİLİMLERİ DERGİSİ

TURKISH JOURNAL of AGRICULTURAL and NATURAL SCIENCES

www.dergipark.gov.tr/turkjans

Araştırma Makalesi

Synergistic Anticancer Activity of Quercetin Combined with Luteolin in MCF-7 Breast Cancer Cells via Induction of Apoptosis

Mehmet Kadir ERDOĞAN

Bıngol Unıversıty, Faculty Of Arts And Scıences, Department Of Molecular Bıology And Genetıcs

Correspondig author: mkerdogan@bingol.edu.tr

Geliş Tarihi: 06.12.2024 Düzeltme Geliş Tarihi: 20.12.2024 Kabul Tarihi: 20.12.2024

ABSTRACT

Cancer is a major public health problem with its increasing incidence and mortality. The striking role of phytochemicals in the prevention and treatment of cancer is undeniable in studies. In this study, the effects of the combination of quercetin (QUR) and luteolin (LTN) on the MCF-7 human breast cancer cell line were investigated *in vitro*. WST-1 (Water-Soluble Tetrazolium 1) cell cytotoxicity assay was used to determine cytotoxic activity. In the analysis of the interaction and synergism between QUR and LTN, combination index (CI) was calculated using CompuSyn software. The effects on colony survival and cell migration were determined by clonogenic assay and wound scratch assay, respectively. For the determination of apoptosis, Acridine orange/ethidium bromide (AO/EB) dual staining, and *Caspase-3* ELISA (Enzyme-Linked ImmunoSorbent Assay) analysis, and genomic analyses revealing *p53* (tumor protein *p53*) and *Bcl-2* (B-cell lymphoma 2) expression levels were performed. As a result of the analyses, it was seen that especially QUR plus LTN treatment exhibited a great cytotoxic activity in cells. It was determined that the combination treatment suppressed colony survival and significantly inhibited cell migration. Quantitative analysis results show that QUR+LTN treatment triggers cellular apoptosis by upregulating *Caspase-3* and *p53*, and downregulating *Bcl-2*. Supporting these findings with further *in vitro* and *in vivo* analyses may contribute significantly to revealing the promising efficacy of combined phytochemical treatment approaches on cancer.

Key words: Cancer, apoptosis, quercetin, luteolin, MCF-7

MCF-7 Meme Kanseri Hücrelerinde Luteolin ile Birlikte Kuersetinin Apoptozun İndüksiyonu Yoluyla Sinerjistik Antikanser Aktivitesi

ÖZ

Kanser, artan insidansı ve mortalitesi ile büyük bir halk sağlığı sorunudur. Kanserin önlenmesi ve tedavisinde fitokimyasalların çarpıcı rolünün yadsınamazlığı yapılan çalışmalarla ortaya koyulmaktadır. Bu çalışmada kuersetin (KUR) ve luteolin (LTN) kombinasyonunun MCF-7 insan meme kanseri hücre hattı üzerindeki etkileri *in vitro* olarak incelendi. Sitotoksik aktivitenin belirlenmesinde WST-1 (Suda Çözünür Tetrazolium 1) hücre sitotoksisitesi analizi kullanıldı. KUR ile LTN arasındaki etkileşimimin ve sinerjizmin analizinde CompuSyn yazılımı kullanılarak kombinasyın indeksi (KI) hesaplandı. Koloni sağkalımı ve hücre göçü üzerindeki etkiler ise sırasıyla klonojenik analiz ve yara iyileşmesi analizi ile belirlendi. Apoptozun belirlenmesi için, Akridin oranj/etidyum bromür (AO/EB) ikili boyama ve *Kaspaz-3* ELISA (Enzim Bağlantılı İmmünosorbent Testi) analizi ile *p53* (tümör protein *p53*) ve *Bcl-2* (B hücreli lenfoma 2) ekspresyon düzeylerini ortaya koyan genomik analizler gerçekleştirildi. Analizler sonucunda özellikle QUR+LTN tedavisinin hücrelerde büyük bir sitotoksik aktivite sergilediği görüldü. Kombinasyon tedavisinin koloni sağkalımını baskıladığı ve hücre göçünü de önemli ölçüde inhibe ettiği belirlendi. Kantitatif analiz sonuçları QUR+LTN tedavisinin *Kaspaz-3* ve *p53*'ü upregüle ederek, *Bcl-2*'yi ise downregüle ederek hücresel apoptozu tetiklediğini göstermektedir. Bu bulguların ileriki dönem *in vitro* ve *in vivo* analizlerle

desteklenmesi, kombine fitokimyasal tedavi yaklaşımlarının kanser üzerindeki umut verici etkinliğinin ortaya konulmasına önemli katkılar sunabilir.

Anahtar kelimeler: Kanser, apoptoz, kuersetin, luteolin, MCF-7.

INTRODUCTION

Cancer, the second leading cause of death worldwide after cardiovascular diseases, poses an increasing burden on health systems and economic resources. It is of great importance to develop new treatment approaches that are low-cost and, more importantly, highly effective and accompanied by minimal side effects against this disease, which was reported to cause approximately 20 million new cases and 10 million deaths in 2022 (Bray et al., 2024). In addition to traditional methods such as surgery, radiotherapy and chemotherapy, complementary and alternative approaches, including herbal products and compounds, are also prominent in cancer treatment. Many disadvantages of traditional treatments, such as not being able to reduce mortality rates, reducing quality of life, causing serious side effects, high rates of disease recurrence and development of drug resistance, indicate the need for alternative approaches in cancer treatment (Rizeq et al., 2020; George et al., 2021).

Dietary factors, including nutrients, have been reported to play important roles in the development of different types of cancer and are directly related to nearly 35% of global cancer deaths (Manson, 2003). The pharmacological importance and health benefits of diets rich in polyphenolic compounds found in most fruits and vegetables are of interest. Dietary polyphenols are represented by many important plant derived compounds, especially flavonoids, phenolic acids, lignans and stilbenes (George et al., 2021). There is growing interest in screening phytochemicals, which are natural compounds in plants, to find those that are effective, safe, and have minimal toxic effects on cancer. The fact that mono- and combined use is effective in many metabolic processes such as angiogenesis, apoptosis, and metastasis reveals that phytochemicals have high pharmacological potential (Talib et al., 2022). There are many studies showing that phytochemicals increase their anticancer effects when used together with chemotherapeutic agents, which minimizes the emergence of drug resistance and side effects (Yap et al., 2013; Erdogan et al., 2022; Morales-Durán et al., 2024). The combination of two or more therapeutic agents targeting cellular pathways involved in carcinogenesis processes may offer more effective strategies compared to monotherapeutic approaches. Since traditional monotherapies generally target active proliferating cells without being selective, they affect healthy cells along with cancer cells, while cancer stem cells cannot be completely eliminated, which allows tumor recurrence and invasion (Mokhtari et al., 2017). In addition, exposure to the same agent as monotherapy causes cancer cells to develop alternative escape routes, increasing the susceptibility to drug resistance (Khdair et al., 2010). Phytochemicals used in combination treatments can reduce the toxic effects of chemotherapeutics, as well as exhibit synergistic effects that affect cancer cells more than normal cells by affecting different pathways (Mokhtari et al., 2017). Combination with phytochemicals reduces the incidence of drug resistance, as chemotherapeutics are more effective when used at lower doses than normal (Albain et al., 2008). Considering all these, it becomes interesting to reveal the anticancer effects of phytochemicals, especially when used in combination with each other. Quercetin (QUR), 3,3′,4′,5,7-pentahydroxyflavone, is a plant phytochemical that is widely found in many fruits and vegetables and belongs to the flavonoid class of polyphenolic compounds. In addition to the antioxidant, anti-inflammatory, and antimicrobial effects (Lamson & Brignall, 2000) of QUR, its anticancer activity has been reported especially on apoptosis, angiogenesis, and cell cycle (Kashyap et al., 2016). Luteolin (LTN), 3′,4′,5,7-tetrahydroxyflavone, is a flavonoid that can be found in fruits and vegetables such as broccoli, green pepper, parsley, carrot, and pumpkin (Miean & Mohamed, 2001). There are many studies showing that LTN has various biological activities such as antioxidant, anti-inflammatory, anti-microbial (Nabavi et al., 2015), and anticancer effects (Ganai et al., 2021).

The aim of this study was to elucidate the molecular mechanism of action of the combination of QUR and LTN on MCF-7 (Michigan Cancer Foundation-7) breast cancer cells and to investigate their synergistic effects.

MATERIALS AND METHODS

Cell line, cell culture, and reagents

Human breast cancer MCF-7 cell line were used in this study. The cells were cultured in DMEM (Dulbecco's Modified Eagle Medium) with L-glutamine containing 10% FBS (Fetal bovine serum), and 1% penicillin/streptomycin, and maintained in a humidified incubator at 5% CO_2, 37 °C. QUR and LTN, acridine orange (AO), ethidium bromide (EB) from Sigma Aldrich Co.; DMEM, penicillin/streptomycin, and FBS from Lonza Co.; pure link RNA mini kit from Life Technologies Co.; WST-1 cytotoxicity test kit from Boster Co., *Caspase-3*

colorimetric assay kit from BioVision Co.; 2 x qPCRBIO SyGreen mix Lo-ROX kit from PCR Biosystems Co., and high capacity cDNA reverse transcriptase kit from Thermo Fisher Scientific Inc. were used in studies.

Cytotoxicity assay and combination index

Cytotoxicity analyses were performed using WST-1 cell viability assay according to the manufacturer's protocol. 1×10^4 MCF-7 cells/well were seeded into a 96-well plate and after overnight incubation, increasing doses of mono- and combo- QUR and LTN (10, 20, 40, and 80 µM) treatments were performed for 24 h. After the treatments were completed, the wells were aspirated, fresh medium was placed into the wells, and 10 µl of WST-1 reagent was added. The absorbances were measured at 450 nm wavelength after 2 h, and percent cytotoxicity and IC_{50} (half maximal inhibitory concentration) values were calculated. Isobologram analysis allows the determination of synergism between two compounds or drugs in combined treatment. The interaction between QUR and LTN was assessed by the combination index (CI) with the isobologram and median effect equation method using CompuSyn software. CI<1, =1 and >1 indicate synergism, additive effect and antagonism, respectively (Chou, 2006).

Colony formation assay

0.5×10^3 MCF-7 cells seeded in 6 well plates were treated with 5 µM QUR, 5 µM LTN, 15 µM QUR, 15 µM LTN, 5 µM QUR + 5 µM LTN, and 15 µM QUR + 15 µM LTN treatments for 24 h the next day. After 12 days of culture in fresh medium, the cells were fixed with methanol/acetic acid mixture, and stained with crystal violet.

Wound scratch assay

Fully confluent monolayer cells seeded in 6-well plates were scraped using a sterile pipette to create a wound scratch. After initiating 40 µM QUR and 40 µM LTN mono- and combo-treatments, images of cells in the scratch area were captured at 10x magnification under an inverted microscope at 0, and 24 h.

Cell apoptosis assay

AO/EB dual staining was performed to detect apoptosis in cells morphologically. After 24 h of treatments, cells were stained with AO/EB mixture. Finally, apoptotic and normal cells were counted under a fluorescent-attached inverter microscope, and the percentage of apoptosis was calculated.

Caspase activity assay

Caspase-3 activity was measured using a colorimetric activity test kit (BioVision Co.). The test is based on the cleavage of the chromogenic substrate DEVD-pNA by *Caspase-3*. Cells were lysed in cold lysis buffer for 30 min and centrifuged. 5 µL of 4 mM DEVD-pNA substrate was added, and after 2 h of incubation under culture conditions, measurements were made with an ELISA reader at 405 nm. *Caspase-3* amounts were calculated as fold change.

RNA extraction and qRT-PCR

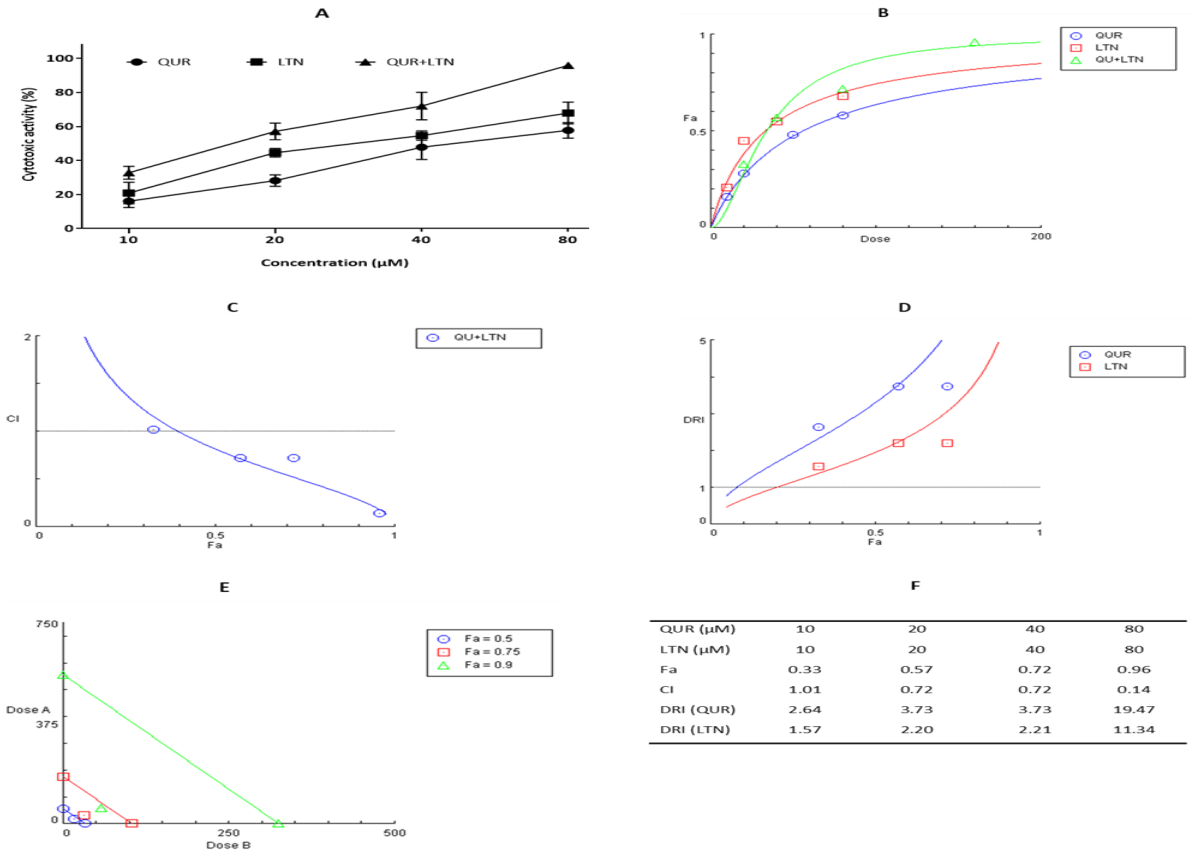
Total RNA was extracted from cells using the Pure Link RNA Mini Kit. Then, cDNA synthesis with the High Capacity cDNA Reverse Transcriptase kit and quantification with the SYBR Green kit were performed using a real-time PCR device (Rotor-Gene Q, Qiagen), according to the manufacturer's protocols. *p53* (forward primer: 5'-gtccaacaacaccagctcct-3'; reverse primer: 5'-cctcattcagctctcggaac-3'), *Bcl-2* (forward primer: 5'-gtgaactgggggaggattgt-3'; reverse primer: 5'-ggagaaatcaaacagaggcc-3'), and β-*actin* (forward primer: 5'-ctcttccagccttccttcct-3'; reverse primer: 5'-agcactgtgttggcgtacag-3') primers were used in studies (Erdogan et al., 2022), and mRNA expression levels were determined by the comparative threshold cycle (Ct) method (2-ΔCt) (Livak & Schmittgen, 2001) for relative quantification. β-*actin* was used for normalization. The relative amounts of genes are shown as the fold change in their expression.

Statistical analysis

Statistical analysis of quantitative data from all experiments were performed using the one-way ANOVA and Tukey's multiple comparison tests with GraphPad Prism software. Data are presented as the mean ± SD of three experiments, and $p < 0.05$ was considered statistically significant.

RESULTS AND DISCUSSION

The serious side effects of traditional approaches to cancer treatment and the great burden they create on the healthcare system have recently led to increased interest in phytochemicals, that have the potential to regulate multiple cellular mechanisms with fewer side effects. The fact that phytochemicals inhibit the proliferation, invasion and migration of cancer cells, as well as induce their death and apoptosis, makes these compounds strikingly alternative for cancer treatment (Rizeq et al., 2020). In this study, the cytotoxic and apoptotic effects of monotherapeutic and combotherapeutic use of QUR and LTN in MCF-7 cells were investigated. The results of the cytotoxicity analysis are given in Figure 1. As seen in Figure 1.A, while QUR and LTN monotherapy exhibited concentration-dependent cytotoxic activity, this activity was seen to be more pronounced in combotherapy. It was observed that MCF-7 breast cancer cells treated with 80 µM QUR plus 80 µM LTN inhibited their viability by around 96%. IC_{50} values for QUR and LTN were determined as 55.5 ± 7.2 µM and 32.8 ± 2.9 µM, respectively. In order to evaluate the interaction between QUR and LTN, isobologram analyses were performed using CompuSyn program. Figure 1.B and 1.C show the dose-effect plots and combination index graphs, respectively. The combination indexes (CI) of the four tested combinations (10 µM, 20 µM, 40 µM, and 80 µM QUR plus LTN) were found to be 1.01, 0.72, 0.72, and 0.14, respectively. Since CI <1 indicates synergism (Chou, 2006), three of the four tested combinations (20 µM, 40 µM, and 80 µM QUR plus LTN) appear to have synergistic interactions. In addition, these three combinations had DRI (dose reduction index)>1, which means favourable combinations (Figure 1.D). The isobologram graph (Figure 1.E) and CompuSyn analysis data (Figure 1.F) also provide interesting results in terms of demonstrating the synergistic effect of QUR+LTN treatment.



F

QUR (µM)	10	20	40	80
LTN (µM)	10	20	40	80
Fa	0.33	0.57	0.72	0.96
CI	1.01	0.72	0.72	0.14
DRI (QUR)	2.64	3.73	3.73	19.47
DRI (LTN)	1.57	2.20	2.21	11.34

Figure 1. Cytotoxic activity of QUR and LTN mono- and combo- treatments on MCF-7 cells at 10-20-40-80 µM concentrations. **A.** The findings obtained from the WST-1 cell viability analysis were evaluated and % cytotoxic activities were determined. Cytotoxicity data analyzed with the CompuSyn program were used to determine whether there was synergism between QUR and LTN. **B.** Dose-effect plots of QUR, LTN and QUR + LTN (Fa, fraction affected). **C.** Combination index (CI) graph. CI <1 indicates synergism. **D.** Graph showing DRI values of QUR and LTN. DRI >1 indicates favourable combinations. **E.** Isobologram graph showing the concentrations required for 90% (Fa 0.9), 75% (Fa 0.75) and 50% (Fa 0.5) inhibition for each agent. **F.** CompuSyn analysis data. Data show the results of three replicate experiments. QUR and QU;quercetin, LTN;luteolin, Fa;Fraction affected.

The efficacy of QUR and LTN on survival and proliferation in MCF-7 cell line by clonogenic assay was estimated. In clonogenic assay, 5 and 15 µM concentrations of both compounds were used in mono- and combo-treatment groups. As clearly seen in Figure 2, 5 µM monotherapies (P<0.05) caused a significant decrease in the colony number of MCF-7 cells compared to untreated control group cells, while this decrease was more significant in combined treatment compared to both control group (P<0.05) and QUR treated group (P<0.05). Likewise, the findings show that 15 µM treatment decreased the colony number in QUR (P<0.05), LTN (P<0.01), and combined (P<0.01) treatment compared to the control cells. In addition, it was observed that MCF-7 cells treated with QUR + LTN showed higher inhibition of the tendency to form colonies compared to MCF-7 cells treated with monotherapies (P<0.05). Moreover, combined therapy was shown to be more effective than monotherapy by colony survival experiments, which was consistent with cytotoxicity analysis.

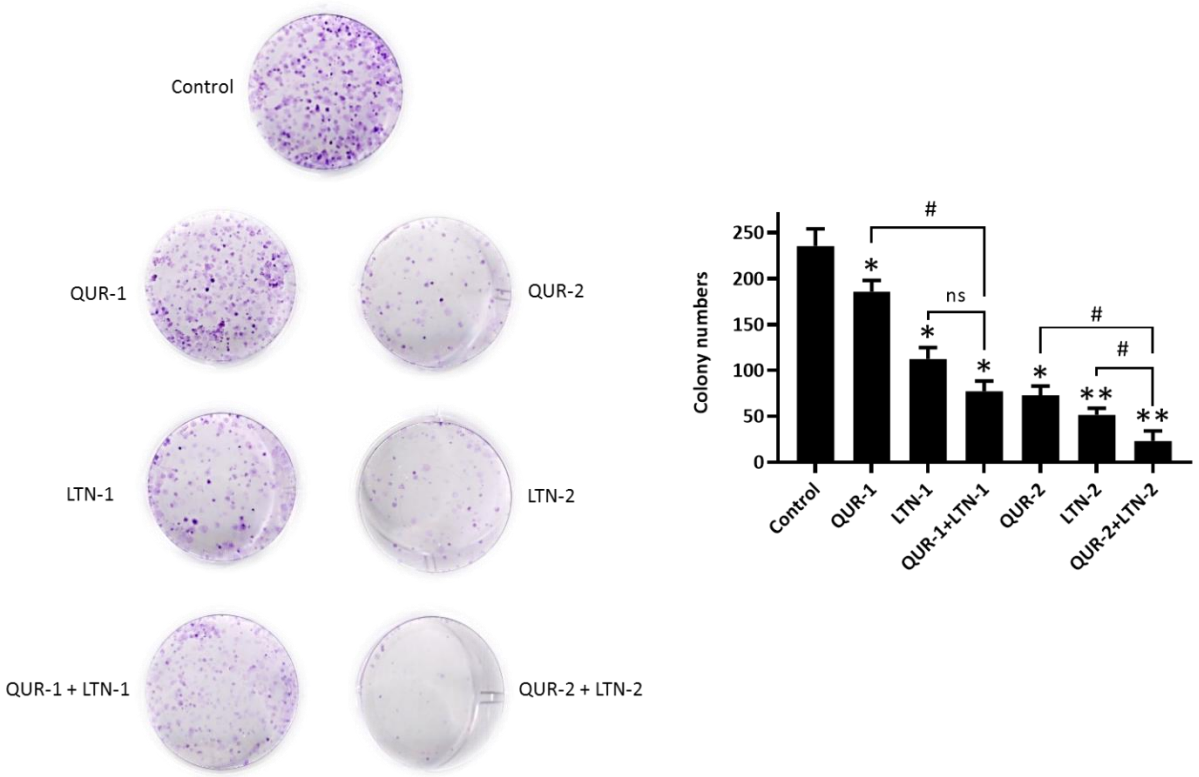


Figure 2. Clonogenic assay findings. The effects of different concentrations of QUR and LTN mono- and combo-treatments on colony survival in MCF-7 cells were observed. Colony numbers were determined and expressed graphically. QUR-1; 5 µM quercetin, LTN-1; 5 µM luteolin, QUR-2; 15 µM quercetin, LTN-2; 15 µM luteolin. represent the results of three replicate experiments as mean+SD. *P<0.05, ** P<0.01; compared to control. # P<0.05, ns:not significant; compared to QUR-1/2 or LTN-1/2 treatments.

In vitro wound healing assay was performed to evaluate the anti-metastatic abilities of monotherapeutic and combination treatments of QUR and LTN on MCF-7 cells. The width of the wound scratch areas captured in microscope images at 0 and 24 h after treatment was evaluated. As seen in Figure 3, both monotherapies (P<0.05), and combination treatment (P<0.01) significantly suppressed cell migration compared to the control group. It was also observed that the wound scratch in the combination treatment group remained significantly wider at 24 h compared to the monotherapy groups (P<0.05). This result shows that the combined treatment suppressed cell migration more than monotherapies.

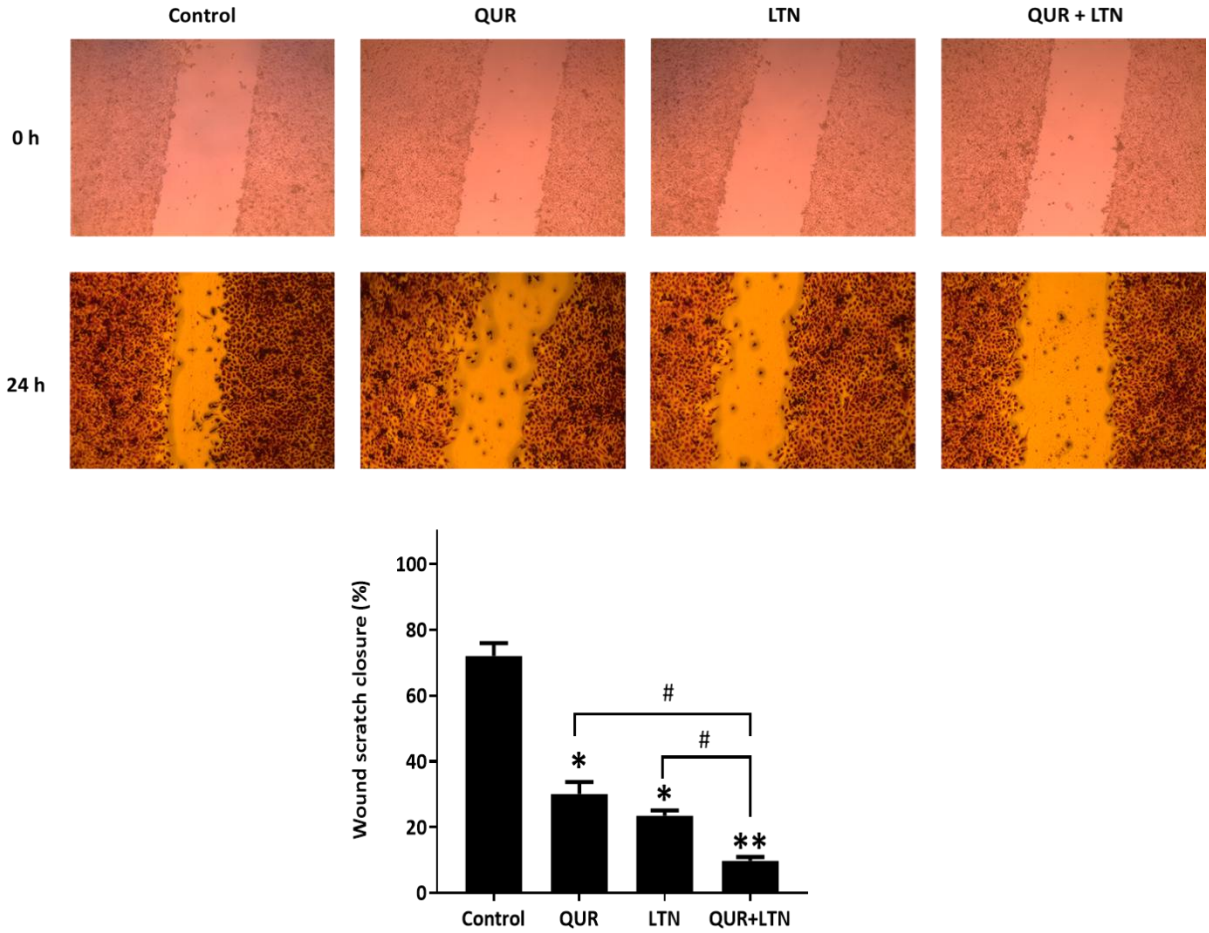


Figure 3. Cell migration analysis findings. The effect of QUR and LTN mono- and combo- treatments on cell migration in MCF-7 cells was determined by wound healing analysis. The rate of wound closure was given as a percentage by taking microscope images at 0 and 24 h of treatments and normalized each group with its own control. QUR; quercetin, LTN; luteolin. Data represent the results of three replicate experiments as mean+SD. *P<0.05, ** P<0.01; compared to control. # P<0.05; compared to QUR or LTN treatments.

Apoptosis is known as programmed cell death, and avoiding apoptosis is a characteristic feature of cancer cells. Therefore, it is suggested that the regulation and activation of molecular mechanisms that will direct cells to apoptosis should be at the center of new treatment approaches to cancer (Hanahan, 2022). Despite the great therapeutic potential of phytochemicals, insight into the molecular effects of their combined use on different cellular signaling pathways is critical to understanding their interactions. Increasing evidence from clinical and preclinical studies reveals the inhibitory role of phytochemicals in cancer development and progression through their positive regulatory effect on apoptotic signaling pathways (Choudhari et al., 2020). The effects of QUR and LTN mono- and combo-therapies on the morphology of cancer cells were determined by AO/EB dual staining, and analyzed under a fluorescence-attached inverter microscope. After incubation with the 40 µM QUR and 40 µM LTN mono- and combo-treatments for 24 h, some morphological changes were observed in the cells, such as condensation of chromatin material and formation of apoptotic bodies, which are cellular signs of apoptosis. While live cells form a green color because they take up AO and do not take up EB, apoptotic cells turn orange-red when EB penetrates the cell (Figure 4.A). As shown in Figure 4.B, the number of apoptotic cells increased significantly in cancer cells that received both monotherapy and combination therapy (P<0.05 and P<0.01, respectively). In addition, combined treatment significantly triggered the formation of apoptotic cell morphology compared to both the monotherapies (P<0.01). Figure 4.C shows the effect of treatments on *Caspase-3* activity, an important apoptotic factor. While QUR and LTN increased the amount of *Caspase-3* by 2.8 and 3.9 fold, respectively, this increase was not found to be statistically significant (P>0.05). However, *Caspase-3* activity increased significantly in cells that received combination therapy (p<0.01), and this increase was also greater compared to monotherapies (P<0.05 and P<0.01). The expression levels of *p53* gene, an important tumor

suppressor, increased with monotherapies (P<0.05), but exhibited a sharper increase with combined treatment compared to control (P<0.01), and monotherapies (P<0.01) (Figure 4.D). In addition, anti-apoptotic *Bcl-2* gene expression decreased with QUR and LTN treatments (P<0.05), while a significant decrease was observed with QUR plus LTN combined treatment compared to both control (P<0.01), and QUR treatment (P<0.05) (Figure 4.E).

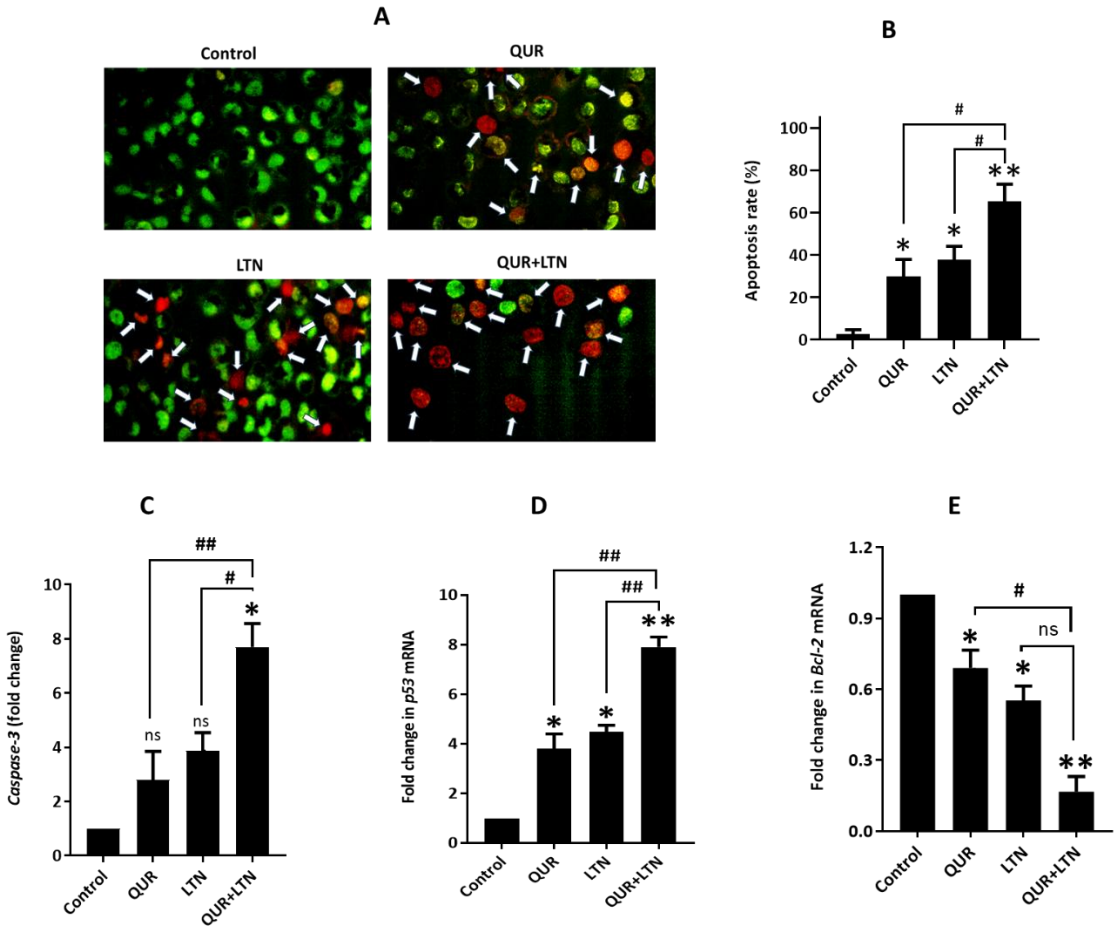


Figure 4. Apoptotic effect on MCF-7 cells of QUR, LTN and QUR+LTN treatments. **A.** Microscope images of cells exposed to AO/EB dual staining after treatments. White arrows mark apoptotic cells. **B.** The ratio of apoptotic cells visualized by AO/EB dual staining analysis was expressed graphically. **C.** *Caspase-3* levels were given as fold change. *p53* (**D**), and *Bcl-2* (**E**) mRNA levels were quantitatively calculated as fold change. *P<0.05, ** P<0.01, ns:not significant; compared to control. # P<0.05, ## P<0.01, ns:not significant; compared to QUR or LTN treatments.

LTN acts by inducing apoptosis and autophagy, and inhibiting cell invasion and migration in cancer cells. Studies have demonstrated the anticancer activity of QUR in cancer cells through inhibition of angiogenesis, arrest of the cell cycle, induction of apoptosis and DNA damage (Talib et al., 2022). It has been reported that the combined use of plant-derived natural compound treatments at low doses exhibits more effective anticancer activity than their monotherapeutic use at high doses (Sauter, 2020). The combination approaches are interesting in cancer treatment as they target different cellular pathways in a distinct and synergistic manner (Mokhtari et al., 2017). Many preclinical studies have shown that combined phytochemical treatments significantly increase anticancer activity (Fantini et al., 2015; Nikanjam et al., 2017). The combined use of phytochemicals, including quercetin, curcumin, and resveratrol, on breast cancer cell lines has been shown to have a synergistic effect by suppressing proliferation and cell migration, arresting the cell cycle, and increasing apoptotic activity (Rizeq et al., 2020). A study revealed that the combination of LTN and QUR with 5-Fluorouracil had synergistic apoptotic and antiproliferative effects on HT-29 colorectal cancer cells, thereby minimizing the side effects of 5-FU (Erdogan et al., 2022). The combination of QUR and LTN was reported to inhibit the invasion and migration of squamous carcinoma (Fan et al., 2019), and led to metastatic inhibition of A431 cervical cancer cells (Lin et al., 2017). In line with all these studies, in this study, QUR plus LTN combination showed cytotoxic

and apoptotic activity in MCF-7 cells, while inhibiting colony survival and cell migration. Considering the side effects of current conventional treatments, this study contributes to revealing the great potential of combined use of phytochemicals to minimize these undesirable effects. More studies are needed to reveal effective phytochemical combinations that can support conventional treatments.

CONCLUSION

In conclusion, this study, which was conducted to determine the cytotoxic and apoptotic effects of the combination of QUR plus LTN, revealed that the combined treatment showed critical cytotoxic activity on MCF-7 cells, and that there was a synergistic interaction between these two phytochemicals. It was also observed that the combination therapy significantly inhibited colony survival and cell migration compared to monotherapy. All these effects suggest that the combination therapy, which was determined to have a regulatory role on some pro-apoptotic markers such as *Caspase-3* and *p53*, and anti-apoptotic markers such as *Bcl-2*, triggered apoptosis. Supporting the interesting findings obtained from this study with comprehensive *in vitro* and *in vivo* experiments in the future may pave the way for the evaluation of the combination of QUR and LTN as a chemotherapeutic agent.

Acknowledgements: The author would like to thank Bingöl University Cancer Research Laboratory and its staff.

Conflict of Interest Statement: The author declare that there are no conflicts of interest.

Contribution Rate Statement Summary of Researchers: The author confirms that he has sole responsibility for the design of the study, methodology, conduct of experiments, evaluation and interpretation of results, and preparation of the manuscript.

AUTHOR ORCID NUMBER

Mehmet Kadir ERDOĞAN https://orcid.org/0000-0002-1579-5737

REFERENCES

Albain, K. S., Nag, S. M., Calderillo-Ruiz, G., Jordaan, J. P., Llombart, A. C., Pluzanska, A., O'Shaughnessy, J. 2008. Gemcitabine plus paclitaxel versus paclitaxel monotherapy in patients with metastatic breast cancer and prior anthracycline treatment. *Journal of Clinical Oncology*, 26(24), 3950-3957.

Bray, F., Laversanne, M., Sung, H., Ferlay, J., Siegel, R. L., Soerjomataram, I., Jemal, A. 2024. Global cancer statistics 2022: GLOBOCAN estimates of incidence and mortality worldwide for 36 cancers in 185 countries. *CA: a cancer journal for clinicians,* 74(3), 229-263.

Chou, T. C. 2006. Theoretical basis, experimental design, and computerized simulation of synergism and antagonism in drug combination studies. *Pharmacological reviews*, *58*(3), 621-681.

Choudhari, A. S., Mandave, P. C., Deshpande, M., Ranjekar, P., Prakash, O. 2020. Phytochemicals in cancer treatment: From preclinical studies to clinical practice. *Frontiers in pharmacology*, 10, 1614.

Erdogan, M. K., Agca, C. A., Askın, H. 2022. Quercetin and luteolin improve the anticancer effects of 5-fluorouracil in human colorectal adenocarcinoma in vitro model: A mechanistic insight. *Nutrition and cancer*, 74(2), 660-676.

Fan, J. J., Hsu, W. H., Lee, K. H., Chen, K. C., Lin, C. W., Lee, Y. L. A., Cheng, C. H. 2019. Dietary flavonoids luteolin and quercetin inhibit migration and invasion of squamous carcinoma through reduction of Src/Stat3/S100A7 signaling. *Antioxidants*, 8(11), 557.

Fantini, M., Benvenuto, M., Masuelli, L., Frajese, G. V., Tresoldi, I., Modesti, A., Bei, R. 2015. In vitro and in vivo antitumoral effects of combinations of polyphenols, or polyphenols and anticancer drugs: Perspectives on cancer treatment. *International journal of molecular sciences*, 16(5), 9236-9282.

Ganai, S. A., Sheikh, F. A., Baba, Z. A., Mir, M. A., Mantoo, M. A., Yatoo, M. A. 2021. Anticancer activity of the plant flavonoid luteolin against preclinical models of various cancers and insights on different signalling mechanisms modulated. *Phytotherapy Research*, *35*(7), 3509-3532.

George, B. P., Chandran, R., Abrahamse, H. 2021. Role of phytochemicals in cancer chemoprevention: Insights. *Antioxidants*, 10(9), 1455

Hanahan, D. 2022. Hallmarks of cancer: new dimensions. *Cancer discovery*, 12(1), 31-46.

Kashyap, D., Mittal, S., Sak, K., Singhal, P., Tuli, H. S. 2016. Molecular mechanisms of action of quercetin in cancer: recent advances. *Tumor Biology*, 37, 12927-12939.

Khdair, A., Chen, D., Patil, Y., Ma, L., Dou, Q. P., Shekhar, M. P., Panyam, J. 2010. Nanoparticle-mediated combination chemotherapy and photodynamic therapy overcomes tumor drug resistance. *Journal of Controlled Release*, 141(2), 137-144.

Lamson, D. W., & Brignall, M. S. 2000. Antioxidants and cancer, part 3: quercetin. *Alternative medicine review: a journal of clinical therapeutic*, 5(3), 196-208.

Lin, T. H., Hsu, W. H., Tsai, P. H., Huang, Y. T., Lin, C. W., Chen, K. C., Cheng, C. H. 2017. Dietary flavonoids, luteolin and quercetin, inhibit invasion of cervical cancer by reduction of UBE2S through epithelial–mesenchymal transition signaling. *Food & Function*, 8(4), 1558-1568.

Livak, K. J., & Schmittgen, T. D. 2001. Analysis of relative gene expression data using real-time quantitative PCR and the 2− ΔΔCT method. *Methods*, 25(4), 402-408.

Manson, M. M. 2003. Cancer prevention–the potential for diet to modulate molecular signalling. *Trends in molecular medicine*, 9(1), 11-18.

Miean, K. H., & Mohamed, S. 2001. Flavonoid (myricetin, quercetin, kaempferol, luteolin, and apigenin) content of edible tropical plants. *Journal of agricultural and food chemistry*, *49*(6), 3106-3112.

Mokhtari, R. B., Homayouni, T. S., Baluch, N., Morgatskaya, E., Kumar, S., Das, B., Yeger, H. 2017. Combination therapy in combating cancer. *Oncotarget*, 8(23), 38022.

Morales-Durán, N., León-Buitimea, A., Morones-Ramírez, J. R. 2024. Unraveling resistance mechanisms in combination therapy: A comprehensive review of recent advances and future directions. *Heliyon*.

Nabavi, S. F., Braidy, N., Gortzi, O., Sobarzo-Sanchez, E., Daglia, M., Skalicka-Woźniak, K., Nabavi, S. M. 2015. Luteolin as an anti-inflammatory and neuroprotective agent: A brief review. *Brain research bulletin*, *119*, 1-11.

Nikanjam, M., Liu, S., Yang, J., Kurzrock, R. 2017. Dosing three-drug combinations that include targeted anti-cancer agents: analysis of 37,763 patients. *The oncologist*, 22(5), 576-584.

Rizeq, B., Gupta, I., Ilesanmi, J., AlSafran, M., Rahman, M. M., Ouhtit, A. 2020. The power of phytochemicals combination in cancer chemoprevention. *Journal of Cancer,* 11(15), 4521.

Sauter, E. R. 2020. Cancer prevention and treatment using combination therapy with natural compounds. *Expert review of clinical pharmacology*, 13(3), 265-285.

Talib, W. H., Awajan, D., Hamed, R. A., Azzam, A. O., Mahmod, A. I., Al-Yasari, I. H. 2022. Combination anticancer therapies using selected phytochemicals. *Molecules,* 27(17), 5452.

Yap, T. A., Omlin, A., De Bono, J. S. 2013. Development of therapeutic combinations targeting major cancer signaling pathways. *Journal of clinical oncology*, 31(12), 1592-1605.

Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi 12(1): 145–156, 2025
https://doi.org/10.30910/turkjans.1586719

TÜRK TARIM ve DOĞA BİLİMLERİ DERGİSİ

TURKISH JOURNAL of AGRICULTURAL and NATURAL SCIENCES

www.dergipark.gov.tr/turkjans

Araştırma Makalesi

Çevre Vergisi Karbon Emisyonlarını Azaltmakta Mı? Panel Eşbütünleşme Analizi

Dilek ATILGAN*

[1]Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İktisat Bölümü, Kahramanmaraş

*Sorumlu Yazar: dilekatilgan@ksu.edu.tr

Geliş Tarihi: 17.11.2024 Düzeltme Geliş Tarihi: 23.12.2024 Kabul Tarihi: 23.12.2024

ÖZ

Sera gazı emisyonlarının atmosfere salınması nedeniyle hızlı iklim değişikliği ve küresel ısınma dünya gündemine damgasını vurmuştur. Sera gazı emisyonlarının etkisinin azaltılması ile mücadelede çevre vergileri en yaygın kullanılan vergilerdir. Ancak çevre vergilerinin sera gazı emisyonları arasındaki karşılıklı bağlantısına odaklanan teorik ve ampirik kanıtlara ilişkin mevcut literatür oldukça yetersizdir. Bu çalışma G7 (Kanada, Fransa, Almanya, İtalya, Japonya, İngiltere ve ABD) ülkelerinde çevre vergisinin karbon (CO2) emisyonunu azaltmada başarılı olup olmadığını incelemektedir. 1994-2014 yıllık veri seti kapsamında çevre vergisinin CO2 emisyonu üzerindeki etkisi kişi başı gayri safi yurtiçi hâsıla (GSYH), enerji tüketimi, yenilenebilir enerji tüketimi gibi değişkenler ile emisyon üzerinde ana etkenlerin önemini araştırmaktadır. Ekonometrik analizler için eşbütünleşme ve eşbütünleşme katsayı tahminci yöntemleri kullanılmıştır. Bulgular, gelirin ve enerji tüketiminin CO2 emisyonları üzerindeki etkisinin pozitif ve istatistiksel olarak anlamlı olduğu yönünde iken çevre vergisinin CO2 emisyonları üzerindeki etkisinin negatif ve istatistiksel olarak anlamlı olduğu yönündedir. Buna göre ilgili ülkelerde çevre vergisi CO2 emisyonlarını azaltmada başarılı sonuçlar ortaya koymaktadır.

Anahtar kelimeler: Çevre vergisi, CO2 emisyonu, eşbütünleşme testi.

Does Environmental Tax Reduce Carbon Emissions? Panel Cointegration Analysis

ABSTRACT

Rapid climate change and global warming due to the release of greenhouse gas emissions into the atmosphere have left their mark on the world agenda. Environmental taxes are the most commonly used taxes in the fight against reducing the effect of greenhouse gas emissions. However, the existing literature on theoretical and empirical evidence focusing on the interconnection between environmental taxes and greenhouse gas emissions is quite inadequate. This study examines whether environmental taxes are successful in reducing carbon (CO2) emissions in G7 (Canada, France, Germany, Italy, Japan, England and USA) countries. Within the scope of data obtained from 1994 to 2014, the impact of environmental tax on CO2 emissions is investigated with variables such as gross domestic product (GDP) per capita, energy use, renewable energy consumption and the importance of the main factors on emissions. Cointegration and cointegration coefficient estimator methods were used for econometric analyses. The findings are that the impact of income and energy use on CO2 emissions is positive and statistically significant, while the impact of environmental tax on CO2 emissions is negative and statistically significant. Accordingly, in the relevant countries, environmental tax produces successful results in reducing CO2 emissions.

Key words: Environmental tax, CO2 emissions, cointegration test.

GİRİŞ

Ülkeler sürdürülebilir kalkınma üzerinde olumsuz etkilere neden olan çevresel zorluklarla karşı karşıyadır. Çevresel zorluklarla başa çıkma isteği ve kapasitesi son yıllarda dünya çapında artmıştır (Karmaker ve ark ., 2021). Çevresel problemlerin artması ile birlikte insanlık üzerindeki olumsuz etkilerinin kabul edilmesi problemlerin ele alınmasına ve maliyeti caydırıcı olabilecek çevresel iyileştirme için gerekli adımların atılmasını ön plana çıkarmıştır. Sera gazı bileşiklerinden (Metan (CH4), Nitröz Oksit (N2O), Hidroflorür karbonlar (HFCs), Perfloro karbonlar (PFCs) vb.) olan CO2 emisyonları çevresel problemlerin/kirliliğin başlıca nedenidir. 2021 yılında tüm sera gazı emisyonlarının üçte ikisini CO2 emisyonları oluştursa da metan dâhil diğer gazlar da aynı zamanda yıkıcı ve küresel ısınma için tehdittir (Shammre ve ark., 2023). 2022 yılında Dünya Meteoroloji Örgütünün yayımlandığı sera gazı raporunda CO2 emisyonu küresel ortalamasının ilk defa sanayi devrimi öncesi seviyesine göre %50'nin üzerine çıktığını duyurmuştur (wmo.int, 2024). CO2 emsiyonlarındaki artış sıcaklık artışlarını beraberinde getirerek buzulların erimesine, deniz seviyesinin yükselmesine ve verimli tarım arazilerinin sular altında kalmasına yol açacaktır (Çukurçayır ve Sağır, 2008). Bu bakımdan toplumlar küresel ısınma ve biyoçeşitlilik kaybıyla insanların ihtiyaçlarını gezegene zarar vermeden karşılayabilecek bir ekonomik model kurmak zorundadır. Araştırmacılar ve politika yapıcılar çevresel kirliliği azaltmaya ve iklim değişikliği ile küresel ısınmayı hafifletmeye yardımcı olacak politikaları ve önlemleri analiz etmeye odaklanmıştır.

Sera gazı emisyonlarının etkilerini azaltabilmek için Kyoto Protokolü uluslararası bir anlaşma niteliği taşımaktadır. Anlaşmada toplam CO2 emisyonu salınımlarının en az %55'inden sorumlu olan ülkelerin anlaşma protokolünü onaylaması ve anlaşma kapsamında bulunması gerektiği vurgulanmıştır (csb.gov.tr, 1998). Ülke ekonomileri, sera gazı emisyonlarının etkilerini azaltmak için çevre vergileri, karbon yakalama ve depolama, karbon fiyatlama ve karbon ticareti gibi uygulamalara yönelmiştir. Bu uygulamalar çevresel bozulmayı engelleyebilecek potansiyel bir seçenek olarak görülse de en yaygın kullanılanı çevre vergisidir (Kılıç ve Altıparmak, 2020; Shammre ve ark., 2023). Çevre vergilerinin temel amacı, gelir elde etmek veya kârı artırmak değil, çevresel dışsallıkların hesap verebilirliğini zorlayarak davranışları değiştirmektir (IIPC, 2013). Literatürde son yirmi yılda çevre vergilerinin daha temiz üretim süreçlerini ve tüketim davranışlarını motive etmedeki rolü giderek daha fazla tartışılmaktadır. Geleneksel ekonomik anlayışa göre, vergilerin uygulanması nedeniyle normal malların fiyatlarında meydana gelen artış talebi azaltabilmektedir. Ampirik literatürde çevre vergilerinin karbon ayak izini ve çevreye verilen zararı azaltmada başarılı olup olmadığına ilişkin bulgulara yönelik farklı sonuçlar ortaya çıkmıştır. Çalışmaların bir kısmında çevre vergilerinin çevre kalitesinin bozulmasına neden olduğu görüşü belirtilmekte iken (Ciaschin ve ark., 2012; Borozan, 2019; Wang ve Wei, 2019) diğer kısımda çevre vergilerin CO2 emisyonlarını azaltmada başarılı olduğu görüşü vurgulanmıştır (Farooq ve ark., 2019; Yunzhao, 2022; Shammre ve ark., 2023).

Çevre vergisi konusunda ilk öncü çalışma, olumsuz dışsallıkları içselleştirmek için çevre vergisinin uygulanması teorisini öne sürmüştür (Pigou, 1920). Çevre vergileri Pigou vergilerinin özel bir uygulama biçimidir. Pigou vergileri negatif dışsallıkların içselleştirilmesinde marjinal özel maliyet ile marjinal sosyal maliyet arasındaki fark kadar vergi konulması hedefleyen birim başına emisyon ve / veya kirlilik üzerinden alınan spesifik esaslı vergilerdir (Polat ve Polat, 2018). Yani Pigou vergisi, refahı en üst düzeye çıkarmak için sera gazı emisyonlarının vergilendirilmesi gereken miktardır (Tol, 2018). Çevre vergilerinin kullanılmasının sera gazı emisyonlarını azaltabileceği ve daha temiz ve sağlıklı bir çevreye sahip olmak için enerji ve yeşil teknolojilerin etkin kullanımını teşvik edebileceği vurgulanmaktadır (Shahzad, 2020).

Vergilerin çevresel kirlilik üzerindeki etkisine ilişkin literatür nispeten yeni ve bu alanda yapılan teorik ve ampirik çalışmalar yetersizdir. Panel veri çalışmalarının çoğu veri mevcudiyeti nedeniyle gelişmiş ülkeler üzerinde yoğunlaşmış ve elde edilen sonuçların gelişmekte olan ülkeler için önemli olduğu söylenebilir. Çevre vergisinin CO2 emisyonlarını azaltıp azaltmadığını/ başarılı olup olmadığını incelemeyi amaçlayan bu çalışmada G7 ülkeleri araştırılmıştır. G7 ülkelerinin çalışmada ele alınmasının önemli noktaları bulunmaktadır. İlgili üye ülkelerin çoğu sera gazı emisyonlarını 2050 yılına kadar net sıfıra indirme ve dünyayı olumlu bir iklime dayanıklı yörüngeye geri döndürme sözü vermiştir (Haug ve ark., 2015). Bu bakımdan CO2 emisyonlarıyla mücadele için etkili bir araç olarak karbon fiyatlandırma politikası benimsemiştir. Söz konusu ülkeler karbon nötrlüğü hedeflerine ulaşmak için optimum çevre tabanlı vergiler tasarlamakta ve temiz enerjiyle ilgili kalkınma araştırmaları üzerine politikalar oluşturmaktadır. Ayrıca dünyanın en büyük ekonomileri olan G7 ülkelerinin küresel emisyonların yaklaşık %31'den sorumlu olduğu bilinmektedir (Qin ve ark., 2021). İfade edilen noktalar G7 ülkelerinde çevre vergisinin karbon emisyonları üzerinde etkisinin araştırmasını önemli hale getirmektedir. Çevre vergisi verisinin ilgili ülkelerde 1994 yılından 2014 yılına kadar ulaşılması çalışmanın sınırlılığını oluşturmaktadır. Analizlere CO2 emisyonu ve çevre vergisi dışında GSYH, enerji tüketimi ve yenilenebilir enerji tüketimi gibi kontrol değişkenler eklenmiştir.

Seçilen örneklemin önemi, kullanılan ekonometrik yöntemlerin güncel olması ve eşbütünleşme tahminci testlerinden Common Correlated Effect (CCE) yönteminin kullanılması çalışmanın ana motivasyonunu

oluşturmaktadır. Özellikle CCE eşbütünleşme tahminci testinin klasik tahmin yöntemleriyle karşılaştırıldığında içsellik, durağan olmama, yatay kesit bağımlılığı ve heterojenlik gibi problemlerle başa çıkma gibi birçok avantajı bulunduğundan çalışmanın literatüre katkı sağlaması beklenmektedir. Çalışmada yatay kesit bağımlılığı, eğim katsayısı homojenliği, panel birim kök testi ve eşbütünleşme ve eşbütünleşme katsayı tahmini gibi ileri panel ekonometrik teknikler kullanılmıştır.

Makale takip eden bölümler şu şekilde tasarlanmıştır. Çevre vergisi, enerji tüketimi ve CO2 emisyonlar arasındaki bağlantıya ilişkin literatürdeki güncel çalışmalar verilmektedir. Daha sonra veri seti ve yöntemler açıklanmakta olup ekonometrik bulgular raporlanmaktadır. Son olarak sonuç kısmında politika önerileri aktarılarak gelecekteki çalışmalar için görüşler sunulmuş ve çalışma sonlandırılmıştır.

LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Literatürde son yıllarda artan tartışma, CO2 emisyonlarını azaltmaya ve düşük karbonlu bir ekonomiyi teşvik etmeye yönelik politika araçlarının geliştirilmesiyle ilgilidir. Bu kapsamda CO2 emisyonlarının azaltılmasında ve çevrenin iyileştirilmesinde çevre vergilerinin rolüne ilişkin teorik literatürü tamamlamak amacıyla ampirik çalışmalar artmıştır. Çevre vergisi konusunda ilk öncü çalışma Arthur Cecil Pigou (1920) tarafından ileri sürülmüştür. Çalışma olumsuz dışsallıkları içselleştirmek için bir çevre vergisinin uygulanması teorisini konu almıştır. Literatürde çevre vergilerinin CO2 emisyonlarını azaltmada başarılı olup olmadığına ilişkin ampirik çalışmalarda farklı sonuçlar tespit edilmiştir. Buna göre ampirik çalışmalarda, çevre vergilerinin CO2 emisyonlarını azalttığı ve başarılı sonuçlar ortaya koyduğunu (Lin ve Li, 2011; Alper, 2018; Ulucak ve ark., 2020; Sarıgül ve Topcu, 2021; Ghazouani ve ark., 2021; Bashir ve ark., 2021; Telatar ve Birinci, 2022; Doğan ve ark., 2022; Yunzhao, 2022; Shammre ve ark., 2023) vurgulayan çalışmalar olmasına rağmen, çevre vergilerinin çevre kalitesinin bozulmasına neden olduğu yönünde (Morley, 2012; Guo ve Wang, 2018) bulgularda mevcuttur. Çizelge 1'de konu ile ilgili literatürde yer alan çalışmaların bir kısmı irdelenerek özet halinde sunulmuştur.

Çizelge 1.Literatür Araştırması

Yazar(lar)	Ülke(ler)/Dönem	Ekonomik Yöntem	Değişkenler	Bulgular
Lin ve Li (2011)	17 AB Ülkesi / 1981-2008	Genelleştirilmiş Momentler Yöntemi (GMM)	CO2 Emisyonları, Gayri Safi Yurtiçi Hâsıla (GSYH), Enerji Fiyatı, Kentleşme Düzeyi, Ar-Ge, Nüfus	Finlandiya'da karbon vergisi CO2 emisyonlarını azaltmakta iken Danimarka, İsveç ve Hollanda'da bazı enerji yoğun endüstrilere uygulanan vergi muafiyeti politikaları nedeniyle karbon vergisinin azaltıcı etkileri zayıflatmaktadır.
Morley (2012)	AB Ülkeleri ve Norveç / 1995-2006	GMM	Gelir, Sermaye Oluşumu, Çevre Vergisi, Karbon Emisyonu ve Enerji Tüketimi	Çevre vergileri ile kirlilik arasında anlamlı bir negatif ilişki vardır ancak enerji tüketimi arasında bir ilişki yoktur.
Aydın ve Esen (2018)	15 AB Ülkesi / 1995-2013	Eşbütünleşme Analizi	CO2 Emisyonları, GSYH, Enerji Vergisi, Çevre Vergisi, Ar-Ge, Kentleşme Oranı ve Enerji Fiyatı	Eşik seviyesinin aşılmasından sonra çevreyle ilgili vergilerin CO2 emisyonları üzerindeki etkisinin önemsiz derecede olumludan önemli ölçüde olumsuza doğru değiştiğini ortaya koymaktadır.

Alper (2018)	18 AB Ülkesi / 1995-2015	Genelleştirilmiş en Küçük Kareler (GLS) Yöntemi	Karbon Vergisi, GSYH, Kentleşme oranı, Doğalgaz ve Petrol Kullanımı ile CO2 Emisyonları	Karbon vergisindeki artış CO2 emisyonlarının azalmasını sağlamaktadır.
Guo ve Wang (2018)	Çin / 1985-2014	Vektör Otoregresyon (VAR)	CO2 Emisyonu, Hükümet Çevre Düzenlemesi, Teknolojik Yenilik, Endüstriyel Yapı	Çevre vergileri çevre kalitesinin bozulmasına neden olmaktadır.
Hanif vd. (2019)	25 Üst orta gelirli ülke ve alt orta gelirli ülke / 1990-2015	GMM	CO2 Emisyonu, Yenilenebilir Enerji, Yenilenemeyen Enerji, Ekonomik Büyüme.	Yenilenemeyen enerjinin emisyon artırıcı, yenilenebilir enerjinin emisyon azaltıcı etkisi bulunmaktadır.
Hassan vd. (2020)	31 OECD Ülkesi / 1994-2013	Panel Eşbütünleşme Yöntemleri	Çevre Vergisi ve Ekonomik Büyüme	Çevre vergisi ekonomik büyümeyle negatif ilişkilidir.
Ulucak vd. (2020)	Brezilya, Çin, Hindistan ve Güney Afrika / 1994- 2015	Yumuşak Geçişli Panel Regresyon Modeli	CO2 Emisyonları, GSYH, Patent ve Çevre Vergisi	Çevre vergisi CO2 emisyonlarını azaltmaktadır.
Sarıgül ve Topcu (2021)	Türkiye / 1994-2015	Tamamen Geliştirilmiş En Küçük Kareler yöntemi (FMOLS) - Dinamik En Küçük Kareler Yöntemi (DOLS)- Kanonik Eşbütünleşik Regresyon (CCR)	CO2 Emisyonu, Çevre Vergileri, Yenilenebilir Enerji ve GSYH	Uzun dönemde çevre vergisi CO2 emisyonlarını azaltmaktadır.
Wang vd. (2021)	10 Ülke / 1980-2014	FMOLS - DOLS ve Granger Nedensellik Testi	Yenilenebilir ve Yenilenemez Enerji, Kentleşme, İhracat Kalitesi, Ekonomik Karmaşıklık Endeksi	Yenilenemeyen enerji kirlilik seviyelerini artırmakta iken yenilenebilir enerji azaltmaktadır.
Ghazouani vd. (2021)	9 AB ülkesi / 1994-2018	FMOLS ve DOLS Yöntemleri	CO2 Emisyonu, Çevre Vergileri, Yenilenebilir Enerji, Çevre Vergisi, Kent Nüfusu ve GSYH	Çevre vergilerinin CO2 emisyonlarını azaltmada etkilidir.
Bashir vd. (2021)	29 OECD Ülkesi / 1994-2018	Panel Kantil Regresyonu, FMOLS, DOLS	Çevre Vergiler, Enerji Yoğunluğu Kullanımı ve Enerji Tüketimi.	Çevre vergileri kirliliğin azalmasına yol açmaktadır.
Telatar ve Birinci (2022)	Türkiye / 1994-2019	Doğrusal Olmayan Eşbütünleşme Testi	Çevre Vergisi, Ekolojik Ayak İzi ve CO2 Emisyonları	Uzun vadede çevre vergisinin ekolojik ayak izi ve CO2 emisyonları üzerinde bir etkisi bulunmamaktadır.

Doğan vd. (2022)	G7 Ülkeleri / 1994-2014	GMM	CO2 Emisyonları, GSYH, Enerji Tüketimi, Doğal Kaynak Maliyeti, Ekonomik Karmaşıklık, Yenilenebilir Enerji Tüketimi ve Çevre Vergisi	Çevre vergisi, CO2 emisyonlarını, enerji tüketimini ve doğal kaynakların etkisini azaltmakta iken yenilenebilir enerji tüketiminin etkisini arttırmaktadır.
Yunzhao (2022)	E-7/ 1995-2018	Granger Nedensellik Analizi	Yenilenebilir Enerji, eko-inovasyon ve çevre vergisi	Yenilenebilir enerji, eko-inovasyon ve çevre vergilerinin karbon emisyonunun azaltılmasına olumlu katkıları bulunmaktadır.
Dogan vd. (2022)	25 Ülke / 1994-2018	Kantil Regresyon Analizi	CO2 Emisyonları, GSYH, Çevre Vergisi, Yenilenebilir Enerji ve Enerji Yoğunluğu	Çevre vergileri, yenilenebilir enerji, enerji verimliliği CO2 emisyonlarının azaltılmasında temel faktördür.
Shammre vd. (2023)	35 OECD Ülkesi / 1995-2019	Dinamik Panel Eşik Regresyonu	Çevre vergileri ve CO2 emisyonu	Çevre vergileri CO2 emisyonlarını azaltmaktadır.

***** Yazar tarafından literatür baz alınarak oluşturulmuştur.

Literatür araştırmasında çevre vergilerinin CO2 emisyonlarını üzerindeki etkisini inceleyen çalışmaların mevcut olduğu görülmektedir. Ancak G7 ülkelerinin önemi göz önüne alındığı çalışmaların söz konusu örneklem için sınırlı sayıda olduğu söylenebilir. Literatürdeki ampirik çalışmalar AB ve OECD ülkeleri üzerine yoğunlaşmış ve yatay kesit bağımlılığını göz ardı eden birinci nesil panel yöntemleri kullanılmıştır. Literatürdeki bu eksiklikleri gidermek amacıyla bu çalışmada ikinci nesil panel veri yöntemleri kullanılarak eşbütünleşme ve eşbütünleşme katsayı tahmini yapılmaktadır. Bu bakımdan literatüre özgün bir çalışma kazandırılmak istenmiştir.

VERİ SETİ, YÖNTEM VE EKONOMETRİK BULGULAR

Çevre vergisinin CO2 emisyonlarını azaltıp azaltmadığını/ başarılı olup olmadığını incelemeyi amaçlayan bu çalışmada G7 ülkeleri araştırılmıştır. Kontrol değişkenlerin analize dâhil edilmesi noktasında Ghazouani vd. (2021) ve Bashir vd. (2021)'in çalışmaları temel alınmıştır. Bağımlı değişken kişi başı CO2 emisyonu (CE), (ton cinsinden), bağımsız değişkenler kişi başı GSYH (GR), (2005 sabit fiyatlarıyla), enerji tüketimi (EN), (kişi başı kg), yenilenebilir enerji tüketimi (YEN), (enerji tüketiminin %) ve çevre vergisi (CV), (%)'dir. Çevre vergisi Eurostat veri tabanından, CO2 emisyonu, GSYH, enerji tüketimi ve yenilenebilir enerji Dünya Bankası veri tabanından elde edilmiştir. İlgili ülkelerde çevre vergisi verisinin 1994 yılından 2014 yılına kadar ulaşılması çalışmanın kısıtını oluşturmaktadır.

$$LCE_{it}=\alpha_i+\beta_{1i}LGR_{it}+\beta_{2i}LEN_{it}+\beta_{3i}LYEN_{it}+\beta_{4i}LCV_{it}+\varepsilon_{it} \quad (1)$$

$(i = \ldots, 7)$ ve $(t = 1994, \ldots 2014)$

Yukarıdaki eşitlikte değişkenler çoklu doğrusallığı en aza indirmek için logaritması alınan denklem sunulmuştur.

Ekonometrik bulgular sunulmadan önce değişkenlere ait tanımlayıcı istatistikler ve korelasyon matrisi verilmiştir. Daha sonra model için yatay kesit bağımlığı ve eğim katsayı homojenliği tahmin edilerek değişkenlere ait birim kök test bulguları aktarılmıştır. Eşbütünleşme ve eşbütünleşme katsayı tahmin bulguları son aşamada verilmiştir. İfade edilen sıralamaya göre ilk olarak Çizelge 2'de tanımlayıcı istatistikler ve korelasyon matris değerleri sunulmuştur.

Tanımlayıcı istatistikler incelendiğinde oynaklığının en fazla olduğu seri yenilenebilir enerji tüketimi iken en az oynaklık ise GSYH'dir. Seriler arasında ilişkinin yönü ve gücünün belirlenmesinde korelasyon martisleri hesaplanarak raporlanmıştır. Değerin 1'e yakınlığı güçlü bir ilişkin varlığını 0' a yakınlığı ise zayıf ilişkinin varlığına işaret etmektedir (Beaumont, 2012). Bu bakımdan LCE ile LGR ve LEN arasında korelasyon ilişkisi güçlü ve pozitiftir. LCE ile LYEN arasındaki korelasyon ilişkisi zayıf ve pozitif yönlüdür. LCE ile LCV arasındaki korelasyon ise ilişkisi güçlü ve negatif yönlüdür.

Çizelge 2. Tanımlayıcı istatistikler ve korelasyon matrisi

Degişkenler	Gözlem Sayısı	Ortalama	Std. Sap.	Maksimum	Minimum
LCE	147	0.9984	0.1738	1.3111	0.6641
LGR	147	4.5680	0.0722	4.7456	4.4539
LEN	147	3.6565	0.1589	3.9271	3.3828
LYEN	147	0.8020	0.3645	1.3500	-0.0705
LCV	147	0.2652	0.1773	0.5563	-0.1249
			Korelasyon Matrisi		
	LCE	**LGR**	**LEN**	**LYEN**	**LCV**
LCE	1.0000	0.6233	0.8690	0.1396	-0.8214
LGR	0.6233	1.0000	0.5981	0.0459	-0.6993
LEN	0.8690	0.5981	1.0000	0.4009	-0.8661
LYEN	0.1396	0.0459	0.4009	1.0000	-0.2577
LCV	-0.8214	-0.6993	-0.8661	-0.2577	1.0000

İkinci aşamada ön test niteliğinde olan ve birinci nesil-ikinci nesil testlerin seçiminde kullanılan yatay kesit bağımlılığı testlerin yapılması gerekmektedir. Kesit bağımlılığının varlığı ikinci nesil testlerden devam edilmesi gerektiğinin bir göstergesidir. Bu bakımdan testin uygulanması oldukça önemlidir. Kesitler arası bağımlılığının varlığı "Breusch ve Pagan 1980 LM testi, CD_{LM} ve CD testi Pesaran 2004 ile Pesaran ve ark., 2008'nin geliştirdiği LMadj" testleri ile araştırılmaktadır (Örnek ve Türkmen, 2019). Temsil eden testlere ait prosedürler aşağıda gösterilmekte olup tüm testler için boş hipotez yatay kesit bağımlılığı yoktur üzerine kuruludur.

$$\text{LM}= T\sum_{i=1}^{N-1}\sum_{j=i+1}^{N}\hat{P}_{ij}^{2}, \quad \sim X^{2}N(N-1)/2 \tag{2}$$

$$\text{CD}_{\text{LM}} = \sqrt{\frac{1T}{N(N-1)}}\sum_{i-1}^{N-1}\sum_{j=i+1}^{N}\left(T\hat{P}_{ij}^{2} + 1\right) \tag{3}$$

$$\text{CD}= \sqrt{\frac{2T}{N(N-1)}}\left(\sum_{i=1}^{N-1}\sum_{j=i+1}^{N}\hat{P}_{ij}\right) \tag{4}$$

$$\text{LM}_{\text{adj}} = \sqrt{\left(\frac{2}{N(N-1)}\right)}\sum_{i=1}^{\text{N}-1}\sum_{j=i+1}^{\text{N}}\frac{(T-k)\hat{\rho}^{2}{}_{ij}-\mu_{Tij}}{\sqrt{\text{v2}_{Tij}}} \sim \text{N}(0,1) \tag{5}$$

Eşitliklerde ilk olarak LM testi zaman boyutunun (T) kesit boyutundan (N) büyük olduğu durumda uygulanmaktadır (Pesaran, 2004: 4). CD_{LM} N>T olduğu durumda bozulmalar göstermektedir. N büyüdükçe sapmaların artması sorunu ön plana çıktığı için bu durum Pesaran (2004) tarafından N>T olduğu aşamada kullanılan CD testinin geliştirilmesi ile aşılmaya çalışılmıştır. Daha sonra Pesaran vd. (2008) ise sapması düzeltilmiş LM_{adj} testi geliştirilmiştir. Çalışmada tutarlılığın ortaya konulması açısından bütün testler raporlanmıştır. Ayrıca yatay kesit bağımlılığının hesaplanmasında başka testler de bulunmasına rağmen bu çalışma için söz konusu testler uygulanmıştır. Bu bakımdan testlere ait sonuçlar Çizelge 3'te aktarılmıştır.

Çizelge 3. Yatay kesit bağımlılığı bulguları

Yatay Kesit Bağımlılığı		
Model		
	İstatistik Değeri	**Olasılık Değeri**
LM	54.691***	0.000
CD_{LM}	5.199***	0.000
CD	1.122	0.131
LM_{adj}	3.640***	0.000

*Yatay kesit bağımsızlığına ilişkin boş hipotez ∗∗∗, %1, düzeyinde anlamlılığı göstermektedir.

Test bulgularına göre %1 anlamlılık düzeyinde yatay kesit bağımlılığının olduğu tespit edilmiştir. Yatay kesit bağımlılığının olması, bir ülkedeki bir göstergeye (örneğin yenilenebilir enerji tüketimi) yönelik bir şokun diğer ülkeleri etkileyeceği anlamına gelmektedir. Test sonuçları, ikinci nesil testler ile devam edileceğini göstermektedir.

Ön test niteliğinde olan bir diğer test ise homojenlik testleridir. Homojenlik testleri Swamy (1970) tarafından literatüre kazandırılmış ve daha sonra Pesaran ve Yamagata (2008) tarafından geliştirilmiştir. Homojenlik testleri bir veri setindeki grupların birbirine benzeyip benzemediğini anlamak için kullanılmaktadır.

Eğim katsayılarının homojenliğini sınayan Delta testlerinin boş hipotezi eğim katsayıları homojendir şeklindedir olup denklemde teste ait prosedürleri aşağıda sunulmaktadır.

$$\tilde{\Delta} = \sqrt{N}\left(\frac{N^{-1}\tilde{S}-k}{\sqrt{2k}}\right) \quad (6)$$

$$\hat{\Delta}_{adj} = \sqrt{N}\left(\frac{N^{-1}\tilde{S}-E(\tilde{Z}_{iT})}{\sqrt{Var(\tilde{Z}_{iT})}}\right) \quad (7)$$

Eşitlikte büyük örneklemlerde kullanılan Δ testi asimptotik normal dağılıma sahiptir ve küçük örneklem için kullanılan $\hat{\Delta}_{adj}$ testi kullanılmaktadır. Buna göre yukarıda ifade edilen testlere ait bulgular Çizelge 4'te sunularak raporlanmıştır.

Çizelge 4. testlere ait bulgular

Eğim Homojenliği		
	İstatistik Değeri	**Olasılık Değeri**
Delta Tilde	8.833***	0.000
Delta Tilde$_{adj}$	10.358***	0.000

*Eğim katsayılarının homojenliğine ilişkin boş hipotez ***, %1, düzeyinde anlamlılığı göstermektedir.

Test bulgularına göre %1 anlamlılık düzeyinde eğim katsayılarının heterojen olduğu tespit edilmiştir. Eğim katsayılarının heterejon olması G7 ülkelerinde çevre vergilerinin CO2 emisyonlarını etkileme durumunun farklı olduğu belirtmektedir.

Ön test bulguları belirlendikten sonra birim kök testi için ikinci nesil testlerden olan Nazlıoğlu ve Karul (2017)'un ileri sürdüğü LM testi ile araştırılmıştır. Becker ve ark., (2006)'nın Fourier durağanlık testine dayanan LM birim kök testi ani olmayan kırılmalar ile genişletmektedir. Testte bireysel istatistikler fourier frekansa bağlı iken, panel istatistik normal dağılımlıdır. Monte Carlo simülasyonları ile testin veri üretme süreçleri incelemektedir (Nazlıoğlu ve Karul, 2017). Hipotez birim kök vardır üzerine kuruludur ve kırılma tarihlerinin modellenme aşamasında bilinmesine gerek yoktur. Ayrıca test sert ve kademeli kırılmalara izin vermektedir. Test istatistiği Denklem 8'de sunulmuştur.

$$z_{LM}(\mathrm{k}) = \frac{\sqrt{N}(\mathrm{Pt(K)}-\xi(\kappa)))}{\zeta(\kappa)} \sim \mathrm{N}(0,1) \quad (8)$$

Eşitlikte $\xi(k)$ ile $\zeta(\kappa)$ sırasıyla frekanstaki ortalama ve varyansların ortalamasını göstermektedir. Çizelge 5'te değişkenlere ait bulgular sunulmakta ve raporlanmaktadır.

Çizelge 5. Fourier LM birim kök testi bulguları

LCE			
Ülkeler	**Fourier tau LM$_1$ k=1**	**Fourier tau LM$_2$ k=2**	**Fourier tau LM$_3$ k=3**
Kanada	-2.9768	-1.1694	-1.0140
Fransa	-0.2625	-0.3699	0.1572
Almanya	-1.8764	-3.2443	-3.4870
İtalya	0.1487	-1.9252	-2.3785
Japonya	-3.7315	-3.6529	-3.9344
İngiltere	-0.7061	-0.3312	-0.3539
ABD	-1.6263	-0.7456	-0.2744
Bulgular			
Z_{LM} (İst. Değ.)	5.922	2.122	1.855
Olasılık Değeri	1.000	0.983	0.968
LGR			
Kanada	1.6072	-0.4255	-0.4895
Fransa	-0.8016	-1.5527	-2.4025
Almanya	-0.6905	2.9508	1.9949
İtalya	-3.1899	-3.7726	-4.3719
Japonya	-0.4672	0.7434	1.5946
İngiltere	1.3457	-2.1422	-1.6292
ABD	0.6769	-0.5524	-1.2523
Bulgular			
Z_{LM} (İst.Değ.)	11.769	5.608	4.581

Olasılık Değeri	1.000	1.000	1.000
LEN			
Kanada	-3.4843	-2.6934	-2.4332
Fransa	-0.1436	-0.5428	-0.5901
Almanya	-1.3337	-3.2636	-2.8882
İtalya	-0.1979	-2.2571	-2.4516
Japonya	-0.8968	-1.6416	-1.2017
İngiltere	0.1450	0.0146	0.3206
ABD	-3.5739	-1.1182	-1.0256
Bulgular			
Z_{LM} (İst.Değ.)	6.872	2.089	2.440
Olasılık Değeri	1.000	0.981	0.992
LYEN			
Kanada	-1.2245	-4.0093	-2.9811
Fransa	-1.2874	-2.2918	-1.4768
Almanya	-0.7195	-0.7286	-0.7297
İtalya	-0.0803	0.4683	0.2350
Japonya	-1.0969	-2.9625	-1.8504
İngiltere	0.1754	0.7582	0.6730
ABD	-1.9528	-2.8259	-2.2117
Bulgular			
Z_{LM} (İst.Değ.)	8.900	2.043	3.551
Olasılık Değeri	1.000	0.979	0.999
LCV			
Kanada	-0.6115	-0.1172	-0.5327
Fransa	-0.8587	-1.4413	-1.2310
Almanya	-1.8951	0.1405	0.6598
İtalya	-1.2575	-2.3681	-1.8350
Japonya	1.2958	4.2690	5.5124
İngiltere	-3.5050	-3.5252	-2.0576
ABD	-0.1194	-0.7443	-1.0765
Bulgular			
Z_{LM} (İst.Değ.)	8.430	6.110	8.036
Olasılık Değeri	1.000	1.000	1.000

Test bulguları analize dâhil edilen tüm değişkenlerin birim kök sürece sahip olduğu ve eşbütünleşme ilişkisi için gerekli koşulların sağladığını göstermektedir.

Daha sonra çevre vergisi CO2 emsiyonu, GSYH, enerji tüketimi ve yenilenebilir enerji tüketimi değişkenleri arasında uzun vadeli bir ilişkinin varlığı incelenmiştir. Westerlund ve Edgerton LM eşbütünleşme testi (2007) eğim katsayılarının heterojen ve yatay kesit bağımlılığının var olması varsayımına dayanarak seçilmiştir. Uygulanan eşbütünleşme testi otokorelasyon ve değişen varyansa izin vermesi ve küçük bir örneklem için sonuçlar sunması açısından avantajlıdır.

Test, McCoskey ve Kao (1998) tarafından geliştirilen Lagrange Multiplier testine dayanmakta ve yatay kesit bağımlılığının olduğu / olmadığı durumda kullanılabilen test bulguları sunmaktadır. Bu bakımdan yatay kesit bağımlılığı durumda bootstrap p-değerleri, yatay kesit bağımlılığının olmadığı durumda asimptotik p değerlerinin raporlanarak yorumlanması gerekmektedir (Westerlund ve Edgerton, 2007). Testin boş hipotezi eşbütünleşme vardır şeklindedir ve istatistik Denklem 9'daki gibidir.

$$LM_N^+ = \frac{1}{NT^2}\sum_{i=1}^{N}\sum_{t=1}^{t}\overline{\omega}^{-2}\, s_{it}^2 \qquad (9)$$

Eşitlikte $S_{it}{}^2$ terimi z_{it} hata teriminin kısmi toplamını temsil etmekte ve $\varpi^{-2}\mu\, it'in$ uzun vadeli varyansını göstermektedir. Çizelge 6'da teste ait bulgular verilmektedir.

Test bulguları iki sonuç içinde bootstrap olasılık değerleri reddedilemediğini göstermektedir. Bu durum değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisinin varlığına işaret etmektedir. Eşbütünleşme ilişkisinin varlığı eşbütünleşme katsayı tahminci testinin uygulanmasına olanak vermektedir.

Çizelge 6. Eşbütünleşme test bulguları

	LM İstatistiği	Asimtotik p- değeri	Bootstrap p-değeri
Sabitli	4.304	0.000	1.000
Sabitli ve Trendli	11.067	0.000	0.564
*1000 tekrarlı dağılım ve gecikme ile öncül 1 olarak alınmıştır.			

Analizin son aşamasında açıklayıcı değişkenlerin CO2 emisyonları üzerindeki uzun vadeli etkisi tahmin edilmektedir. Bunun için CCE yöntemi kullanılmıştır. Pesaran (2006) tarafından geliştirilen testin klasik tahmin yöntemleriyle karşılaştırıldığında hem panel hem bireysel sonuçlar sunması önemli bir avantajdır. Testte ait prosedür aşağıda sunulmaktadır.

$$\hat{b}_{CCEMG} = (1/N)\sum_{i=1}^{N}\hat{b}_i \quad (10)$$

$$\hat{b}_{CCEMG} = (\sum_{i=1}^{N}\theta_i X_i'\bar{M}_w X_i)^{-1}\sum_{i=1}^{N}\theta_i X_i'\bar{M}_w y_i \quad (11)$$

Testin boş hipotezi "katsayılar istatistiksel olarak anlamsızdır" (Pesaran, 2006). Çizelge 7'de yöntem sonucu elde edilen bulgular aktarılmaktadır.

Çizelge 7. Tahminci bulguları

CCE	LCE=f(LGR)			LCE=f(LEN)		
	Katsayı	**Std. Hata**	**p-değeri**	**Katsayı**	**Std. Hata**	**p-değeri**
	0.945***	0.233	0.000	0.733***	0.248	0.003
Ülke Sonuçları						
Kanada	0.292	0.450	0.517	0.813***	0.379	0.005
Fransa	1.778***	0.615	0.004	0.233	0.369	0.527
Almanya	0.839***	0.226	0.000	1.389***	0.239	0.000
İtalya	1.759***	0.346	0.000	0.824***	0.121	0.000
Japonya	1.005***	0.378	0.008	-0.452	0.628	0.471
İngiltere	0.326	0.457	0.475	0.716***	0.160	0.000
ABD	0.616	0.706	0.383	1.355***	0.271	0.000
CCE	**LCE=f(LYEN)**			**LCE=f(LCV)**		
	Katsayı	**Std. Hata**	**p-değeri**	**Katsayı**	**Std. Hata**	**p-değeri**
	-0.022	0.029	0.442	-0.230**	0.106	0.030
Ülke Sonuçları						
Kanada	-0.019	0.439	0.964	-0.445***	0.164	0.007
Fransa	0.038	0.068	0.579	0.085	0.128	0.508
Almanya	-0.189***	0.032	0.000	-0.142	0.092	0.123
İtalya	0.004	0.161	0.976	-0.416***	0.124	0.001
Japonya	0.043	0.174	0.803	-0.593*	0.330	0.073
İngiltere	-0.011	0.065	0.859	-0.262**	0.124	0.034
ABD	-0.024	0.087	0.778	0.164	0.163	0.313

*"***" %1, "**" %5 ve "*" %10 düzeyinde anlamlılığı göstermektedir.

G7 ülkelerine ait panel geneli sonuçlar aşağıdaki eşitlikte sunulmuştur:

LCE=a+0.945LGR +0.733LEN – 0.233CV + ε

Bağımsız değişkenlerden ilk olarak gelirin CO2 emisyonu üzerindeki etkisi %1 düzeyinde pozitif ve anlamlıdır. Buna göre gelirdeki %1'lik artış CO2 emisyonlarını %0.945 oranında arttırmaktadır. Ülke bazlı incelemelerde Fransa, Almanya, İtalya ve Japonya'da katsayıların istatistiksel olarak anlamlı olduğu görülmektedir. Gelirdeki artış sırasıyla %1.778; %0.839; %1.759 ve %1.005 oranında CO2 emisyonlarını arttırmaktadır. Bu çalışma sonucunda elde edilen bulgular literatürdeki bazı çalışmalar (Ghazouani ve ark., 2021; Sarıgül ve Topcu, 2021; Dogan ve ark., 2022) ile uyumludur.

Bağımsız değişkenlerden ikincisi olan enerji tüketiminin CO2 emisyonu üzerindeki etkisi %1 düzeyinde pozitif ve anlamlıdır. Buna göre enerji tüketimindeki %1'lik artış CO2 emisyonlarını %0.733 oranında arttırmaktadır. Ülke bazlı incelemelerde Kanada, Almanya, İtalya, İngiltere ve ABD'de katsayılar istatistiksel olarak pozitif ve anlamlıdır. Değerler sırasıyla %0.813; %1.389; %0.824; %0.716 ve %1.355 CO2 emisyonlarını arttırmaktadır. Bu çalışma sonucunda elde edilen bulgular literatürdeki bazı çalışmalar (Hanif ve ark., 2019; Wang ve ark., 2021) ile uyumludur.

Bağımsız değişkenlerden üçüncüsü olan yenilenebilir enerji tüketiminin CO2 emisyonu üzerindeki etkisi istatistiksel olarak anlamsızdır. Ülke bazlı incelemelerde ise sadece Almanya için anlamlı sonuç bulunmaktadır. Buna göre yenilenebilir enerji tüketimindeki %1'lik artış CO2 emisyonunu %0.189 oranında azaltmaktadır.

Bağımsız değişkenlerden dördüncüsü olan çevre vergisinin CO2 emisyonu üzerindeki etkisi %5 düzeyinde negatif ve istatistiksel olarak anlamlıdır. Buna göre çevre vergisindeki %1'lik artış CO2 emisyonlarını %0.230 oranında azaltmaktadır. Ülke bazlı incelemelerde Kanada, İtalya, Japonya ve İngiltere'de katsayılar istatistiksel olarak negatif ve anlamlıdır. Değerler sırasıyla %0.445; %0.416; %0.593; %0.262 oranında CO2 emisyonlarını azaltmaktadır. Bu bakımdan sonuçlar literatürdeki bazı çalışmalar (Lin ve Li, 2011; Alper, 2018; Ulucak ve ark., 2020; Sarıgül ve Topcu, 2021; Ghazouani ve ark., 2021; Bashir ve ark., 2021; Telatar ve Birinci, 2022; Doğan ve ark., 2022; Yunzhao, 2022; Shammre ve ark., 2023) ile uyumludur.

SONUÇ ve ÖNERİLER

Küresel ısınma artık tartışılmaz bir gerçektir ve insanlığa verdiği zarardan dolayı dünyanın en ciddi tehditlerinden biri haline gelmiştir. Çevre vergileri, çevresel problemler ile mücadelede uygun maliyetli bir yol olarak ortaya çıkmıştır. Ancak çevre vergilerinin kirliliği azaltmadaki etkinliği halen devam eden bir tartışma konusudur. Çalışma çevre vergisinin CO2 emisyonunu azaltmada başarılı olup olmadığını araştırmaktadır. Bunun için çoğu sera gazı emisyonlarını 2050 yılına kadar net sıfıra indirme hedefi olan G7 ülkelerinin seçildiği çalışmada veri varlığından dolayı 1994-2014 dönem aralığı incelenmiştir. Çalışmanın veri kısıtından dolayı sınırlılıkları bulunmaktadır. Ampirik analizler için eşbütünleşme ve eşbütünleşme katsayı tahminci testleri kullanılmıştır.

Analize dâhil olan değişkenler arasında uzun dönemli eşbütünleşme ilişkisi ortaya konulmuştur. Uzun dönem katsayı tahmin sonuçları incelendiğinde, gelirin ve enerji tüketiminin CO2 emisyonları üzerindeki etkisinin pozitif ve istatistiksel olarak anlamlı olduğu görülmüştür. Sonuçlar, Ghazouani ve ark., 2021; Sarıgül ve Topcu, 2021; Dogan ve ark., 2022; Hanif ve ark., 2019; Wang ve ark., 2021 çalışmaları ile benzerlik göstermektedir. Gelirin, CO2 emisyonlarını arttırması ilgili ülkelerde ekonomik kalkınmanın çevre kalitesi pahasına gerçekleştiği söylenebilir. Bu durum G7 ülkeleri için beklenen bir sonuçtur. Enerji tüketiminin CO2 emisyonlarını arttırması yine elektrik üretiminin yaklaşık %80'inin fosil enerji kaynaklarından üretildiği G7 ülkelerinde beklenen bir sonuçtur. Çevre vergisinin CO2 emisyonları üzerindeki etkisi negatif ve istatistiksel olarak anlamlıdır. Sonuçlar, Lin ve Li, 2011; Alper, 2018; Ulucak ve ark., 2020; Sarıgül ve Topcu, 2021; Ghazouani ve ark., 2021; Bashir ve ark., 2021; Telatar ve Birinci, 2022; Doğan ve ark., 2022; Yunzhao, 2022; Shammre ve ark., 2023 çalışmaları ile benzerlik göstermektedir. Çevre vergisindeki artışların CO2 emsiyonlarını azaltmada başarılı olacağı analizler sonucu belirtilmiştir. Çevre vergilerinin, ilgili ülkelerde tehlikeli atıkların üretimini caydırabilecek ek bir maliyet görevi gördüğü söylenebilmektedir. Bu maliyeti en aza indirmek ve çevresel dışsallıkları sınırlandırmak için firmalar, çevre dostu makineler ve teknolojiler kullanma eğilimindedir. Fransa, Almanya ve ABD'de katsayıya ait sonuçlar istatistiksel olarak anlamsızdır. Fransa'da karbon vergisinin 2014 yılında kabul edilip veri ulaşılabilirliğinin bu tarihten sonra sona ermesi, Almanya'da ise karbon vergisinin ancak 2021'de uygulanmaya başlanmasından dolayı katsayı anlamsızdır. Ayrıca yenilenebilir enerji tüketiminin CO2 emisyonu üzerindeki etkisi sadece Almanya ülkesi için anlamlı sonuçlar sunmaktadır. Almanya 2030 yılına kadar elektrik tüketimin en az %80'ini yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılamayı hedeflemektedir. 1998 yılında toplam elektrik üretiminde yenilenebilir enerjini payı %4,7 iken 2019 yılında bu oran %42'ye yükselmiştir. Bu bakımdan elde edilen sonuç Almanya için beklenmektedir.

Ampirik sonuçlar bazı önemli sonuçlara işaret etmektedir. CO2 emisyonları azaltmada çevre vergisi enerji verimliliğini artırabilir ve aynı zamanda yenilenebilir enerjinin gelişimini teşvik edebilir. Ancak çevre vergisinin etkinliği tartışılmaktadır. Çünkü ekonomik büyümenin ve sosyal refahın azalmasına yol açarak, ilgili sektörlerin rekabet gücüne zarar verebilmektedir. Bu nedenle çevre vergisini uygulayan ülkeler için bilimsel ve rasyonel çevre vergilendirmesi hayati önem taşımaktadır. Hükümetler çevre vergisini yalnızca karbon emisyonlarını kontrol etmek için doğrudan bir araç olarak kullanmamalıdır. Enerji tüketimi davranışı, enerji kullanım türleri ve temiz teknolojilerin geliştirilmesi ve benimsenmesi gibi CO2 emisyonlarının diğer temel belirleyicileri üzerindeki etkilerini de göz önünde bulundurmalıdır. Karbon vergisinden elde edilen gelirin yenilenebilir enerji tüketimine yönelik bir politika teşviki yaratılması sağlanarak vatandaşların refahına kanalize edilmelidir. Teşvikler yeşil işler yaratmak içinde oluşturulabilir. Son olarak karbon vergisi ülkelerde olumsuz iklim dışsallıklarıyla mücadelede etkili olacak ve uzun vade de yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını artırmak için mali bir teşvik görevi sağlayacağı unutulmamalıdır.

Bu araştırmanın gelecekteki çalışmalar için potansiyel olarak genişletilmesi, analizin daha geniş bir örneklem aracılığıyla ülke grubu karşılaştırmasının yapılması önerilmektedir. Ayrıca çevre vergilerinin yalnızca CO2 emisyonları kapsamında incelenmesinin yanı sıra diğer kirletici göstergelerin analizlere eklenerek kapsamlı bir araştırmanın gerçekleştirilmesi literatürün gelişmesine katkı sağlayacaktır.

YAZAR ORCID NUMARALARI

Dilek ATILGAN http://orcid.org/0000-0002-3776-558X

KAYNAKLAR

Al Shammre, A. S., Benhamed, A., Ben-Salha, O. ve Jaidi, Z. 2023. Do environmental taxes affect carbon dioxide emissions in OECD countries? Evidence from the dynamic panel threshold model. *Systems*, 11(6): 307.

Alper, A. E. 2018. Analysis of carbon tax on selected European countries: Does carbon tax reduce emissions. *Applied Economics and Finance*, 5(1): 29-36.

Aydin, C. ve Esen, Ö. 2018. Reducing CO2 emissions in the EU member states: Do environmental taxes work?. *Journal of Environmental Planning and Management*, 61(13): 2396-2420.

Bashir, M. F., Benjiang, M. A., Shahbaz, M., Shahzad, U. ve Vo, X. V. 2021. Unveiling the heterogeneous impacts of environmental taxes on energy consumption and energy intensity: Empirical evidence from OECD countries. *Energy,* 226: 120366.

Beaumont, R. 2012. An Introduction to Statistics Correlation, http://www.floppybunny.org/robin/web/virtualclassroom/stats/basics/part9.pdf 08.07.2024 tarihinde alınmıştır.

Becker, R., Enders, W. ve Lee, J., 2006. A stationarity test in the presence of an unknown number of smooth breaks. *Journal of Time Series Analysis*, 27: 381–409.

Borozan, D. 2019. Unveiling the heterogeneous effect of energy taxes and income on residential energy consumption. *Energy Policy*, 129: 13-22.

Breusch, T. S. ve Pagan, A. R. 1980. The lagrange multiplier test and its applications to model specification in econometrics. *The Review of Economic Studies*, 47(1): 239-253.

Ciaschini, M., Pretaroli, R., Severini, F. ve Socci, C. 2012. Regional double dividend from environmental tax reform: An application for the Italian economy. *Research in Economics*, 66(3): 273-283.

Çevre ve Orman Bakanlığı 1998. Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği ve Çevre Sözleşmesi, Kyoto Protokolü 24 Mayıs 2024 tarihinde, https://webdosya.csb.gov.tr/db/iklim/editordosya/kyoto_protokol.pdf adresinden edinilmiştir.

Çukurçayır, M. A. ve Sağır, H. 2008. Enerji sorunu, çevre ve alternatif enerji kaynaklari. *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, (20): 257-278.

Dogan, E., Hodžić, S. ve Fatur Šikić, T. 2022. A way forward in reducing carbon emissions in environmentally friendly countries: The role of green growth and environmental taxes. *Economic research-Ekonomska istraživanja*, 35(1): 5879-5894.

Doğan, B., Chu, L. K., Ghosh, S., Truong, H. H. D. ve Balsalobre-Lorente, D. 2022. How environmental taxes and carbon emissions are related in the G7 economies?. *Renewable Energy*, 187: 645-656.

European Commission (2024) Eurostat, https://ec.europa.eu/eurostat/data/database 21.03.2024 tarihinde alınmıştır.

Farooq, M. U., Shahzad, U., Sarwar, S., ve ZaiJun, L. 2019. The impact of carbon emission and forest activities on health outcomes: Empirical evidence from China. *Environmental Science and Pollution Research*, 26: 12894-12906.

Ghazouani, A., Jebli, M. B. ve Shahzad, U. 2021. Impacts of environmental taxes and technologies on greenhouse gas emissions: Contextual evidence from leading emitter European countries. *Environmental Science and Pollution Research*, 28: 22758-22767.

Guo, L. ve Wang, Y. 2018. How does government environmental regulation "unlock" carbon emission effect? Evidence from China. *Chinese Journal of Population Resources and Environment*, 16(3): 232-241.

Hanif, I., Aziz, B. ve Chaudhry, I. S. 2019. Carbon emissions across the spectrum of renewable and nonrenewable energy use in developing economies of Asia. *Renewable Energy*, 143: 586-595.

Hassan, M., Oueslati, W. ve Rousselière, D. 2020. Environmental taxes, reforms and economic growth: An empirical analysis of panel data. *Economic Systems*, 44(3): 100806.

Haug, C., Frerk, M., ve Santikarn, M. 2015. Towards a global price on carbon: Pathways for linking carbon pricing instruments. German Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation, Building and Nuclear Safety, 1-31.

IIPC (2013). Environmental Taxation Principles-Fiscal instruments and environmental policy-making, https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004

Karmaker, S. C., Hosan, S., Chapman, A. J. ve Saha, B. B. 2021. The role of environmental taxes on technological innovation. *Energy*, 232: 121052.

Kılınç, E. C. ve Altıparmak, H. 2020. Çevre vergilerinin CO2 Emisyonu üzerindeki etkisi üzerine bir uygulama. *ODÜ Sosyal Bilimler Dergisi*, 10(1): 217-227.

Lin, B. ve Li, X. 2011. The effect of carbon tax on per capita CO2 emissions. *Energy policy*, 39(9): 5137-5146.

McCoskey, S. ve Kao, C. 1998. A Residual-Based Test of the Null of Cointegration in Panel Data. *Econometric Reviews*, 17(1): 57-84.

Morley, B. 2012. Empirical evidence on the effectiveness of environmental taxes. *Applied Economics Letters*, 19(18): 1817-1820.

Nazlıoğlu, S. ve Karul, C. 2017, July. Panel LM Unit Root Test With Gradual Structural Shifts, 40th International Panel Data Conference, Thessaloniki-Greece.

Örnek, İ. ve Türkmen, S. 2019. Gelişmiş ve yükselen piyasa ekonomilerinde çevresel kuznets eğrisi hipotezi'nin analizi. *Journal of the Cukurova University Institute of Social Sciences*, 28(3): 109-129.

Pesaran, M. H. 2004. General diagnostic tests for cross section dependence in panels. *Available at SSRN*, 572504.

Pesaran, M. H. 2006. Estimation and inference in large heterogeneous panels with a multifactor error structure, *Econometrica*, 74(4): 967-1012.

Pesaran, M. H. ve Yamagata, T. 2008. Testing slope homogeneity in large panels. *Journal of Econometrics*, 142(1): 50-93.

Pesaran, M. H., Ullah, A. ve Yamagata, T. 2008. A bias-adjusted LM test of error cross-section independence. *The Econometrics Journal*, 11(1): 105-127.

Pigou, A, C. (Ed), (1920). The economics of welfar. McMillan & Co, London.

Polat, O. ve Polat, G. E. 2018. Avrupa Birliği ülkelerinde karbondioksit emisyonu ve çevre vergileri: Panel veri analizi yaklaşımı. *Finans Politik ve Ekonomik Yorumlar*, (639): 1101-1115.

Qin, L., Kirikkaleli, D., Hou, Y., Miao, X. ve Tufail, M. 2021. Carbon neutrality target for G7 economies: Examining the role of environmental policy, green innovation and composite risk index. *Journal of Environmental Management*, 295: 113119.

Sarıgül, S. S. ve Topcu, B. A. 2021. The impact of environmental taxes on carbon dioxide emissions in Turkey. *International Journal of Business and Economic Studies*, 3(1): 43-54.

Shahzad, U. 2020. Environmental taxes, energy consumption, and environmental quality: Theoretical survey with policy implications. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(20): 24848-24862.

Swamy, P. A. 1970. Efficient inference in a random coefficient regression model. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 311-323.

Telatar, O. M. ve Birinci, N. 2022. The effects of environmental tax on ecological footprint and carbon dioxide emissions: A nonlinear cointegration analysis on Turkey. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(29): 44335-44347.

Tol, R. S. J. 2018. The economic impacts of climate change. *Review of Environmental Economics and Policy*, 12(1): 4-25. https://doi.org/10.1093/reep/rex027

Ulucak, R., Danish, ve Kassouri, Y. 2020. An assessment of the environmental sustainability corridor: Investigating the non-linear effects of environmental taxation on CO2 emissions. *Sustainable Development*, 28(4): 1010-1018.

Wang, H. ve Wei, W. 2020. Coordinating technological progress and environmental regulation in CO2 mitigation: The optimal levels for OECD countries & emerging economies. *Energy Economics*, 87: 104510.

Wang, Z., Jebli, M. B., Madaleno, M., Doğan, B. ve Shahzad, U. 2021. Does export product quality and renewable energy induce carbon dioxide emissions: Evidence from leading complex and renewable energy economies. *Renewable Energy*, 171: 360-370.

Westerlund, J. ve Edgerton, D. L. 2007. A panel bootstrap cointegration test. *Economics Letters*, 97: 185–190.

World Bank 2024. World development indicators, http://databank.worldbank.org/data/reports.aspx?source=world-development-indicators 21.03.2024 tarihinde alınmıştır.

World Meteorological Organization. WMO Provisional State of the Global Climate 2022. https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=11359 02.05.2024 tarihinde alınmıştır.

Yunzhao, L. 2022. Modelling the role of eco innovation, renewable energy, and environmental taxes in carbon emissions reduction in E−7 economies: Evidence from advance panel estimations. *Renewable Energy*, 190: 309-318.

Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi 12(1): 157–164, 2025
https://doi.org/10.30910/turkjans.1596673

TÜRK TARIM ve DOĞA BİLİMLERİ DERGİSİ

TURKISH JOURNAL of AGRICULTURAL and NATURAL SCIENCES

www.dergipark.gov.tr/turkjans

Araştırma Makalesi

Propolis Katkılı Sporcu Gıdası ve İçeceklerinin İz Elementlerinin Belirlenmesi[&]

Pınar COŞKUN[1]*, Hakan İNCİ[2]

[1]Bingöl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Arı ve Arı Ürünleri Anabilim Dalı
[2]Bingöl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootekni Bölümü, Bingöl, TÜRKİYE

*Sorumlu Yazar: pinarcoskun55@gmail.com

Geliş Tarihi: 05.12.2024 Düzeltme Geliş Tarihi: 19.12.2024 Kabul Tarihi: 19.12.2024

ÖZ

Bu çalışmada sporcu beslenmesinde önemli bir yere sahip sporcu gıdası olarak isimlendirilen protein tozu (Sg), milkshake (M) ve enerji içeceği (E) örneklerinin çok değerli bir arı ürünü olan superkritik akışkan propolis ekstraktı ile zenginleştirilerek yeni fonksiyonel gıdalar geliştirilmesi (Sgp, Mp, Ep), ve bu gıdaların iz element içeriklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. ICP-MS cihazı kullanılarak sade ve propolis ilaveli ürünler ile propolis ekstraktının element (ağır metal) içerikleri tespit edilmiştir. Yapılan çalışmada superkritik akışkan propolis ekstraktının element (ağır metal) ortalama içerik değerleri ppm cinsinden sırasıyla; Kurşun (Pb): 0,6933, Nikel (Ni): 3,1100, Demir (Fe): 786,2433, Bakır (Cu); 1,4733, Kadmiyum (Cd): TE olarak tespit edilmiştir. Ayrıca sade ve superkritik akışkan propolis ekstraktının ilave edildiği ürünlerin değerleri her bir element için ayrı ayrı değerlendirilmiş ve önemli farklılıklar görülmüştür. İncelenen ürünlerin ortalama element (ağır metal) içerik değerleri ppm cinsinden sırasıyla; Pb için; Sg: 0,117, Sgp: 0,226, M: 0,103, Mp: 0,127, E: 0,038, Ep: 0,103, Ni için; Sg: 6,35178, Sgp: 8,14263, M: 1,560, Mp: 2,137, E: 0,056, Ep: 0,079, Fe için Sg: 0,020, Sgp: 0,028, M: 31,424, Mp: 33,615, E: 1,122, Ep: 1,347, Cu için; Sg: 5,387, Sgp: 7,132, M: 3,940, Mp: 5,147, E: 0,074, Ep; 0,081, olarak tespit edilmiştir ve tüm örneklerde Cd tespit edilmemiştir. İz element değerleri her bir element için superkritik akışkan propolis ekstraktı ve ürünlere göre değerlendirilmiş ve önemli farklılıklar görülmüştür. Ayrıca tespit edilen tüm element içeriği konsantrasyonları (ppm) karşılaştırıldığında Sgp'de yüksek konsantrasyon gözlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Propolis, milkshake, enerji içeceği, protein tozu, iz element

Determination of Trace Elements in Propolis Added Sports Food and Beverages

ABSTRACT

In this study, it was aimed to develop new functional foods (Sgp, Mp, Ep) by enriching protein powder (Sg), milkshake (M) and energy drink (E) samples, which have an important place in sports nutrition, with supercritical fluid propolis extract, a very valuable bee product, and to determine the trace element contents of these foods. The element (heavy metal) contents of plain and propolis added products and propolis extract were determined using ICP-MS device. In the study, the average element (heavy metal) content values of supercritical fluid propolis extract in ppm were as follows; Lead (Pb): 0,6933, Nickel (Ni): 3,1100, Iron (Fe): 786,2433, Copper (Cu); 1,4733, Cadmium (Cd): TE. In addition, the values of the products to which plain and supercritical fluid propolis extract was added were evaluated separately for each element and significant differences were observed. The average element (heavy metal) content values of the analyzed products in ppm are as follows; for Pb; Sg: 0,117, Sgp: 0,226, M: 0,103, Mp: 0,127, E: 0,038, Ep: 0,103, for Ni; Sg: 6,35178, Sgp: 8,14263, M: 1,560, Mp: 2,137, E: 0,056, Ep: 0,079, for Fe; Sg: 0,020, Sgp: 0,028, M: 31,424, Mp: 33,615, E: 1,122, Ep: 1,347, for Cu; Sg: 5,387, Sgp: 7,132, M: 3,940, Mp: 5,147, E: 0,074, Ep: 0,081, and Cd was not detected in all samples. Trace element values were evaluated for each element according to supercritical fluid propolis extract and products and significant differences were observed. In addition, when the concentrations (ppm) of all detected elemental contents were compared, high concentrations were observed in Sgp.

Key words: Propolis, milkshake, energy drink, protein powder, trace element

GİRİŞ

Tarımsal, endüstriyel ve ekonomik gelişmelerdeki hızlı artış sebebiyle toprak, su, hava ve gıda kirliliği artmıştır. Bu gelişmelerle birlikte yaşam koşullarının değişmesi ile artan hastalıklar, protein eksikliği, yetersiz ve dengesiz beslenme gibi olumsuz durumların önüne geçebilmek ve insan sağlığını korumak amacıyla fonksiyonel gıdaların kullanımı ve koruyucu etkilerine yönelik araştırmalar son yıllarda artış göstermiştir. Bal arılarının ürettikleri, kullanımı oldukça yaygın olan ve git gide daha da artmakta olan çok değerli arı ürünlerinin de insan sağlığını koruyucu etkiye sahip olduğu bildirilmiştir (İlkaya ve İnci, 2023).

Akla gelen ilk arı ürünü genellikle bal olsa da, arılar ayrıca arı sütü, polen, balmumu, arı zehri, erkek arı larvası (apilarnil) ve propolis gibi her biri birbirinden farklı ve zengin biyolojik değerliliğe sahip ürünlerin üretimini yapar. Propolis, bal arılarının (*Apis mellifera*) bitkilerin yaprak, tomurcuk, eksüdalları gibi kısımlarından topladıkları maddeleri kendi tükürük enzimleri ile birleştirerek oluşturdukları reçineli kompleks bir maddedir. Propolis arıların kovandaki delikleri ve çatlakları kapatmak için kullanırlar bu nedenle arı tutkalı olarak da bilinir. Aynı zamanda kovan içine dışardan böcek, fare gibi zararlıların girişini ve patojen mikroorganizmaları engelleyerek kovanın korunmasını ve dezenfeksiyonunu sağlamaktadır (Coşkun ve İnci, 2020). Ana bileşenleri %50-60 oranında reçine ve balsam, %30-40 oranında balmumudur. Polenler, vitaminler ve mineraller gibi diğer bileşenler tipik olarak %5'in altındadır (Döner ve İnci, 2021). Propolisin organik içeriği analiz edilerek alkoller, alifatik asitler, aromatik asitler, esterler, flavonoidler, antrakinonlar, ketonlar, şekerler, terpenler gibi 300'den fazla bileşik tanımlanmıştır (Soós ve ark., 2021). Propolis içeriğinde bulunan bu fenolik asitler, flavonoidler, terpenoidler, fenolik esterler ve şekerler gibi maddeler sayesinde antioksidan, antibakteriyel, antiviral, anti-inflamatuar ve antitümör gibi biyolojik olarak çeşitli faydalı özelliklere sahiptir, bu nedenle de sağlığı koruyucu ajanlar olarak kullanılabilirler. Bu özellikleri sayesinde propolis tıp, kozmetik, farmakoloji, apiterapi ve sağlıklı gıda üretimi gibi birçok alanda kullanılmaktadır (Kebede ve ark., 2024).

Propolis bileşiminin komplex olması sebebiyle hammadde olarak kullanılamaz. Doğrudan tüketilebilen arı ürünlerinden biri değildir. Ekstraksiyon işlemi ile yabancı maddelerin uzaklaştırılması gerekir (Bakkaloğlu & Arıcı 2019). Ekstraksiyon, propolis örneğindeki inert bileşiklerin uzaklaştırılmasını ve flavonoidler ile polifenolik fraksiyonun korunmasını hedefler. Propolis ekstraksiyonunda kullanılan en yaygın teknik etanol, su, hekzan, etil-asetat ve kloroform gibi çözücülerin kullanımını içeren çözücü ekstraksiyonudur. Ancak, bu geleneksel tekniklerin, olası ters reaksiyonlar, çevreye zarar, içerisinde yüksek kalıntı olasılığı ile düşük ekstrakt kalitesi ve uzun işlem süresi gibi bazı dezavantajları vardır. En çok kullanılan geleneksel ekstraksiyon yöntemleri arasında hidro-distilasyon, soxhlet ve maserasyon işlemlerini içeren organik çözücü ekstraksiyonları yer almaktadır. Öte yandan, propolis ekstraksiyonu ile ilgili modern teknikler, örneğin ultrason ekstraksiyonu, mikrodalga destekli ekstraksiyon, liyofilizasyon, nanofiltrasyon ve süperkritik karbondioksit ekstraksiyonu gibi birçok araştırmacı tarafından incelenmiştir (Idrus ve ark., 2018).

Süperkritik karbondioksit (SC-CO_2), doğal kaynaklardan biyoaktif bileşiklerin saflaştırılması ve fraksiyonlanması için mükemmel bir yöntem olduğu bildirilen geleneksel ekstraksiyona alternatif tekniklerden biridir (Idrus ve ark., 2018).

Ağır metaller, doğal olarak ve antropojenik faaliyetler sonucu oluşan çevresel kirleticilerdir. İnsanların ağır metallere maruziyeti hava, toz ve toprak yoluyla olsa da çoğunlukla su ve gıda yoluyla olmaktadır. Kurşun, kadmiyum, nikel gibi ağır metaller gıda ürünlerinde biyolojik olarak birikebilen ve bu gıdaların tüketimi sonucu insan sağlığı üzerinde olumsuz etkilere yol açabilen kanserojenler olarak kabul edilir (Budianta ve ark., 2022). Bununla birlikte eser elementler, insanlarda günde <100 mg miktarında gerekli olan doğal olarak oluşan inorganik maddelerdir. Biyolojik yapıların temel bileşenleridir. Hayati biyokimyasal reaksiyonlara aracılık ederek yaşam için gerekli olan çeşitli süreçler üzerinde önemli bir etkiye sahiptir ve bu süreçlerde kilit rol oynarlar. Bu elementlerin biyolojik işlevler için gerekenden daha yüksek seviyede alımı, vücut sağlığı için toksik olabilir. Bu nedenle, eser elementlerin optimum seviyelerinde alınmaları çok önemlidir (Al-Fartusie ve Mohssan, 2017).

Propolis, insan sağlığı üzerinde olumlu etkileri olan zengin besin içeriğine sahip anlamına gelen "süper gıdalar" olarak önerilen gıdalar arasında yer almaktadır (Taulavuori ve ark., 2013). Bu sebeple, yüksek kalitede olmalıdır. Ancak propolisin bileşimi, coğrafi bölgeye, iklime ve mevsime bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Farklılıklar, mineral içerikleri de dahil olmak üzere birçok besin grubunu içerebilir (Golubkina ve ark., 2016). Aşırı element alımı insan sağlığında olumsuz etkilere yol açabileceğinden, propolisteki ağır metallerin konsantrasyonları kesin olarak tanımlanmalıdır.

Pastukhova ve ark. (2016), farklı kirlilik seviyelerine sahip bölgelerde arı ürünlerindeki ağır metal birikiminin özelliklerini incelediği çalışmasında, propolis, polen, bal, balmumu ve arıların vücutlarındaki ağır metal içeriği araştırmıştır. Yazara göre kirliliğin en bilgilendirici göstergeleri propolis ve polendir. Bölgenin ekolojik durumunu izlemede arıcılık ürünlerinin ve özellikle propolisin kullanılması olasılığından bahsetmiştir. Murashova ve ark. (2020), atomik absorpsiyon spektroskopisi yöntemi kullanılarak yaptıkları çalışmalarında ağır metallerle en çok kirlenmiş arı ürünlerinin propolis, polen, arı ekmeği olduğunu, en temiz ürünün ise bal olduğunu

bildirmişlerdir. Ek olarak birkaç farklı araştırmacı da benzer veriler ile, toksik elementlerle çevre kirliliğinin tüm arıcılık ürünlerinde, ancak daha büyük ölçüde polen ve propoliste konsantrasyonlarının daha fazla olduğunu bildirmiştir (Matuszewska ve ark, 2021; Vakhonina ve ark, 2021). Ancak, propolisteki toksik elementlerin teknolojik kaynaklara ek olarak, kontamine ekipman ve veteriner ilaçları kullanıldığında daha da çok birikebileceği bildirilmiştir. Bu sebeple, propolis en fazla miktarda toksik element içeren arı ürünlerinden biri olduğu ve ham propolislerin bazılarının ilaç, kozmetik ve gıda ürünlerinin üretimi için güvenli olmadığı bildirilmiştir (Vakhonina ve ark., 2021).

Bu çalışmada, superkritik propolis ekstraktı ve genellikle sporcu beslenmesinde ön plana çıkan sporcu gıdası olarak da bilinen protein tozu, milkshake ve enerji içeceğinin bu ekstraktın ilave edildiği ve edilmediği toz içecek örneklerindeki bir grup eser elementin içeriği indüktif eşleşmiş plazma spektrometresi (ICP-MS) ile ölçülmüştür.

MATERYAL ve METOT

Süperkritik akışkan propolis ekstraktı hazırlanması

Süperkritik akışkan propolis ekstraktı eldesi için Süperkritik CO_2 Ekstraktör F-500 Cihazı ile çalışılmıştır. Propolis örnekleri -80 ºC' de dondurulup daha sonra öğütücü ile öğütüldü. 200 g ham propolis tartılarak torbanın içerisine konuldu ve torba cihazın ilgili kısmına yerleştirildi. Propolis 300 bar basınçta 360 dk süreyle CO_2 gazı ile ekstrakte edildi.

Ürünlerin Hazırlanması

OMS group Mossa Toz İçecek Firmasında üretilen çikolata aromalı protein tozu (Sg), çikolata aromalı milkshake (M) ve enerji içeceği (E) ile aynı örneklere %1 oranında süperkritik akışkan propolis ekstraktı ilave edilerek homojen hale getirilmiş, propolis ilaveli çikolata aromalı protein tozu (Sgp), propolis ilaveli çikolata aromalı milkshake (Mp) ve propolis ilaveli enerji içeceği (Ep) hazırlanmıştır.

ICP-MS ile Metal İçerik Analizi

ICP-MS analizi için Mikrodalga Fırınında Çözündürme İşlemi

ICP-MS metodu numune hazırlanmasında, numunelerden yaklaşık 1000 mg tartılarak teflon kaplarına aktarıldı ve her bir numunenin üzerine derişik 10 mL %65' lik Merck nitrik asit eklendi. Blank için boş bir teflon kapa 7 mL % 65'lik nitrlk asit eklendi. Teflon kaplar CEM marka MARS6 ONE TOUCH (USA) model mikrodalga parçalayıcı fırınına yerleştirildi. 25 dakika içinde maksimum sıcaklık 210 ºC' ye kadar yükseltilerek bu sıcaklıkta 15 dakika bekletildi. Toplamda 40 dakika kapalı sistemde bekletilerek çözündürme işlemi gerçekleştirildi. Mikrodalga fırın sıcaklığının ortam koşullarına dönmesinden sonra teflon kaplarda bulunan çözelti ultra saf su ile teflon kaplar kapakları ile beraber iyice yıkanarak 50 mL balon jojelere alındı. Çözeltilerin uygun seyreltmeleri yapılarak ICP-MS cihazında belirlenen şartlarda okumaları yapıldı.

Element analizi için ICP-MS Metodu

ICP-MS kalibrasyon çözeltileri ticari olarak satılan çoklu element standartları % 1'lik (suprapure nitrik asit-ultra saf su) ile seyreltilerek kalibrasyon grafiği Tablo 1' de belirtilen konsantrasyonlar hazırlanarak oluşturulmuştur. Yapılan çalışmada numunelerin element analizleri için kuarz nebulizer (sisleştirici), cyclonic spraychember (sisleştirme odası) ve entegre bir auto-sampler bulunduran ICP-MS NexION ® 2000 C (PerkinElmer®Inc., USA) cihazı kullanıldı. Sartorius™ -Wall Mounted-,Arium pro Ultrapure Water System cihazından elde edilen 18,2 MΩ ultra saf su kullanılarak % 1 suprapure nitrik asit-ultra saf su içeren yıkama çözeltisi hazırlanarak Tablo 1'de belirtilen konsantrasyonlarda hazırlanmıştır. Element analizlerinin kontrolü için 25 ppb konsantrasyonunda ^{89}Y internal standardı kullanılmıştır.

Tablo 1. Kalibrasyon standartları

Analitler	Std1 (ppb)	Std2 (ppb)	Std3 (ppb)	Std4 (ppb)	Std5 (ppb)	Internal Standart
Cd, Cu, Fe, Ni, Pb	1	5	25	50	100	^{89}Y

Verilerin Analizi

İstatistiksel analizler, SPSS 23.0 istatistiksel yazılım paketi kullanılarak yapılmıştır. Veilerin aritmetik ortalama ve standart sapmaları hesaplanmıştır. Gruplar arasındaki farklılıklar, tek yönlü varyans analizi (Tek Yönlü ANOVA) prosedürü ile $P<0.05$'e göre değerlendirilmiştir. Gruplara ait ortalamalar arasındaki farklılıkların önemlilik testinde Duncan testi kullanılmıştır.

BULGULAR ve TARTIŞMA

Bazı ağır metaller de dahil olmak üzere eser elementler (Fe, Zn, Cu, Mn ve Se vb.), canlı organizmalardaki fizyolojik ve biyokimyasal süreçler için gereklidir, ancak aşırı miktarlarda alınırlarsa toksik etki yapmaları sonucu sağlık sorunları ortaya çıkabilir. Bu nedenle, mineraller insan sağlığı için oldukça önemlidir. İz elementlerin toksisitesi, doz, maruz kalma koşulları, biyoyararlanım ve etkilenen biyolojik türler dahil olmak üzere çeşitli faktörlere bağlıdır (Khaneggah vd., 2020).

Propolisin mineral bileşenlerindeki farklılık, kaynak bitkilerin mineral içeriğinin yanı sıra toprak yapısı ve iklim koşullarından kaynaklanmaktadır. Yapılan bir çalışmada Türkiye (TP), Çin (CP), Brezilya (BP1, BP2) ve Etiyopya (Ep)' dan elde edilen beş propolis örneğinin element içeriğinin indüktif olarak eşleşmiş plazma kütle spektrometresi (ICP-MS) ile tespit edilmiştir. Propolis örneklerinde Li, B, Be, Mg, Na, Al, Cu, Ca, Zn, Cr, K, V, Mn, Co, Fe, Ga, Ni, Sr, In, Rb, Ru, Ag, Cs, Pd, Cd, Pt, Ba, Hg, Tl ve Au olmak üzere toplamda 29 element belirlenmiştir. Tüm örneklerde rutenyum (Ru), platin (Pt), altın (Au), cıva (Hg) ve talyum (Tl) bulunmadığı bildirilmiştir. Ayrıca, propolis örneklerinde az miktarda lityum (Li), berilyum (Be), vanadyum (V), krom (Cr), kobalt (Co), nikel (Ni), bakır (Cu), galyum (Ga), stronsiyum (Sr), kadmiyum (Cd), indiyum (In), sezyum (Cs), paladyum (Pd), gümüş (Ag) konsantrasyonları tespit edildiği ve genel olarak, TP numunesindeki birçok elementin konsantrasyonunun diğer numunelerdekinden daha yüksek olduğu belirlenmiştir (Bayram, 2020).

Roman ve ark., (2011) Polonya propolisinde yalnızca Cd, Co, Pb, Zn ve As içeriğini analiz etmişlerdir. Daha sonra Matuszewska ve ark., (2021) tarafından daha detaylı bir inceleme yapılmıştır. Bu çalışmaların sonuçlarına göre seçilen elementlerin konsantrasyonu ilk çalışmada daha yüksek bulunmuştur. Yazarlar bu durumun muhtemelen arı kovanlarının konumundan kaynaklandığını, Roman ve ark., yoğun bir şekilde sanayileşmiş bir bölgeden toplanan propolisi analiz ettiklerini, Matuszewska ve ark., ise, arı kovanlarının büyük bir taşra şehri bölgesinde bulunduğunu bildirmişlerdir. Bu karşılaştırmalar ışığında yüksek kirletici içeriğinin yüksek endüstriyel ve tarımsal faaliyetlerle ilişkili olabileceği bildirilmiştir.

Izol ve Turhan (2024), ICP-MS ile Bitlis propolisinin mineral içeriğini belirledikleri çalışmalarında propolis örneklerinde Fe (1068 mg/kg), Pb (18,6 mg/kg), Ni (2,8 mg/kg), Cu (2,2 mg/kg) olarak ve Cd'nin tespit edilmediğini bildirmişlerdir.

Yapılan araştırmalar, farklı bitki örtüsü, toprak ve iklim gibi birçok etkenin propolisin mineral içeriğini etkilediğini ortaya koymaktadır. Biz de bu çalışmamızda Bingöl ilinden elde edilen propolis örneğinin superkritik ekstraksiyonu ile bu propolis ekstraktının ilaveli ve sade protein tozu, milkshake ve enerji içeceği örneklerindeki bazı mineral içeriklerini ICP-MS ile belirledik.

ICP-MS analizlerinde kullanılan örnek hazırlama yöntemleri, su ile seyreltilen örneklerin yanı sıra mikrodalga sindirimi gibi prosedürleri içerir. Mikrodalga sindirimi, örneğin nitrik asit (HNO_3) ve hidrojen peroksit (H_2O_2) kullanılarak gerçekleştirilir. Bu yöntem, örneklerin tam olarak çözünmesini sağlar, ardından deiyonize su eklenerek seyreltme işlemi yapılır (Analytik Jena, 2018). Kalibrasyon çözeltileri, iz elementler ve matris elementler için uygun konsantrasyon aralıklarında hazırlanır. Böylece, analizde yüksek doğruluk sağlanır (Agilent Technologies, 2024). ICP-MS'nin avantajlarından biri, çok düşük algılama limitlerine sahip olmasıdır. Örneğin, potasyum (K), kalsiyum (Ca) ve bakır (Cu) gibi elementler, µg/L seviyesinin çok altındaki konsantrasyonlarda bile doğru bir şekilde ölçülebilir. Bu özellik, gıda ürünlerinin besin değeri ve kirleticilerin izlenmesi açısından büyük bir fayda sağlar (Analytik Jena, 2018). Ayrıca, iç standart kullanımı, yöntem doğruluğunu ve analizdeki stabiliteyi garanti eder, böylece uzun süreli analizlerde bile sonuçların tutarlılığı korunur (Agilent Technologies, 2024).

Yaptığımız çalışmada, ICP-MS cihaz yöntemiyle superkritik propolis ekstraktı ve bu ekstraktın %1 oranında ilave edildiği protein tozu, milkshake ve enerji içeceği tozları ile sade olan içecek örneklerinin istatistiksel olarak element değerleri (ortalama, standart sapma, standart hata ve istatistiksel olarak önem derecesi) Tablo 2 ve Tablo 3' te verilmiştir.

Superkritik propolis ekstraktının ICP-MS ile Pb, Ni, Fe, Cd ve Cu elementleri kantitatif olarak belirlendi. Sonuçlar Tablo 2' de verilmiştir. En yüksek Fe (786,2433 mg/kg), Ni (3,1100 mg/kg), Cu (1,4733 mg/kg) ve en düşük Pb (0,6933 mg/kg) konsantrasyonları belirlenirken, toksik bir element olan Cd belirlenemedi. Genel olarak propolisin superkritik ekstraksiyonunun iz elementleri içerdiği bulunmuştur.

Tablo 2. Superkritik Propolis Ekstraktının Element Analizi Konsantrasyonu (µg/kg)

Elementler	Ortalama	Std. Sapma	Std. Hata	Önem derecesi (p)
Pb	0,6933[a]	0,01155	0,00667	*
Ni	3,1100[c]	0,07211	0,04163	*
Fe	786,2433[d]	0,99108	0,57220	*
Cu	1,4733[b]	0,10693	0,06173	*
Cd	TE	-	-	ÖNZ

Yapılan çalışmada, propolisin Pb içeriği ortalama 0,69 µg/kg olarak saptanmıştır. Bu değer, FAO-WHO'nun gıdalarda tanımladığı maksimum Pb değerinden (0,3 ppm) ve TGK'nin gıdalarda tolere edilebilir Pb değerinden (0,1 ppm) düşüktür (Anonim, 1982; Anonim, 1989). Propolisin Cu içeriği ortalama 1,47 µg/kg olarak tespit edilmiştir. Bu değer, FAO-WHO'nun gıdalarda tanımladığı maksimum bakır içeriği değerinden (5,0 ppm) daha düşüktür. Ayrıca, Fe içeriği ortalama 786,24 µg/kg olarak tespit edilmiştir. Fe içeriğine ait bulgular, FAO-WHO'nun gıdalarda izin verdiği maksimum değerden (15 ppm) düşük bulunmuştur (Anonim, 1982; Anonim, 1989). Propolisin Ni içeriği ortalama 3,11 µg/kg olarak saptanmıştır. Bu değer, FAO-WHO'nun gıdalarda tanımladığı maksimum Ni değerinden (67 ppm) düşüktür (Mundi ve ark, 2019). Bununla birlikte analiz edilen propolislerde Cd içeriğine rastlanmamıştır. FAO-WHO'ya göre gıdalarda Cd bulunmaması istenmektedir. Elde edilen Cd değerleri, FAO-WHO'nun ve TGK'nın gıdalarda izin verdiği Cd değerinden (0,1 ppm) daha düşük bulunmuştur (Mundi ve ark, 2019).

ICP-MS, gıda ürünlerinde, özellikle sütlü içeceklerdeki ve protein tozlarındaki iz elementlerin analizinde oldukça etkili bir tekniktir. Bu yöntem, düşük konsantrasyonlardaki elementlerin hassas bir şekilde belirlenmesini sağlar ve genellikle besin değerlerinin doğruluğunu kontrol etmek ve kirleticilerin varlığını tespit etmek için kullanılır. Süt tozu örneklerinde yapılan çalışmalarda, ICP-MS, iz elementlerin çok düşük seviyelerde bile tespit edilmesine olanak tanır. Bu, gıda güvenliği açısından oldukça önemlidir, çünkü gıda ürünlerinde bulunan mikro seviyedeki elementler, beslenme değerinin yanı sıra potansiyel sağlık riskleri açısından da kritik olabilir (Analytik Jena, 2018; Agilent Technologies, 2024).

Tablo 3. Superkritik Propolis Ekstraktı İlaveli ve İlavesiz Ürünlerin Element Analizi Konsantrasyonu (ppm)

Elementler ve Ürünler		Ortalama	Std. Sapma	Std. Hata	Önem derecesi (p)
Pb	Sg	0,117[c]	0,33	0,57	*
	Sgp	0,226[e]	0,57	1,00	*
	M	0,103[b]	0,33	0,57	ÖNZ
	Mp	0,127[d]	0,33	0,57	*
	E	0,038[a]	0,33	0,57	*
	Ep	0,103[b]	0,33	0,57	ÖNZ
Ni	Sg	6,35178[e]	0,57	1,00	*
	Sgp	8,14263[f]	0,57	1,00	*
	M	1,560[c]	0,57	1,00	*
	Mp	2,137[d]	0,57	1,00	*
	E	0,056[a]	0,57	1,00	*
	Ep	0,079[b]	0,57	1,00	*
Fe	Sg	0,020[c]	0,57	1,00	*
	Sgp	0028[d]	0,57	1,00	*
	M	31,424[e]	0,57	1,00	*
	Mp	33,615[f]	0,57	1,00	*
	E	1,122[a]	0,57	0,99	*
	Ep	1,347[b]	0,57	1,00	*
Cu	Sg	5,387[e]	0,57	1,00	*
	Sgp	7,132[f]	0,57	1,00	*
	M	3,940[c]	0,57	1,00	*
	Mp	5,147[d]	0,57	1,00	*
	E	0,074[a]	0,57	1,00	*
	Ep	0,081[b]	0,57	1,00	*
Cd	Sg	TE	-	-	ÖNZ
	Sgp	TE	-	-	ÖNZ
	M	TE	-	-	ÖNZ
	Mp	TE	-	-	ÖNZ
	E	TE	-	-	ÖNZ
	Ep	TE	-	-	ÖNZ

Yapılan bazı çalışmalarda, protein tozlarındaki elementel içerik ve potansiyel olarak zararlı iz metallerin varlığı incelenmiştir. Örneğin, İrlanda pazarındaki protein tozları üzerinde yapılan bir çalışmada arsenik, kadmiyum ve cıva gibi elementlerin seviyeleri analiz edilmiştir. Çoğu örnekte bu elementlerin kabul edilebilir seviyelerde olduğu belirlenmiş, ancak bazı ürünlerde arsenik seviyeleri güvenli limitleri aşmıştır. Bu durum, uzun süreli kullanımda sağlık riskleri oluşturabileceğinden, bu tür analizler daha da önemli hale gelmektedir (Ring ve ark, 2021). Bu konuda yapılan başka bir çalışmada, alternatif kaynaklardan elde edilen protein tozları, örneğin

çekirge proteini, ICP-MS ile analiz edilmiştir. Bu analizde, farklı protein tozlarındaki kalsiyum, magnezyum ve krom gibi elementlerin farklı konsantrasyonları gözlemlenmiştir. Bu durum, ICP-MS'nin protein takviyelerinin güvenliği ve kalitesi hakkında değerli bilgiler sunduğunu ortaya koymaktadır (Agilent Technologies, 2023).

ICP-MS, enerji içeceklerinde de metal içeriğini analiz etmek için yaygın olarak kullanılan bir tekniktir. Yapılan çalışmalar, bu içeceklerdeki iz elementlerin, özellikle kadmiyum, krom, bakır ve kurşun gibi ağır metallerin varlığını ortaya koymuştur. Bu metaller, sağlık açısından risk oluşturabilecek seviyelerde bulunabilir. Özellikle krom ve bakır gibi elementlerin yüksek konsantrasyonları, enerji içeceklerinin potansiyel kontaminasyonunu göstermektedir (Biorxiv, 2020).

Örnekler ve Cu (63), Fe (57), Ni (60) ve Pb (208) ortalamalarına ait sonuçlar tablo 3'te verilmiştir. En düşük Cu ortalamasına E isimli örnekte ulaşılırken bunu sırasıyla Ep, M, Mp, Sg izlemiştir. En yüksek Cu ortalamasına ise Sgp örneğinde ulaşılmıştır. Cu değerinin genel ortalaması ise 3,627 ppm olarak hesaplanmıştır. Fe değerinin genel ortalaması 19,353 ppm olarak hesaplanırken bu değer E örneğinde en düşük, Sgp örneğinde ise en yüksek değere ulaşmıştır. Ni değerinin genel ortalaması 3,054 ppm olarak hesaplanır iken bu değer E örneğinde en düşük, Sgp örneğinde ise en yüksek değere ulaşmıştır. Pb değerinin genel ortalaması 0,119,67 olarak hesaplanır iken bu değer E örneğinde en düşük, Sgp örneğinde ise en yüksek değere ulaşmıştır.

SONUÇ ve ÖNERİLER

Bal arıları, bal, arı zehri, arı sütü, polen, apilarnil, balmumu ve propolis gibi çok değerli ürünlerin üretimini yapar. Bu ürünlerin gıda ve geleneksel olarak tedavi amaçlı kullanımının insanlık tarihi kadar eski olduğu bilinmektedir. Propolis, arıların kovanlarının içindeki delikleri kapatmak, hava akımını engellemek, kirlenmeye ve dışarıdan gelen davetsiz misafirlere karşı koruma sağlamak amacıyla ürettiği reçinemsi bir maddedir ve antiseptik, antifungal, antibakteriyel, antiviral, anti-enflamatuar ve antioksidan özellikler gibi çok sayıda sağlık faydaları vardır. Karmaşık yapısından dolayı ham olarak kullanılamaz, ekstrakte edilerek kullanılmaktadır. Ekstaraksiyon işlemi geleneksel ve modern yöntemler olmak üzere birçok farklı yöntemle yapılmaktadır. Geleneksel yöntemlerin daha az maliyetli olmasının yanı sıra çok fazla kimyasal kullanımı ve işlem gerektirmesi, ekstrakt kalitesinin düşük olması ve uzun ekstaksiyon süresi, çevreye verilen zarar gibi dezavantajları bulunmaktadır. Geleneksel yöntemlere alternatif olarak yenilikçi ve modern yöntemler araştırılmaya devam etmektedir. Bu yöntemlerden biri olan süperkritik akışkan ekstraksiyonu, çözücü olarak yüksek basınç ve sıcaklık altındaki bir gazın (genellikle karbondioksit) kullanılmasıdır. Süperkritik akışkan ekstraksiyonu elde edilen propolis ekstraktı yüksek saflıkta olup daha üstün özelliklere sahiptir. Bu yöntem daha az kimyasal kullanımı ve zararsız gazların kullanımına imkan verdiği için diğer yöntemlere göre daha çevre dostu bir yöntemdir. Yüksek maliyet gerektirse de endüstriyel olarak kullanımı oldukça avantajlıdır.

Bal arılarının sağlığı, insan sağlığı ve tarımdaki birçok hayati rolü nedeniyle dünya çapında bir endişe haline gelmiştir. Bu nedenle, arıların doğal ortamlarında maruz kaldıkları kirliliği değerlendirmek zorunludur. Genelde gıdalar, su ve hava yoluyla vücuda alınan iz elementlerdeki eksiklikler ciddi sağlık sorunlarına neden olur. Öte yandan, uzun süre aşırı yüksek seviyelerde tüketilirse bu elementler toksik olabilir ve olumsuz etkilere neden olabilir. Dahası, iz elementler reaktif oksijen türlerinin (ROS) üretimini artırarak kansere, dejeneratif hastalıklara ve merkezi sinir sisteminde hasara da neden olabilir. Bu nedenle, tüketiciler gıdaların iz element içeriğinin farkında olmalıdır. Ancak, arı ürünleri de dahil olmak üzere tüm gıda ürünleri henüz kapsamlı bir şekilde araştırılmamıştır.

Arı ürünlerinde bulunan elementler, çevre kirliliği ve çevresel faktörlerin etkisiyle vücuda zarar verebilecek seviyelere ulaşabilir. Çevresel kirleticiler, arıların ve arı ürünlerinin bileşiminde önemli değişikliklere neden olabilir. Örneğin, atmosferdeki ağır metallerin, arı ürünlerinde birikmesi insan sağlığını tehdit edebilir. Arı sütü ve polende bulunan yüksek düzeydeki ağır metaller, immün sistem bozuklukları ve organik hasarlarla ilişkilendirilmiştir. Bununla birlikte, propolisin antioksidan etkileri, bazı toksik elementlerin zararlı etkilerine karşı koruyucu olabilir.

Bu çalışmada, superkritik propolis ekstraktı ile bu ekstraktın ilave edildiği ve edilmediği protein tozu, milkshake ve enerji içeceği örneklerindeki bir grup eser elementin içeriği ICP-MS ile değerlendirilmiştir. Ana toksik eser elementlerden olan Pb, Cd, Ni ve Cu gibi iz elementlerin yanı sıra insanlar için gerekli olduğu düşünülen ancak günlük alım seviyesine bağlı olarak toksik hale gelebilen Fe gibi diğer elementlerin seviyeleri ile ilgili olarak yürütülen risk değerlendirme çalışmalarının tamamlanmasına katkıda bulunabilecek verilerin sağlanması amaçlanmıştır. Temel amaç, bunların besin değerini ve özellikle propolisin gıda katkı maddesi olarak güvenliğini değerlendirmektir. Ayrıca, gıda endüstrisinde propolisin potansiyel faydaları ve olası toksik etkileri hakkında daha fazla bilgi edinilmesi gereklidir. Arı ürünlerinin içerdiği mikrobesinler ve besin değerleri, sağlık üzerindeki potansiyel etkiler açısından dikkatlice incelenmelidir. Bu tür araştırmalar, arı ürünlerinin güvenli ve etkin kullanımı hakkında daha derin bir anlayış sağlayabilir. Arı ürünlerinin, özellikle propolisin, potansiyel sağlık yararları, toksik

olmayan ve güvenli tüketim için dikkatle değerlendirilmelidir. Ayrıca, çevresel kirliliğin arı ürünlerine etkisi ve bu ürünlerdeki kirleticilerin, arıların sağlığına ve dolayısıyla insanların sağlığına olan olası etkileri, sürdürülebilir arıcılık için kritik öneme sahiptir.

Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti: Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan ederler.

[&]: Bu çalışma "Yüksek Basınçlı Homojenizatörde Üretilen Süper Kritik Akışkan Propolis Ekstraktının Katma Değeri Arttırılmış Ürün Geliştirilmesinde Kullanımı" isimli Doktora tez çalışmasına ait bir kısım veriler kullanılarak özetlenmiştir.

YAZAR ORCID NUMARALARI

Pınar COŞKUN http://orcid.org/0000-0002-9170-5799

Hakan İNCİ http://orcid.org/0000-0002-9791-0435

KAYNAKLAR

Agilent Technologies. (2023). Application note: Multielement analysis of protein powders using ICP-MS. Agilent Technologies. Retrieved from https://www.agilent.com/chem/icp-ms

Agilent Technologies. (2024). *ICP-MS: Advanced Techniques for Food and Environmental Analysis*.

Al-Fartusie, F. S., & Mohssan, S. N. (2017). Essential trace elements and their vital roles in human body. *Indian J Adv Chem Sci*, *5*(3), 127-136.

Analytik Jena. (2018). *Characterization of Powdered Milk by ICP-MS*. Analytik Jena.

Anonim (1982) World Health Organization, WHO, "Toxicological Evaluation of Certain Food Additives", Joint FAO / WHO Expert Committee of Food Additives. WHO Food Additives Series, number 17.

Anonim, (1989) FAO-WHO Food Standart Programme. Codex Standart for Sugar (Honey). CAC/vol. III. Ed. 1, supplement 2.

Bakkaloğlu, Z., & Arıcı, M. (2019). Farklı çözücülerle propolis ekstraksiyonunun toplam fenolik içeriği, antioksidan kapasite ve antimikrobiyal aktivite üzerine etkileri. *Akademik Gıda*, *17*(4), 538-545.

Bayram, N. E. (2020). A study on free-radical scavenging activity, individual phenolic compounds and element concentration of propolis. *Uludağ Arıcılık Dergisi*, *20*(2), 145-156.

Biorxiv. (2020). ICP-MS analysis of metal and metalloid concentrations of common microbiological growth media reveals presence of heavy metals. *bioRxiv*.

Budianta, D., Napoleon, A., & Habi, M. L. (2022, March). Save our soil from heavy metals (Pb and Cd) accumulation for rice growth. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 1005, No. 1, p. 012001). IOP Publishing.

Coşkun, P., & İnci, H. (2020). Antibacterial, antiviral, antioxidant activity and chemical content of propolis. *ISPEC Tarım Bilimleri Dergisi*, *4*(4), 1053-1070.

Döner, Ö., & İnci, H. (2021). Bingöl ilinin farklı bölgelerinden elde edilen propolislerin protein oranı ve kül miktarı açısından karşılaştırılması. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, *5*(2), 372-380.

Golubkina, N. A., Sheshnitsan, S. S., Kapitalchuk, M. V., & Erdenotsogt, E. (2016). Variations of chemical element composition of bee and beekeeping products in different taxons of the biosphere. *Ecological indicators*, *66*, 452-457.

Idrus, N. F. M., Yian, L. N., Idham, Z., Aris, N. A., Putra, N. R., Aziz, A. H. A., & Yunus, M. A. C. (2018). Mini review: Application of supercritical carbon dioxide in extraction of propolis extract. *J. Malays. J. Fundam. Appl. Sci*, *14*, 387-396.

İlkaya, M., & İnci, H. (2023). Bingöl İlinin Farklı Bölgelerinden Toplanmış Apilarnilin İz Element (Ağır Metal) İçeriğinin Belirlenmesi. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, *10*(3), 715-725.

İzol, E., & Turhan, M. (2024). In-Depth Phytochemical Profile by LC-MS/MS, Mineral Content by ICP-MS, and In-Vitro Antioxidant, Antidiabetic, Antiepilepsy, Anticholinergic, and Antiglaucoma Properties of Bitlis Propolis. *Life*, *14*(11), 1389.

Kafouris, D., Christoforou, E., Stefani, D., Sarandi, A., Stavroulakis, G., Christou, E., & Yiannopoulos, S. (2024). Lead, cadmium and mercury determination and human health risk assessement in foods from Cyprus. *Journal of Food Composition and Analysis*, *128*, 106007.

Kebede, I. A., Gebremeskel, H. F., & Ahmed, A. D. (2024). Bee products and their processing: a review. *Pharm Pharmacol Int J*, *12*(1), 5-12.

Khaneghah, A. M., Fakhri, Y., Nematollahi, A., & Pirhadi, M. (2020). Potentially toxic elements (PTEs) in cereal-based foods: a systematic review and meta-analysis. *Trends in Food Science & Technology*, *96*, 30-44.

Matuszewska, E., Klupczynska, A., Maciołek, K., Kokot, Z. J., & Matysiak, J. (2021). Multielemental analysis of bee pollen, propolis, and royal jelly collected in west-central Poland. *Molecules*, *26*(9), 2415.

Mundi, A. A., Ibrahim, U., & Mustapha, I. M. (2019). Contamination and Pollution Risk Assessment of Heavy Metals in Rice Samples (Oryza sativa) from Nasarawa West, Nigeria. *Asian Journal of Advanced Research and Reports*, *3*(4), 1-8.

Murashova, E. A., Tunikov, G. M., & Nefedova, S. A. (2020). The main factors determining the accumulation of poisonous elements by bees and honey products. International Journal of Transactions in Engineering, *Management and Applied Sciences and Technologies*, 3, 1-14.

Pastukhova, M. A., Galuts, O. A., Dashkevich, M. M., & Mikhalchuk, S. N. (2016). Peculiarities of accumulation of heavy metals in the system soil-plant-bee-beekeeping products. *Natural resource management,* 30, 70-75.

Roman, A., Madras-Majewska, B., & Popiela-Pleban, E. (2011). Comparative study of selected toxic elements in propolis and honey. *J. Apic. Sci*, *55*(2), 97-106.

Ring, J. M., Kelliher, A., & McCormick, K. L. (2021). Analysis of trace elements in protein powders from the Irish market using ICP-MS. Food Chemistry, 345, 128-136. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128136

Soós, Á., Bódi, É., Várallyay, S., Molnár, S., & Kovács, B. (2021). Microwave-assisted sample preparation of Hungarian raw propolis in quartz vessels and element analysis by ICP-OES and ICP-MS for geographical identification. *Talanta*, *233*, 122613.

Taulavuori, K., Julkunen-Tiitto, R., Hyöky, V., & Taulavuori, E. (2013). Blue mood for superfood. *Natural Product Communications*, *8*(6), 1934578X1300800627.

Vakhonina, E. A., Lapynina, E. P., & Lizunova, A. S. (2021, November). Study of toxic elements in propolis. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 845, No. 1, p. 012122). IOP Publishing.

Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi 12(1): 165–172, 2025
https://doi.org/10.30910/turkjans.1511017

TÜRK TARIM ve DOĞA BİLİMLERİ DERGİSİ

TURKISH JOURNAL of AGRICULTURAL and NATURAL SCIENCES

www.dergipark.gov.tr/turkjans

Araştırma Makalesi

Flavonoid and Phenolic Properties of Dried Seedless and Seeded Grape Cultivars (*Vitis vinifera* L.)

Turhan YILMAZ[1]*, Fadime ATEŞ[2], Zeki KARA[3]

[1]Kahramanmaraş Sütçü Imam University, Faculty of Agriculture, Department of Horticulture, Kahramanmaras
[2]Republic of Türkiye Ministry of Agriculture and Forestry, Manisa Viticulture Research Institute, Manisa
[3]Selçuk University, Faculty of Agriculture, Department of Horticulture, Konya

*Sorumlu Yazar: turhanyilmaz@ksu.edu.tr

Geliş Tarihi: 05.07.2024 Düzeltme Geliş Tarihi: 03.10.2024 Kabul Tarihi: 25.10.2024

ABSTRACT

In raisin cultivation, seeded (cvs. Gök Üzüm and Eksi Kara), parthenocarpic (cv. Black Corinth), and stenospermocarpic (cvs. Black Kishmish and Sultani Çekirdeksiz) grape varieties are used. Very little is known about the metabolic properties of raisins derived from these cultivars. According to the existing literature, certain metabolites including flavonoids and phenolic acids were studied in different raisin varieties. In this study, anthocyanidin, flavonol, flavone, flavanone, catechin, hydroxycinnamic acid, and hydroxybenzoic acid contents of 5 different grape cultivars were examined. As a result of the study, it was determined that phenolic acid and flavonoid contents were found to be significantly different among all varieties. Flavonol, catechin, and anthocyanin concentrations were higher in the cv. Gök Üzüm compared to other cultivars. As a result, when compared to seedless varieties, raisin varieties with seeds had a higher concentration of flavonoid capacity. In contrast, higher levels of most phenolic acids were detected in raisins produced from seedless varieties than in raisins produced from seeded varieties.

Key words: *raisins, flavonoids, phenolic acids, stenospermocarpic, seeded, parthenocarpic*

Kurutulmuş Çekirdeksiz ve Çekirdekli Üzüm Çeşitlerinin (*Vitis vinifera* L.) Flavonoid ve Fenolik Özellikleri

ÖZ

Kuru üzüm yetiştiriciliğinde çekirdekli (Gök Üzüm ve Ekşi Kara), partenokarpik (Black Corinth) ve stenospermokarpik (Black Kishmish ve Sultani Çekirdeksiz) üzüm çeşitleri kullanılmaktadır. Bu üzüm çeşitlerinden elde edilen kuru üzümlerin metabolik özellikleri hakkında çok az şey bilinmektedir. Mevcut literature göre farklı kuru üzüm çeşitlerinde flavonoidler ve fenolik asitler dahil olmak üzere belirli metabolitler üzerinde çalışılmıştır. Bu çalışmada, 5 farklı üzüm çeşidinde antosiyanidin, flavonol, flavon, flavanon, kateşin, hidroksisinamik asit ve hidroksibenzoik asit içerikleri analiz edilmiştir. Araştırmanın sonucunda, Fenolik asit ve flavonoid içeriğinin tüm çeşitler arasında önemli ölçüde farklılık oluşturduğu saptanmıştır. Gök Üzüm çeşidinin flavonol, kateşin ve antosiyanin konsantrasyonları diğer çeşitlere kıyasla daha yüksek bulunmuştur. Sonuç olarak, çekirdeksiz çeşitlerle karşılaştırıldığında, çekirdekli kuru üzüm çeşitleri daha yüksek konsantrasyonda flavonoid kapasiteye sahip olduğu bulunmuştur. Bunun aksine, çekirdekli çeşitlerden üretilen kuru üzümlere göre, çekirdeksiz çeşitlerde, fenolik asitlerin çoğunun daha yüksek seviyeleri belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: *kuru üzüm, flavonoidler, fenolik asitler, stenospermokarpik, çekirdekli, partenokarpi*

INTRODUCTION

In crop plants whose fruit is their commercial product, such as in the case of grape production, the parthenocarpy characteristic is crucial (Varoquaux et al., 2000). Pollination and fertilization are required for fruit set to succeed, however, the existence of seeds and their impact on hormone production stimulate fruit growth and cell expansion (Varoquaux et al., 2000). Cell division terminates due to ovary abscission, which is triggered by the lack of fertilization and pollination (Dauelsberg et al., 2011). Despite this, fertilization is not necessary for the ovary to mature, resulting in the appearance of seedless berries (Costantini et al., 2021). In seedless grapevine types, parthenocarpy and stenospermocarpy phenomena have been described (Pratt, 1971). Parthenocarpic kinds yield seedless berries, while stenospermocarpic variants complete ovule fertilization. Still, as the ovule integuments expand before ceasing, the embryo and endosperm abort, leaving tiny, primitive seed remnants in the ripe berry (Costantini et al., 2021). Parthenocarpic cultivars, such as Black Corinth or Black Currant, are characterized by small, spherical berries absent of seeds (Vargas, 2007; Royo, 2016; Costantini et al., 2021). Raisin growers are attracted to parthenocarpic grapevine varieties as they yield small-sized fruits that are suitable for raisin production while tackling environmental issues with fertilization and pollination (Lahogue et al., 1998).

In table grape breeding processes, the stenospermocarpic variety Sultanina, which is Thompson Seedless or called Sultani Çekirdeksiz in Türkiye, has been exploited as the main source of seedlessness (Adam et al., 2001; Ibáñez et al., 2009; Costantini et al., 2021). Berries from stenospermocarpic types have partially developed seeds; for commercial purposes, they are usually regarded as seedless (Costantini et al., 2021), though applying hormones to the berries may occasionally boost their size (Pérez & Gómez, 2000). To produce seedless table grape types, stenospermocarpic grapevine varieties are increasingly widely used (Rahman et al., 2021).

In Türkiye, grapes are grown for a variety of uses, including table grapes, wine grapes, grape juice, concentrated must, and other local products including vinegar. Türkiye has surpassed Uzbekistan, Brazil, Egypt, the United States, and Chile to rank as the world's third-largest producer of fresh table grapes, after China and India. In Türkiye, fresh grape cultivation accounts for most of the grape output, with the remaining third being dried for raisin manufacturing. Sultani Çekirdeksiz grapes are used to create most raisins in Türkiye. Other local grape types, such as cvs. Gök Üzüm, Eksi Kara, Black Kishmish, and Black Corinth grapes, are additionally used. Due to their great nutritional and physiological benefits, as well as their readily digested phenolic compounds and flavonoids, raisins are a popular dried fruit (Keskin et al., 2022). A comparative study conducted about the drying process with seeded and seedless cultivars showed that when compared to raisins made from seeded kinds, seedless varieties showed a higher quantity of several minerals, vitamins, and hormones as well as antioxidant capability. In contrast, the raisins made from seedless cultivars had lower amounts of most measured carbohydrates and amino acids than did the varieties of raisins with seeds (Kaya et al., 2022).

However, not much research has been done on how the fertilization of parthenocarpic and stenospermocarpic types affects the variations in biochemical components. To better understand these variations, this study examined the phenolic compounds and flavonoids of five raisin varieties: Black Corinth, a parthenocarpic variety; Sultani Çekirdeksiz and Black Kishmish, two stenospermocarpic varieties; and Eksi Kara and Gök Üzüm, two seeded varieties.

MATERIALS and METHODS

Plant Resources and Research Location

During the 2020 season, the study involved two stenospermocarpy cultivars (*Vitis vinifera* L. cv; Sultani Çekirdeksiz; Prime name: Sultanina, Variety number VIVC; 12051 and cv. Black Kishmish; Prime name: Kishmish Chernyi, Variety number VIVC; 6256); one parthenocarpic cultivar (*Vitis vinifera* L. cv; Black Corinth); and two seeded cultivars (*Vitis vinifera* L. cvs; Eksi Kara, Prime name: Eksi Kara, Variety number VIVC; 3852 and Gök Üzüm, Prime name: Goek Uezuem, Variety number VIVC; 4847). A vineyard established within the Manisa Viticulture Research Institute in Manisa provided the cvs. Sultani Çekirdeksiz, Black Kishmish, and Black Corinth grapes. On the other hand, the grapes for cvs. Gök Üzüm and Eksi Kara came from a vineyard at Selçuk University in Konya. The vines selected for this experiment ranged in age from 8 to 12 years, and they were placed 2.0 meters apart within rows and 3.0 meters between rows, yielding a plant density of about 1600 vines. Viticulture procedures including fertilization, pruning management, vine disease control, and irrigation were applied to both chosen vineyards. In summary, agricultural pesticides were sprayed while assessing the maximum residual levels and advised preharvest interval values. Vine pests and diseases were also managed. Based on the results of the soil analysis, fertilization was applied to the vineyards, and each vineyard's soil underwent four rounds of plowing.

The Desiccation Procedure

At a comparable technological maturity, the study's grapes were picked when their soluble solids concentration approached 22 °Brix. For every grapevine type, about 12 kg of fresh grapes were collected at their optimal maturity; three replications weighing 4 kg each were identified. The grape drying procedure followed commercial concerns and was comparable to that described by other authors (Keskin et al., 2022). The Manisa Viticulture Research Institute in Manisa, Türkiye, dried the grapes to make sure that every type of raisins was made using the same method as commercial raisins. Grapes from cvs. Eksi Kara, Black Corinth, and Black Kishmish were sun-dried without any prior preparations. After being soaked in a potassium carbonate solution, cv. Sultani Çekirdeksiz grapes were sun-dried. After being immersed in a wood ash solution, cv. Gök Üzüm grapes were dried under shade (Keskin et al., 2022). The trial's grapes were dried until they had a 13–15 % moisture level. Following, 500 g of each kind and replication of raisins were put into polyethylene bags and kept at -20 °C.

Analytical techniques for evaluating the phenolic acids and flavonoids in grape berries

The method devised by Pantelić et al. (2017) was slightly modified to determine phenolic acids. The measurement of polyphenols required the application of sophisticated analytical tools and exact separation methods. For this purpose, a mass spectrometer (TSQ Quantum Access Max triple-quadrupole with heated electrospray ionization (HESI) by ThermoFisher Scientific (Basel, Switzerland) was used in conjunction with an ultra-high performance liquid chromatography (UHPLC) system, specifically the Dionex Ultimate 3000 UHPLC equipped with a diode array detector (DAD). A ThermoFisher Scientific Syncronis C18 column from Bremen, Germany was used to accomplish the analytical separation. Two components made up the mobile phase for gradient elution were 100% acetonitrile and a 0.1% aqueous formic acid solution. A precise gradient pattern was followed during the elution process, which began at 5% for 2.0 min and increased over the next 10 min (from 2.0 to 12.0 min) from 5% to 95%. Then, in 0.1 minutes (from 12.0 to 12.1 min), there was a quick change from 95% to 5%, and the mobile phase stayed at 5% for the next three minutes. Every distinct phenolic component was measured by directly contrasting it with standards that are readily available in the market. The analysis's conclusions were given as the berry samples' amounts in milligrams per kilogram (mg/kg).

With few adjustments, the flavonoid analysis from berries was conducted using the methodology described by Brossa et al. (2009). In summary, 10 µL of each painstakingly filtered extract was added to the Waters Acquity UPLC (Milford, MA, USA) liquid chromatography (LC) equipment. A C18 column (3.5 µm; 100 × 2.1 Waters, Milford, MA, USA) operating at a steady temperature of 42 °C and a flow rate of 0.3 mL/min was used for the chromatographic separation. The Electrospray Ionization (ESI) mode was used for flavonoid detection and quantification. Anthocyanins were detected using positive ionization (UPLC-(ESI+)-MS/MS), while all other flavonoids were detected using negative ionization (UPLC-(ESI-)-MS/MS). A range of 100 to 900 atomic mass units per charge (amu/z) was used to record the spectra. Furthermore, flavonols were detected at 365 nm and 520 nm, respectively, in the UV/visible spectrum.

Statistical Analysis

The statistical package included with R Studio was used for all the descriptive analyses in this study. An extensive analysis of variance (ANOVA) was conducted, once more utilizing the capabilities of the statistical package within R Studio, to thoroughly evaluate the impact of the cultivar (five levels) on the levels of phenolic acids and flavonoids. Effects were included in the statistical model, and the data were then checked for compliance with normality assumptions. Two separate models were painstakingly built to assess the main influences of cultivars on the levels of flavonoids and phenolic acids. When an ANOVA revealed statistical significance, post hoc analysis was carried out with Tukey's test, which is a well-used and accepted technique for the thorough investigation of differences between several groups. Principal Component Analyses (PCAs) were used to provide further understanding and depict the correlations between different variables. This analysis method was performed for flavonoids and phenolic acids using ggplot2 in R Studio. By using PCA, multidimensional data can be reduced to a more understandable format, making it possible to find underlying patterns and trends in even the most complicated datasets. The heatmap produced by the pheatmap package made it easier to visually investigate any correlations and variations (R Core, 2013).

FINDINGS and DISCUSSION

The content of flavonoids and phenolic acids in the cvs. Black Corinth, Eksi Kara, Sultani Çekirdeksiz, Gök Üzüm, and Black Kishmish for the season 2020 were evaluated. The content of anthocyanidins in raisin grapes was aligned from 16.67 mg/kg in cv. Gök Üzüm to 4.66 mg/kg in cv. Sultani Çekirdeksiz. The most flavonols content was in cv. Black Kishmish (312.00 mg/kg) while the least flavonols content was in cv. Sultani Çekirdeksiz

(225.00 mg/kg). Flavone content varied from 147.00 to 19.70 mg/kg (cvs. Black Kishmish and Ekşi Kara, respectively). Flavanones content aligned from 75.00 mg/kg in cv. Black Corinth to 21.80 mg/kg in cv. Ekşi Kara. Catechins content varied from 2321.00 to 98.00 mg/kg (cvs. Gök Üzüm and Black Kishmish, respectively). Hydroxycinnamic acids content varied from 6.22 mg/kg in cv. Black Kishmish to 1.25 mg/kg cv. Eksi Kara. Hydroxybenzoic acid content aligned from 4.30 mg/kg in cv. Black Corinth to 0.67 mg/kg in cv. Eksi Kara (Table 1). Regarding cultivars, Dim1 and Dim2 mention 79.0% and 15.6% of the variance, respectively. Two seeded cultivars (Eksi Kara and Gök Üzüm) are close to each other and on the positive axis of Dim1 while three seedless ones (Black Corinth, Sultani Çekirdeksiz, and Black Kishmish) were located at the axis side of Dim1, were illustrated. The latter leans at the positive axis of Dim2 while the third one is at the negative axis of Dim2 (Figure 1A). For phenolic acids, Dim1 and Dim2 states for 87.4% and 12.6% of the variance, respectively. Hydroxycinnamic acids and Hydroxybenzoic acids, the two dominant phenolic acids, were illustrated. The latter leans at the positive side of Dim2 while the former is at the positive side of Dim1 (Figure 1B). For flavonoids, Dim1 expresses 76.8% of the variance while Dim2 states 21.6% of the variance. Flavonoids like anthocyanidin and catechins are located on the positive side of Dim1 while flavonoids and Flavonols are located on the negative side of Dim1 (Figure 1C). Figure 1D shows the hierarchically clustered heatmap in different kinds of grape berry components by cultivars. The heatmap demonstrates the relative content of phytochemicals which are phenolic acids and flavonoids. They are clustered at the bottom of the heatmap. The differences and similarities in the components of phenolic acids and flavonoids resulted from the distancing clusters. At the bottom of the heatmap, anthocyanidins, flavonols, flavones, and flavanones had one group while anthocyanidins, hydroxycinnamic acids, and hydroxybenzoic acids had another group. Two different groups were conducted among genotypes, which is one group is cvs. Gök Üzüm and Eksi Kara, and the other group cvs. Black Corinth, Sultani Çekirdeksiz, and Black Kishmish suggested similar phytochemical compositions because of exhibited their close clusters (Figure 1D).

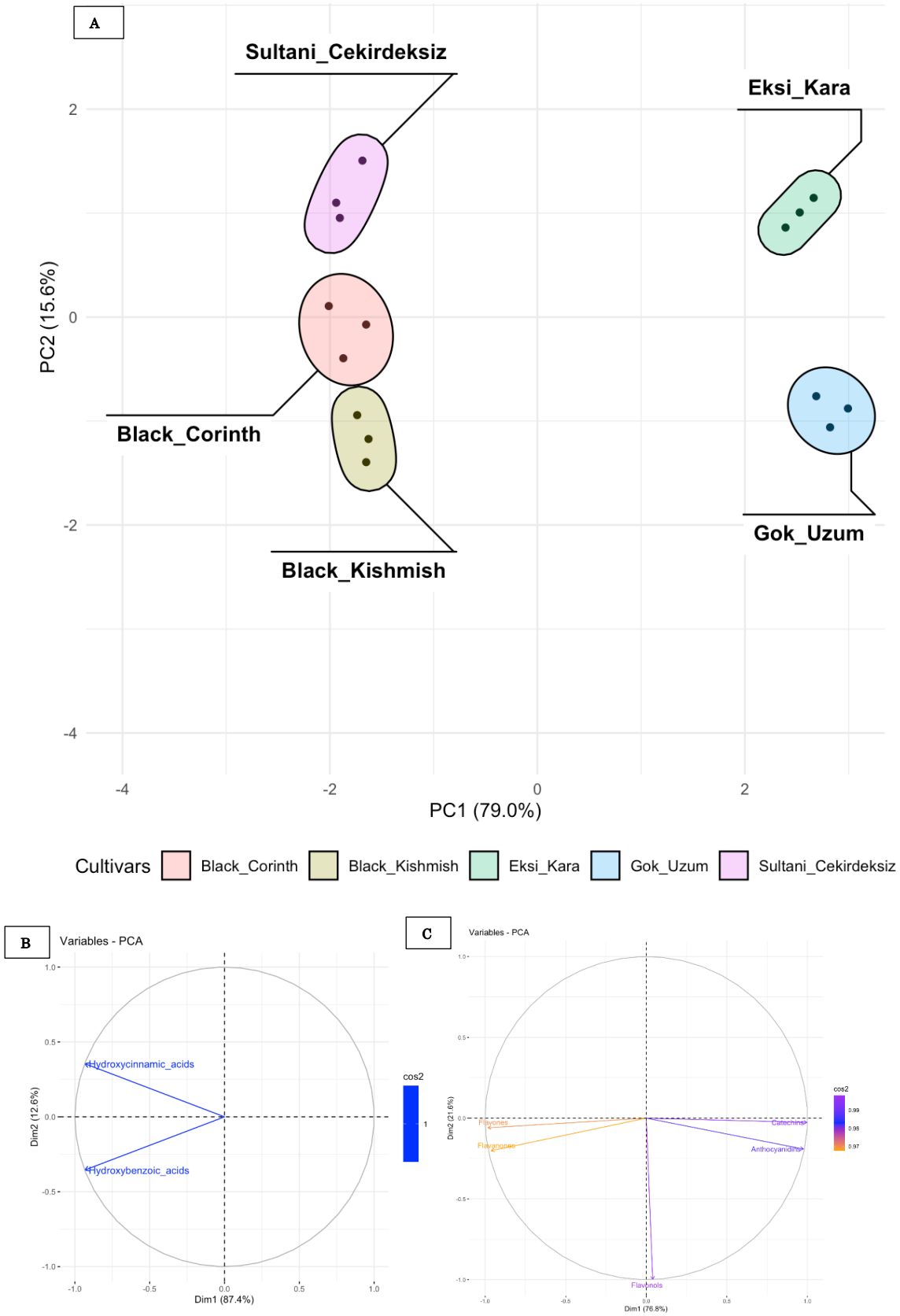
Table 1. Flavonoids (mg/kg) and Phenolic acids (mg/kg) Ekşi Kara, Gök Üzüm, Black Corinth, Sultani Çekirdeksiz and Black Kishmish in 2020 season.

	Ekşi Kara	**Gök Üzüm**	**Black Corinth**	**Sultani Çekirdeksiz**	**Black Kishmish**	**p-values**	**Significance**
Flavonoids (mg/kg)							
Anthocyanidins	13.29±0.55b	16.67±0.63a	6.44±0.07c	4.66±0.03c	6.74±0.10c	2.1e-08	***
Flavonols	234.00±6.55c	305.00±5.30a	276.00±4.50b	225.00±5.70c	312.00±6.32a	1.18e-06	***
Flavones	19.70±3.50c	22.40±4.20c	123.00±5.40b	144.70±5.32a	147.00±4.60a	1.29e-10	***
Flavanones	21.80±2.30c	25.00±2.45c	75.00±3.65a	60.70±3.55b	69.70±3.33ab	2.54e-08	***
Catechins	1893.00±15.60b	2321.00±13.55a	127.00±8.32c	107.00±3.50c	98.00±3.30ac	<2e-16	***
Phenolic acids (mg/kg)							
Hydroxycinnamic acids	1.25±0.25c	1.54±0.30c	4.63±0.21b	5.63±0.34a	6.22±0.54a	1.23e-08	***
Hydroxybenzoic acids	0.67±0.08d	0.82±0.09d	4.30±0.02a	3.29±0.08 b	2.30±0.07 c	1.83e-10	***

* Data are stated as averages of the data and their standard deviations. Different letters within a row indicate significant differences (Tukey test, ***, Significant at p-value < 0.001).

The phenolic acids and flavonoids of grapes from the cvs. Eksi Kara, Gök Üzüm, Black Corinth, Sultani Çekirdeksiz, and Black Kishmish varieties are thoroughly analyzed in this study. The analysis of different flavonoids and phenolic acids provides insight into the complex interactions between cultivar types (Table 1). We discussed how our results aligned and differed from earlier studies to critically analyze our findings and determine their importance and consequences. The current study's most notable conclusion is that the cultivar has a significant impact on the amount of these flavonoid components. This observation is consistent with earlier studies on the subject. For instance, research conducted by Ali et al. (2011) and by Roxana et al. (2020) examined the phytochemical profiles of various grape cultivars and discovered that notable differences in flavonoids were present among the kinds. This is in line with the results of the current study, which showed that cultivar variations in flavonoids and phenolic acids were significantly different. These variances are a result of a variety of factors,

including genetic diversity, environmental conditions, and the activation of particular metabolic pathways within distinct grapevine kinds.



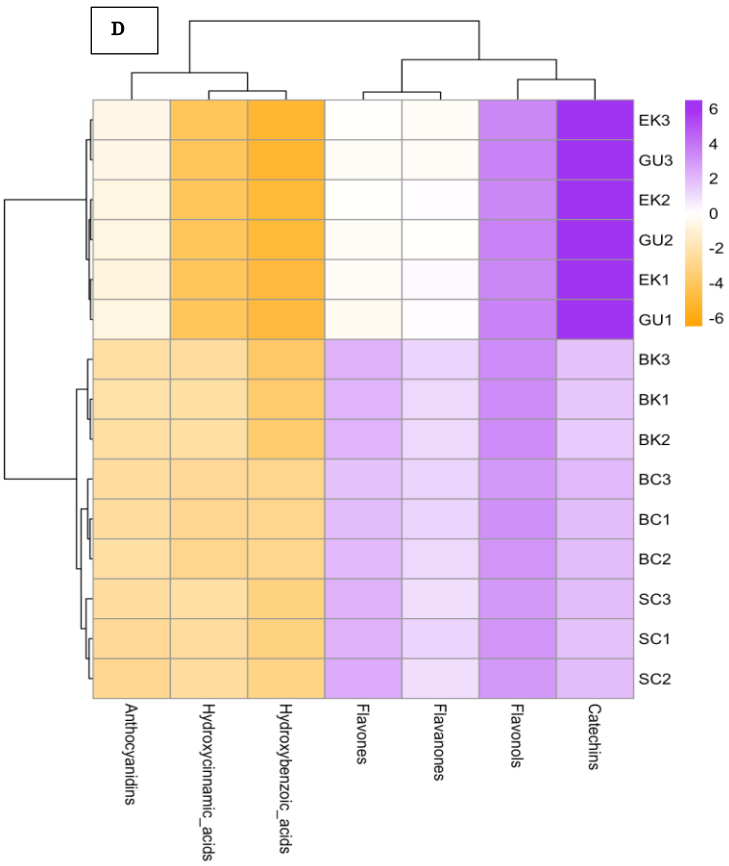


Figure 1. PCAs biplots are colored by Cultivars including Phenolic acids and flavonoids (Figure 1A). All Phenolic acids (Figure 1B) and Flavonoids (Figure 1C) content are demonstrated. Performed a heatmap analysis that scrutinizes the components of Phenolic acids and Flavonoids are illustrated (Figure 1D).

Numerous research in the field have focused on the intricate interactions between these variables. The reported variations in grape flavonoids are also influenced by environmental factors, including soil composition, climate, and vineyard management techniques. The impact of climate on the production of flavonoids is highlighted in the study by Harb et al. (2015), which also emphasizes how different grape types respond to environmental conditions differently, resulting in variations in compound levels. This emphasizes how crucial it is to consider the grape-growing environment when figuring out these chemicals' makeup. On the other hand, the flavonoid and phenolic acid profiles of different grapevine species are greatly influenced by genetic variation. Distinct genetic traits among cultivars influence the production and accumulation of different flavonoid and phenolic acid molecules. This is consistent with the findings of He et al. (2010) and Jeandet et al. (2012), who highlighted the genetic foundations of these variances by reporting considerable variability in flavonoids and phenolic acids among various grape varieties. The current study's most notable discovery is the cultivar's significant influence on the amount of these flavonoids and phenolic acid components. This observation is consistent with earlier studies on the subject. According to studies conducted by Yang et al. (2009) and Katalinić et al. (2010), for instance, diverse grape cultivars showed notable differences in their flavonoid profiles when their profiles were examined. This agrees with the results of the current investigation, which showed that there are substantial variations in phenolic acids and flavonoids amongst the current cultivars. These variances are a result of a variety of factors, including genetic diversity, environmental conditions, and the activation of metabolic pathways within distinct grapevine kinds. The current study shows substantial differences in anthocyanidin content between the grape types when cultivar differences are considered. Cv. Gök Üzüm regularly shows a greater level of anthocyanins (16.67 mg/kg), flavonols (305.00 mg/kg), and catechins (2321.00 mg/kg) (Table 1) without considering their age and ecologies. This result is consistent with earlier studies. For instance, Costa et al. (2014) found that there are differences in the anthocyanin concentration of grape cultivars, with some having a higher anthocyanin content than others. Given that different grape types have distinct pathways for the manufacture of anthocyanins, the observed variances can be explained by genetic variables. These results highlight how crucial it is to take cultivar selection into account when trying to increase the amount

of a particular flavonoid in grape products. The present study employed sophisticated multivariate analytical techniques, including PCA biplots and hierarchical clustering heatmaps, to effectively visualize the complex relationships and distribution of flavonoids and phenolic acid components among various grape cultivars. A thorough understanding of the interrelationships between the different flavonoid and phenolic acid components in the dataset was offered by the PCA biplots. According to the PCA biplots, several chemicals have a substantial association with the principal components in this study, which indicates how important these compounds are for describing the flavonoid and phenolic acid composition of grapes (Figure 1A, B). This implies that these substances have a major role in the observed variations and parallels among grape samples. Conversely, heatmaps including hierarchical clustering provided an extra level of information about the data (Figure 1C). Heatmaps were used to visually arrange similar samples based on components of phenolic acids and flavonoids and find clusters of samples with similar makeup. In the end, this technique helped identify patterns and trends in the dataset, leading to a better comprehension of the connections between the cultivars, or parts of berries. Pietrafesa et al. (2023) underlined the significance of PCA and hierarchical clustering heatmaps in their study of multivariate analysis of flavonoid data in plant sciences, supporting its use in examining complex datasets. Their study emphasizes how useful these methods are for clarifying links and patterns in intricate biological information.

CONCLUSION

This extensive study carefully monitored the changes in flavonoids and phenolic acids in the grape cultivars Black Kishmish, Black Corinth, Black Corinth, Sultani Çekirdeksiz, and Ekşi Kara. Numerous phenolic acid and flavonoid molecules were analyzed, which helped to clarify the complex chemistry involved in grape development. The study found that the phenolic acid and flavonoid content of all grape varietals changed significantly, with notable variations observed in the components of catechins, flavones, flavanones, anthocyanidins, flavonols, hydroxycinnamic acid, and hydroxybenzoic acid. The grape cultivar has an impact on these substances, which are well-known for their contributions to grape color, quality, possible health advantages, and nutritional value. Cv. Gök Üzüm continuously showed larger levels of anthocyanins, flavonols, and catechins, highlighting the cultivar's significance. This study essentially highlighted the complex interactions between grape cultivar selection, flavonoid composition, and phenolic acid content. Although the ecological conditions and ages of the varieties were not taken into account in this study, in future studies, both the ages of the varieties and their similar ecology will yield more distinct results for comparison. To maximize grape-based products and deepen their understanding of grape phytochemistry, researchers, winemakers, and grape producers can greatly benefit from these results, which will further the continuous progress of the agricultural and viticultural sectors.

CONFLICTS of INTEREST: The authors declare that there is no conflict of interest regarding the publication of this article.

AUTHORS' CONTRIBUTIONS: The authors declare that they have contributed equally to this article.

AUTHOR ORCHID NUMBERS

Turhan YILMAZ http://orcid.org/0000-0002-3756-4497

Fadime ATEŞ https://orcid.org/0000-0003-4466-4573

Zeki KARA https://orcid.org/0000-0003-1096-8288

REFERENCES

Adam-Blondon, A. F., Lahogue-Esnault, F., Bouquet, A., Boursiquot, J. M., and This, P. 2001. Usefulness of two SCAR markers for marker-assisted selection of seedless grapevine cultivars. *VITIS-GEILWEILERHOF-*, 40: 147-156.

Ali, M. B., Howard, S., Chen, S., Wang, Y., Yu, O., Kovacs, L. G., and Qiu, W. 2011. Berry skin development in Norton grape: distinct patterns of transcriptional regulation and flavonoid biosynthesis. *BMC plant biology*, 11: 1-23.

Brossa, R., Casals, I., Pintó-Marijuan, M., and Fleck, I. 2009. Leaf flavonoid content in Quercus ilex L. resprouts and its seasonal variation. *Trees*, 23: 401-408.

Costantini, L., Moreno-Sanz, P., Nwafor, C. C., Lorenzi, S., Marrano, A., Cristofolini, F., ... and Grando, M. S. 2021. Somatic variants for seed and fruit set in grapevine. *BMC plant biology*, 21: 1-33.

Costa, E., Cosme, F., Jordão, A. M., and Mendes-Faia, A. 2014. Anthocyanin profile and antioxidant activity from 24 grape varieties cultivated in two Portuguese wine regions. *Oeno One*, 48: 51-62.

Dauelsberg, P., Matus, J. T., Poupin, M. J., Leiva-Ampuero, A., Godoy, F., Vega, A., and Arce-Johnson, P. 2011. Effect of pollination and fertilization on the expression of genes related to floral transition, hormone synthesis and berry development in grapevine. *Journal of Plant Physiology*, 168: 1667-1674.

Harb, J., Alseekh, S., Tohge, T., and Fernie, A. R. 2015. Profiling of primary metabolites and flavonols in leaves of two table grape varieties collected from semiarid and temperate regions. *Phytochemistry*, 117: 444-455.

He, F., Mu, L., Yan, G. L., Liang, N. N., Pan, Q. H., Wang, J., ... and Duan, C. Q. 2010. Biosynthesis of anthocyanins and their regulation in colored grapes. *Molecules*, 15: 9057-9091.

Ibáñez, J., Vargas, A. M., Palancar, M., Borrego, J., and de Andrés, M. T. 2009. Genetic relationships among table-grape varieties. *American Journal of Enology and Viticulture*, 60: 35-42.

Jeandet, P., Delaunois, B., Aziz, A., Donnez, D., Vasserot, Y., Cordelier, S., and Courot, E. 2012. Metabolic engineering of yeast and plants for the production of the biologically active hydroxystilbene, resveratrol. *BioMed Research International*, 2012: 579089.

Katalinić, V., Možina, S. S., Skroza, D., Generalić, I., Abramovič, H., Miloš, M., ... and Boban, M. 2010. Polyphenolic profile, antioxidant properties and antimicrobial activity of grape skin extracts of 14 Vitis vinifera varieties grown in Dalmatia (Croatia). *Food chemistry*, 119: 715-723.

Kaya, O., Ates, F., Kara, Z., Turan, M., & Gutiérrez-Gamboa, G. 2022. Study of Primary and Secondary Metabolites of Stenospermocarpic, Parthenocarpic and Seeded Raisin Varieties. *Horticulturae*, 8: 1030.

Keskin, N., Kaya, O., Ates, F., Turan, M., and Gutiérrez-Gamboa, G. 2022. Drying grapes after the application of different dipping solutions: effects on hormones, minerals, vitamins, and antioxidant enzymes in Gök Üzüm (Vitis vinifera L.) raisins. *Plants*, 11: 529.

Lahogue, F., This, P., and Bouquet, A. 1998. Identification of a codominant scar marker linked to the seedlessness character in grapevine. *Theoretical and Applied Genetics*, 97: 950-959.

Pantelić, M. M., Zagorac, D. Č. D., Ćirić, I. Ž., Pergal, M. V., Relić, D. J., Todić, S. R., and Natić, M. M. 2017. Phenolic profiles, antioxidant activity and minerals in leaves of different grapevine varieties grown in Serbia. *Journal of Food Composition and Analysis*, 62: 76-83.

Pérez, F. J., and Gómez, M. 2000. Possible role of soluble invertase in the gibberellic acid berry-sizing effect in Sultana grape. *Plant Growth Regulation*, 30: 111-116.

Pratt, C. 1971. Reproductive anatomy in cultivated grapes-a review. *American Journal of Enology and Viticulture*, 22: 92-109.

Pietrafesa, R., Siesto, G., Tufariello, M., Palombi, L., Baiano, A., Gerardi, C., ... and Capece, A. 2023. A multivariate approach to explore the volatolomic and sensory profiles of craft Italian Grape Ale beers produced with novel Saccharomyces cerevisiae strains. *Frontiers in Microbiology*, 14: 1234884.

Rahman, M. A., Balasubramani, S. P., and Basha, S. M. 2021. Molecular characterization and phylogenetic analysis of MADS-box gene VroAGL11 associated with stenospermocarpic seedlessness in muscadine grapes. *Genes*, 12: 232.

R Core Team. 2013. R: A language and environment for statistical computing; R Foundation for Statistical Computing: Vienna, Austria. http:// www.R-project.org/ Accessed Mach August 2024.

Roxana, B. A. N. C., Loghin, F., Miere, D., Ranga, F., and Socaciu, C. 2020. Phenolic composition and antioxidant activity of red, rosé and white wines originating from Romanian grape cultivars. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 48: 716-734.

Royo, C., Carbonell-Bejerano, P., Torres-Pérez, R., Nebish, A., Martínez, Ó., Rey, M., ... and Martínez-Zapater, J. M. 2016. Developmental, transcriptome, and genetic alterations associated with parthenocarpy in the grapevine seedless somatic variant Corinto bianco. *Journal of Experimental Botany*, 67: 259-273.

Vargas, A. M., Vélez, M. D., de Andrés, M. T., Laucou, V., Lacombe, T., Boursiquot, J. M., ... and Ibáñez, J. 2007. Corinto bianco: a seedless mutant of Pedro Ximenes. *American journal of enology and viticulture*, 58: 540-543.

Varoquaux, F., Blanvillain, R., Delseny, M., and Gallois, P. 2000. Less is better: new approaches for seedless fruit production. *Trends in biotechnology*, 18: 233-242.

Yang, J., Martinson, T. E., and Liu, R. H. 2009. Phytochemical profiles and antioxidant activities of wine grapes. *Food Chemistry*, 116: 332-339.

Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi 12(1): 173–186, 2025
https://doi.org/10.30910/turkjans.1547184

2

TÜRK TARIM ve DOĞA BİLİMLERİ DERGİSİ

TURKISH JOURNAL of AGRICULTURAL and NATURAL SCIENCES

www.dergipark.gov.tr/turkjans

Araştırma Makalesi

Enginar (Cynara scolymus L.) Yetiştiriciliği Yapılan Bursa İli Kestel İlçesi Seymen Bölgesi Topraklarının Verimlilik Durumu

Serkan ULUBAY[1], Serhat GÜREL[1]*

[1]Bursa Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Bursa

*Sorumlu Yazar: sgurel@uludag.edu.tr

Geliş Tarihi: 10.09.2024 Düzeltme Geliş Tarihi: 06.01.2025 Kabul Tarihi: 07.01.2025

ÖZ

Bursa ili Kestel ilçesi Seymen yöresindeki enginar arazilerinin verimlilik durumlarının belirlenmesi amaçlanmıştır. 20 bahçeden iki farklı derinlikten (0-30 cm ve 30-60 cm) toplam 40 toprak örneği alınarak analizleri yapılmıştır. Çalışma sonucunda enginar bahçelerinin genel olarak orta tekstürde ve toprak reaksiyonlarının çoğunlukla nötr olduğu belirlenmiştir. Toprakların tuzsuz olduğu belirlenirken, %65'inin az kireçli, %30'unun ise orta kireçli olduğu belirlenmiştir. Toprakların organik madde kapsamları orta düzeydedir. Toplam azot (N) her iki derinlikte de yeterli olup, fosforun (P) %75'i birinci derinlikte, tamamı ise 30-60 cm derinlikte yeterli bulunmuştur. Potasyum (K) çoğunlukla eksik ve düşük belirlenmiştir. Kalsiyum (Ca) her iki derinlikte de toprakların çoğunda düşük bulunmuştur. Toprakların magnezyum (Mg) kapsamları iyi olup, sodyumlu değildir. Toprak örneklerinin mikro besin içerikleri değerlendirilmiş; demir (Fe) ve bakır (Cu) bakımından yeterli, çinko (Zn) bakımından eksiklik veya yetersizlik gösterilebilir. Manganez (Mn) bakımından yeterli olduğu belirlenmiştir. Çalışma sonucunda; organik gübre kullanımının yetersiz olduğu, incelenen topraklarda K, Ca ve Zn içeriklerinin düşük olduğu belirlenmiştir. Tarımın mevcut yaklaşımla devam etmesi halinde bölgedeki bitkilerde beslenme sorunları yaşanacağı ve verim düşüşlerinin yaşanabileceği değerlendirilmektedir.

Anahtar kelimeler: *enginar*, bitki besin maddesi, toprak, yetiştiricilik, verimlilik, bitki besin elementi

The Fertility Status of Artichokes (Cynara scolymus L.) Grown in Bursa Province, Kestel District, Seymen Region

ABSTRACT

It was aimed to determine the fertility status of artichoke lands in Seymen region of Kestel district of Bursa province. The 40 soil samples were taken from 20 gardens from two different depths (0–30 cm and 30–60 cm) and analyzed. As a result of the study, it was determined that the artichoke gardens were generally in medium texture and the soil reactions were mostly neutral. While it was determined that the soils were salt-free, 65% were determined to be low calcareous and 30% were medium calcareous. The organic matter content of the soils were moderate. Total nitrogen (N) was sufficient at both depths, and 75% of phosphorus (P) was sufficient at the first depth and all of it was sufficient at the depth of 30-60 cm. The potassium (K) was determined mostly deficient and low. The calcium (Ca) was low in most of the soils at both depths. The magnesium (Mg) content of soils was good and they were not sodic. Micronutrient contents of soil samples were evaluated; sufficient in iron (Fe) and copper (Cu), deficiency or deficiency in zinc (Zn) can be shown. It was determined that manganese (Mn) was sufficient. As a result of the study; It was determined that the use of organic fertilizers was insufficient and the K, Ca and Zn contents were low in the examined soils. It is evaluated that if agriculture continues with the current approach, nutritional problems will occur in the plants in the region and yield decreases may occur.

Key words: *artichoke, plant nutrients, soil, cultivation, productivity*

GİRİŞ

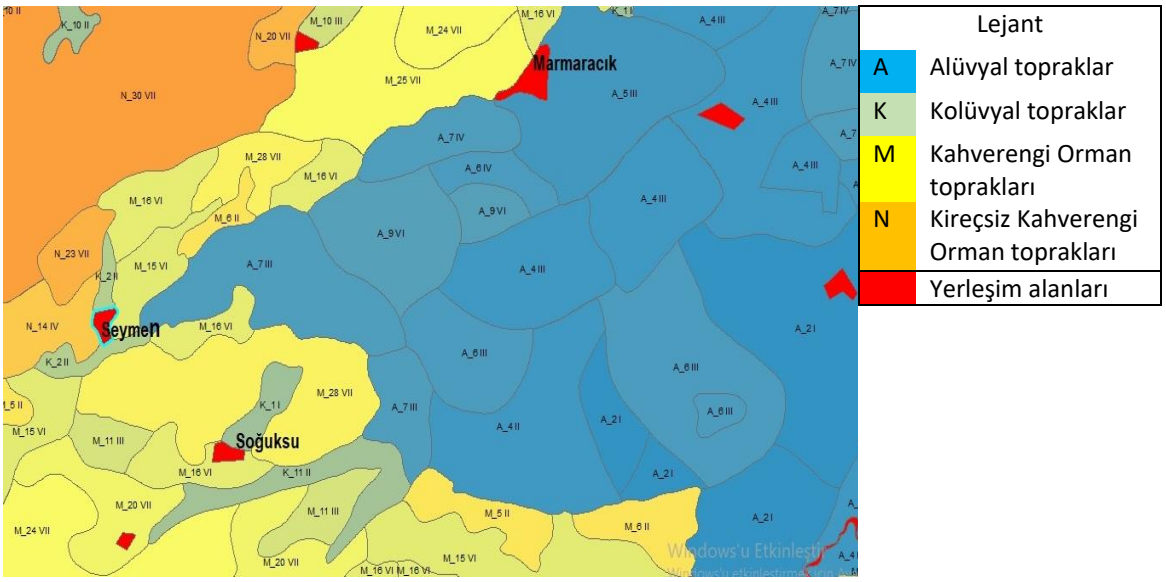
Bursa Ovası ve çevresinde zonal, azonal ve intrazonal olmak üzere üç ana toprak grubuna ait toprak tipleri yayılış göstermektedir (Anonim, 1993; Ertürk, 2008). Çalışma sahasında zonal topraklar grubundan; kireçsiz kahverengi orman toprakları ve kahverengi orman toprakları yayılış gösterir. Ayrıca azonal toprak grubundan; Bursa Ovası ve çevresinin en verimli tarım alanlarına karşılık gelen alüvyal topraklar yayılmaktadır (Anonim, 1993; Ertürk, 2008) (Şekil 1). Bursa ili tarım topraklarının %17'sini oluşturan alüvyal topraklar yörede yoğun tarım yapılan araziler olduğundan büyük önem taşımaktadır (Turan ve ark., 2010). Bu topraklar, yüksek sahadan biriktirdikleri malzemeyle alçak sahaya inen akarsuların eğimin azalması sebebiyle yüklerinden kurtulmaları ve getirdikleri malzemelerin birikmesiyle meydana gelirler (Ertürk, 2008). Devamlı veya periyodik olarak taşkın ve birikmeye uğrayan bu topraklarda horizonlaşma olmamaktadır (Ertürk, 2008). Enginar (*Cynara scolymus* L.) Asteraceae familyasında yer alan ekonomik öneme sahip önemli bir bitkidir (De Falco ve ark., 2015). Akdeniz orjinli bir tür olup, bu havzada yer alan tüm ülkelerde yabani formlarının bulunduğu bilinmektedir (Duman ve Nas., 2020). Enginar, otsu yapılı, çok yıllık bir bitkidir. "Kapitula" adı verilen etli yapraklı ve hazneli olgunlaşmamış çiçek salkımları bitkinin yenilebilir kısmını oluşturmaktadır (Fratianni ve ark. 2007; Lattanzio ve ark., 2009). Enginar başlarının ve yapraklarının besinsel ve farmakolojik özellikleri esas olarak yüksek konsantrasyonda bulunan kafeoilkinik asit bileşiklerine ve inüline atfedilmektedir (Kılıçtaş ve ark., 2020). Düşük lipit seviyesine ek olarak, mineral ve vitaminler bitkinin besin içeriğini oluşturur (Rejeb ve ark., 2020). Biyoaktif bileşikler açısından zengindir (Gaafar ve ark., 2013). Yüksek konsantrasyonda inülinin yanı sıra C vitamini, fenolik asitler, flavonoidler ve antosiyanin gibi önemli sayıda doğal antioksidan içerir (Petropoulos ve ark., 2022). Enginar, karaciğer hastalıkları, sarılık, hazımsızlık, kronik albuminüri, postoperatif anemi, diüretik gibi çeşitli hastalıklara karşı halk hekimliğinde kullanılmaktadır (De Falco ve ark., 2015). İnsan sağlığı açısından yararlı olması nedeniyle ilaç sanayiinde de yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (Bektaş ve Saner., 2013). İtalya, yaklaşık 38 000 hektar ekili alan ve kabaca 376 000 ton üretim ile dünyanın en büyük enginar üreticisidir. Onu ikinci sırada Mısır 17 141 hektar alanda 315 000 ton ve üçüncü sırada İspanya 14 800 hektar alanda 214 000 tonla takip etmektedir (Alicandri ve ark., 2023). Türkiye'nin dünya üretimi içindeki payı % 2,73'tür ve bu oran ile dünyada 8. sırada bulunmaktadır (FAO, 2023). Türkiye'nin geleneksel enginar üretim alanı 2010-2021 döneminde %11.60 oranında artmıştır (TUİK, 2023). Türkiye'de 2021 yılında 28 187 dekar alanda 40 114 ton, 2022 yılında ise 28 699 dekar alanda 40 815 ton enginar üretimi yapılmıştır. Ülkemizde yapılan üretimde İzmir, Bursa, Aydın, Sakarya, Antalya ve Bolu en fazla üretim yapılan iller olarak göze çarpmaktadır. Bu altı ilimizin payı, 2022 yılında Türkiye'deki toplam üretimin % 87 oluşturmaktadır (TUİK, 2023). Ülkemizin en önemli enginar üreticileri arasında Bursa üçüncü sırada 5 845 dekar alanda ortalama 7 457 ton ürün elde etmektedir. Bursa ilinin enginar yetiştiriciliğinde ilçelerin payı incelendiğinde Nilüfer, Mustafakemalpaşa, Mudanya, Yenişehir ve Kestel ön planda olduğu görülmektedir. Araştırmanın yürütüldüğü Kestel'in Seymen mahallesi bu üretime büyük katkıda bulunmaktadır (TUİK, 2023). Ülkemiz enginar yetiştiriciliğinde en çok talep gören çeşitler Sakız ve Bayrampaşa'dır (Keskin ve Namal., 2019). Enginar yetiştiriciliği için minimum sıcaklık 7-9 °C arasında değişirken -10 °C'nin altında da bitki ölür. Enginar aynı zamanda yüksek sıcaklıklara (>30°C) toleranslıdır, ancak bu sıcaklıklar yenilebilir başların kalitesini düşürme eğilimindedir.

Bu çalışmanın hedefi; Bursa ili, Kestel ilçesi, Seymen mahallesinde enginar yetiştirilen bahçelerden temin edilen toprak örneklerinde bazı fiziksel, kimyasal analizler yapmaktır. Analiz sonuçlarına göre toprakların durumunun belirlenmesi ve tarımsal kullanımında sürdürülebilirliği sağlayacak güncel verilerin üretilmesi amaçlanmıştır.

MATERYAL ve METOT

Materyal

Araştırma materyalini, Bursa ili, Kestel ilçesi, Seymen mahallesi ve çevresinden, yöreyi temsil edecek nitelikte seçilmiş, 20 adet enginar bahçesinden alınan toprak örnekleri oluşturmaktadır. Örnekleme amacıyla; 0-30 cm ve 30-60 cm derinlikten olmak üzere toplam 40 adet toprak örneği usulüne uygun olarak (Kacar, 2009) alınmış ve analize hazır hale getirilmiştir. Araştırmada toprakların örneklerin alındığı yerleri gösteren harita Şekil 2'de, örnekleme yapılan mevkii ve koordinat bilgileri Çizelge 2'de verilmiştir.



Şekil 1. Seymen yöresi toprak haritası (Anonim 1993).

Şekil 2. Seymen yöresinde toprak örneklerinin alındığı enginar bahçelerinin konumları

Yöntem

Toprak Analiz Yöntemleri

Enginar bahçelerinden toprak örnekleri 0-30 cm ve 30-60 cm derinlikten, vejetatif gelişmenin durağan olduğu dönemde, Kasım ayında alınarak en kısa sürede laboratuvara getirilmiştir. Kapalı ve temiz bir depoda, havada kurutulan topraklar, tahta tokmakla dövülerek 2 mm'lik elekten elenmiş ve analize hazır hale getirilmiştir (Chapman ve Pratt., 1961). Kum, silt ve kil oranları Bouyoucos (1951) tarafında bildirilen hidrometre yöntemi ile belirlenmiştir. Elde edilen verilere göre tekstür sınıfları, Soil Survey Staff (1951)'e göre tekstür üçgeni kullanılarak belirlenmiştir. Toprak örneklerinin pH değerleri saf su ile 1:2,5 (toprak:saf su) oranında sulandırılmış ve Orion 720A model pH/iyonmetresi ile belirlenmiştir (Richards, 1954). Elektriksel iletkenlik (EC) değeri toprak-su 1:2,5 hacim süspansiyonunda WTW LF92 model EC-metre ile belirlenmiştir (Richards, 1954). Kireç, Nelson (1982) tarafından bildirildiği şekliyle Scheibler kalsimetresi ile belirlenmiştir. Organik madde Nelson ve Sommers (1982) göre Walkley-Black yaş yakma yönteminin modifiye edilmesi ile belirlenmiştir. Toprak numunesinin toplam azot içeriği Kjeldahl yöntemiyle belirlenmiştir (Nelson ve Sommers, 1982). Alınabilir fosfor Watanabe ve Olsen (1965)'e göre toprak numunesinin bitkiye yarayışlı fosfor içeriği 0,5 M sodyum bikarbonat (pH 8,5) ile ekstrakte edilmesi sonucu elde edilen süzükte askorbik asit yöntemiyle belirlenmiştir. Değişebilir katyonlar (K, Ca, Mg ve Na); toprak örneklerinin 1 N amonyum asetat (pH 7.0) çözeltisi ile ekstrakte edilmesiyle elde edilen süzükte değişebilir sodyum (Na), potasyum (K) ve kalsiyum (Ca) Eppendorf

Elex 6361 alev fotometresi ile, magnezyum (Mg) ise Perkin Elmer Optima 2100DV model ICP OES ile belirlenmiştir (Thomas, 1982). Alınabilir (Fe, Mn, Cu ve Zn); toprak numunesinin 1:2 (w/v) oranında DTPA çözeltisi ile ekstrakte edilerek çinko, demir, mangan ve bakır miktarları Perkin Elmer OPTIMA 2100DV model ICP'de belirlenmiştir (Jones, 2001). Elde edilen sonuçlar Çizelge 1'de sunulan sınır değerler ile karşılaştırılmış ve toprakların bazı verimlilik parametreleri hakkında değerlendirmeler yapılmıştır. Jump istatistik programı ile toprak özelliklerinin aralarındaki korelasyonlar analiz edilmiştir.

Çizelge 1. Toprak analizi sınır değerleri

Birim	Özellik	Yeterlilik sınıfı					Kaynak
	pH	Orta asit 4.5-5.5	Hafif asit 5.5-6.5	Nötr 6.5-7.5	Hafif alkali 7.5-8.5	Kuvvetli alkali > 8.5	Richards (1954)
dS m^{-1}	EC	Tuzsuz 0-4	Hafif tuzlu 4-8	Orta tuzlu 8-15	Çok fazla tuzlu >15		Richards (1954)
%	$CaCO_3$	Kireçsiz < 1	Az kireçli 1-5	Orta kireçli 5-15	Kireçli 15-25	Aşırı >25	Anonim (1988)
	Organik madde	Çok az < 1	Az 1-2	Orta 2-3	İyi 3-4	Yüksek > 4	Anonim (1988)
	N	Çok az < 0.045	Az 0.045-0.09	Yeterli 0.09-0.17	Fazla 0.17-0.32	Çok fazla > 0.32	Anonim (1988)
mg kg^{-1}	P	Çok az < 2.5	Az 2.5-8.0	Orta 8.0-25	İyi 25-80	Yüksek >80	Anonim (1990)
cmol kg^{-1}	K	Çok az <0,13	Az 0,13-0,28	Yeterli 0,28-0,74	Fazla 0,74-2,56	Çok fazla >2,56	Anonim (1990)
	Ca	Çok az <1,19	Az 1,19-5,75	Yeterli 5,75-17,50	Fazla 17,50-50	Çok fazla >50	Anonim (1990)
	Mg	Çok az <0,42	Az 0,42-1,33	Yeterli 1,33-4,00	Fazla 4,00-12,50	Çok fazla >12,50	Anonim (1990)
	Na	Yetersiz <0,2	Yeterli >0,2				Jackson(1962)
mg kg^{-1}	Fe	Noksan <2.5	Kritik 2.5-4.5	Yeterli >4.5			Lindsay ve Norvell (1978)
	Zn	Noksan >0.5	Kritik 0.5-1	Yeterli >1			Lindsay ve Norvell (1978)
	Cu	Yetersiz <0.2	Yeterli >0.2				Lindsay ve Norvell (1978)
	Mn	Yetersiz <1	Yeterli >1				Lindsay ve Norvell (1978)

BULGULAR ve TARTIŞMA

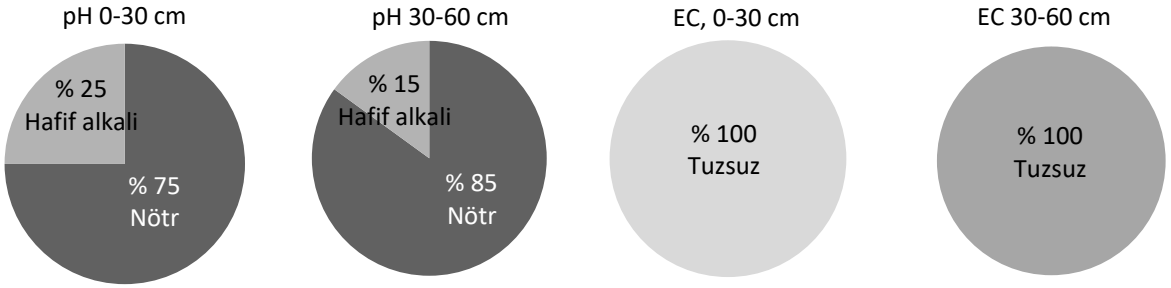
Toprakların Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

Kestel ilçesi, Seymen mahallesi enginar bahçelerinden 0-30 ve 30-60 cm derinliklerden alınan toprak örneklerine ait pH sonuçları Çizelge 2'de gösterilmiştir. Birinci derinlikteki toprak örneklerinin % 25'i hafif alkali, % 75'i nötr reaksiyonda oldukları belirlenmiştir. İkinci derinlikte toprak örneklerinin % 15'i hafif alkali, % 85'i nötr reaksiyonda oldukları belirlenmiştir (Şekil 3). Turan ve ark. (2010), Bursa ili alüvyal tarım topraklarının pH'larının ortalama 7.71 olduğunu, bu sonuçlara göre, toprakların % 86.67'si hafif alkali ve %13.33'nün de nötr reaksiyona sahip olduklarını bildirmişlerdir. Ciancolini (2012), enginarın 6.4-7.0 pH reaksiyonda optimum gelişme gösterdiğini bildirilmiştir. Toprakların pH değerleri ile alınabilir Fe (r: -0.048*) ve Mn (r<0.001**) içerikleri arasında önemli negatif ilişki belirlenmiştir. Aynı sonucu Turan ve ark. (2010)'da rapor etmiştir. Toprak pH'sının yüksek olması demir ve mangan gibi elementlerin yarayışlılığını azaltır (Kacar ve ark., 2006).

Çizelge 2. Toprak örneklerinin bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri

	Bahçelerin konumları			1:2.5 (toprak : su)				Konsantrasyon (%)			
				pH		EC (dS m^{-1})		Organik madde		$CaCO_3$	
No	Enlem	Boylam	Mevkii	1	2	1	2	1	2	1	2
1	40°13’15’’K	29°24’36’’D	Sırtoğlu	7,30	7,10	665	577	2,29	1,75	4,90	5,88
2	40°13’17’’K	29°24’43’’D	Sırtoğlu	6,95	7,31	886	758	2,97	2,63	1,96	1,63
3	40°13’19’’K	29°24’52’’D	Sırtoğlu	6,95	6,96	440	322	3,52	2,09	1,63	1,47
4	40°13’24’’K	29°24’44’’D	Sırtoğlu	7,52	7,05	516	463	2,50	2,29	4,90	4,90
5	40°13’26’’K	29°24’50’’D	Sırtoğlu	7,57	7,40	555	455	3,86	1,48	3,75	4,08
6	40°13’14’’K	29°24’21’’D	Karanlıkdere	6,95	7,28	764	630	3,18	2,29	3,92	3,43
7	40°13’42’’K	29°25’02’’D	Sırtoğlu	6,97	6,50	571	432	2,22	1,88	1,63	1,63
8	40°13’37’’K	29°25’04’’D	Sırtoğlu	7,62	7,65	610	506	3,24	2,84	2,29	2,45
9	40°13’28’’K	29°25’03’’D	Sırtoğlu	7,38	7,30	605	584	3,04	2,43	2,45	2,12
10	40°13’26’’K	29°25’06’D	Sırtoğlu	7,06	6,88	516	372	2,56	1,95	1,63	1,63
11	40°13’25’’K	29°25’05’’D	Sırtoğlu	7,35	7,50	657	542	2,50	2,29	2,29	2,45
12	40°13’20’’K	29°25’07’’D	Karanlıkdere	7,40	7,45	717	639	2,70	2,43	6,20	6,69
13	40°13’29’’K	29°25’11’’D	Sırtoğlu	7,45	7,56	757	582	2,90	2,50	9,14	10,45
14	40°13’28’’K	29°25’21’’D	Sırtoğlu	7,60	7,58	547	427	2,29	2,22	5,39	6,69
15	40°13’45’’K	29°25’16’’D	Keçiağılı	7,22	7,25	449	468	3,24	2,90	6,20	4,90
16	40°13’54’’K	29°25’20’’D	Keçiağılı	7,53	7,21	597	506	1,68	2,56	5,22	5,06
17	40°13’54’’K	29°24’58’’D	Bağlar	7,16	7,40	574	397	2,70	2,02	1,63	1,63
18	40°14’05’’K	29°25’39’’D	Sırtoğlu	6,95	7,14	603	425	3,58	2,29	1,47	1,63
19	40°14’11’’K	29°25’08’’D	Büyükgöl	7,30	7,20	594	447	2,36	1,95	17,96	18,45
20	40°13’15’’K	29°24’34’’D	Büyükgöl	7,35	7,42	706	581	2,56	1,95	6,69	6,53
			En düşük	6,95	6,50	0,44	0,32	1,68	1,48	1,47	1,47
			En yüksek	7,62	7,65	0,89	0,76	3,86	3,79	17,96	18,45
			Ortalama	7,28	7,26	0,62	0,51	2,82	2,39	4,56	4,69

Toprakların eriyebilir tuz değerleri 0-30 ve 30-60 cm derinliklerde alınan toprak örneklerine ait elektriksel iletkenlik (EC) sonuçları Çizelge 2’de gösterilmiştir. EC içerikleri birinci derinlikte ortalama EC 0.61 dS m^{-1}, ikinci derinlikte ortalama 0.50 EC dS m^{-1} olduğu belirlenmiştir. Analiz sonuçlarının değerlendirmesi Richards (1954) tarafından bildirilen sınır değerlerine göre yapılmıştır (Çizelge 1). Toprak örneklerinin analiz sonucuna göre birinci ve ikinci derinlikte de tuzluluk sorunu olmadığı belirlenmiştir (Şekil 3). Toprakların EC değerleri ile değişebilir Na (r: 0.012*) ve Mg (r:0.005*) içerikleri arasında önemli pozitif ilişki belirlenmiştir. Enginar yetiştiriciliğinde EC’nin 2.7 dS m^{-1} değerini aşmaması gerektiği bildirilmiştir (Graifenberg ve ark., 1993). Turan ve ark. (2010), Bursa ili alüvyal tarım toprakların EC değerini ortalama 0.29 dS m^{-1} belirlediğini, tarımsal üretimde tuzluluk yönünden herhangi bir sorunun bulunmadığını bildirmişlerdir.

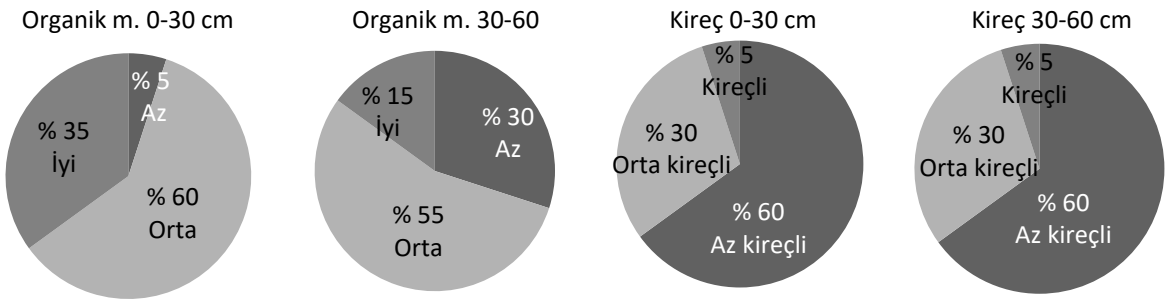


Şekil 3.Toprakların reaksiyon ve tuzluluk dağılımı.

İncelenen toprakların 0-30 ve 30-60 cm derinliklerden alınan örneklerine ait organik madde sonuçları Çizelge 2’de gösterilmiştir. Toprakların organik madde içerikleri; birinci derinlikte ortalama % 2.80, ikinci derinlikte ise ortalama %2.28 olduğu belirlenmiştir. Birinci derinlikteki toprak örneklerinin % 5’i az, % 60’ı orta ve % 35’i iyi düzeyde olduğu görülmektedir. İkinci derinlikteki toprak örneklerinin organik madde içeriklerinin %30’unda az ve % 70’inde orta seviyede olduğu belirlenmiştir (Şekil 4). Birinci derinlikteki organik madde miktarının, ikinci derinlikteki madde miktarından fazla olduğu görülmektedir. Bursa ili topraklarının % 98.53’ünde az organik madde içerdiği bildirilmiştir (Güleç ve ark., 2018). Bursa’da alüvyal tarım topraklarının %

53'ünde organik madde yönünden fakir olduğu bildirilmiştir (Turan ve ark., 2010). Tümsavaş ve Çelik (2005), Bursa'da kireçsiz kahverengi büyük toprak grubu topraklarının %76'sında organik maddenin yetersiz olduğu ayrıca Tümsavaş ve Aksoy (2009) ise Bursa'da kahverengi büyük toprak grubu topraklarının % 60.7'sinde organik maddenin yetersiz olduğunu bildirilmişlerdir. Gürel ve Bıyıklı (2023), enginar tarımı yapılan Bursa, Hasanağa yöresinde yaptıkları çalışmada; 0-30 cm derinlikte toprakların yarısının az miktarda, diğer yarısının ise orta seviyede organik madde içerdiğini belirlemişlerdir. Parlak ve ark. (2008) tarafından yapılan bir çalışmada alüvyal tarım topraklarının organik madde yönünden fakir olduğu ve topraklara organik madde ilavesi gerektiğini bildirmişlerdir. Riahi et al. (2017), enginar gibi önemli miktarda bitkisel biyokütle geliştiren ve vejetatif gelişme dönemi 7 aydan daha uzun süren türler için toprağın zengin organik madde içeriğine sahip olması gerektiğini bildirmiştir. Khalfallah et al. (2015); organik madde içeriği % 1.4 olan topraklara 9 t ha^{-1} kompost uygulamış ve enginarın kuru madde, N, P, K, Ca ve Mg içeriklerinin arttığını bildirmiştir. Ayrıca araştırıcı, enginarda en iyi baş kalitesini 15 t ha^{-1} kompost uygulanmasıyla elde ettiklerini bildirmiştir.

Araştırmada 0-30 ve 30-60 cm derinliklerde alınan toprak örneklerine ait kireç (%$CaCO_3$) sonuçları Çizelge 2'de gösterilmiştir. Kireç içerikleri birinci derinlikte ortalama % 4.56, ikinci derinlikte ise ortalama % 4.69 olduğu belirlenmiştir. Her iki derinlikteki toprak örneklerinin % 65'i az kireçli, % 30'u orta kireçli ve %5'i fazla kireçli olduğu belirlenmiştir (Şekil 4). Toprakların kireç içerikleri ile Mn (r:-0.002*) içerikleri arasında ise önemli negatif ilişkiler belirlenmiştir. Aynı sonucu Turan ve ark. (2010) da bildirmiştir. Araştırıcılar tarafından Bursa'da tarım yapılan alüvyal toprakların % 26.7'sinin kireçsiz ve % 36.7'sinin az kireçli olduğunu bildirilmiştir (Turan ve ark., 2010). Alizadeh ve ark. (2024); enginarda bitki ağırlığının büyük ölçüde toprak pH'ına, organik karbona, kireç ve potasyum oranına bağlı olduğunu bildirmişlerdir.



Şekil 4. Toprakların organik madde ve kireç dağılımı.

.Araştırma toprak örneklerine ait tekstür analiz sonuçları Çizelge 3'de gösterilmiştir. İncelenen toprakların kum içerikleri birinci derinlikte ortalama % 35.67 bulunurken, ikinci derinlikte ortalama %35.55 olduğunu göstermiştir. Kil içerikleri değerlendirildiğinde; birinci derinlikte ortalama % 34.56, ikinci derinlikte ise ortalama % 35.25 bulunmuştur. Silt içerikleri birinci derinlikte ortalama % 29.76 belirlenirken, ikinci derinlikte ortalama % 29.19 olduğu belirlenmiştir. 0-30 derinliğindeki toprak örneklerinin % 10'u kumlu killi tın, % 20'si kil ve % 70'i killi tın olarak belirlenmiş. 30-60 derinliğindeki toprak örneklerinin % 10'u kumlu killi tın, % 20'si kil ve %70'i killi tın bünyeye sahip olduğu belirlenmiştir (Şekil 5). Toprak numunesi aldığımız noktalardaki 0-30 ve 30-60 derinliklerdeki bünyenin değişmediği gözlenmiştir. Bursa'da tarım yapılan alüvyal toprakların büyük bir bölümünü orta bünyeli toprakların oluşturduğu bildirilmiştir (Turan ve ark., 2010). Ciancolini (2012), enginarın iyi drene edilmiş olmak kaydıyla geniş bir yelpazede yani çok çeşitli toprak tiplerinde yetiştirilebileceğini bildirmiştir.

Toprak Örneklerinin Bazı Makro ve Mikro Bitki Besin Elementi İçerikleri

Araştırmada incelenen enginar bahçelerin toprak örneklerine ait toplam azot (N) analiz sonuçları Çizelge 4'te gösterilmiştir. Toplam N içeriklerinin 0-30 derinlikte ortalama % 0.16 ve 30-60 cm derinlikte ise ortalama % 0.15 arasında belirlenmiştir. Birinci derinlikte % 85'i yeter % 15'i fazla, ikinci derinlikte % 90'ı yeterli, % 10'u fazla sınırda olduğu analiz edilmiştir (Şekil 5). Toprakların toplam N içerikleri ile Zn (r:0.031*) içerikleri arasında ise önemli pozitif ilişkiler belirlenmiştir.

Çizelge 3. Toprak örneklerinin bünye özellikleri

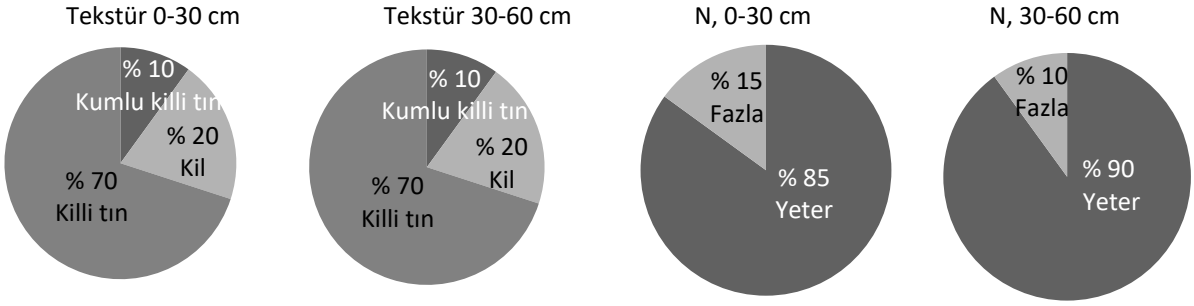
		Kil		Silt		Kum		Bünye sınıfı	
No	Mevkii	1	2	1	2	1	2	1	2
1	Sırtoğlu	28,6	25,9	23,3	25,0	48,1	49,1	Kumlu killi tın	
2	Sırtoğlu	43,9	44,5	28,3	30,5	27,8	25,0	Kil	Kil
3	Sırtoğlu	37,0	37,9	34,0	35,1	29,0	27,0	Killi tın	Killi tın
4	Sırtoğlu	28,1	29,6	29,3	31,7	42,6	38,7	Killi tın	Killi tın
5	Sırtoğlu	32,0	31,9	31,8	29,2	36,2	38,9	Killi tın	Killi tın
6	Karanlıkdere	35,4	33,6	37,2	37,1	27,4	29,3	Killi tın	Killi tın
7	Sırtoğlu	43,5	44,3	32,3	32,9	24,2	22,8	Kil	Kil
8	Sırtoğlu	35,7	39,5	31,9	28,3	32,4	32,2	Killi tın	Killi tın
9	Sırtoğlu	30,4	29,8	25,7	25,3	43,9	44,9	Killi tın	Killi tın
10	Sırtoğlu	32,6	31,6	25,3	24,8	42,1	43,6	Killi tın	Killi tın
11	Sırtoğlu	28,3	29,5	31,4	30,9	40,3	39,6	Killi tın	Killi tın
12	Karanlıkdere	48,5	48,7	32,5	33,0	19,0	18,3	Killi tın	Killi tın
13	Sırtoğlu	37,4	36,8	30,4	27,8	32,2	35,4	Kil	Kil
14	Sırtoğlu	36,9	38,4	27,9	24,6	35,2	37,0	Killi tın	Killi tın
15	Keçiağılı	22,6	25,2	24,6	24,8	52,8	50,0	Killi tın	Killi tın
16	Keçiağılı	33,8	34,8	29,4	27,6	36,8	37,6	Kumlu killi tın	Kumlu killi tın
17	Bağlar	32,4	34,3	27,2	27,0	40,4	38,7	Killi tın	Killi tın
18	Sırtoğlu	29,4	34,0	29,1	27,3	41,5	38,7	Killi tın	Killi tın
19	Büyükgöl	31,1	31,4	30,9	30,9	38,0	37,7	Killi tın	Killi tın
20	Büyükgöl	43,7	43,4	32,7	30,0	23,6	26,6	Kil	Kil
	En düşük	22.60	25.20	23.30	24.60	19.00	18.30		
	En yüksek	48.50	48.70	37.20	37.10	52.80	49.10		
	Ortalama	34.56	35.25	29.76	29.19	35.67	35.55		

Bursa'da tarım yapılan alüvyal toprakların toplam N miktarının % 3,3'ünün çok az, % 43,3'ünün az, % 46,7'sinin yeter ve % 6,7'si fazla düzeyde N içerdiği bildirilmiştir (Turan ve ark., 2010). Bu değerler Türkiye tarım toprakları geneli ile uyum içerisindedir (Eyüpoğlu, 1999). Enginarın verimliliği, N miktarından büyük ölçüde etkilenir (Saleh ve ark., 2016). Enginar derin ve etkili kök sistemi sayesinde, topraktaki N'den derinlemesine yararlanabilir (Archontoulis ve ark., 2011). Enginarının ekonomik verimi için 200 kg ha^{-1} ile 400 kg ha^{-1} N'nin yeterli olduğu rapor edilmiştir (Foti ve ark., 2005; Elia ve Conversa, 2007). Elia ve Conversa (2007), siltli-killi toprakta (azot bakımından zengin) 300 kg ha^{-1} N'ye kıyasla 150 kg ha^{-1} N uygulamasının enginarın verimini optimize etmede en iyi uygulama olduğunu bildirmişlerdir.

Araştırmada incelenen 0-30 ve 30-60 cm derinliklerden alınan toprak örneklerine ait fosfor (P) analiz sonuçları Çizelge 4'te gösterilmiştir. Yarayışlı P içeriklerinin birinci derinlikte ortalama 23.60 mg kg^{-1} ve ikinci derinlikte ise ortalama 28.30 mg kg^{-1} bulunduğu belirlenmiştir. Toprak örneklerinin P analiz sonucuna göre birinci derinlikte % 5'i az, % 25'i orta ve % 70'i fazla, ikinci derinlikte toprakların tamamının yeterli çıktığı belirlenmiştir (Şekil 6). Bursa ili topraklarının % 16,97'si az, % 48,75'i orta, % 28,98'i yüksek ve % 5,30'unun çok yüksek seviyede alınabilir fosfor içerdiği bildirilmiştir (Güleç ve ark. 2018). Bursa'da tarım yapılan alüvyal toprakların bitkiye yarayışlı P içerikleri değerlendirildiğinde; % 43,3'ünün yeterli, % 50'sinin fazla ve çok fazla düzeyde bulunduğunu bildirilmiştir (Turan ve ark., 2010). Tümsavaş ve Çelik (2005), Bursa'da kireçsiz kahverengi büyük toprak grubu topraklarının yarayışlı fosfor içeriklerinin yeterli olduğunu bildirmiştir. Tümsavaş ve Aksoy (2009), kahverengi büyük toprak grubu topraklarının %64.3'ünde yarayışlı fosforun orta seviyede, %25'inin ise yüksek olduğunu bildirmişlerdir. Gürel ve Bıyıklı (2023), enginar tarımı yapılan Bursa, Hasanağa yöresinde yaptıkları çalışmada; toprakların %50'sinin yeterli P içeriğine sahip olduğunu bildirmişlerdir. Elia ve Conversa (2007), enginar için elverişli P içeriğine sahip topraklarda P_2O_5 alımının İspanya'da 125 kg ha^{-1} ve Fransa'da 90 kg ha^{-1} arasında değiştiğini tespit etmiştir. İtalya'da ise mevcut P açısından fakir, kireçli bir toprakta, alınabilir P miktarının 35 kg ha^{-1}'ye kadar ulaştığını bildirmiştir. Fosforlu gübrelemenin enginarda erkenciliği olumlu yönde etkilediği, sırasıyla 95 ve 150 kg ha^{-1} P_2O_5 oranında fosforlu gübre uygulandığında, herhangi bir katkı maddesi olmadan yetiştiricilik yapılabileceği bildirilmiştir (Elia ve Conversa, 2007).

Çizelge 4. Toprak örneklerinin bazı makro besin elementi içerikleri

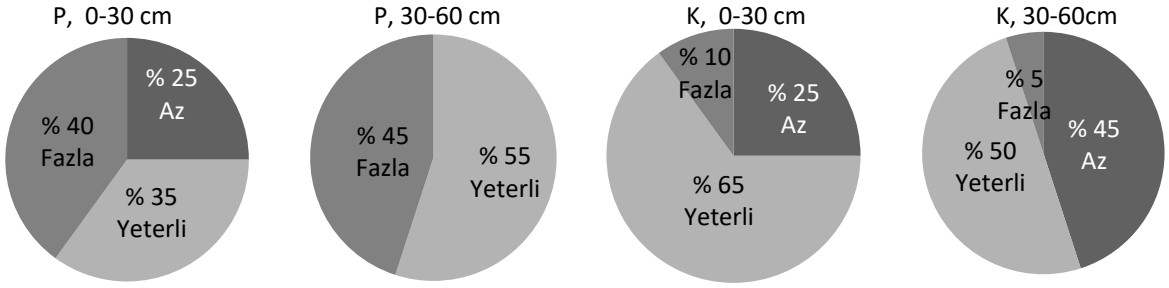
	Konsantrasyon	%		mg kg^{-1}		cmol kg^{-1}							
		N		P		K		Ca		Mg		Na	
No	Mevkii	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
1	Sırtoğlu	0,13	0,12	14,8	12,1	0,22	0,14	1,72	1,95	2,23	2,29	0,48	0,43
2	Sırtoğlu	0,17	0,15	7,9	21,2	0,25	0,22	2,04	2,04	4,02	3,41	0,66	0,71
3	Sırtoğlu	0,14	0,11	7,9	41,3	0,50	0,37	11,50	13,70	1,88	2,04	0,58	0,43
4	Sırtoğlu	0,16	0,14	45,2	41,6	0,73	0,45	18,81	1,76	1,44	1,34	0,50	0,42
5	Sırtoğlu	0,16	0,12	3,3	24,6	0,24	0,21	2,18	2,28	1,78	2,09	0,63	0,50
6	Karanlıkdere	0,17	0,15	26,4	28,2	0,38	0,27	2,21	2,13	1,91	1,87	0,93	0,79
7	Sırtoğlu	0,14	0,12	9,7	28,5	0,30	0,25	1,56	1,60	3,02	3,20	0,54	0,50
8	Sırtoğlu	0,21	0,20	35,8	22,1	0,30	0,32	1,90	2,07	3,26	2,88	0,77	0,69
9	Sırtoğlu	0,18	0,21	34,0	17,3	0,74	0,84	1,50	16,23	2,16	2,80	0,50	0,51
10	Sırtoğlu	0,13	0,12	18,8	61,9	0,24	0,16	13,81	1,17	2,75	2,49	0,54	0,42
11	Sırtoğlu	0,17	0,17	78,7	20,6	0,88	0,67	16,72	1,63	2,14	2,11	0,71	0,65
12	Karanlıkdere	0,13	0,14	3,9	19,4	0,33	0,27	2,87	2,41	4,06	4,18	0,83	0,78
13	Sırtoğlu	0,17	0,16	24,6	36,4	0,38	0,29	2,13	2,18	2,80	2,88	0,61	0,59
14	Sırtoğlu	0,13	0,15	7,9	50,4	0,23	0,19	2,51	2,36	2,72	2,73	0,63	0,55
15	Keçiağılı	0,17	0,17	23,0	21,8	0,30	0,29	2,01	1,64	1,73	1,95	0,46	0,42
16	Keçiağılı	0,15	0,14	33,7	35,5	0,77	0,42	1,81	2,18	2,30	2,23	0,54	0,49
17	Bağlar	0,14	0,13	29,4	17,3	0,49	0,31	13,53	15,24	1,57	1,57	0,43	0,34
18	Sırtoğlu	0,17	0,13	35,2	20,9	0,43	0,23	14,08	14,85	2,57	2,42	0,50	0,33
19	Büyükgöl	0,16	0,14	15,8	16,1	0,64	0,44	2,26	4,63	1,76	1,74	0,60	0,57
20	Büyükgöl	0,18	0,15	15,8	29,1	0,37	0,28	2,56	2,36	3,22	3,08	0,76	0,70
	En düşük	0.13	0.11	3.30	12.15	0,22	0,14	1,50	1,17	1,44	1,34	0,43	0,33
	En yüksek	0.21	0.21	78.70	61.99	0,88	0,84	18,81	16,23	4,06	4,18	0,93	0,79
	Ortalama	0.16	0.15	23.60	28.30	0,44	0,33	5,88	4,72	2,47	2,35	0,61	0,54



Şekil 5. Toprakların tekstür (bünye) ve toplam azot (N) dağılımı.

Toprakların değişebilir potasyum (K) analiz sonuçları Çizelge 4'te gösterilmiştir. Toprakların değişebilir K içeriklerinin birinci derinlikte ortalama 0,44 cmol kg^{-1} arasında, ikinci derinlikte ise ortalama 0,33 cmol kg^{-1} arasında belirlenmiştir. Analiz sonuçlarının değerlendirmesi Anonim (1990)'a göre yapılmıştır (Çizelge 1). Toprak örneklerinin K analiz sonucuna göre birinci derinlikte % 25'i az, % 65'i yeterli ve % 10'u fazla, ikinci derinlikte % 45'i az, % 50'si yeterli ve % 5'inin fazla çıktığı belirlenmiştir (Şekil 6). Bursa ili topraklarının % 94,67'sinin fazla seviyede değişebilir K içerdiği bildirilmiştir (Güleç ve ark., 2018). Turan ve ark. (2010), Bursa'da alüvyal toprakların %93.3 oranında yeterli ve fazla konsantrasyonda yarayışlı K içerdiğini bildirmişlerdir. Yine Bursa'da benzer çalışmalarda kireçsiz kahverengi büyük toprak grubu topraklarının değişebilir K içeriklerinin yeterli olduğu, kahverengi büyük toprak grubu topraklarının ise %14.3'ünde değişebilir K orta seviyede, %35.7'sinin ise yüksek ve çok yüksek olduğu bildirilmiştir (Tümsavaş ve Çelik, 2005; Tümsavaş ve Aksoy, 2009). Buna karşın, Gürel ve Bıyıklı (2023), enginar tarımı yapılan Bursa, Hasanağa yöresinde yaptıkları çalışmada; 0-30 cm derinlikte toprakların %80'sinin düşük seviyede değişebilir K içeriğine sahip olduğunu, 30-60 cm derinlikteki K içeriği değerlendirildiğinde, örneklerin %90'ında düşük düzeyde bulunduğunu bildirmişlerdir. Enginar için Elia ve ark. (2007), İtalya ve İspanya'da toplam K_2O alımının ortalama 340 kg ha^{-1} olduğu ve alım oranının büyüme mevsimi boyunca sürekli bir artış gösterdiğini bildirmişlerdir. Fransa'da, K_2O alımı kış boyunca neredeyse 40 gün durduğunu ve vejetasyon döngüsünün sonunda toplam alım miktarının 450 kg ha^{-1}'dan daha fazlaya ulaşarak büyümenin bir sonraki aşamasında hızlı ve dikkat çekici bir şekilde devam ettiğini bildirmiştir. Potasyum gübrelemesinin erkenciliğe olumlu etkisi rapor edilmiştir (Saleh ve ark., 2016). Ancak P ve K gübrelemesinin

enginar üzerindeki etkisine ilişkin deneyimler belirsizdir (Elia ve ark., 2007). Enginar verimliliğinin tek bir mineral element seviyesinden ziyade tam olarak ifade edilmesi için bunlar arasındaki dengenin önemli olduğu sonucuna varmıştır. Elia ve Conversa (2007); dengeli NPK gübrelemesi için, N:P:K oranının 1:0,1:1,2 olduğunu; Saleh (2003) ise N:K oranının sırasıyla 1:1,2 veya 1:1,6 olduğunu öne sürmüştür. Alizadeh ve ark. (2024); enginarda bitki ağırlığının artmasında K oranının önemli olduğunu bildirmişlerdir. Enginar yetiştiricilinde verim ve birçok verim unsurlarını artırması nedeniyle 18 kg K_2O da^{-1} + 3 kg Çinko Sülfat da^{-1} uygulaması önerilebileceğini bildirmişlerdir (Öztürk ve ark. 2020).

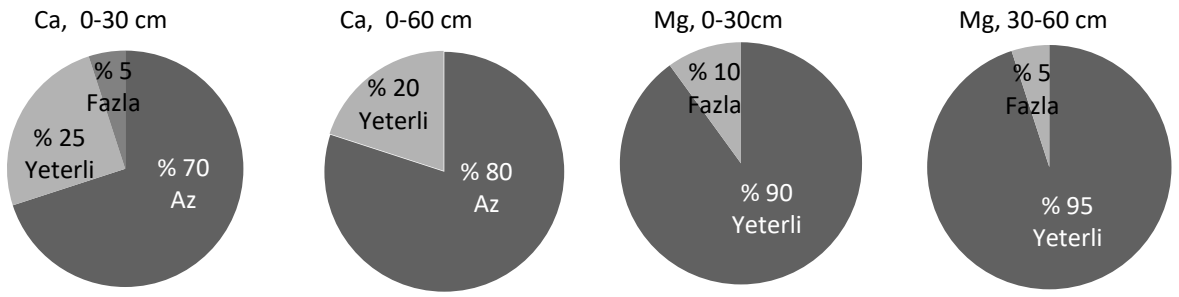


Şekil 6. Toprakların alınabilir fosfor (P) ve değişebilir potasyum (K) dağılımı.

Çalışma topraklarının değişebilir kalsiyum (Ca) analiz sonuçları Çizelge 4'te gösterilmiştir. Değişebilir Ca içeriklerinin birinci derinlikte ortalama 5,88 cmol kg^{-1}, ikinci derinlikte ise ortalama 4,72 cmol kg^{-1} olduğu belirlenmiştir. Analiz sonucuna göre birinci derinlikte toprakların % 70'i az, % 20'si orta ve % 5'i yüksek, ikinci derinlikte ise % 80'inin az, % 20'sinin ise yeterli olduğu belirlenmiştir (Şekil 7). Bursa'da alüvyal toprakların değişebilir Ca yönünden toprakların yeterli ve fazla konsantrasyonda bulunduğunu bildirmişlerdir (Turan ve ark. 2010). Bursa'da Kireçsiz Kahverengi Büyük Toprak Grubu topraklarının değişebilir Ca içeriklerinin yeterli olduğu bildirilmiştir (Tümsavaş ve Çelik, 2005). Bursa'da Kahverengi Büyük Toprak Grubu topraklarının % 3.6'sında değişebilir Ca orta seviyede, % 96.4.7'ünde ise İyi olduğu bildirilmiştir (Tümsavaş ve Aksoy, 2009). Toprakların değişebilir Ca içerikleri ile Mn (r:0.024*) içerikleri arasında ise önemli pozitif ilişkiler belirlenmiştir. Turan ve ark. (2010), benzer sonuçları elde ettiklerini bildirmişlerdir. Elia ve Conversa (2007), bitki gelişim dönemi boyunca düzenli bir Ca alım modelinin olduğunu, 150 kg ha^{-1} ile 300 kg ha^{-1} arasında değişen ve bitki tarafından toplam Ca uzaklaştırıldığını vurgulamıştır.

Toprakların alınabilir magnezyum (Mg) örneklerine ait analiz sonuçları Çizelge 4'te gösterilmiştir. Baktığımızda araştırma yapılan topraklar Mg içeriklerinin birinci derinlikte ortalama 2.47 cmol kg^{-1}, ikinci derinlikte ise ortalama 2.35 cmol kg^{-1} bulunduğu belirlenmiştir. Toprak örneklerinin Mg analiz sonuçlarına göre birinci ve ikinci derinlikte de yeterli ve yüksek olduğu gözlenmektedir (Şekil 7). Magnezyum için, yaklaşık 24 kg ha^{-1} ve 40 kg ha^{-1} toplam alım bildirilmiştir (Elia ve Conversa 2007). Bursa'da Alüvyal, Kireçsiz Kahverengi ve Kahverengi Büyük Toprak Grubu topraklarının değişebilir Mg içeriklerinin yeterli ve yüksek miktarda olduğu bildirilmiştir (Tümsavaş ve Çelik, 2005; Tümsavaş ve Aksoy, 2009; Turan ve ark., 2010). Elia ve al. 2007 özellikle de Fe ve Mg'nin eksikliğinin bitki büyümesini olumsuz etkilediğini bulmuşlardır.

Araştırmada incelenen 0-30 ve 30-60 cm derinliklerde alınan toprak örneklerine ait değişebilir sodyum (Na) analiz sonuçları Çizelge 4'te gösterilmiştir. Araştırma yapılan toprakların değişebilir Na içeriklerinin birinci derinlikte ortalama 0,61 cmol kg^{-1}, ikinci derinlikte ise ortalama 0,54 cmol kg^{-1} şeklinde belirlenmiştir. Toprak örneklerinin Na analiz sonucuna göre birinci ve ikinci derinlikte de Na yeterli düzeyde değişebilir Na içermektedir. Turan ve ark. (2010), alüvyal toprakların %63.33'ü yeterli, %36.67'si ise yetersiz düzeyde değişebilir Na içerdiğini bildirmişlerdir. Ayrıca toprakların değişebilir sodyum içerikleriyle magnezyum içerikleri arasında önemli derecede pozitif (r:0.047*) ilişki belirlenmiştir. Aynı sonucu Turan ve ark. (2010)'da rapor etmiştir. Magnifico ve Lattanzio (1981) tarafından enginarda gözlemlenen yüksek Na alımı (144 kg ha^{-1}) dikkate değerdir. Graifenberg ve ark. (1993) tarafından gösterildiği gibi, enginar, bitki tarafından tuz stresi etkilerinin üstesinden gelmek için bir iyon içerme mekanizması olarak eski yaprak dokusunda (hatta 14 g 100 g^{-1} DM) Na biriktirme kapasitesine sahiptir.

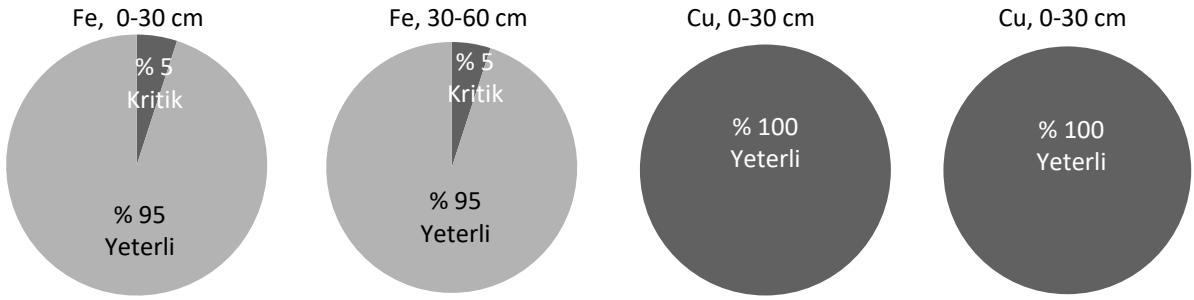


Şekil 7. Toprakların değişebilir kalsiyum (Ca) ve değişebilir magnezyum (Mg) dağılımı.

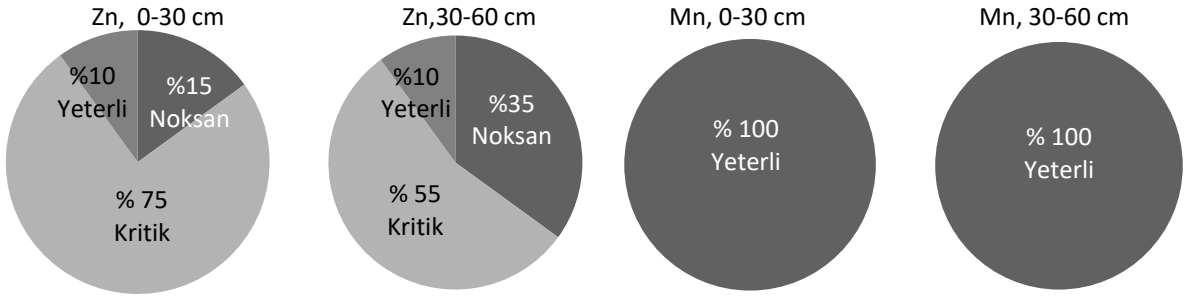
Toprakların alınabilir demir (Fe) analiz sonuçları Çizelge 5'te gösterilmiştir. Araştırmada toprakların Fe içeriklerinin birinci derinlikte ortalama 7.80 mg kg^{-1}, ikinci derinlikte ortalama 7.89 mg kg^{-1} belirlenmiştir. Toprak örneklerinin Fe analiz sonucuna göre sadece on beş numaralı bahçenin noksanlık gösterilebilir düzeyde olduğu, diğer örneklerin yeterli olduğu belirlenmiştir (Şekil 8). Turan ve ark. (2010), Bursa'da alüvyal toprakların orta ve yüksek düzeyde alınabilir Fe içerdiğini bildirmişlerdir. Gatta ve ark. (2018), enginar yetiştirilen topraklarda mikro element içeriklerini Fe için 17,5 mg kg^{-1} olduğunu bildirmişlerdir. Toprak örneklerine ait bakır (Cu) analiz sonuçları Çizelge 5'te gösterilmiştir. Araştırmada toprakların Cu içeriklerinin birinci derinlikte ortalama 4.61 mg kg^{-1}, ikinci derinlikte de ortalama 4.91 mg kg^{-1} bulunmştur. Toprak örneklerinin Cu analiz sonucuna göre sınır değerleri ile karşılaştırıldığında iki derinlikte yeterli miktarda alınabilir Cu bulunduğu belirlenmiştir (Şekil 8). Gatta ve ark. (2018), topraklarda mikro element içeriklerini Cu için 3,56 mg kg^{-1} olduğunu bildirmişlerdir. Bursa ili topraklarının tamamının yeterli seviyede alınabilir Fe ve Cu içerdiği ve Bursa ili topraklarının demirli ve bakırlı gübre ile gübrelenmesine ihtiyaç olmadığı bildirilmiştir (Güleç ve ark., 2018). Gürel ve Bıyıklı (2023), enginar tarımı yapılan Bursa, Hasanağa yöresinde yaptıkları çalışmada toprakların yeterli seviyede değişebilir Fe ve Cu içeriğine sahip olduğunu bildirmişlerdir. Toprakların alınabilir Cu içerikleriyle kum içerikleri arasında pozitif (r:0.005*) ve kil (r:-0.010*) ile silt (r:-0.040*) içerikleri arasında ise önemli derecede negatif ilişkiler belirlenmiştir. İncelenen toprak örneklerine ait çinko (Zn) analiz sonuçları Çizelge 5'te gösterilmiştir. Toprak örneklerinin Zn analiz sonucuna birinci derinlikte %15'i noksan, % 75'i noksanlık gösterebilir ve % 10'u yeterli, ikinci derinlikte ise % 35'i noksan, % 55'i noksanlık gösterilebilir ve % 10'u yeterli konsantrasyonda alınabilir Zn içerdiği belirlenmiştir (Şekil 9). Bursa ili topraklarının % 64,26'sında alınabilir Zn eksikliğinin olduğu, topraktan ve yapraktan çinko uygulamaları yapılabileceği bidirilmiştir (Güleç ve ark., 2018). Özgüven ve Katkat (2002), Bursa ili topraklarının % 37.5'inin Zn bakımından yoksul olduğunu bildirmişlerdir. Turan ve ark. (2010), Bursa ili alüvyal tarım topraklarının % 43.33'ünde az, % 56,66'sında yeterli ve yüksek oranda yarayışlı Zn içerdiğini bildirmişlerdir. Gatta ve ark. (2018), topraklarda mikro element içeriklerini Zn için 7,33 mg kg^{-1} olduğunu bildirmişlerdir. Araştırma topraklarının alınabilir Zn içerikleri ile toplam N (r:0,031*) ve alınabilir P (r<0,001**) önemli pozitif ilişki belirlenmiştir. Mangan (Mn) analiz sonuçları Çizelge 5'te gösterilmiştir. Araştırma yapılan toprakların Mn içeriklerinin birinci derinlikte minimum 2.60 mg kg^{-1} ve maksimum 9.73 mg kg^{-1} arasında, ikinci derinlikte ise minimum 2.38 mg kg^{-1} ve maksimum 14.74 mg kg^{-1} arasında değişiklik göstermiştir. Toprak örneklerinin Mn analiz sonucuna göre sınır değerleri ile karşılaştırdığımızda iki derinlikte yeterli miktarda alınabilir Mn bulunduğu gözlenmektedir (Şekil 9). Bursa'da kireçsiz kahverengi büyük toprak grubu topraklarının değişebilir Fe, Mn, Cu ve Zn içerikleri yönünden yeterli olduğu bildirilmiştir (Tümsavaş ve Çelik, 2005). Buna karşın Turan ve ark. (2010), Bursa ili alüvyal tarım topraklarının % 90'ında yarayışlı Mn noksanlığı olduğunu bildirmişlerdir. Güleç ve ark., (2018) da. Bursa ili topraklarının % 49,21'inde alınabilir mangan eksikliğinin olması, toprakların mangan gübresi ile gübrelenmesini gerektirdiğini rapor etmişlerdir. Gatta ve ark. (2018), enginar yetiştirilen topraklarda mikro element içeriklerinden Mn için 10-15 mg kg^{-1} düzeyinin ideal olduğunu bildirmişlerdir. Gatta ve ark. (2018), hasat edilen enginar başlarının ağır metal içeriklerini uluslararası eşik değerlerinden düşük olduğunu ve topraktan düşük biyoakümülasyon faktörleri ile bu ağır metallerin enginar ürününün yenilebilir kısmında birikmediğini bildirmişlerdir. Enginar başlarının tüketimine dayalı tehlike endeksleri hem yetişkinler hem de çocuklar için <1.0 olarak kaldığını, bu da farklı ağır metalleri içeren sağlık risklerinin önemli olmadığını bildirmişlerdir. Bu sonuçlara göre araştırma topraklarının bu yönüyle enginarın yenilebilir kısımları için ağır metal riski taşımadığı öngörülmektedir.

Çizelge 5. Toprak örneklerinin bazı mikro besin elementi içerikleri

		Konsantrasyon (mg kg^{-1})							
		Fe		Cu		Zn		Mn	
No	Mevkii	1	2	1	2	1	2	1	2
1	Sırtoğlu	7,57	8,78	12,3	13,2	0,69	0,65	4,17	5,00
2	Sırtoğlu	10,70	8,40	5,31	4,78	0,66	0,54	8,64	5,14
3	Sırtoğlu	9,58	10,5	3,22	3,28	0,51	0,48	9,73	14,70
4	Sırtoğlu	5,90	6,16	5,42	5,87	0,81	0,87	4,87	5,50
5	Sırtoğlu	6,79	7,60	6,03	6,17	0,43	0,42	3,63	4,19
6	Karanlıkdere	5,95	5,38	4,11	3,76	1,06	0,75	7,35	7,17
7	Sırtoğlu	10,0	7,73	2,97	2,25	0,57	0,37	9,45	6,67
8	Sırtoğlu	8,53	10,8	2,61	3,10	0,81	0,79	3,13	4,38
9	Sırtoğlu	6,59	8,36	2,83	3,16	0,92	1,25	5,60	7,83
10	Sırtoğlu	9,14	10,2	2,31	2,32	0,64	0,47	9,25	11,7
11	Sırtoğlu	8,61	9,59	7,01	7,66	1,17	1,18	7,17	7,46
12	Karanlıkdere	8,27	8,16	2,83	2,78	0,37	0,32	3,84	3,22
13	Sırtoğlu	5,76	5,11	2,27	2,10	0,82	0,75	3,72	3,44
14	Sırtoğlu	6,09	6,10	2,35	2,22	0,50	0,36	3,31	3,11
15	Keçiağılı	3,71	4,29	8,70	11,8	0,64	0,85	3,45	3,66
16	Keçiağılı	6,15	6,14	6,06	7,34	0,60	0,63	3,70	3,60
17	Bağlar	10,7	8,20	5,31	5,87	0,66	0,55	8,64	5,75
18	Sırtoğlu	7,97	7,49	4,21	4,32	0,77	0,63	8,34	9,59
19	Büyükgöl	9,61	9,33	3,93	3,61	0,45	0,40	2,60	2,38
20	Büyükgöl	8,28	9,21	2,42	2,50	0,52	0,51	3,74	4,99
	En düşük	3.71	4.29	2.27	2.10	0.37	0.32	2.60	2.38
	En yüksek	10.70	10.80	12.30	13.20	1.17	1.25	9.73	14.70
	Ortalama	7.80	7.89	4.61	4.91	0.68	0.64	5.72	5.98



Şekil 8. Toprakların alınabilir demir (Fe) ve alınabilir bakır (Cu) dağılımı.



Şekil 9. Toprakların alınabilir çinko (Zn) ve alınabilir mangan (Mn) dağılımı.

SONUÇ ve ÖNERİLER

Enginar yetiştiriciliği yapılan Bursa ili Kestel ilçesi Seymen ve çevresi topraklarının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri değerlendirildiğinde; 0-30 cm ve 30-60 cm derinlikten alınan topraklar büyük bir kısmı nötr geriye kalan topraklar hafif alkali reaksiyonda, tuzluluk sorunu olmayan, orta bünyeye sahip olduğu görülmüştür. Toprakların iki derinlikte de % 65'lik kısmı kireçli % 30'u orta kireçli olduğu belirlenirken, organik madde içeriğinin 0-30 cm derinlikte çoğunluğun orta bir kısmı da iyi olduğu, 30-60 cm derinlikte ise orta ve az olduğu belirlenmiştir. Çalışmada incelenen toprakların bazı makro ve mikro bitki besin elementi içerikleri değerlendirildiğinde; topraktaki azotun yeterli olduğu, fosfor iki derinlikte de neredeyse yarısının fazla çıktığı, potasyum içeriğinin toprak örneklerinin büyük bir kısmında noksan ve düşük olduğu belirlenmiştir. Kalsiyum içeriği bakımından da iki derinlikte de % 70 az olduğu sadece % 25'i yeterli seviyede olduğu tespit edilmiştir. Toprak örneklerinin magnezyum içeriği analiz sonucuna göre birinci ve ikinci derinlikte de iyi olduğu, sodyumun ise iki derinlikte sodik olmadığı, demir içeriği bakımından sadece bir örnek noksanlık belirtisi gösterirken geriye kalan tüm örnekler yeterli seviyede çıkmıştır. Bakır ve mangan analiz sonucunda toprakların yeterli seviyede olduğu, çinko bakımından toprakların büyük bir kısmının noksan veya noksanlık belirtisi gösterdiği belirlenmiştir. Yapılan çalışma sonucunda; yöredeki üreticilerin toprak analizine dayalı olmayan bir gübreleme programı izlediği, organik gübre kullanımlarının yetersiz olduğu ve enginar üretiminin de bilinçsiz olarak yapıldığı görülmüştür. Üretimin bu şekilde devam etmesi durumunda yörede yetiştirilen bu ürünlerde dengesiz gübrelemeye bağlı bitki beslenme sorunlarının artarak verimde azalmalar meydana gelebileceği sonucuna varılmıştır.

Teşekkür: Bu çalışma, Bursa Uludağ Üniversitesi yüksek lisans tez çalışmasının bir parçasıdır.

Çıkar Çatışması Beyanı: Makale yazarları kimseyle arasında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti: Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan ederler.

YAZAR ORCID NUMARALARI

Serhat GÜREL http://orcid.org/0000-0002-2971-8353

Serkan Ulubay http://orcid.org/0009-0001-5021-2082

KAYNAKLAR

Anonim. 1988. Türkiye gübreler ve gübreleme rehberi. T.C.T.O.K.B. Köy Hizmetleri genel Müdürlüğü Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Genel Yayın No: 151, Teknik Yayın No: T-50, Ankara, 182s.

Anonim, 1990. FAO. Micronutrient. Assessment at the Country Level: An International Study.FAO Soil Bulletin by Mikko Sillanpaa. Rome.

Anonim, 1993. Bursa ili arazi varlığı : toprakları, problemleri, arazi sınıfları, arazi kullanma durumu, önemli tarım arazileri. https://kutuphane.tarimorman.gov.tr/vufind/Record/11088

Alicandri, E., Paolacci, A. R., Catarcione, G., Del Lungo, A., Iacoponi, V., Pati, F., Ciaffi, M. 2023. Morphological, Molecular, and Nutritional Characterisation of the Globe Artichoke Landrace "Carciofo Ortano". Plants, 12(9), 1844. doi: 10.3390/plants12091844.

Alizadeh, A., Ghasemnezhad, A., Hezarjaribi, A., Aladin, M.Z. 2024. Effect of Soil Physical and Chemical Properties on the Performance Indices of Artichoke's Leaf using Artificial Neural Network (ANN). Journal of Medicinal Plants and By-products, 1: 123-135. https://doi.org/10.22034/jmpb.2023.355310.1384

Archontoulis, S.V., Vos, J., Yin, X., Bastiaans, L., Danalatos, N.G., Struik, P.C. 2011. Temporal dynamics of light and nitrogen vertical distributions in canopies of sunflower, kenaf and cynara. Field Crops Research, 122 (3): 186–198. https://doi.org/10.1016/j.fcr.2011.03.008

Bouyoucos, G.H. 1951. A recalibration of the hydrometer for making mechanical analysis of soils. Journal of Agronomy, 43(1): 434-438.

Bektaş, Z., Saner., G. 2013. Türkiye'de Enginar Üretimi ve Pazarlaması. U.Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi, 27 (1):115-128.

Ciancolini, A. 2012. Characterization and selection of globe artichoke and cardoon germplasm for biomass, food and biocompound production. PhD Thesis, Università Degli Studi Della Tuscia, Italy. 251p.

Chapman, H.D., Pratt, P.F. 1961. Methods of analysis for soils, plants and waters, University of California, Division of Agricultural Sciences, 1-6 p.

De Falco, B., Incerti, G., Amato, M., Lanzotti, V. 2015. Artichoke: botanical, agronomical, phytochemical, and pharmacological overview. Phytochem Rev., 14: 993-1018. DOI 10.1007/s11101-015-9428-y

Duman, İ., Nas, Y. 2020. Tohumdan konservelik enginar (Cynara scolymus L.) üretiminde verim ve kalite özelliklerindeki değişimin belirlenmesi. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, Özel Sayı: 1-7, Doi: 10.20289/zfdergi.703747

Elia, A., Conversa, G. 2007. "Mineral nutrition aspects in artichoke growing, 239-249". In: Proc. VIth IS on Artichoke, Cardoon and Their Wild Relatives, (Eds. J.A. Femandez et al.). Acta Horticulturae, 730. http://dx.doi.org/10.17660/ActaHortic.2007.730.30

Eyüpoğlu, F. 1999. Türkiye Topraklarının Verimlilik Durumları. T.C. Başbakanlık Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Yayınları. Genel Yayın No: 220, Teknik Yayın No: T-67, Ankara, 122 s

FAO. 2023. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) Statistics. (Web sayfası: https://www.fao.org/faostat/en/#data/QV) (Erişim tarihi: Şubat 2023).

Foti, S., Mauromicale, G., Ierna, A. 2005. Response of seed-grown globe artichoke to different levels of nitrogen fertilization and water supplies. Acta Hort., 681:237–242.

Fratianni, F., Tucci, M., De Palma, M. 2007. Polyphenolic composition in different parts of some cultivars of globe artichoke (Cynara cardunculus L. var. scolymus L. Fiori). Food Chem 104:1282–1286.

Gaafar, A. A., Salama, Z. A. 2013. Phenolic Compounds from Artichoke (Cynara scolymus L.) By products and their Antimicrobial Activities. Journal of Biology, Agriculture and Healthcare www.iiste.org ISSN 2224-3208 (Paper) ISSN 2225-093X (Online) Vol.3, No.12.

Gatta, G., Gagliardi, A., Disciglio, G., Lonigro, A., Francavilla, M., Tarantino, E., Giuliani, M.M. 2018. Irrigation with Treated Municipal Wastewater on Artichoke Crop: Assessment of Soil and Yield Heavy Metal Content and Human Risk. Water, 10, 255; doi:10.3390/w10030255

Graifenberg, A., Di Paola, M. L., Giustiniani, L., Temperini, O. 1993. Yield and Growth of Globe Artichoke under Saline–Sodic Conditions. HortScience, 28(8), 791-793.

Güleç, H., Pinanalı, N., Kalınbacak, K., Keçeci, M., Özcan, H. 2018. Gübreleme Rehberi (Bursa), T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, 84s. (Web sayfası: https://bursa.tarimorman.gov.tr/Belgeler/BURSA)(Erişim tarihi: Ekim 2024)

Gürel, S., Bıyıklı, M. 2023. Fonksiyonel bitki enginarın (Cynara cardunculus var. scolymus L.) tescilli, Bursa ili Hasanağa yöresi plantasyonlarının toprak ve bitki besin maddesi değişimlerinin incelenmesi. Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg., 2023, 60 (4):647-663. https://doi.org/10.20289/zfdergi.128094

Jackson, M.L. 1962. Soil Chemieal Analysis. Prentice Hall. Inc. New York.

Jones, J.B. 2001. Laboratory Guide for Conducting Soil Tests and Plant Analysis, CRC Pres, Washington, D.C, pp:115-119.

Kacar, B. 2009. Toprak analizleri (3. Baskı). Nobel Akademi Yayıncılık, No. 1387. Ankara, 466 s.

Kacar, B., Katkat, A.V., Öztürk, Ş. 2006. Bitki Fizyolojisi. Nobel Yayın No:848, Fen ve Biyoloji Dizisi:28, Ankara, s. 185-186.

Khalfallah, K.K., Turki, N., Rébaï, M., Ghazel, I. 2015. Compost and Compost Tea Fertilization Effects on Soil and Artichoke Mineral Nutrition in Organic Farming. International Journal of Current Engineering and Technology, 5 (6): 3835-3842. https://www.researchgate.net/291330470

Kılıçtaş, Ş., Özlü, T., Garipoğlu, G. 2020. Enginar (Cynara scolymus L.): Besin değeri ve olası sağlık etkileri. USBAD Uluslararası Sosyal Bilimler Akademi Dergisi, 3 (5): 6-22. Doi: 10.47994/usbad.788581

Keskin, L.., Namal, H. 2019. Bazı Enginar Çeşitlerinde Farklı Uygulamaların Verim ve Verim Unsurları Üzerine Etkileri. Manas Journal of Agriculture Veterinary and Life Sciences, 9(1), 8-13.

Lattanzio, V., Kroon, P.A., Linsalata, V., Cardinali, A. 2009. Globe artichoke: a functional food and source of nutraceutical ingredients. Journal of Functional Foods, 1 (2): 131–144. Doi: 10.1016/j.jff.2009.01.002

Lindsay, W. L., Norvell, W. A. 1978. Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese and copper. Soil Science Society of America Journal, 42:421–28. doi:10.2136/sssaj1978.03615995004200030009x

Magnifico, V., Lattanzio, V. 1981. Ritmo di asportazione di elementi nutritivi nel carciofo. Na, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, Cu. Atti 30 Congr. Int. Carciofo, Laterza Bari. 283-294 pp.

Nelson, D.W., Sommers, L. 1982. Total carbon, organic carbon and organic matter. Methods of Soil Analysis, Part 2. Chemical and Microbiological Properties, Agronomy Monograph No.9, 2nd Ed., ASA-SSSA, Madison, Wisconsin, USA, 539-579 pp.

Nelson, R.E. 1982. "Carbonate and gypsum,181-196". In: Methods of Soil Analysis, Part 2. Chemical and Microbiological Properties. (Eds. A.L. Page), American Society of Agronomy Inc. Pub. Agronomy Series, No.9, Madison, Wisconsin, USA.

Öztürk, B., Zengin, M., Gökmen Yılmaz, F. 2020. Effects of potassium and zinc fertilization on the yield and yield components of artichoke. Journal of Tekirdağ Agricultural Faculty (JOTAF), 17 (2): 180-190. Doi: 10.33462/jotaf.605673

Parlak, M., Fidan, A., Kızılcık, İ., ve Koparan, H. 2008. Eceabat İlçesi (Çanakkale) Tarım topraklarının Verimlilik Durumlarının Belirlenmesi. Ankara Üniversitesi Ziraat fakültesi Tarım Bilimleri Dergisi, 14 (4): 394-400. https://doi.org/10.1501/Tarimbil_0000001057

Petropoulos, S.A., Sami, R., Benajiba, N., Zewail, R.M.Y., Mohamed, M.H.M. 2022. The response of globe artichoke plants to potassium fertilization combined with the foliar spraying of seaweed extract. Agronomy, 12 (2): 490. Doi: 10.3390/agronomy12020490

Rejeb, I.B., Dhen, N., Gargouri, M., Boulila, A. 2020. Chemical Composition, Antioxidant Potential and Enzymes Inhibitory Properties of Globe Artichoke By-Products. Chem. Biodiversity, 17, e2000073, Doi: 10.1002/cbdv.202000073

Riahi, J., Nicoletto, C., Bouzaein, G., Sambo, P., Khalfallah, K.K. 2017. Effect of vegetative propagation materials on globe artichoke production in semi-arid developing countries: agronomic, marketable and qualitative traits. Agronomy, 7 (4): 65. Doi: 10.3390/agronomy7040065

Saleh S.A., Zaki, M.F., Tantawy, A.S., Salama, Y.A.M. 2016. Response of artichoke productivity to different proportions of nitrogen and potassium fertilizers. International Journal of ChemTech Research, 9 (3): 25-33. www.researchgate.net/publication/301678673

Soil Survey Staff, 1951. Soil Survey Manual, Agricultural Research Administration United States Department of Agriculture Handbook, No. 18, Ground Print Office, Washington D.C., 340-377 p.

Turan, M.A., Katkat, A.V., Özsoy, G., Taban, S. 2010. Bursa İli Alüvyal Tarım Topraklarının Verimlilik Durumları ve Potansiyel Beslenme Sorunlarının Belirlenmesi. U. Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi, 24 (1): 115-130. http://hdl.handle.net/11452/3870

TUİK, 2023. Türkiye İstatistik Kurumu. (Web sayfası: https://www.tuik.gov.tr/) (Erişim tarihi: Şubat 2023).

Tümsavaş, Z., ve Çelik, İ. 2005. Bursa İli Kireçsiz Kahverengi Topraklarının Bazı Özellikleri ve Besin Elementleri İçerikleri. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 20 (1):43-52.

Tümavaş, Z., Aksoy, E. 2009. Kahverengi Orman Büyük Toprak Grubu Topraklarının Verimlilik Durumlarının Belirlenmesi. U. Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi, 23(1): 93-104. dergipark.org.tr/ziraatuludag/16753/174178

Thomas, G.W.. 1982. Exchangeable Cations. Methods of Soil Analysis, Part 2. Chemical and Microbiological Properties, Ed.A.L. Page, American Soc. Ag. Inc. Pub. Agronomy Series, No.9, Madison, Wisconsin, USA, pp: 159-164.

Watanabe, F.S., Olsen, S.R. 1965. Test of an Ascorbic Acid Method for Determining Phosphorus in Water and NaHCO3 Extracts from Soil, Soil science Soc. Am. Porc., 29, 677-678.

Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi 12(1): 187–196, 2025
https://doi.org/10.30910/turkjans.1500498

TÜRK TARIM ve DOĞA BİLİMLERİ DERGİSİ

TURKISH JOURNAL of AGRICULTURAL and NATURAL SCIENCES

www.dergipark.gov.tr/turkjans

Araştırma Makalesi

Muscari armeniacum Bitkisinin Farklı Ekstraktlarının Antioksidan, Antimikrobiyal ve Sitotoksik Aktivitelerinin İncelenmesi

Turgut TAŞKIN[1]*, Esra AVCI[1], Erkan RAYAMAN[2], Beyza Nur YILMAZ[1], Saliha AYDIN[3], Ayşe Mine Yılmaz GÖLER[4], Gizem EMRE[5]

[1]Department of Pharmacognosy, Faculty of Pharmacy, Marmara University, Maltepe 34854 Istanbul, Türkiye
[2]Department of Pharmaceutical Microbiology, Marmara University, Maltepe 34854 Istanbul, Türkiye
[3]Department of Pharmacology, Faculty of Pharmacy, Marmara University, Maltepe 34854 Istanbul, Türkiye
[4]School of Medicine, Basic Medical Sciences, Department of Medical Biochemistry, Maltepe 34854 Istanbul, Türkiye
[5]Department of Pharmaceutical Botany, Faculty of Pharmacy, Marmara University, Maltepe 34854 Istanbul, Türkiye
*Sorumlu Yazar (Corresponding author): Turgut TAŞKIN, email:turguttaskin@marmara.edu.tr

Geliş Tarihi: 13.06.2024 Düzeltme Geliş Tarihi: 13.11.2024 Kabul Tarihi: 18.11.2024

ÖZ

Bu çalışmanın amacı *Muscari armeniacum* bitkisinin toprak üstü ve soğanlarının maserasyon yöntemiyle elde edilen farklı ekstraktların antioksidan ve antimikrobiyal aktivitelerini karşılaştırmalı olarak değerlendirmektir. Ayrıca çalışma, etanol ekstraktlarının insan fibroblastlarının ve MCF-7 meme kanseri hücre hatlarının çoğalması üzerindeki etkisini belirlemeyi amaçlamaktadır. *Muscari armeniacum* bitkisinin toprak üstü kısımlarından ve soğanlarından elde edilen petrol eteri, kloroform ve etanol ekstraktlarının antioksidan aktiviteleri DPPH, CUPRAC ve FRAP yöntemleriyle incelenmiştir. Ekstraktların içerdiği toplam fenolik bileşik miktarı FCR yöntemi kullanılarak belirlendi. Antimikrobiyal aktivite agar kuyusu difüzyon yöntemiyle belirlendi. Bitkinin etanol ekstraktlarının sitotoksik aktiviteye yeteneği MTT tahlili kullanılarak belirlendi. Soğanların kloroform ekstraktının diğer ekstraktlara göre daha yüksek DPPH (IC_{50}:0,056 mg/mL), FRAP (2,738 mM FeSO4/mg ekstrakt) ve CUPRAC (3,640 mM trolox eşdeğeri/mg ekstrakt) aktivite potansiyeline sahip olduğu belirlendi. Ayrıca toprak üstü kısım kloroform ekstraktının en yüksek DPPH (IC_{50}: 0,889 mg/mL), CUPRAC (1,166 mM trolox eşdeğeri/mg ekstrakt) ve FRAP (0,823 mM $FeSO_4$/mg ekstrakt aktivitesi) antioksidan aktivitesini gösterdiği belirlendi. Soğanlardan elde edilen kloroform ekstraktının toprak üstü kısımlara göre daha yüksek miktarda fenolik içerik içerdiği ve buna bağlı olarak en yüksek antioksidan aktiviteyi gösterdiği belirlendi. Toprak üstü petrol eteri ekstraktının *S. aureus* ATCC 25923 ve *S. epidermidis* ATCC 11228'e karşı antimikrobiyal aktiviteye sahip olduğu, soğanların etanol ekstraktının ise yalnızca *S. epidermidis* ATCC 11228'e karşı antimikrobiyal aktiviteye sahip olduğu bulundu. Çalışma, 500 µg/mL dozundaki toprak üstü ve soğan etanol ekstraktlarının insan fibroblastları ve MCF-7 meme kanseri hücre dizileri üzerinde sitotoksik potansiyeli olmadığını gösterdi. Bitkinin farklı kısımlarının insan normal hücre hatları üzerinde sitotoksik aktivite göstermemesi, bu türün antioksidan ve antimikrobiyal ajan olarak kullanılabileceğini düşündürmektedir.

Anahtar kelimeler: *Muscari armeniacum*, antimikrobiyal, antioksidan, sitotoksik

Investigation of Antioxidant, Antimicrobial and Cytotoxic Activities of Different Extracts of *Muscari armeniacum*

ABSTRACT

The aim of this study is to comparatively evaluate the antioxidant and antimicrobial activities of different extracts obtained by the maceration method of the aerial and bulbs of the *Muscari armeniacum*. Additionally,

the study aims to determine the effect of ethanol extracts on the proliferation of human fibroblasts and MCF-7 breast cancer cell lines. The antioxidant activities of petroleum ether, chloroform and ethanol extracts from the aerial parts and bulbs of the *Muscari armeniacum* were examined by DPPH, CUPRAC and FRAP methods. The amount of total phenolic compounds contained in the extracts was determined using the FCR method. Antimicrobial activity was determined by the agar well diffusion method. The ability ethanol extracts of plant to cytotoxic activity was determined using the MTT assay. It was determined that the chloroform extract of bulbs had higher DPPH (IC_{50}:0.056 mg/mL), FRAP (2.738 mM FeSO4/mg extract) and CUPRAC (3.640 mM trolox equivalent/mg extract) activity potential than other extracts. In addition, it was determined that the aerial parts chloroform extract showed the highest DPPH (IC_{50}: 0.889 mg/mL), CUPRAC (1.166 mM trolox equivalent/mg extract) and FRAP (0.823 mM FeSO4/mg extract activities) antioxidant activity. It was determined that the chloroform extract obtained from bulbs contained higher amounts of phenolic contents than the aerial parts and accordingly showed the highest antioxidant activity. Aerial parts petroleum ether extract was found to have antimicrobial activity against S. aureus ATCC 25923 and S. epidermidis ATCC 11228, and the ethanol extract of bulbs was found to have antimicrobial activity only against S. epidermidis ATCC 11228.

The study showed no cytotoxic potential of aerial parts and bulbs ethanol extracts at a dose of 500 µg/mL on human fibroblasts and MCF-7 breast cancer cell lines. The fact that different parts of the plant do not show cytotoxic activity on human normal cell lines suggests that this species can be used as an antioxidant and antimicrobial agent.

Key words: *Muscari armeniacum, antimicrobial, antioxidant, cytotoxic*

INTRODUCTION

The use of plants for medicinal purposes dates back to ancient times. In our country, as well as all over the world, medicinally important plants have been used by people for centuries. In aerobic organisms, free radicals, that is, reactive oxygen species, are formed during the body's normal use of oxygen or under the influence of various external factors such as environmental agents (pesticides, aromatic hydrocarbons, toxins, solvents, etc.), stress and radiation. The resulting free radicals can damage basic cellular components such as lipids, proteins and nucleic acids in the organism. Our body uses the antioxidant system that prevents the formation of free radicals and prevents damage. Therefore, our body's natural defense system should be supported with antioxidant molecules. Some medicinal plants have antimicrobial properties and are widely used in the treatment of some diseases. With the development of technology, the production of synthetic antimicrobial agents has increased. However, due to misuse and overuse of these agents, microorganisms may gain resistance (Vanderbank, 1949; Shinde et al., 2012). The origin of the Asparagaceae family is thought to be Eurasian or African. The family is widely distributed throughout the world (Gürsoy, 2016). The *Muscari* genus, located in the Asparagaceae family, was introduced to the scientific community in 1754 by Botanist Philip Miller (1691- 1771) in his work titled "The Gardeners Dictionary" (Eroğlu, 2020). The origin of the name *Muscari* is based on the fact that some members of the *Muscari* genus are fragrant. It is derived from the Latin word “muscus” (musk). The word musk came to our language from the Arabic language (Eroğlu, 2020). According to the Turkish Language Association, the word musk means "a fragrant substance and mist extracted from a gland under the abdominal skin of a type of male gazelle that lives in the high mountains of Asia." It is recorded in Turkey that the name *Muscari*, meaning "musk scent, musk hyacinth", was used in ancient Istanbul because the flowers of the *Muscari macrocarpum* species were fragrant (Gürsoy, 2009). *Muscari* genus is distributed in a wide region around the world. It extends throughout the Mediterranean basin to the Caucasus, as well as in the temperate regions of Europe, North Africa and the southwestern parts of Asia. Although there is variation according to species, plants generally grow in meadows, steppes, snow-melt areas, stony-rocky areas, slopes, watersides, saline areas and various forest undergrowth (Eroğlu, 2020).The *Muscari armeniacum* H.J.Veitch plant is generally known as grape hyacinth (Suzuki and Nakano, 2000). At the same time, its other common names are Arabian Hyacinth, Catnip, Müşkürüm, Gavurbaşı, Turkish Hyacinth, Viper Onion, Garden Grape Hyacinth and Armenian Grape Hyacinth (Kahraman, 2019; Bokov, 2019; Arslan, 2021). The plant is called Grape Hyacinth and Turkish Hyacinth in English (Kahraman, 2019). *Muscari armeniacum* is a herbaceous, bulbous, perennial plant with blue-purple flowers that resemble showy bunches of grapes (Kahraman, 2020). M. armeniacum is widely used as an ornamental plant in parks, gardens and pots due to its eye-catching flowers and striking appearance (Kahraman, 2022; Bokov, 2019). Grape hyacinth is a honey plant and attracts bees, butterflies and bumblebees to the garden with its pleasant scent (Bokov, 2019; Azad and Amin, 2012). It is also used in the perfumery and cosmetics industry with its pleasant smell (Bokov, 2019; Azad and Amin, 2012). In Turkey, the bulbs of the plant are traditionally consumed as food (Kıyıcı, 2021; Tuzlacı, 2011). It is known among the public that the oil obtained after soaking the above-ground

parts of the plant in olive oil for 1 week is used externally in the treatment of eczema and as a skin moisturizer (Arslan, 2021; Tuzlacı, 2016). In addition, it is known that the external use of the plant supports wound healing, has antiseptic properties, and provides an anesthetic effect on dermatological inflammatory processes, wounds and burns (Bokov, 2019). M. armeniacum contains various groups of biologically active substances. These groups include flavonoids, mucilages, saponins and alkaloids. Flavonoids include anthocyanins (definidin and cyanidin derivatives) and homoisoflavonoids (Bokov, 2019). Anthocyanins are the floral pigments that give the plant's flowers their sky blue color (Lou et al., 2014; Bokov, 2019). It is known that anthocyanins, which have antioxidant properties, also reduce the risk of cancer, diabetes, cardiovascular and neurological disorders (Serrano et al., 2020). In addition, it is thought that homoisoflavonoids found in the plant can be used to prevent cancer cells thanks to their strong antioxidant and potential antimutagenic effects (Bokov, 2019). The flowers of the M. armeniacum plant have a floral, fruity and slightly peach-like scent. The main components of this fragrance have been identified as 2-phenylethanol and 2-(4-methoxyphenyl)-ethanol. At the same time, grape hyacinth contains muscarosides (A12, B13, G3, J6, K7, L8 and M9), which are in the group of oligoglycosides, and musarmins, which are proteins that inactivate the ribosome (Bokov, 2019).

The objective of this study is to compare the antioxidant and antimicrobial properties of various extracts derived from the bulbs and aerial parts of M. armeniacum. Additionally, the study aims to determine the effect of ethanol extracts on the proliferation of human fibroblasts and MCF-7 breast cancer cell lines.

MATERIAL AND METHODS

Plants material

Muscari armeniacum was identified by Dr. Gizem Emre. The identified sample was kept at the Marmara University Faculty of Pharmacy Herbarium with the code MARE: 22684 until the day the study started.

Preparation of Extracts

The aerial parts and bulbs of the *Muscari armeniacum* were dried under room conditions. The dried parts were turned into powder with the help of a plant grinder. Crude extracts were obtained from the powdered aerial parts and tubers (18 g) by sequential maceration method using petroleum ether, chloroform and ethanol solvents. The organic solvents obtained were evaporated in a rotary evaporator (Heidolph, 45 °C and low pressure) to obtain crude extracts. The obtained dry extracts were stored in the refrigerator at +4 °C until the day the study started.

Antioxidant activity assays

DPPH assays: 240 µL of DPPH solution (0.1 mM) were added to the 10 µL of extracts that had been obtained at various doses (0.5-3 mg/mL). Before being incubated for 30 minutes at 25 °C, the produced mixtures were stirred for 1 minute. Every day at 517 nm, the mixes' absorbance values were measured. Under identical circumstances, the absorbance of the control sample was measured using 10 µL of methanol rather than the extract. The information gathered throughout the investigation is provided as IC_{50} = mg/mL (Wei et al., 2010).

CUPRAC assays: The extracts' ability to reduce copper (II) ions while still having antioxidant activity was assessed using a method created by Apak et al. in 2004. In a nutshell, 60 µL of Cu(II)2H2O, 60 µL of neocuproine, and 60 µL of 1 M NH4Ac were mixed, then 60 µL of the extracts were added, and finally 10 µL of ethanol was added to the mixture. The mixes' absorbance was spectrophotometrically evaluated at 450 nm after 60 min against a reference solution that was made by substituting ethanol for the plant extracts. The extracts' CUPRAC values were provided as mg Trolox equivalent/mg extract (Apak et al., 2004).

FRAP assays: The FRAP reagent was stored at 37 oC for 30 min. It consisted of 25 mL of 300 mM acetate buffer (pH 3.6), 2.5 mL of TPTZ solution, and 2.5 mL of 20 mM FeCl3.6H2O. 10 µL of extract were combined with 190 µL of FRAP reagent, and after 4 minutes, the mixture's absorbance at 593 nm was measured. The extracts' FRAP values were presented as mM Fe2+/mg extract (Taskin et al., 2021).

Assay for total phenolic content: Briefly, 0.1 mL of the diluted plant extracts, 4.5 mL of water, and 0.1 mL of the Folin-Ciocalteu reagent were combined, and then 0.3 mL of sodium carbonate solution (2%) was added. One minute of medium-continuous shaking was then performed. After two hours at room temperature, the absorbance at 765 nm was measured using a UV/Vis Spectrophotometer. Total phenolic content was calculated as mg gallic acid equivalents (GAE) per milligram of plant extract (Sembiring et al., 2018).

Antimicrobial effectiveness test

Antimicrobial activity potential of plant extracts was determined primarily by the agar well diffusion method. Minimal inhibitory concentration (MIC) was determined for extracts showing antimicrobial activity in agar well diffusion method.

Agar well diffusion test: As bacteria; Staphylococcus aureus ATCC 25923, Staphylococcus epidermidis ATCC 11228, Escherichia coli ATCC 25922, Pseudomonas aeruginosa ATCC 27853, Proteus mirabilis ATCC 14153,

Klebsiella pneumoniae ATCC 4352 and as yeast; Candida albicans ATCC 10231 strains were used. Bacteria were inoculated on tryptic soy agar and C. albicans on sabouraud dextrose agar, incubated at 37 °C for 24 hours. Microorganism suspensions were prepared from colonies in 0.85% NaCl physiological saline solution (PSS). Bacterial suspensions were adjusted to 108 cfu/ml and C. albicans suspensions to a concentration of 106 cfu/mL according to Mc Farland 0.5 standard turbidity. The microorganism suspensions were spread over the surface of the Mueller hinton agar for bacteria and sabouraud dextrose agar (SDA) for C. albicans by sterile swabs under aseptic conditions and then 5 mm diameter wells were made surface of the medium with a sterile punch. The wells were filled with 50 µL (50 mg/mL) of the extracts dissolved in appropriate solvents. In addition, meropenem (10 µg/well) for bacteria, amphotericin B (100 µg/well) as a positive control for the yeast, solvent (DMSO) and PSS will be used as negative control. Inoculated petri dishes will be incubated at 37°C for 18-24 hours for bacteria, for 24-48 hours at 35 °C for yeast, and at the end of incubation time, inhibition zones will be measured in mm. The trials will be performed with three replicates and will be averaged.

Detection of minimal inhibitor concentration for bacteria: Detection of MIC for bacteria were performed in accordance with the standards of the Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI). Cation Adjusted Mueller Hinton Broth (CAMHB) was used as medium. Bacteria suspension was prepared from the colonies in the 24-hour bacterial culture according to Mc Farland 0.5 turbidity and the final inoculum concentration shall be diluted to 5x105 cfu/ml. The sterile U-based microdilution plates were placed 100 µL of the CAMHB. Soluble extracts were placed 100 µl in the first wells and serial dilutions were made respectively. Then 5µL of bacterial suspension was added to the wells containing the extract and the plates incubated at 37 °C for 24 hours. At the end of the incubation, the lowest extracting concentrations with no growth was determined as minimal inhibitory concentration (MIC). Escherichia coli ATCC 25922 was used as a quality control microorganism. CAMHB, DMSO and PSS were used as negative control. Meropenem was used as positive control (Perez et al., 1990; NCCLS, 2003; CLSI 2005).

Cell Culture Studies

Human fibroblasts and MCF-7 breast cancer cells were grown in DMEM medium, containing L-glutamine, 10% fetal bovine serum (FBS), and 1% penicillin-streptomycin (P/S). The cells were incubated at 37°C in a 5% CO_2 humidified atmosphere. When the cells reached 70-80% confluence, they were washed with phosphate-buffered saline (PBS) and treated with trypsin-EDTA to detach them from the culture flask. After trypsinization, the cells were centrifuged at 1200 rpm for 5 minutes to pellet them. The cell pellet was resuspended in fresh medium by gentle pipetting. Following cell counting, the cells were subcultured into new flasks at an appropriate dilution, and the process was repeated every 3 days.

MTT Assay

The study assessed the viability of ethanol extracts from the aerial parts and bulbs of *Muscari armeniacum* using the 3-(4,5-Dimethylthiazol-2-yl)-2,5-diphenyltetrazolium bromide (MTT) assay after 24 hours. Cells were seeded in 96-well plates at a density of 1×10^4 cells per well (n=4) and were incubated for 24 hours. After that, extracts were applied to the cells and left for another 24 hours. Next, 10 µL MTT was added and incubated for 3 hours. The plates were then incubated on a shaker for 10 minutes, and the percentage of living cells was determined at 570 nm using a multi-plate reader (EnSpire Manager, Perkin Elmer). For the fibroblast cell line, four different concentrations (62.5, 125, 250, and 500 µg/mL) were used, and the IC_{50} value was determined. To calculate the fractional effect (Fa) (1-cell viability) values, absorbance values were obtained via the MTT experiment. The doses corresponding to these Fa values were entered into the CompuSyn software (Paramus, NJ). In the MCF-7 cell line, the % viability values were compared at a dose of 500 µg/mL. (Goler et al., 2023).

Statistical analysis: The results were computed using the mean standard deviations (SD) of three parallel, independent measurements. One-way analysis of variance was conducted using ANOVA test, and significant differences between means were identified using the Tukey Multiple Comparison test, with a p-value of 0.05 being regarded as statistically significant.

RESULTS and DISCUSSION

Determination of DPPH radical scavenging activity

The free radical scavenging activities of different extracts from the plant were determined using the DPPH method. The antioxidant activities of the extracts and the compound used as standard (ascorbic acid) were evaluated by comparing their IC_{50} values. The results obtained were shown in Table 1. According to the results, it was determined that the chloroform extracts from the bulbs (IC_{50}: 0.056 mg/ml) and aerial parts (IC_{50}: 0.889 mg/ml) of the plant showed higher DPPH radical scavenging activity compared to other extracts. When the activities of bulbs and aerial parts extracts were compared, it was determined that the chloroform extract of bulbs showed the highest DPPH radical scavenging activity. In the study, when the activities of extracts and

standard were compared, it was determined that all extracts showed lower activity than the ascorbic acid compound (IC_{50}: 0.004 mg/ml) used as standard.

Table 1. DPPH radical scavenging activities of different extracts from the plant

	DPPH (IC_{50}: mg/ml)	
Extracts	Bulbs	Aerial parts
Petroleum ether	0.229 ± 0.029*	1.085 ± 0.198*
Chloroform	0.056 ± 0.005*	0.889 ± 0.453*
Ethanol	0.110 ± 0.004*	1.056 ± 0.257*
Ascorbic acid	0.004 ± 0.007	

*$p < 0.05$ compared to ascorbic acid.

Determination of iron (III) ion reduction antioxidant power (FRAP)

The Iron (III) ion reducing power of plants is very important in evaluating their antioxidant potential. The iron reducing power is based on the reduction of Fe^{+3} of the herbal extract to Fe^{+2} and examining this situation spectrophotometrically at 593 nm. In this method, high absorbance indicates high iron reduction potential. For this purpose, in this study, the Iron (III) ion reducing antioxidant power of different extracts from the plant was examined comparatively. According to the obtained FRAP values it was determined that the chloroform extracts from the bulbs (2.738 mM $FeSO_4$/mg extract) and aerial parts (0.823 mM $FeSO_4$/mg extract) of the plant showed higher FRAP values compared to other extracts. When the activities of bulbs and aerial part extracts were compared, it was determined that bulbs chloroform extract had a stronger iron (III) ion reducing power than all other extracts. In addition, in this study, it was determined that all extracts showed lower FRAP values than the standard BHA compound (5.8 mM $FeSO_4$).

Table 2. FRAP values of different extracts obtained from the plant

	FRAP (mM $FeSO_4$/mg extract)	
Extracts	Bulbs	Aerial parts
Petroleum ether	2.224 ± 0.159*	0.709 ± 0.055*
Chloroform	2.738 ± 0.261*	0.823 ± 0.025*
Ethanol	1.121 ± 0.045*	0.683 ± 0.041*
BHA	5.8± 0.104	

*$p < 0.05$ compared to BHA.

Copper (II) ion reducing antioxidant capacity method (CUPRAC)

The copper(II) ion reducing antioxidant capacity of different extracts from the plant was evaluated by the CUPRAC method. In this study, it was determined that the bulbs (3.640 mM TE/ mg extract) and aerial parts (1.166 mM TE/ mg extract) of the plant have a stronger copper(II) ion reducing antioxidant capacity potential than other extracts. When all extracts obtained from different parts of the plant were compared among themselves, it was determined that bulbs chloroform extract had stronger CUPRAC values than all other extracts. Findings showed that all extracts prepared from the plant exhibited lower copper(II) ion-reducing antioxidant capacity than the BHT compound (5.683 mM TE).

Table 3. CUPRAC values of different extracts from the plant

CUPRAC (mM trolox equivalent/mg extract)		
Extracts	Bulbs	Aerial parts
Petroleum ether	2.675 ± 0.808*	0.581 ± 1.375*
Chloroform	3.640 ± 1.070*	1.166 ± 0.130*
Ethanol	1.407 ± 0.423*	0.421 ± 0.017*
BHT	5.683 ± 0.337	

*$p < 0.05$ compared to BHT

Determination of total phenolic content in extracts

Total phenolic compounds contained in the different extracts obtained by using the maceration method of the bulb and aerial parts of the plant were determined using the FCR method. The results obtained are given in Table 4 as mg gallic acid equivalent /mg extract. This study determined that chloroform extracts from the bulb and aerial parts of the plant contained higher amounts of phenolic compounds than other extracts. When the results of the plant different parts were evaluated, it was determined that bulb chloroform extracts (0.099 mg GAE/ mg extracts) contained the highest amount of phenolic compounds.

Tablo 4. The amount of phenolic compounds contained in different extracts from the plant

Total phenolic contents (mg GAE/ mg extract)		
Extracts	Bulbs	Aerial parts
Petroleum ether	0.032 ± 0.004	0.020 ± 0.003
Chloroform	0.099 ± 0.008	0.024 ± 0.003
Ethanol	0.012 ± 0.001	0.010± 0.004

GAE: Gallic acid equivalent

Antimicrobial Activity

The antimicrobial activities of different extracts obtained from different parts of the plant were determined according to the agar well diffusion method and the findings are shown in Table 5.

The petroleum ether extract of aerial part was found to have antimicrobial activity against S. aureus ATCC 25923 and S. epidermidis ATCC 11228 and ethanol extract of bulbs was found to have antimicrobial activity only against S. epidermidis ATCC 11228. Other extracts do not have antimicrobial activity (Table 5). The MIC of meropenem against E. coli ATCC 25922 used as a quality control microorganism was within the CLSI quality control limits.

Table 5. Antimicrobial activity of different extracts from the plant

	S. aureus ATCC 25923		*S. epidermidis* ATCC 11228	
Extracts	Zone Diameter (mm)	MIC (mg/ml)	ZoneDiameter (mm)	MIC (mg/ml)
Bulbs-EtOH	0	ND	3.01 ± 0.14	> 3.25
Aerial parts-PE	12.57 ± 0.23	> 3.25	5.21 ± 0.18	> 3.25
Merpopenem	27.75±0.32	2	38.32±0,28	0.25

ND: Not determined, EtOH: Ethanol, PE: Petroleum ether, MIC: Minimal inhibitory concentration

Cytotoxic Activity

Human fibroblasts and MCF-7 breast cancer cells were subjected to indicated concentrations of *M. armeniacum* extracts for 24 hours. Assessment of cell viability was conducted using the MTT assay.

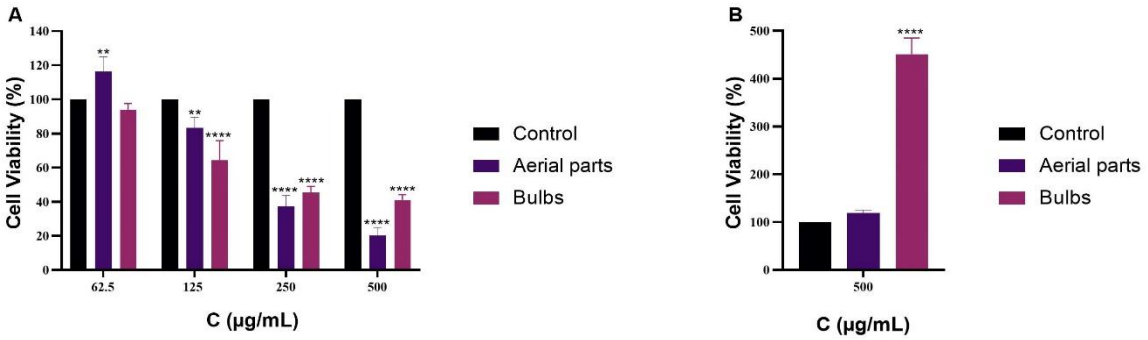


Figure 1. Effects of aerial parts and bulbs of the *M. armeniacum* on the viability of human fibroblasts and MCF-7 breast cancer cells. Error bars represent the mean ±S.E.M. $^{**}p < 0.01$ and $^{****}p < 0.0001$ compared to control group.

To determine the IC_{50} value, four different concentrations (62.5, 125, 250, and 500 µg/mL) of aerial parts and bulbs of *M. armeniacum* were applied to human fibroblast cells. The viability of aerial parts was found to be 116.43 ± 7.55%, 83.38 ± 6.17%, 37.29 ± 6.44%, and 20.20 ± 4.66%, respectively. For bulbs, the viability was 93.87 ± 3.69%, 64.49 ± 11.45%, 45.47 ± 3.60%, and 41.06 ± 3.15%, respectively. As stated in the method, the IC_{50} for the aerial parts was 239.444 µg/mL, whereas that for the bulbs was 285.903 µg/mL.

After that, 500 µg/mL aerial parts and bulbs of *M. armeniacum* were applied to human MCF-7 breast cancer cells, and their viability was evaluated and compared to the control group. The viability of aerial parts was found to be 118.80 ± 6.45%, and for bulbs, it was 451.28 ± 33.92%. The study showed that ethanol extracts from aerial parts and bulbs at a dose of 500 µg/mL do not have any anticancer properties. Additionally, it was determined that both plant parts had no cytotoxic effect on the normal cell line at the same concentration.

No detailed biological activity study was found in the literature review regarding the *M. armeniacum*. However, various biological activity studies have been carried out on other *Muscari* species within the same genus. According to the LC-MS/MS results of the *Muscari neglectum* Guss. ex Ten plant, the aerial parts ethanol extracts of the plant contain quinic acid (1.726 µg/g), fumaric acid (5.771 µg/g), gentisic acid (0.138 µg/g), caffeic acid (0.052 µg/g), kemferol (0.035 µg/g) and apigenin (0.092 µg/g). It was observed that bulbs ethanol extract contains quinic acid (0.411 µg/g), fumaric acid (1.567 µg/g), caffeic acid (0.619 µg/g) and kemferol (0.300 µg/g) (Eroğlu 2021). In another study, *Muscari parviflorum* Desf. It has been observed that the plant has antioxidant activity (Mammadov et al., 2012l), and the *Muscari muscarimi* plant has potential antiproliferative and apoptotic activity on cancer cells (Özay et al., 2021).
In the study conducted by Loizzo et al. (2010) with the *Muscari comosum* (L.) Mill., it was determined that the ethanol extract showed the highest DPPH radical scavenging activity. It was also observed that this extract showed good hypoglycemic activity for α-amylase and α-glucosidase (Casacchia et al., 2017). In the study conducted by Onaran and Bayram (2018), on the *Muscari aucheri* (Boiss.) Baker, which grows endemic in Turkey, the methanol extract from the plant has been shown to have antifungal activity against Fusarium oxysporum f. sp. cucumerinum, Alternaria solani, Verticillium dahliae, Rhizoctonia solani ve Botrytis cinerea.
In this study, unlike the above studies, petroleum ether, chloroform and ethanol extracts were prepared from the aerial parts and bulbs of M. armeniacum, using the maceration method. For the first time, our team examined in detail the antioxidant and antimicrobial activities of different extracts obtained from this plant. Additionally, no studies have been found in the literature regarding the effects of aerial parts and bulbs on the viability of human fibroblast cells and the MCF-7 breast cancer cell line. Therefore, in this study, the cytotoxic activities of different parts were comparatively examined.

CONCLUSION

This study showed that bulbs and aerial parts chloroform extracts had higher antioxidant activity than other extracts. It was also determined that the bulbs parts of the plant exhibited higher antioxidants activity and total phenolic compounds than the aerial parts. Aerial parts petroleum ether and bulbs ethanol extracts was found to have stronger antimicrobial activity than other extracts. The study showed no cytotoxic potential of aerial parts and bulbs ethanol extracts at a dose of 500 µg/mL on human fibroblasts and MCF-7 breast cancer cell lines. These findings suggested that the bulbs and aerial parts of the plant could be used as a natural agents of antioxidants and antimicrobials.

Acknowledgements: This study was supported by The Scientific and Technological Research Council of Turkey (2209/A, Project no: 1919B012209006).

Conflict of Interest Statement: The authors declare that they have no conflict of interest.

Contribution Rate Statement Summary of Researchers: TT was responsible for antioxidant activity and prepared the manuscript. EA and BNY examined the antioxidant activity. Plant identified by GE. ER examined the antimicrobial activity. SA and AMYG examined the cytotoxic activity All authors contributed to writing and editing the manuscript. All authors read and approved the final manuscript.

Author Orchid Numbers

Turgut TAŞKIN: https://orcid.org/0000-0001-8475-6478
Esra AVCI: https://orcid.org/0000-0002-1021-2416
Erkan Rayaman: https://orcid.org/0000-0002-1261-3942
Beyza Nur YILMAZ: https://orcid.org/0000-0002-4418-3182
Saliha AYDIN: https://orcid.org/0000-0001-7499-1028
Ayşe Mine YILMAZ GÖLER: https://orcid.org/0000-0003-0802-523X
Gizem EMRE: https://orcid.org/0000-0003-3996-0116

REFERENCES

Apak R., Güçlü K., Özyürek M., Karademir S.E. (2004). Novel total antioxidant capacity index for dietary polyphenols and vitamins C and E, using their cupric ion reducing capability in the presence of neocuproine: CUPRAC method. J Agric Food Chem, 52, 7970–7981. https://doi.org/10.1021/jf048741x

Arslan K. (2021). Plants of yeniçağa (Bolu) region used as traditional folk remedies. Marmara University Health Sciences Institute, Master's Thesis, İstanbul (Advisor: Assist. Prof. İsmail Şenkardeş).

Azad, M. A. K., Amin, M. N. (2012). Effects of hormonal and basal nutrient medium on in vitro regeneration of an ornamental plant-*Muscari armeniacum* Leichtlin. ex Baker. Plant Tissue Culture and Biotechnology, 22(2), 113-126. https://doi.org/10.3329/PTCB.V22I2.14200

Bokov D.O. (2019). *Muscari armeniacum* Leichtlin (Grape Hyacinth): Phytochemistry and Biological Activities Review. Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research, 12(1), 68-72. http://dx.doi.org/10.22159/ajpcr.2019.v12i1.30325

Casacchia, T., Sofo, A., Casaburi, I., Marrelli, M., Conforti, F., Statti, G. A. (2017). Antioxidant, enzyme-inhibitory and antitumor activity of the wild dietary plant *Muscari comosum* (L.) Mill. International Journal of Plant Biology, 8(1), 6895. https://doi.org/10.4081/pb.2017.6895

Clinical Laboratory Standards Institute, Performance Standards for Antimicrobial Disk Susceptibility Tests; Approved Standart. 9. Baskı. Pennsylvania: CLSI Document M2-A9; 2006.

Eroğlu H. Morphology, Palynology and Seed Surface Studies of *Muscari* Mill (Asparagaceae) Genus Taxa Distributed in Turkey. Van Yüzüncü Yıl University Institute of Science and Technology, Doctoral Thesis, 2020, Van (Advisor: Associate Professor Süleyman Mesut Pınar).

Goler, AMN., Jannuzı, AT., Biswas, A., Mondal, S. et al. (2023). Analysis of Quinolinequinone Analogs with Promising Cytotoxic Activity against Breast Cancer. Chem Biodivers., 20(9), e202300848. https://doi.org/10.1002/cbdv.202300848.

Gürsoy M. Biological Studies on Some *Muscari* Miller Species (*Muscari armeniacum* Leichtlin ex Baker, *Muscari neglectum* Guss.) Distributed in Western Anatolia. Celal Bayar University Institute of Natural and Applied Sciences, Master's Thesis, 2009, Manisa (Advisor: Assist. Prof. Levent Şık).

Gürsoy M. Morphological, Anatomical and Ecological Characteristics of *Muscari mirium* Speta (Asparagaceae) and Its Close Relatives (*Muscari massayanum* Grunert, *Muscari tenuiflorum* Tausch and *Muscari latifolium* Kirk). Manisa Celal Bayar University Institute of Science and Technology, Doctoral Thesis, 2016, Manisa (Advisor: Assoc. Prof. Levent Şık).

Shinde A., Ganu J., Naik P. (2012). Effect of Free Radicals & Antioxidants on Oxidative Stress: A review. J Dental Allied Sciences, 1(2), 63-66. http://dx.doi.org/10.4103/2277-4696.159144

Kahraman O. (2020). Development of *Muscari armeniacum* (Gâvurbaşı) at Different Planting Depths. KSÜ Agriculture and Nature Journal, 23(6), 1441-1448. https://doi.org/10.18016/ksutarimdoga.vi.707845

Kahraman, Ö. (2019). Effects of taking flower buds at different developmental periods on bulb and plant development of *Muscari armeniacum* Leichtlin ex Baker. Anatolian Journal of Agricultural Sciences, 34(1), 12-17. https://doi.org/10.7161/omuanajas.444180

Kahraman, O. (2022). Enlarging of Grape Hyacinth Bulb at Different Nutrient Solution Ratios in Soilless Culture. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 53(11), 1411-1419. https://doi.org/10.1080/00103624.2022.2046037

Kıyıcı G. Plants Used as Traditional Folk Medicine of Taraklı (Sakarya) Region. Marmara University Institute of Health Sciences, Master's Thesis, 2021, Istanbul (Advisor: Assoc. Prof. Gizem Bulut).

Lou, Q., Liu, Y., Qi, Y., Jiao, S., Tian, F., Jiang, L., Wang, Y. (2014). Transcriptome sequencing and metabolite analysis reveals the role of delphinidin metabolism in flower colour in grape hyacinth. Journal of experimental botany, 65(12), 3157-3164. https://doi.org/10.1093/jxb/eru168

National Committee for Clinical Laboratory Standards.(NCCLS). Methods for Dilution Antimicrobial Susceptibility Tests for Bacteria That Grow Aerobically; Approved Standard. 6. Baskı. Pennsylvania: NCCLS Document M7-A6; 2003.

Onaran, A., Başaran, M. (2018). Determination of antifungal activity and phenolic compounds of endemic *Muscari aucheri* (Boiss.) baker extract. Journal of Agricultural Faculty of Gaziosmanpaşa University (JAFAG), 35(1), 60-67. https://doi.org/10.13002/jafag4323

Ozay, C., Karagur, E. R., Mammadov, R., Akca, H. (2021). Antioxidant and Apoptotic Effect of *Muscari muscarimi*, an Endemic Geophyte Species from Turkey. Jordan Journal of Biological Sciences, 14(4). https://doi.org/10.54319/jjbs/140424

Perez, C., Pauli, M. and Bazerque, P. (1990) An Antibiotic Assay by Agar Well Diffusion Method. Acta Biologiae et Medicinae Experimentalis, 15, 113-115.

Suzuki, S., Nakano, M. (2001). Organogenesis and somatic embryogenesis from callus cultures in *Muscari armeniacum* Leichtl. ex Bak. In Vitro Cellular & Developmental Biology-Plant, 37, 382-387. http://doi.org/10.1007/s11627-001-0067-1

Serrano MP, Landete-Castillejos T, Garcia A, Chonco L, Lorenzo JM. Extractions of Anthocyanins: Conventional and Novel Technologies. Anthocyanins. New York: Nova; 2020, s:29-34.

Sembiring, E. N., Elya, B., & Sauriasari, R. (2018). Phytochemical screening, total flavonoid and total phenolic content and antioxidant activity of different parts of Caesalpinia bonduc (L.) Roxb. Pharmacognosy journal, 10(1). http://dx.doi.org/10.5530/pj.2018.1.22

Taşkın, D., Yılmaz, B. N., Taşkın, T., Omurtag, G. Z. (2021). The influence of different extraction methods/solvents on composition, biological activities and ADMET predictions of phenolics in Tribulus terrestris. Brazilian Archives of Biology and Technology, 64, e21210249. https://doi.org/10.1590/1678-4324-2021210249

Tuzlacı E. 2011. A Dictionary of Turkish Plants, second ed. Alfa Publishing, İstanbul.

Tuzlacı E. 2016. Traditional Medicine Plants of Turkey, Istanbul Medical Bookstores, Istanbul.

Vanderbank H. (1949). Ergebisse der Chemotheropie der Tubercoluse. Pharmazaie, 4, 198-207.

Wei., F., Chen, J., Cai, Y., Lei, Y., Chen, L., Pei, L., Zhou D., Liang X., Ruan, J. (2010). Antioxidant, free radical scavenging, anti-inflammatory and hepatoprotective potential of the extract from Parathelypteris nipponica (Franch. et Sav.) Ching. Journal of ethnopharmacology, 130(3), 521-528. https://doi.org/10.1016/j.jep.2010.05.039

Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi 12(1): 197–215, 2025
https://doi.org/10.30910/turkjans.1586291

TÜRK TARIM ve DOĞA BİLİMLERİ DERGİSİ

TURKISH JOURNAL of AGRICULTURAL and NATURAL SCIENCES

www.dergipark.gov.tr/turkjans
Araştırma Makalesi

Investigating the Effect of Spectral Bands and Vegetation Indices Selection on Agricultural Crop Classification (Especially for Double Cropping Regions)

Fatih Fehmi ŞİMŞEK[1]*
[1]TÜBİTAK Space Technologies Research Institute, 06800, Ankara, Türkiye,
*Sorumlu Yazar: fehmi.simsek@tubitak.gov.tr

Geliş Tarihi:15.11.2024 Düzeltme Geliş Tarihi:02.01.2025 Kabul Tarihi: 06.12.2024

ABSTRACT

In this study, a classification study was carried out using multi-temporal Sentinel-2 imagery and datasets generated from different vegetation and spectral indices, and the effects on the classification result were investigated. As the study area has very fertile soils, suitable climate and temperature conditions and irrigated land, it is possible to grow more than one crop on the same plot during a production season. Wheat_maize (winter_wheat+summer_maize), wheat_cotton (winter_wheat+summer_cotton), lentil_cotton (winter_lentil+summer_cotton), lentil_maize (winter_lentil+summer_maize) are the crops included in the classification study, except for double crops; maize, cotton, wheat and lentils are also included. Time series of vegetation indices can be used to capture information on plant phenology and can be used as reference information in crop classification. Time series curves of different vegetation indices were constructed and compared for all crops, especially for double crops with the same phenological periods. In addition to the vegetation indices, the variation of the time series reflectance values of each spectral band was also observed for all crops and the effect of different indices and bands on the classification result was investigated. The study generated 16 different data sets using conventional vegetation indices, NDVI, SAVI, EVI and NDRE vegetation indices and all other bands of the Sentinel-2 satellite except the 60m bands. While single crops with different time series (maize, cotton, lentil, wheat) had an accuracy of over 90% in each dataset, double crops could not exceed 81% accuracy by mixing with each other in the DS-5 (R-G-B-NIR) dataset. In the DS-1 (NDVI time series) dataset, the overall accuracy for double crops is in the range of 84-85%. Classification with DS-2 (NDRE time series) increased the overall accuracy for double crops to 90%. When comparing the time series reflectance values of each spectral band for all crop types, except the crop indices, it was observed that the B6 (Red Edge-2) and B11 (SWIR-1) bands were separated from the other bands and increased the classification result by 2% when included in the dataset. Especially in the classification studies carried out on products with close phenological periods, the Red Edge band (especially Red Edge-2) and the indices (NDRE) generated from these bands will improve the classification result by preventing confusion between classes, and the B11 (SWIR-1) band also has a positive effect on classification. This study has fully demonstrated the application potential of red edge bands and the indices constructed from them. It also promotes the use of red edge band optical satellite data in agricultural remote sensing.

Key words: crop, classification, random forest, sentinel-2, spectral band, vegetation index

Spektral Bantların ve Bitki Örtüsü İndeks Seçiminin Tarımsal Ürün Sınıflandırmasına Etkisinin Araştırılması (Özellikle Çift Ekim Yapılan Alanlarda)

ÖZ

Bu çalışmada, çok zamanlı Sentinel-2 görüntüleri ile farklı bitki örtüsü ve spektral indekslerden oluşturulan veri setleri kullanılarak bir sınıflandırma çalışması gerçekleştirilmiş ve sınıflandırma sonucu üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Çalışma alanı çok verimli topraklara, uygun iklim ve sıcaklık koşullarına ve

sulanan arazilere sahip olduğundan, bir üretim sezonu boyunca aynı parselde birden fazla ürün yetiştirmek mümkündür. Buğday_mısır (kışlık_buğday+ yazlık_mısır), buğday_pamuk (kışlık_buğday+yazlık_pamuk), mercimek_pamuk (kışlık_mercimek+yazlık_pamuk), mercimek_mısır (kışlık_mercimek+yazlık_mısır) sınıflandırma çalışmasına dâhil edilen ürünlerdir, çift ürünler dışında; mısır, pamuk, buğday ve mercimek de dahil edilmiştir. Bitki örtüsü indekslerinin zaman serileri, bitki fenolojisi hakkında bilgi yakalamak için kullanılmakta olup ve ürün sınıflandırmasında referans bilgi olarak kullanılmaktadır. Farklı bitki örtüsü indekslerinin zaman serisi eğrileri oluşturulmuş ve tüm ürünler için, özellikle de aynı fenolojik dönemlere sahip çift ürünler için karşılaştırılmıştır. Bitki örtüsü indekslerine ek olarak, her bir spektral bandın zaman serisi yansıma değerlerinin değişimi de tüm ürünler için gözlemlenmiş ve farklı indeks ve bantların sınıflandırma sonucu üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Çalışmada geleneksel vejetasyon indeksleri, NDVI, SAVI, EVI ve NDRE vejetasyon indeksleri ve Sentinel-2 uydusunun 60m bantları hariç diğer tüm bantları kullanılarak 16 farklı veri seti oluşturulmuştur. Farklı zaman serilerine sahip tek ürünler (mısır, pamuk, mercimek, buğday) her veri setinde %90'ın üzerinde doğruluğa sahipken, DS-5 (R-G-B-NIR) veri setinde çift ürünler birbirleriyle karıştırılarak %81 doğruluğu geçememiştir. DS-1 (NDVI zaman serisi) veri setinde, çift mahsuller için genel doğruluk %84-85 aralığındadır. DS-2 (NDRE zaman serisi) ile sınıflandırma, çift mahsuller için genel doğruluğu %90'a çıkarmıştır. Ürün indeksleri hariç tüm ürün türleri için her bir spektral bandın zaman serisi yansıma değerleri karşılaştırıldığında, B6 (Red Edge-2) ve B11 (SWIR-1) bantlarının diğer bantlardan ayrıştığı ve veri setine dahil edildiğinde sınıflandırma sonucunu %2 oranında artırdığı görülmüştür. Özellikle fenolojik dönemleri yakın olan ürünler üzerinde yapılan sınıflandırma çalışmalarında Red Edge bandı (özellikle Red Edge-2) ve bu bantlardan üretilen indekslerin (NDRE) sınıflar arası karışıklığı önleyerek sınıflandırma sonucunu iyileştireceği, B11 (SWIR-1) bandının da sınıflandırma üzerinde olumlu etkisi olduğu görülmüştür. Bu çalışma, kırmızı kenar bantlarının ve bunlardan oluşturulan indekslerin uygulama potansiyelini tam olarak ortaya koymuştur. Ayrıca, kırmızı kenar bantlı optik uydu verilerinin tarımsal uzaktan algılamada kullanımını teşvik etmektedir.

Anahtar kelimeler: bitki, sınıflandırma, sentinel-2, spektral bant, rastgele orman, vejetasyon indeksi

INTRODUCTION

Remote sensing has a wide range of applications, from environmental monitoring and climate change studies to agricultural and geological applications. It has the advantage of providing data at different temporal, spatial and spectral resolutions. Recent technological developments in Earth observation satellites and the increasing number of satellites have made access to information on land cover/use, agricultural crop patterns and changes at local and global scales faster, cheaper and more accessible (Khatami et al. 2016). A notable example of this progress is the Copernicus programme, which includes Sentinel satellites with different characteristics. Among these, the Sentinel-2 satellite stands out as a passive sensor satellite. Its wide range of bands, its ability to provide images with different spatial resolutions and its frequent acquisition intervals are a significant advantage for monitoring areas with a continuous dynamic structure, such as agriculture.

Satellite imagery allows the observation, identification, mapping and evaluation of dynamic agricultural areas with at different temporal and spatial resolutions. The most common method used in agricultural crop type detection with satellite imagery is image classification. Classification accuracy depends on the classification method used (pixel or object based) and the characteristics of the satellite image (low, medium or high spatial resolution; multispectral or hyperspectral), as well as the design and characteristics of the training/test data (number of pixels, statistical distribution of selected samples, etc.) and the selection of the appropriate number of images and bands (Lu and Weng 2018;Kavzoglu 2009).

Due to the complexity and diversity of crop types and the small spectral differences between different crops, crop classification using a single time-phased remote sensing image is prone to the phenomena of "same object with different spectra" and "different objects with the same spectrum", resulting in misclassification and mixed classification, and the classification accuracy is difficult to improve (Conese and Maselli 1991;Gomez et al. 2016). Agricultural crops are grown in different phenological periods according to crop variety, topography and climatic conditions, as well as in similar or very close phenological periods. For this reason, it is necessary to use multi-temporal images in classification studies to detect crops in close or different phenological periods. Crop type classification studies can be performed from a single image or multiple images, but when applied to time series images, they have been shown to perform better than single date mapping methods (Gomez et al. 2016). Time series remote sensing data are widely used in the field of agricultural remote sensing, as they can reflect differences in the growth status of different crops, show different phenological characteristics, and improve separability and classification accuracy (Murty et al. 2003;Zhong et al. 2019).

Table1. Literature review of crop type classification

Ref.	Study area	Satellite	Feature	Method	Classses	Subject
Kobayashi et al. 2020	Hokkaido, Japan	Sentinel-2	Spectral bands 91 Vegetation indices	RF	Beans,beetroot,grass, maize,potato, wheat	Crop classification using spectral indices derived from Sentinel-2A imagery
Kang et al. 2021	Hebei, China	Sentinel-2	10 Red edge Indices	RF	Wood, orchard,minor crop, cotton,spring maize, winter wheat-summer maize, greenhouses,water body, cities	Land Cover and Crop Classification Based on Red Edge Indices Features
Stern et al. 2023	Iowa, USA	Landsat	NDI5,NDI7,NDTI, STI,NDSVI	SVM MINDIST MAXLI RANDTR SAM	Corn, soybean, other	Comparison of Five Spectral Indices and Six Imagery Classification Techniques for Assessment of Crop Residue Cover Using Four Years of Landsat
Pasternak and Filipiak 2002	Lower Silesian, Poland	Sentinel-2	12 Vegetation indices PCA	RF	Beetrooot,maize,wheat,canola sunflower,potato, rye	The Evaluation of Spectral Vegetation Indexes Accuracy of Crop Type Detection
Sun et al. 2019	Yangzi, China	Sentine-1 Sentinel-2 Landsat-8	NDVI,EVI,TVI, NDWI,NDTI Texture	ANN RF SVM	Forest,maize,rape, urban,water,wheat	Using of Multi-Source and Multi-Temporal Remote Sensing Data Improves Crop-Type Mapping in the Subtropical Agriculture Region
Zhang et al. 2020	Heilongjiang China	Sentinel-2	NDVI,PMI,NDSVI NDRI,NDTI	SVM RF CART	Rice,corn,water, soybean,potato, beet,forest,building	Accessing the temporal and spectral features in crop type mapping using multi-temporal Sentinel-2 imagery
Vuolo 2018	Marchfeld lower, Austria	Sentinel-2	Spectral bands	RF	Carrot,maize,onion,pumpkin,soybean, sugarbeet,sunflower, winter cereal	How much does multi-temporal Sentinel-2 data improve crop type classification?
Üstüner et al. 2015	Aydın Türkiye	RapidEye	Spectral bands, NDRE	SVM	Maize, cotton, soil, water	The effect of spectral band and plant index selection on crop pattern classification accuracy: Comparative analysis
Şimşek et al. 2016	Harran Plain Türkiye	Landsat	NDVI	Rule Based Classification	Wheat, maize,cotton	Controlling of product declarations of farmers using remote sensing techniques: the Harran Plain case
Teke and Y. Çetin 2021	Harran Plain Türkiye	Sentinwl-2	NDVI, SAVI,EVI	VDTW	Maize, cotton	Multi-Year VDTW Based Crop Mapping

Additional data (such as texture filters, vegetation indices and digital elevation models) are sometimes used to improve the distinguishability of the products to be classified, and vegetation indices are one of these additional data (Song et al. 2015;Kim and Yeom 2015). Specifically, Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), Soil-Adjusted Vegetation Index (SAVI), and Enhanced Vegetation Index (EVI) are used to monitor vegetation systems or ecological responses to environmental change (Song et al. 2015). Normalized Difference Red Edge (NDRE), The NDRE index includes a red edge band and plays a very important role in vegetation monitoring, providing valuable information on plant health, species differentiation, stress detection and other factors. Its sensitivity to chlorophyll content and reduced susceptibility to atmospheric interference make it a key component in remote sensing applications for agriculture, forestry and ecosystem monitoring. The use of multi-

temporal remote sensing data to construct Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) and other vegetation index time series, combined with the seasonal rhythms and phenological differences of different crops, has been widely used in crop classification, which has improved the accuracy of crop classification (Kang et al. 2021). In addition to the characteristics of remote sensing data, classification algorithms are important to improve the classification accuracy of crop maps. Recently, Random Forest (RF) is a widely used machine learning algorithm consisting of an ensemble of decision trees, and it has been a highly successful machine learning algorithm for classification and regression methods (Biau and Scornet 2016). Random forest algorithms have been used to map land cover over large areas using high-resolution satellite imagery time series, with successful results (Pelletier et al. 2016).

There are many studies in the literature on crop type classification using different satellites, different indices and bands. In these studies using different algorithms, the effects of different indices and bands on the classification results have also been investigated and compared Table 1.

Most of the studies in the literature are on single crops. In this study, not only were double crops with very close phenological periods studied, but also the changes in the temporal curves of these crops in different vegetation and spectral bands were monitored and compared. The changes in the time series curves of these crops with close phenological periods and the time curves of different vegetation indices were studied and the effects of the index data causing these changes on the classification result were investigated. In addition to the index data, the effect of the spectral bands on the classification accuracy was also investigated.

STUDY AREA AND MATERIALS

Study Area

The study area was located in the Harran Plain, Şanlıurfa, Turkey (36° 47'-39° 15' E, 36° 40' 37° 41' N) at an altitude between 350 and 500m (Fig.1). The Harran Plain, with a total area of 225,000 ha, is the third largest plain in Turkey and has great agricultural potential. The Harran Plain has a continental climate with mild winters and high summer temperatures. These climate and temperature conditions, together with the increase in irrigated areas in recent years, have led to the cultivation of double crops (two types of crops: wheat_maize (winter_wheat + summer_maize), wheat_cotton (winter_wheat + summer_cotton), lentil_cotton (winter_lentil + summer_cotton), lentil_maize (winter_lentil+summer_maize), during the production season (Bozkurt and Aybek 2016). The main crops grown in the region, including wheat, barley, lentil, cotton and maize, cover 95% of the Harran Plain. As these products are not homogeneously distributed within the boundaries of the plain, and considering the plain as a whole, the study area includes the boundaries of the plain.

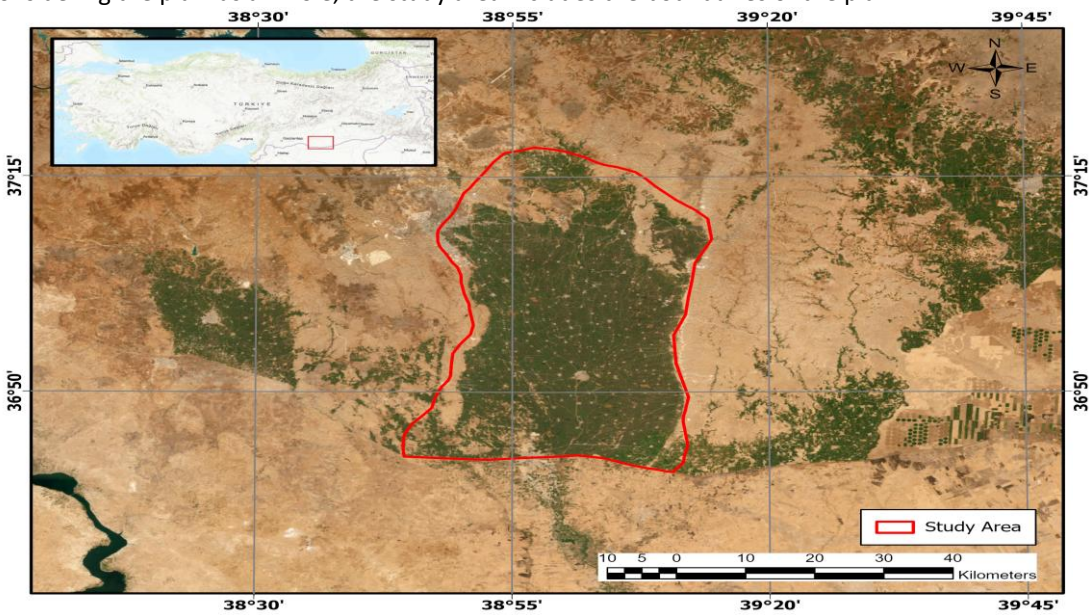


Fig.1. Study area

Sentinel-2

Sentinel-2A and Sentinel-2B are constellation satellites launched by the European Space Agency (ESA) under the European Commission's (EC) Copernicus programme. Each identical satellite is equipped with a multispectral sensor covering 13 spectral bands with a spatial resolution of 10 m to 60 m and a radiometric resolution of 12 bits. Sentinel-2A was launched in June 2015, followed by Sentinel-2B in March 2017. Information on the spectral bands and reflectance values of the Sentinel-2 satellite images is given in Table 2.

Table2. Spectral bands of Sentnel-2 images

Description	Bands	Wavelength (µm)	Resolution (m)
Aerosol	B1	458-523	60
Blue	B2	458-523	10
Green	B3	543-578	10
Red	B4	650-680	10
Red-Edge-1	B5	698-713	20
Red-Edge-2	B6	733-748	20
Red-Edge-3	B7	773-793	20
NIR	B8	785-900	10
Veg. Red Edge	B8a	885-875	10
Water Vapour	B9	935-955	60
Cirrus	B10	1360-1390	60
SWIR-1	B11	1565-1655	20
SWIR-2	B12	2100-2280	20

All bands except B1-B9-B10 were used in this study. However, the three atmospheric bands were not used in this study as they are mainly used for atmospheric corrections and cloud screening. (Drusch et al. 2012). The fact that Sentinel-2 imagery contains a large number of spectral bands, and in particular has a temporal resolution of 5 days, provides a significant advantage for monitoring agricultural areas, detecting crop patterns and analyzing changes. (Şimşek and Durduran 2023). As the study area is predominantly covered by crops with closely aligned phenological periods, 23 observations were made by Sentinel-2A between March and September 2016. After June, the selected images were cloud-free, while before June, images with a low cloud fraction were selected and cloudy areas were detected and masked. The acquisition dates of the Sentinel-2 satellite images are shown in Table 3.

Table 3. Acquisition time of Sentinel-2

Day of Year (DOY)	Acquisition Time	Day of Year (DOY)	Acquisition Time
37	29 March 2022	212	29 March 2022
57	5 April 2022	220	5 April 2022
87	5 May 2022	230	5 May 2022
102	20 May 2022	240	20 May 2022
117	6 June 2022	252	6 June 2022
132	14 July 2022	262	14 July 2022
152	11 August 2022	272	11 August 2022
167	7 September 2022	282	7 September 2022
177	2 October 2022	292	2 October 2022
192	17 October 2022	317	17 October 2022
202	27 October 2022	302	27 October 2022

Ground Truth Data

Two field studies were carried out in April for wheat, barley and lentil crops and in August for maize and cotton crops. Given the large area of the plain (225,000 ha), the number of samples could not reach the desired

level due to time and cost constraints. In addition to field data, parcels declared by farmers were used as ground truth data in the study. 3145 agricultural parcels (cotton: 610, maize: 105, lentil: 340, wheat: 520, lentil_maize: 250, lentil_cotton: 380, wheat_maize: 413, wheat_cotton: 527) were used in the classification study.

The Farmer Declaration Parcels (FDP) in Turkey, also known as the Farmer Registration System (FRS), is a government initiative aimed at registering and tracking agricultural activities and farmers in the country (Aydoğdu et al. 2011). This system was introduced to improve the efficiency and transparency of agricultural practices and to provide various benefits to registered farmers. The FRS requires farmers to register themselves and their farming activities. This registration process involves providing personal information and details of the land they farm. The parcels of agricultural activity registered by farmers in the system are called FDPs. In addition to the geometric information of the parcels, the system also contains information on the province, district, parcel number, agricultural parcel number, information on the products grown, area, surface, cadastral area, date of cultivation and date of harvest of each parcel. (Şimşek and Durduran 2023). When the FDPs were examined, it was found that there were systematic and non-systematic differences between the geometry and attribute information of the parcels and the parcels in the field. Because of these differences, a number of processing steps were applied to the FDPs, and at the end of these steps, ground truth data were produced from the FDPs and used in the classification study together with the data collected in the field. The agricultural calendar for the crops grown in the plain was obtained and is presented graphically (Fig. 3.). The calendar provides information on the sowing, growing, dense vegetation and harvesting periods of crops grown in the region. The exact dates of sowing and harvesting vary between plots and farmers. In some cases, there may be a difference of up to 1-3 weeks between the categorized crops; wheat and barley crops are included in the wheat class.

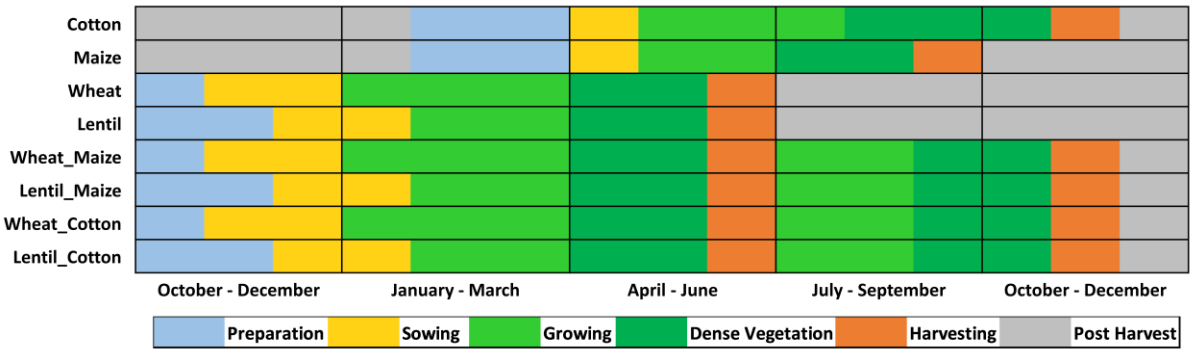


Fig.3. Approximate crop calendar in the region.

Looking at the phenological period of the crops, it is observed that maize and cotton are separated from each other with a dense vegetation stage, while wheat and lentil are in close phenological stages. It was observed that double crops (wheat_maize, lentil_maize, wheat_cotton, lentil_cotton) were in close phenological stages. The calendar shows that the phenological periods of both single and double crops are very close and different indices and bands should be used to distinguish these crops in the classification study.

METHODOLOGY

General Architecture Overview

After acquiring 23 Sentinel-2 images, the cloudy areas and the shadow areas caused by the clouds were masked. The bands were resampled from 20 m to 10 m. Four different spectral indices were calculated for each Sentinel-2 image, and spectral curves were created for each crop by overlapped these indices with ground truth data. The spectral index curves and spectral bands were then compared for each crop type. Classification studies using the RF algorithm were carried out with different datasets generated from different indices and bands, and the effect of bands and indices on the classification results was compared. Fig. 4. shows the flowchart used in this study.

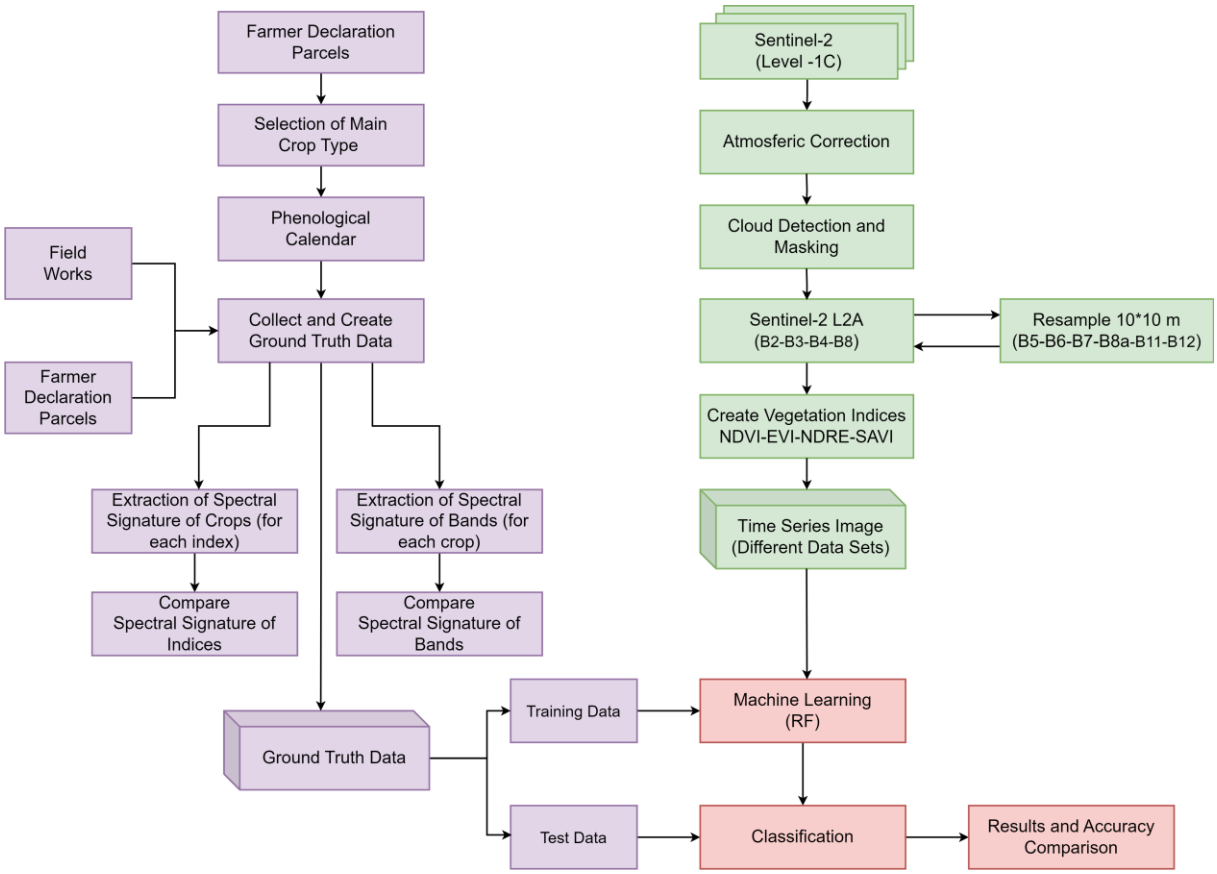


Fig.4. Workflow of study

Satellite Image Processing

In data processing, no further geometric correction of the L1C products is required, only atmospheric correction and spatial resolution resampling. (Zheng et al. 2007). Sentinel-2 images are provided in Level 1C format and contain above-atmospheric reflectance values. To calculate the actual reflectance values of plants in a classification study, top-of-atmosphere (TOA) values should be converted to bottom-of-atmosphere (BOA) reflectance values (Wilm 2017). Atmospheric effects were eliminated by converting TOA values to BOA values using the Sen2cor plugin. After Sen2Cor processing, the L1C TOA reflectance values were converted to Level 2A (L2A) BOA reflectance values (Wilm et al. 2013). The conversion of Sentinel-2 data from L1C to L2A improves the accuracy of derived vegetation indices such as NDVI by accounting for atmospheric effects, ensuring that observed changes in NDVI and other indices are more closely related to actual variations in vegetation health. Clouds and cloud shadows in satellite imagery are the main sources of noise that cause problems in image analysis (Kalkan and Maktav 2016). Brightness caused by clouds and shadows can affect data analysis and lead to changes in NDVI and other indices. (Zhu and Woodcook 2012). Cloud-covered areas cause anomalies in the image bands as well as in the pixel values of the indices created from these bands, which adversely affects the classification results (Karslen et al. 2021). To eliminate this situation, clouds and shadow areas caused by clouds have been detected and masked by the Sen2core software (Fig.5.) . The cloud screening and classification part of Sen2Cor is available as source code in the distributed (Skakun et al. 2022). Potentially cloudy pixels are subjected to a series of filters based on spectral band thresholds, ratios and index calculations - Normalized Difference Snow Index (NDSI). After atmospheric correction and cloud masking, B5-B7-B8a-B11-B12 were resampled from 20m to 10m.

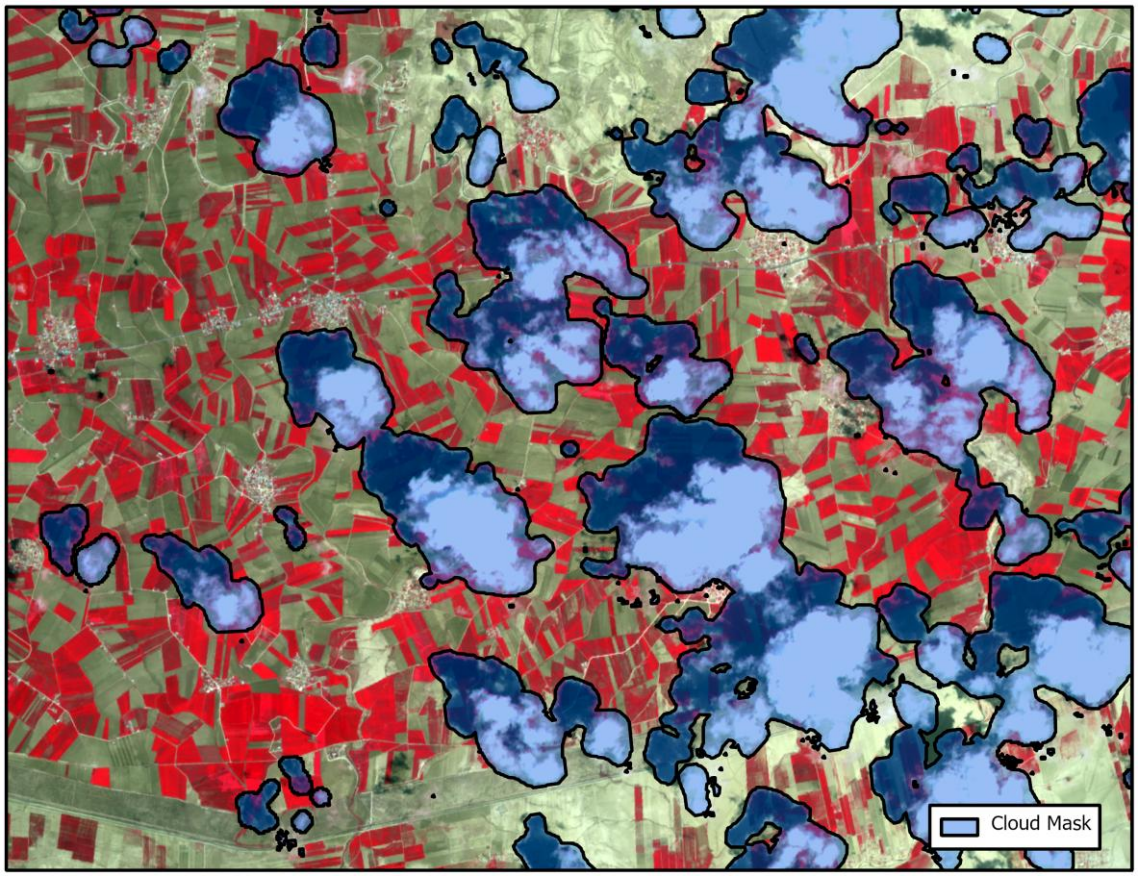


Fig.5. Cloud detection and masking.

Vegetation Indices and Spectral Band Analysis

As can be seen from the phenological calendar in Figure 3, the single and double crops in the study area have very close phenological periods. The seasonal rhythm and phenological characteristics of different crops can be reflected by the difference in the spectrum or vegetation index of multi-temporal remote sensing data (Gomez et al. 2016). NDVI is widely used for crop type identification (Gumma et al. 2020). The NDVI index provides information on plant health and development (Morsy and Hadı 2022). In order to see this phenological closeness on a crop by crop basis, time series NDVI plots were first created. Each plot was overlapped with multi-temporal NDVI images and the median NDVI values of each plot in the time series were calculated. After this process, the vegetative development and change of each plot was determined and the characteristics of the NDVI curves showing the variability over time were revealed. The characteristic NDVI curves for each crop were checked against the phenological calendar and the spectral reflectance values of each crop collected during the field study. When analysing the NDVI time series curves of each crop, it can be seen that lentils and wheat, which are winter crops, are separated from each other, while maize and cotton, which are summer crops, show new different time curves (Fig. 6). With the NDVI index, these four crops (lentil, wheat, maize, cotton) have different reflectance values on the same dates and their temporal curves are separated from each other. Therefore, no studies have been carried out with different vegetation indices in single crops.

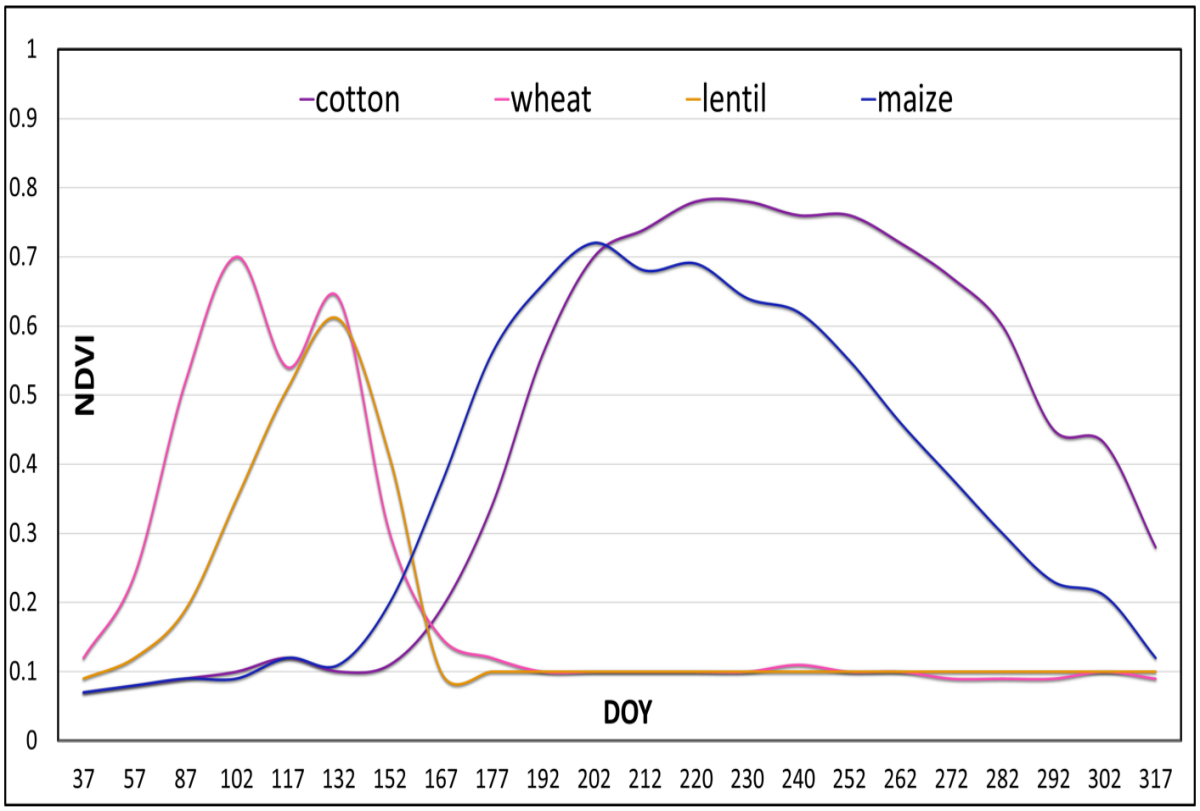


Fig.6. NDVI times series of single crops

When analyzing the NDVI time series curves, wheat_maize-wheat_cotton crops and lentil_maize-lentil_cotton crops differ from each other between day 57. and day 132. However due to the later sowing of lentil, but it can be seen that the reflectance values for all crop types are very close to each other between day 220. and day 317. Fig 7.

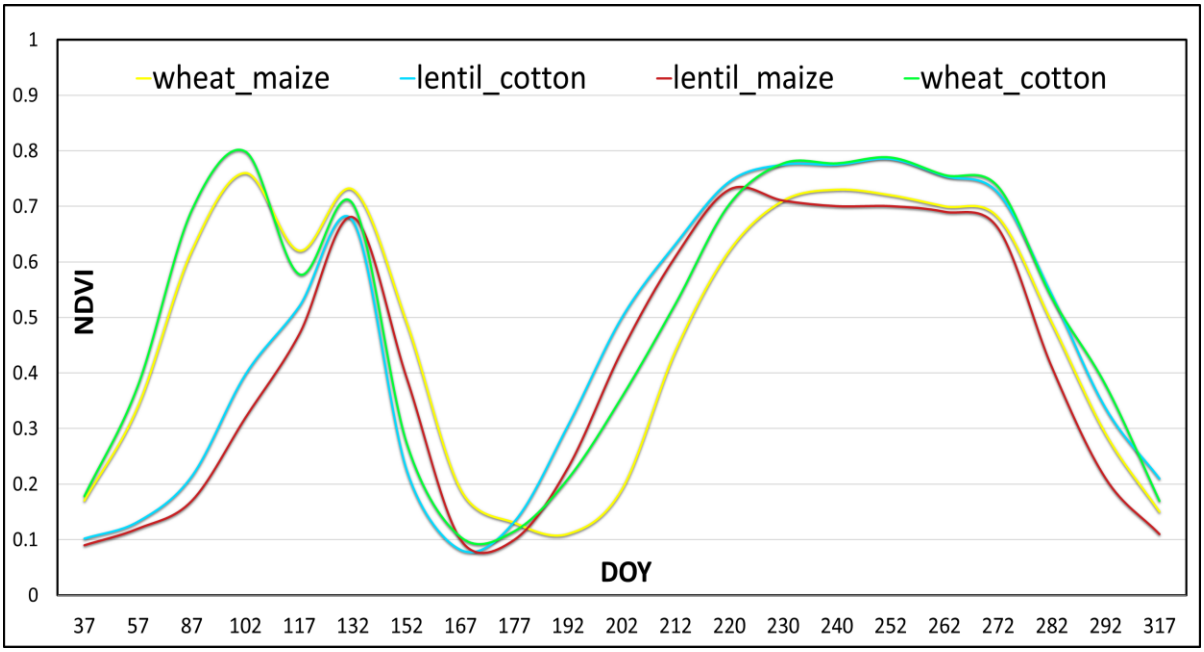


Fig.7. NDVI time series of double crops

It was observed that the NDVI time series curves were similar for both crops, especially in the second period of the year. The effect of different vegetation indices on the time series curves of the crops and the classification results were investigated in this study. There are nearly 100 vegetation indices in the literature. In this study, NDVI, NDRE, SAVI and NDRE indices, which are traditional vegetation indices, were used Table 4.

Table 4. Acquisition time of Sentinel-2

Spectral Index	Full Name	Formula	Description	Reference
NDVI	Normalized Difference Vegetation Index	(NIR - R)/(NIR + R)	Commonly used for assessing overall vegetation health and density	Tucker 1979
EVI	Enhanced vegetation index	2.5*(NIR - R)/(NIR + 6*R-7.5*B+1)	Similar to NDVI but designed to minimize atmospheric influences and improve sensitivity in high biomass regions	Huete et al. 2002
SAVI	Soil-Adjusted Vegetation Index	(NIR - R)/(NIR + R + L)*(1 + L)	Designed to minimize soil background influences in the vegetation index	Huete 1988
NDRE	Normalized Difference Red Edge	(NIR – Redge2)/(NIR + Redge2)	Particularly sensitive to changes in chlorophyll content, making it valuable for detecting early signs of stress	Barnes 2000

Comparing the NDVI, SAVI and NDRE time series curves of lentil_maize and lentil_cotton, it is observed that the curves are close to each other as in the case of NDVI, this is also the case for wheat_maize and wheat_cotton. It was observed that the SAVI index did not change in relation to the NDVI index. As a result of the EVI index, the time series curves for four crops show some separation compared to the SAVI and NDVI indices. When analyzing the time series curves of the NDRE index, it can be seen that the curves for the two crops wheat_maize-wheat_cotton and lentil_maize-lentil_cotton are more separated compared to the other indices Fig. 8. In summary, the NDRE index values performed better than other indices in separating the time series curves of crops.

In addition to observing the changes in the time series curves of crops with different vegetation indices, the study also analysed the time series reflectance values of each spectral band for all crop types. Comparing the time series reflectance values of each spectral band for all crop types, it is seen that the B6 (Red Edge-2) and B11 (SWIR-1) bands are separated from the other bands Fig 9.

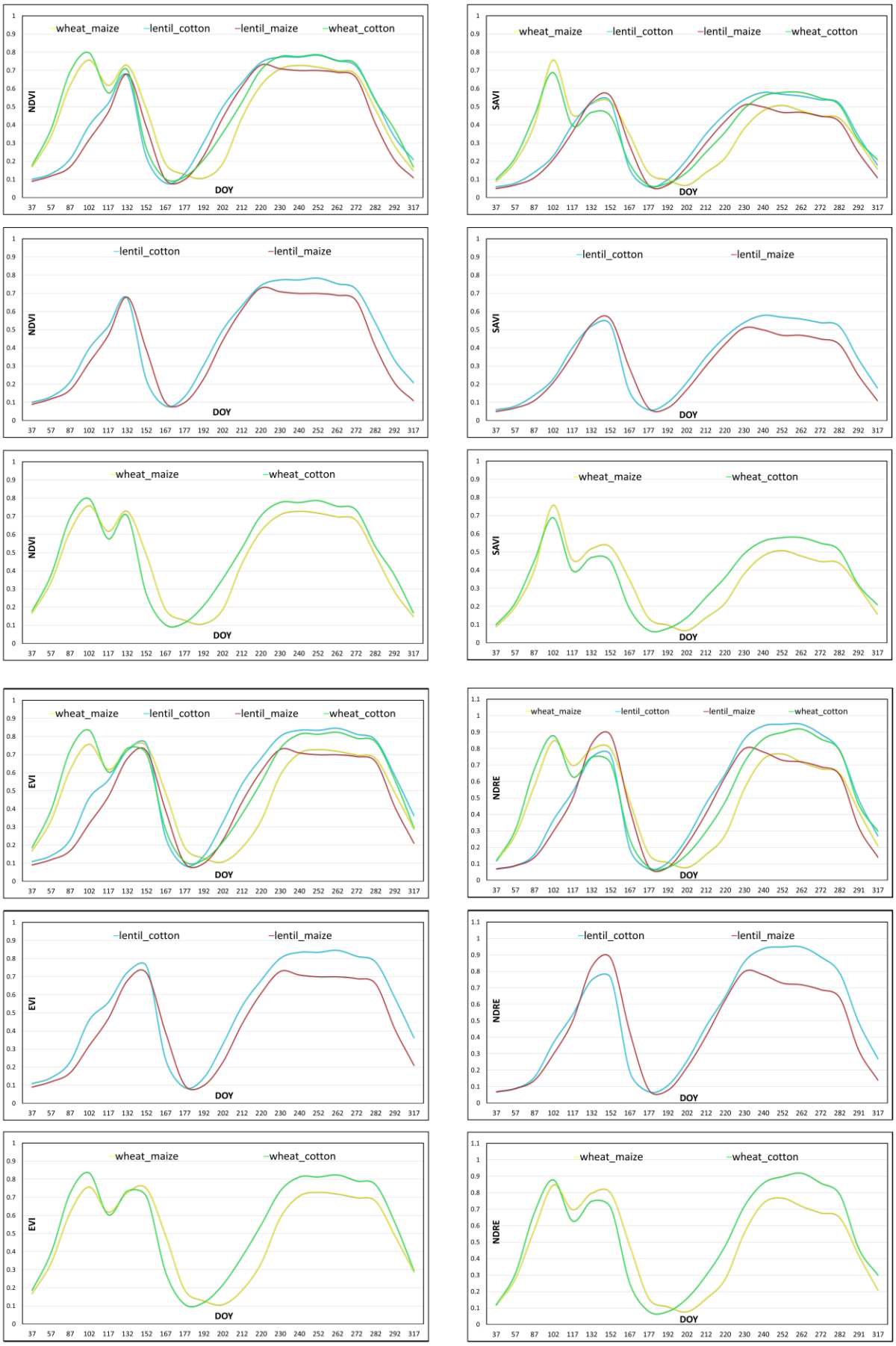


Fig.8. NDVI-EVI-SAVI-NDRE time series also were analyzed for double crops

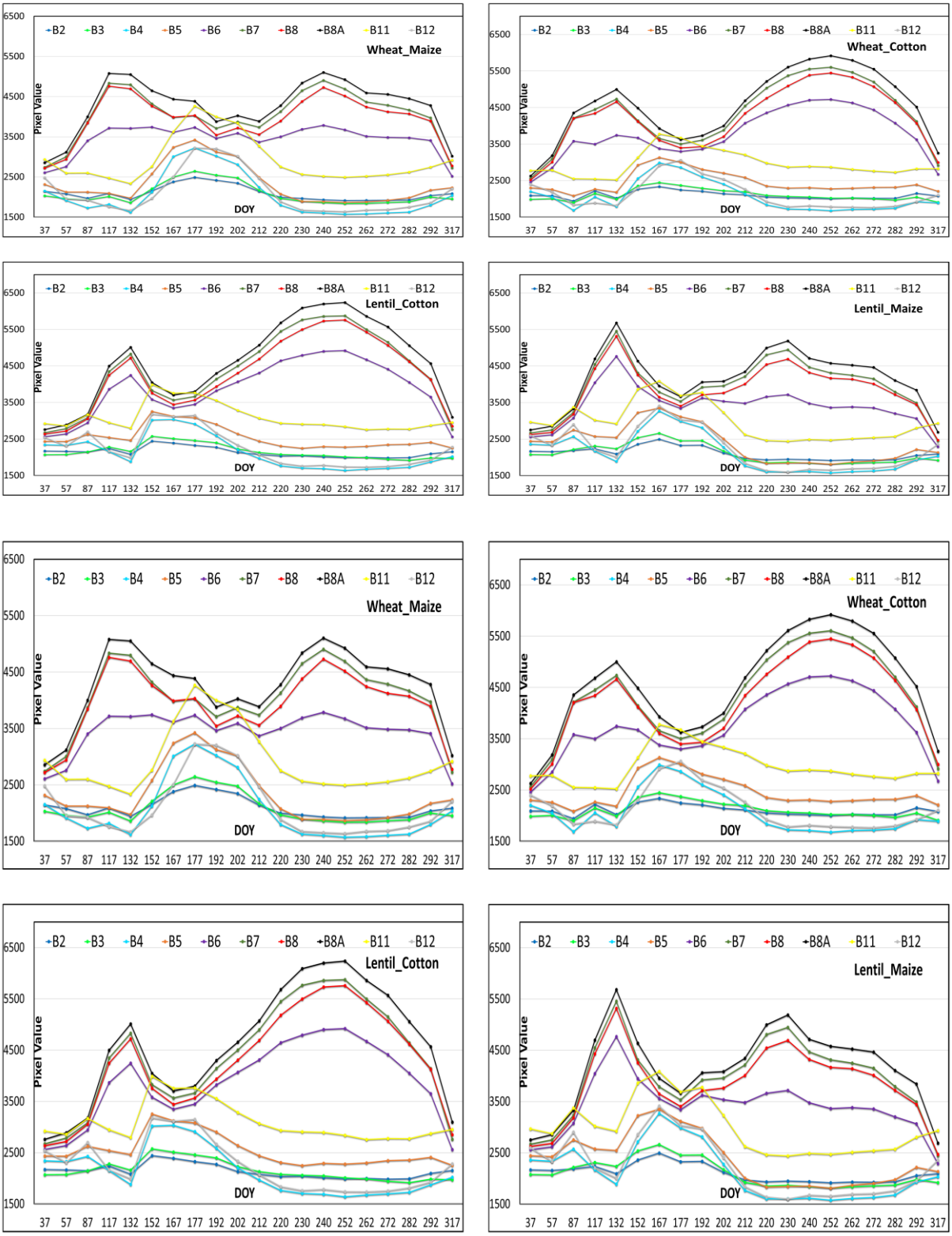


Fig.9. Reflectance values of different spectral bands for double crop type as time series.

Different datasets were generated using 4 different vegetation indices and 10 spectral bands Table 5. Classification studies were performed on these datasets and the results were compared. It was also investigated if the indices and bands that create time series curve differences in the generated datasets affect the classification result.

Table 5. Data sets and number of bands

Data Set	Features	Number of bands	Data Set	Features	Number of bands
Data Set (DS-1)	NDVI	21	**Data Set (DS-9)**	(4BAND)-EVI	105
Data Set (DS-2)	NDRE	21	**Data Set (DS-10)**	(4 BAND)-B6-B11	126
Data Set (DS-3)	SAVI	21	**Data Set (DS-11)**	(4 BAND)-B6-B11-NDRE	147
Data Set (DS-4)	EVI	21	**Data Set (DS-12)**	B2-B3-B4-B5-B6-B7-B8-B8A-B11-B12 (10 BAND)	210
Data Set (DS-5)	B2-B3-B4-B8 (4BAND)	84	**Data Set (DS-13)**	(10 BAND)-NDVI	231
Data Set (DS-6)	(4BAND)-NDVI	105	**Data Set (DS-14)**	(10 BAND)-NDRE	231
Data Set (DS-7)	(4BAND)-SAVI	105	**Data Set (DS-15)**	(10 BAND)-SAVI	231
Data Set (DS-8)	(4BAND)-NDRE	105	**Data Set (DS-16)**	(10 BAND)-EVI	231

Classification Using Random Forest

Random Forest (RF) is a combinatorial ensemble learning classification technique. RF is an improved algorithm based on an ensemble learning technique that builds multiple CARTs. (Breiman 2001) In fact, RF has been very successful as a general purpose classification and regression method (Biau and Scornet 2016). RF fits many classification trees to training data sets and then combines the predictions of all the trees to make a final decision. RF is an ensemble classifier that is currently widely used in remote sensing studies due to its classification accuracy (Belgiu and Dragut 2016). Higher accuracies have been achieved with RF compared to other machine learning algorithms in many crop mapping studies (Tatsumi et al. 2015). RF is known to work efficiently on large datasets with a large number of input variables to estimate which variables are significant in the classification process, and is relatively robust to noise and outliers. 44 many examples of the use of this algorithm can be found in the literature (Feng et al. 2019).

Hyperparameter optimization is the process of finding the optimal combination of parameters for a machine-learning algorithm according to specified success criteria. Hyperparameter optimization aims to achieve a balance between overlearning and under learning by balancing high model success and model complexity. The original RF has two hyperparameters including the number of trees (ntree) and the number of variables used to partition the nodes (mtry). Several studies have shown that satisfactory results can be achieved with the default parameters (Zhang and Roy 2017). In this study, to find the optimal RF model for classification, a range of values for both parameters were tested and evaluated using the grid search method for each dataset: ntree = 100, 200, 400, 600,800,1000; mtry = 1:20 Table 6.

After determining the optimal parameters of the algorithm to be used in the classification process, the k-fold cross-validation method is used. K-fold cross-validation allows to see whether the high performance of the model is random or not. In this method, the data set is divided into k parts and k-1 subset is used to train the model and the remaining subset is used to calculate the accuracy of the model. The process is repeated k times, each time using different pieces of training and test data. The average of the accuracy values obtained represents the accuracy of the model, and in this study the k value is taken as 5 (Kohavi 1995).

Table 6. Hyper parameter values for different data sets

Data Set	Number of bands	Ntree	Mtry
Data Set (DS: 1-4)	21	100	4
Data Set (DS-5)	84	200	9
Data Set (DS: 6-9)	105	200	10
Data Set (DS-10)	126	400	11
Data Set (DS-11)	147	400	12
Data Set (DS-12)	210	800	14
Data Set (DS: 13-16)	231	800	15

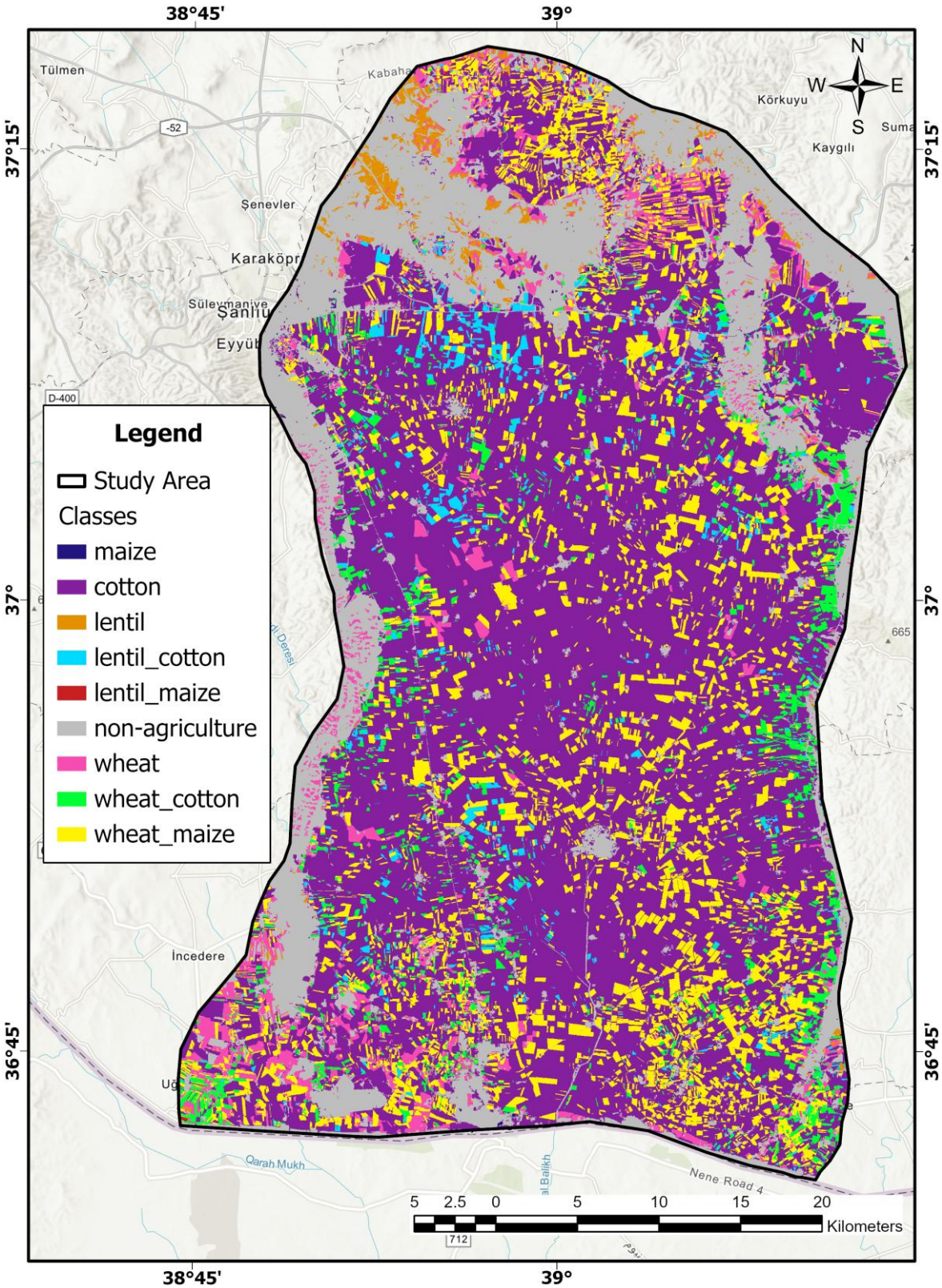


Fig.10. Classification result produced with DS-16 dataset

RESULTS AND DISCUSSION

In order to assess the accuracy of classification performance, a number of metrics are available in the literature. In this study, the following metrics were employed for the assessment of classification accuracy: precision (PA), recall (UA), accuracy (OA), and the F1 score. These results are presented in Table 7.

PA (Producer Accuracy): The ratio of correctly predicted positive observations to the total predicted positives. It measures the model's ability to correctly identify positive instances among the instances it predicted as positive.

$$PA:\ \mathrm{TP}/(\mathrm{TP}+\mathrm{FN})$$

UA (User Accuracy): The ratio of correctly predicted positive observations to the total actual positives. It measures the model's ability to correctly identify positive instances.

$$UA:\ \mathrm{TP}/(\mathrm{TP}+\mathrm{FP})$$

OA (Overall Accuracy): The ratio of correctly predicted instances (both positive and negative) to the total instances. It provides a general measure of the model's correctness.

$$OA:\ (\mathrm{TP}+\mathrm{TN})/\mathrm{N}$$

F1 Score: The harmonic mean of precision and recall. It provides a balance between precision and recall, especially useful when dealing with imbalanced datasets.

$$F1: 2\times UA\times PA\,/\,(UA+PA)$$

These classification accuracy indicators can be used to reflect the overall classification accuracy and specific type identification accuracy of remote sensing images from different perspectives. (Congatol, 1991).

Table 7. Accuracy assessment for all data sets

Crop Type PA UA **F1**	**DS-1**	**DS-2**	**DS-3**	**DS-4**	**DS-5**	**DS-6**	**DS-7**	**DS-8**	**DS-9**	**DS-10**	**DS-11**	**DS-12**	**DS-13**	**DS-14**	**DS-15**	**DS-16**
	93.3	93.6	92.8	94.8	93.2	92.5	93.1	95.9	93.8	91.2	93.1	92.8	94.2	94.6	92.5	93.8
Cotton	90.9	93.4	91.8	92.7	94.2	93.8	93.9	90.6	93.2	95.0	93.0	93.4	93.4	93.7	93.9	93.9
	92.1	93.5	93.8	93.7	92.2	93.1	93.5	93.5	93.5	93.1	93.0	93.1	93.8	94.1	93.2	93.9
	93.3	93.4	91.4	95.1	93.1	93.5	95.0	93.0	94.4	92.2	95.7	93.3	94.0	94.6	94.4	94.5
Maize	93.4	93.0	91.8	92.9	91.2	93.0	93.1	93.4	94.0	93.7	92.4	93.1	94.1	94.0	95.1	94.9
	93.3	93.2	91.6	94.0	92.1	93.4	94.1	93.2	94.2	92.9	94.0	93.2	94.1	94.3	94.7	94.7
	89.9	91.8	88.6	90.7	87.6	92.5	92.4	94.8	92.8	89.9	91.3	90.6	93.5	92.4	92.9	92.6
Wheat	95.2	93.6	93.8	93.9	91.0	92.9	93.7	90.1	92.9	88.6	93.5	89.7	93.4	93.4	92.0	93.4
	92.4	92.7	91.1	92.3	89.3	92.7	93.1	92.4	92.8	89.2	92.4	90.2	92.9	92.9	92.4	92.8
	90.3	92.6	90.5	91.9	88.1	92.3	92.3	94.3	92.8	89.0	93.5	90.9	92.5	93.8	92.9	93.0
Lentil	95.2	93.2	93.2	91.8	92.2	92.9	93.9	90.9	92.7	89.4	92.4	90.5	93.3	93.0	92.5	93.6
	92.7	92.9	91.8	91.9	90.1	92.6	93.1	92.5	92.8	89.2	92.9	90.7	92.9	93.4	92.7	93.3
	88.1	89.2	82.4	86.6	77.2	86.2	91.0	84.6	87.9	83.7	92.0	83.5	87.4	93.7	89.3	90.2
Wheat_	81.0	90.1	86.1	86.0	85.7	84.0	90.2	85.9	87.5	84.4	93.2	84.7	87.0	93.3	88.2	90.0
Cotton	84.3	89.6	84.2	86.3	81.2	85.1	90.6	85.2	87.7	84.0	92.6	84.1	87.2	93.5	88.7	90.1
	82.2	89.3	82.0	85.9	78.7	85.0	92.1	88.1	88.3	83.8	92.7	85.1	89.5	92.7	87.5	91.0
Wheat_	88.1	90.5	87.1	87.6	82.9	87.0	89.3	83.7	88.1	85.5	91.3	85.6	86.7	93.3	90.0	89.0
Maize	85.0	89.9	84.5	86.7	80.7	86.0	90.7	85.8	88.2	84.6	92.0	85.3	88.1	93.0	88.7	90.0
	87.1	91.1	86.5	85.1	85.9	86.5	90.9	88.1	87.1	84.1	89.9	85.1	88.5	92.9	88.1	88.7
Lentil_	82.4	89.0	85.9	87.4	78.4	86.1	89.8	84.4	87.7	85.6	91.3	85.7	87.9	92.8	87.7	90.8
Cotton	84.7	90.1	86.2	86.2	82.0	86.3	92.1	86.2	87.4	84.8	90.6	85.4	88.2	92.9	87.9	89.6
	86.1	89.2	81.3	85.1	85.9	85.4	90.5	87.8	87.2	84.3	91.3	86.1	89.1	93.1	86.5	89.4
Lentil_	82.0	89.6	86.1	85.0	77.9	85.0	91.3	82.3	87.3	85.3	91.8	83.9	87.2	92.8	87.3	89.8
Maize	84.0	89.4	83.6	85.0	81.7	85.2	90.9	85.0	87.2	84.8	91.5	85.0	88.1	92.9	86.9	89.6
Non-Agriculture	96.3	95.8	96.4	96.4	95.8	95.2	97.2	96.8	96.4	95.9	97.2	94.9	95.0	97.1	98.2	95.0
	96.5	95.0	95.9	95.6	95.9	98.4	95.8	96.2	96.0	94.5	97.0	95.3	95.4	97.0	94.8	97.8
	96.4	95.4	96.1	96.0	95.9	96.8	96.5	96.5	96.2	95.1	97.1	95.1	95.2	97.1	96.5	96.5
Overall Accuracy	**88.7**	**90.0**	**87.0**	**89.0**	**86.4**	**89.2**	**91.2**	**88.2**	**90.0**	**90.5**	**93.4**	**90.8**	**92.1**	**94.8**	**91.2**	**92.9**

PA (%): Procuder Accuracy UA (%): User Accuracy F1 Score

In the analysis of wheat and lentil crops, an accuracy of 90% or higher was observed across 16 datasets. The DS-3 dataset yielded the lowest accuracy, while the highest accuracies were obtained with the DS-7 and DS-14 datasets. Notably, the classification results for DS-5 and DS-10 were indistinguishable. The distinct spectral separation curves of wheat and lentil facilitated high classification accuracy across all datasets. Similarly, for maize and cotton crops, an accuracy of 90% or higher was achieved in 16 datasets. The DS-5 dataset produced the lowest accuracy for cotton, whereas the DS-14 dataset had the highest accuracy for both cotton and maize.

The unique time series curves of maize and cotton, akin to those of wheat and lentil, resulted in high accuracy across all datasets. However, it was observed that increasing the number of spectral bands did not significantly enhance accuracy for these crop classes

The DS-5 dataset, with an accuracy range of 81-82%, provides the lowest accuracy for all double crops, while the DS-14 dataset achieves the highest accuracy at 94.8%. It is notable that the DS-2 dataset, which incorporates NDRE values, offers higher accuracy compared to datasets utilizing other indices (DS-1, DS-3, DS-4). This increased accuracy is attributed to the superior performance of the NDRE index in distinguishing the time series curves of the crops. Despite this, double crops remained with low accuracy in the DS-5 dataset (81-82%), and in the DS-12 dataset (84-85%), where accuracy improved by approximately 3%, but still remained inadequate, as depicted in Fig. 11.

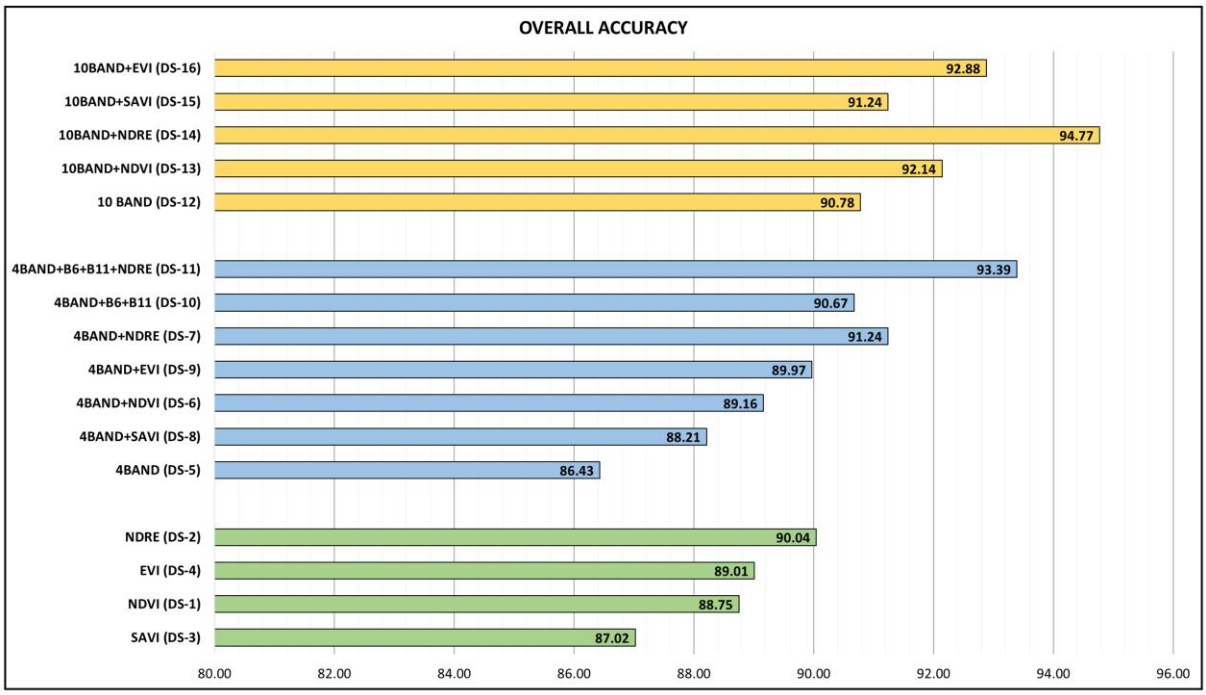


Fig.11. Overall accuracy for all data sets

Figure 11 reveals that the lowest overall accuracy values are observed in the DS-5 (86.4%) and DS-3 (87.02%) datasets, while the highest accuracy is recorded in the DS-14 dataset (94.77%). A comparison between the DS-7 (91.24%) and DS-14 (94.77%) datasets shows an approximate 3% increase in accuracy. Similarly, comparing DS-7 (91.24%) with DS-11 (93.39%) indicates that bands 6 and 11, which are distinct from other bands across all products, contribute to a 2% increase in accuracy. The results of DS-11 (93.39%) and DS-14 (94.77%) are also closely aligned. Datasets containing the NDRE index (DS-2, DS-7, DS-11, DS-14) and those with 10 bands (DS-12, DS-13, DS-14, DS-15, DS-16) consistently achieve accuracy values above 90%. Comparing the DS-5 (81-82%) dataset with the DS-2 (89-90%) dataset reveals an 8% improvement in accuracy for double crops, highlighting the NDRE index's ability to enhance classification results for crops with similar phenological stages. When DS-2 is compared with DS-7, it is evident that the addition of the +4 band in the NDRE dataset does not significantly impact classification accuracy for either double crops or overall accuracy. Further, a comparison of DS-7 (91%) with DS-11 (92%) demonstrates that bands 6 and 11 marginally improve the classification accuracy of double crops. For crops with similar time series, datasets with only 4 bands (DS-5) and those with only 10 bands (DS-12) did not achieve high classification accuracy for crops with close phenological stages.It is observed that datasets containing the NDRE index, which outperforms other indices in distinguishing the time series curves of crops, improve overall accuracy by 2-3% compared to other datasets. Additionally, the inclusion of the 6th and 11th bands in these datasets further increases accuracy by 2%. The most significant contributor to this accuracy improvement is Band 6 (Red Edge-2), which is also integral to the NDRE index.

When analyzing the classification results, the impact of appropriate spectral band selection—a key parameter influencing classification accuracy—is clearly evident, with accuracy varying depending on the dataset used. Datasets incorporating the B6 band and NDRE indices notably enhance classification outcomes. Üstüner et

al. (2014) utilized RapidEye imagery to classify maize and cotton crops with NDVI, GNDVI, and NDRE indices, finding that the highest accuracy was achieved with the dataset containing the NDRE index, which uses the Red Edge and NIR bands. These findings align closely with the results of this study. Similarly, Kobayashi et al. (2020) conducted a classification study using Sentinel-2 imagery for potato, wheat, maize, grass, beans, and beetroot crops. They generated spectral curves for the reflectance values of each crop across 10 bands (excluding the 60m bands) in the B2-B12 range. Analysis of these curves revealed that crops were distinctly separated in B6, B7, B8, and B8a, with Band 11 particularly effective in differentiating wheat from other crops. This study further underscores that including the B11 (SWIR-1) band, despite its 60m resolution, improves classification accuracy. These findings collectively emphasize the critical importance of selecting appropriate spectral bands and indices in the classification process.

CONCLUSION

This study investigated the effect of vegetation indices and spectral bands on the classification of agricultural crops. Time series curves of classes with different vegetation indices were generated and compared, and time series reflectance values of each spectral band were also observed for all crops. The study shows the importance of time series curves (phenological period) generated from multi-temporal images of crops. In the time series curves generated with different vegetation indices, it was found that the crops that differ (with a unique curve) have a high accuracy value with optimal data sets, while increasing the number of features and bands in the input data set has almost no effect on the accuracy value of these crops. For crops with very close phenological periods, indices that reveal the difference between the time series curves (NDRE-EVI) were found to increase the classification result. When comparing the time series reflectance values of each spectral band for all crop types, except the crop indices, it was observed that the B6 (Red Edge-2) and B11 (SWIR-1) bands were separated from the other bands and increased the classification result by 2% when included in the dataset. This result showed that B6 (Red Edge-2) and B11 (SWIR-1) bands should be used in agricultural crop type classification studies, especially for crops covering close phenological stages. In particular, for classification studies carried out in large working areas such as this one, by determining the bands with indices that separate the time series curves of the crops, the bands and indices that will give the highest accuracy as a result of the classification can be determined and time can be saved by obtaining maximum accuracy with minimum data in classification studies. Future studies will extend the scope of the study by using different algorithms for different crop indices, different crop types and different study areas.

Conflict of Interest Statement: The authors declare that they have no conflict of interest.

Contribution Rate Statement Summary of Researchers: The authors declare that they have contributed equally to the article.

Author Orchid Numbers

Fatih Fehmi ŞİMŞEK http://orcid.org/0000-0003-4016-44008

REFERENCES

Aydoğdu, M., Akçar, H. T., Çullu, M. A. (2011). Coğrafi bilgi sistemleri (CBS) ve uzaktan algılama (UA) kullanılarak çiftçi kayıt sistemi (ÇKS) verilerinin analizi ile pamuk ve mısır primlerinin ödenmesi: Şanlıurfa-Harran İlçesi örneği. Jeodezi ve Jeoinformasyon Dergisi, 104(ÖS), 47-52.

Barnes, E. M., Clarke, T. R., Richards, S. E., Colaizzi, P. D., Haberland, J., Kostrzewski, M., Waller, P., Choi, C., Riley, E., Thompson, T., Lascano, R. J., Li, H., & Moran, M. S. (2000). Coincident detection of crop water stress, nitrogen status, and canopy density using ground-based multispectral data. In 5th International Conference on Precision Agriculture (pp. 1–15). Bloomington, USA.

Belgiu, M., Drăguţ, L. (2016). Random forest in remote sensing: A review of applications and future directions. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 114, 24–31. https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2016.01.011

Biau, G., Scornet, E. (2016). A random forest guided tour. Test, 25, 197–227. https://doi.org/10.1007/s11749-016-0481-7

Bozkurt, M., Aybek, A. (2016). Şanlıurfa İli Harran Ovasının tarımsal yapı ve mekanizasyon özellikleri. KSÜ Doğa Bilimleri Dergisi, 19(3), 319-331.

Breiman, L. (2001). Random forests. Machine Learning, 45(1), 5–32. http://dx.doi.org/10.1023/A:1010933404324

Conese, C., Maselli, F. (1991). Use of multi-temporal information to improve classification performance of TM scenes in complex terrain. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 46(4), 187–197. https://doi.org/10.1016/0924-2716(91)90052-W

Congalton, R. G. (1991). A review of assessing the accuracy of classifications of remotely sensed data. Remote Sensing of Environment, 37(1), 35–46. https://doi.org/10.1016/0034-4257(91)90048-B

Drusch, M., Bello, U. D., Carlier, S., Colin, O., Fernandez, V., Gascon, F., Hoersch, B., Isola, C., Laberinti, P., Martimort, P., Meygret, A., Spoto, F., Sy, O., Marchese, F., & Bargellini, P. L. (2012). Sentinel-2: ESA's optical high-resolution mission for GMES operational services. Remote Sensing of Environment, 120, 25–36. https://doi.org/10.1016/j.rse.2011.11.026

Feng, S., Zhao, J., Liu, T., Zhang, H., Zhang, Z., Guo, X. (2019). Crop type identification and mapping using machine learning algorithms and Sentinel-2 time series data. IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing, 12, 3295–3306. https://doi.org/10.1109/JSTARS.2019.2922469

Gómez, C., White, J. C., Wulder, M. A. (2016). Optical remotely sensed time series data for land cover classification: A review. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 116, 55–72. https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2016.03.008

Gumma, M. K., Tummala, K., Dixit, S., Collivignarelli, F., Holecz, F., Kolli, R. N., Whitbread, A. M. (2020). Crop type identification and spatial mapping using Sentinel-2 satellite data with focus on field-level information. Geocarto International, 37(11), 1–17. https://doi.org/10.1080/10106049.2020.1805029

Huete, A., Didan, K., Miura, T., Rodriguez, E. P., Gao, X., Ferreira, L. G. (2002). Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation indices. Remote Sensing of Environment, 83, 195–213. https://doi.org/10.1016/S0034-4257(02)00096-2

Huete, A. R. (1988). A soil adjusted vegetation index (SAVI). Remote Sensing of Environment, 25, 295–309. http://dx.doi.org/10.1016/0034-4257(88)90106-X

Kalkan, K., Maktav, D. (2016). Landsat-8 görüntülerinden gölge ve bulut belirleme. VI. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu, Adana, Türkiye.

Kang, Y., Meng, Q., Liu, M., Zou, Y., Wang, X. (2021). Crop classification based on red edge features analysis of GF-6 WFV data. Sensors, 21(13). https://doi.org/10.3390/s21134328

Karlsen, S. R., Stendardi, L., Tømmervik, H., Nilsen, L., Arntzen, I., Cooper, E. J. (2021). Time-series of cloud-free Sentinel-2 NDVI data used in mapping the onset of growth of Central Spitsbergen, Svalbard. Remote Sensing, 13(15), 3031. https://doi.org/10.3390/rs13153031

Kavzoglu, T. (2009). Increasing the accuracy of neural network classification using refined training data. Environmental Modelling & Software, 24(7), 850–858. https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2008.11.012

Kobayashi, N., Tani, H., Wang, X., Sonobe, R. (2020). Crop classification using spectral indices derived from Sentinel-2A imagery. Journal of Information and Telecommunication, 4(1), 67–90. https://doi.org/10.1080/24751839.2019.1694765

Khatami, R., Mountrakis, G., Stehman, S. V. (2016). A meta-analysis of remote sensing research on supervised pixel-based land-cover image classification processes: General guidelines for practitioners and future research. Remote Sensing of Environment, 177, 89–100. https://doi.org/10.1016/j.rse.2016.02.028

Kim, H. O., Yeom, J. M. (2015). Sensitivity of vegetation indices to spatial degradation of RapidEye imagery for paddy rice detection: A case study of South Korea. GIScience & Remote Sensing, 52(1), 1–17. https://doi.org/10.1080/15481603.2014.1001666

Kohavi, R. (1995). A study of cross-validation and bootstrap for accuracy estimation and model selection. Proceedings of the 14th International Joint Conference on Artificial Intelligence, 2, 1137–1143.

Lu, D., Weng, Q. (2007). A survey of image classification methods and techniques for improving classification performance. International Journal of Remote Sensing, 28, 823–870. https://doi.org/10.1080/01431160600746456

Morsy, S., Hadi, M. (2022). Impact of land use/land cover on land surface temperature and its relationship with spectral indices in Dakahlia Governorate, Egypt. International Journal of Engineering and Geosciences, 7(3), 272–282. https://doi.org/10.26833/ijeg.978961

Murthy, C. S., Raju, P. V., Badrinath, K. V. (2003). Classification of wheat crop with multi-temporal images: Performance of maximum likelihood and artificial neural networks. International Journal of Remote Sensing, 24, 4871–4890. https://doi.org/10.1080/0143116031000070490

Pasternak, M., Filipiak, K. P. (2022). The evaluation of spectral vegetation indexes and redundancy reduction on the accuracy of crop type detection. Applied Sciences, 12(10), 5067. https://doi.org/10.3390/app12105067

Pelletier, C., Valero, S., Inglada, J., Champion, N., Dedieu, G. (2016). Assessing the robustness of random forests to map land cover with high resolution satellite image time series over large areas. Remote Sensing of Environment, 187, 156–168. http://dx.doi.org/10.1016/j.rse.2016.10.010

Skakun, S., Wevers, J., Brockmann, C., Doxani, G., Aleksandrov, M., Batič, M., Frantz, D., Gascon, F., Chova, L. G., Hagolle, O., Puigdollers, O. L., Louis, J., Lubej, M., García, M. G., Osman, J., Peressutti, D., Pflug, B., Puc, J., Richter, R., Roger, J. C., Scaramuzza, P., Vermote, E., Vesel, N., Zupanc, A., Žust, L. (2022). Cloud mask intercomparison exercise (CMIX): An evaluation of cloud masking algorithms for Landsat 8 and Sentinel-2. *Remote Sensing of Environment, 274*, 112990. https://doi.org/10.1016/j.rse.2022.112990

Sun, C., Bian, Y., Zhou, T., Pan, J. (2019). Using of multi-source and multi-temporal remote sensing data improves crop-type mapping in the subtropical agriculture region. *Sensors, 19*(10), 2401. https://doi.org/10.3390/s19102401

Stern, A. J., Daughtry, C. S. T., Hunt, E. R., Jr., Gao, F. (2023). Comparison of five spectral indices and six imagery classification techniques for assessment of crop residue cover using four years of Landsat imagery. *Remote Sensing, 15*, 4596. https://doi.org/10.3390/rs15184596

Song, D., Huang, C., Sexton, J. O., Channan, S., Feng, M., Townshend, J. R. (2015). Use of Landsat and corona data for mapping forest cover change from the mid-1960s to 2000s: Case studies from the Eastern United States and Central Brazil. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 103*, 81–92. https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2014.09.005

Sonobe, R., Yamaya, Y., Tani, H., Wang, X., Kobayashi, N., Mochizuki, K. (2018). Crop classification from Sentinel-2 derived vegetation indices using ensemble learning. *Journal of Applied Remote Sensing, 12*(2). https://doi.org/10.1117/1.JRS.12.026019

Şimşek, F. F., Durduran, S. S. (2023). Açık kaynak kodlu Eo-learn kütüphanesi ve çok zamanlı Sentinel-2 görüntüleri ile tarımsal ürün sınıflandırması. *Jeodezi ve Jeoinformasyon Dergisi, 10*(1), 45–62. https://doi.org/10.9733/JGG.2023R0004.T

Şimşek, F. F., Teke, M., Altuntaş, C. (2016). Controlling of product declarations of farmers using remote sensing techniques: The Harran Plain case. *UZAL-CBS 6th Symposium*, Adana.

Tatsumi, M., Yamashiki, Y., Torres, M. A. C., Taipe, C. L. R. (2015). Crop classification of upland fields using random forest of time-series Landsat 7 ETM+ data. *Computers and Electronics in Agriculture, 115*, 171–179. https://doi.org/10.1016/j.compag.2015.05.001

Teke, M., Yardımcı, Y. Ç. (2021). Multi-year vector dynamic time warping-based crop mapping. *Journal of Applied Remote Sensing, 15*(1). https://doi.org/10.1117/1.JRS.15.016517

Tucker CJ (1979) Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. Remote Sensing of Environment 8, 127-150. http://dx.doi.org/10.1016/0034-4257(79)90013-0

Üstüner, M., Şanlı, F. B., Abdikan, S. (2015). The effect of spectral band and plant index selection on crop pattern classification accuracy: Comparative analysis. *TUFUAB 8th Technical Symposium*, Konya.

Üstüner, M., Şanlı, F. B., Abdikan, S., Esetlili, M. T., Kurucu, Y. (2014). Crop type classification using vegetation indices of RapidEye imagery. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, XL-7*, 2014.

Vuolo, F., Neuwirth, M., Immitzer, M., Atzberger, C., Ng, W. (2018). How much does multi-temporal Sentinel-2 data improve crop type classification? *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 72*, 122–130. https://doi.org/10.1016/j.jag.2018.06.007

Wilm, U. M. (2017). *Sen2Cor configuration and user manual* (pp. 9–12).

Wilm, U. M., Louis, J., Richter, R., Gascon, F., Niezette, M. (2013). Sentinel-2 Level-2A prototype processor: Architecture, algorithms and first results. *ESA, Living Planet Symposium ESA-SP-722*.

Zhang, H., Kang, J., Xu, X., Zhang, L. (2020). Accessing the temporal and spectral features in crop type mapping using multi-temporal Sentinel-2 imagery: A case study of Yi'an County, Heilongjiang Province, China. *Computers and Electronics in Agriculture, 176*, 105618. https://doi.org/10.1016/j.compag.2020.105618

Zhang, H. K., Roy, D. P. (2017). Using the 500 m MODIS land cover product to derive a consistent continental scale 30 m Landsat land cover classification. *Remote Sensing of Environment, 197*, 15–34. https://doi.org/10.1016/j.rse.2017.05.024

Zheng, H., Du, P., Chen, J., Xia, J., Li, E., Xu, Z., Li, X., Yokoya, N. (2007). Performance evaluation of downscaling Sentinel-2 imagery for land use and land cover classification by spectral-spatial features. *Remote Sensing, 9*(12), 1274. https://doi.org/10.3390/rs9121274

Zhong, L., Hu, L., Zhou, H. (2019). Deep learning based multi-temporal crop classification. *Remote Sensing of Environment, 221*, 430–443. https://doi.org/10.1016/j.rse.2018.11.032

Zhu, Z., Woodcock, C. E. (2012). Object-based cloud and cloud shadow detection in Landsat imagery. *Remote Sensing of Environment, 118*, 83–94. https://doi.org/10.1016/j.rse.2011.10.028

Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi 12(1): 216–231, 2025
https://doi.org/10.30910/turkjans.1562547

TÜRK TARIM ve DOĞA BİLİMLERİ DERGİSİ

TURKISH JOURNAL of AGRICULTURAL and NATURAL SCIENCES

www.dergipark.gov.tr/turkjans

Araştırma Makalesi

Çanakkale İli Yenice İlçesi Süt İşletmelerinin Yapısal Özellikleri Ve Sorunları[&]

Doğan Can ŞENKAN[1], Ahmet Yusuf ŞENGÜL[2]*

[1]Bingöl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü. Zootekni ABD-Bingöl
[2]Bingöl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootekni Bölümü- Bingöl

*Sorumlu Yazar: yusufsengul24@hotmail.com

Geliş Tarihi: 08.10.2024 Düzeltme Geliş Tarihi: 07.01.2025 Kabul Tarihi: 09.01.2025

ÖZ

Bu çalışma, Çanakkale ili Yenice ilçesinde faaliyet gösteren süt sığırcılığı işletmelerinin mevcut durumunu ve işletmelerdeki bakım-besleme uygulamalarını belirlemek amacıyla yürütülmüştür. Çalışmanın ana materyalini, Çanakkale ili Yenice ilçesinde bulunan süt sığırcılığı işletmelerinde üreticilerle yapılan anketler oluşturmuştur. Anketler, toplam 783 adet işletmeden örnekleme yolu ile belirlenen 238 adet işletme üzerinde yapılmıştır. Elde edilen bulgulara göre, yetiştiricilerin yaşlarının 26-66 arasında değiştiği ve ortalamasının 49,5 olduğu, yetiştiricilik yapma süresinin ise 2-51 yıl arasında değiştiği ve ortalamasının 25,8 yıl olduğu belirlenmiştir. İncelenen işletmelerdeki sağmal inek sayısının 6 ile 24 baş arasında değiştiği ve ortalamasının 10,90 baş olduğu, toplam sığır sayısının ise 12 ile 28 baş arasında değiştiği ve ortalamasının ise 18,28 baş olduğu belirlenmiştir. İşletmelerde süt sığırcılığının genel olarak kendi üretimleri olan Siyah Alaca ırkıyla yapıldığı saptanmıştır. Sığır başına elde edilen günlük süt veriminin ortalamasının 17.77 lt olduğu belirlenmiştir. İncelenen işletmelerin %72,7'sinde kesif yemin yapılmadığı, %24,4'ünde kesif yemin işletmede ve %2,9'unun işletme dışında yapıldığı saptanmıştır. İşletmelerde hayvanların %87'sinin karışık, %13'ünün ise bireysel yemlendiği tesbit edilmiştir. Hayvanların meraya çıkarılma oranı %21,8 iken, meraya çıkarılmama oranı %78,2 olarak belirlenmiştir. İşletmelerin tamamına yakınında yemlemenin sabah ve akşam saatlerinde yapıldığı saptanmıştır. Sonuç olarak, incelenen işletmelerde yetiştiricilerin süt sığırlarının bakım ve beslenmeleri konularında bazı eksikliklerinin olduğu, bu eksikliklerin giderilmesinin gerekli olduğu anlaşılmıştır. Bu amaçla, özellikle birliklerin ve kooperatiflerin üreticilere vereceği eğitimlerin işletmelerdeki verimliliğinin artırılması açısından önemli katkıları olacaktır.

Anahtar kelimeler: *:* Çanakkale, Yenice, süt sığırcılığı işletmeleri, üretici, bakım-besleme, yemleme, süt üretimi

Structural Properties and Problems of Dairy Cattle Farms in Çanakkale-Yenice

ABSTRACT

This study was conducted to determine the current situation and care-feeding practices in dairy farms in Çanakkale-Yenice. The main material of the study consisted of surveys conducted with producers in dairy farms in Yenice. The surveys were conducted on 238 businesses determined by sampling from a total of 783 businesses. The ages of the breeders vary between 26-66 years (average 49.5 years), and their years of cattle breeding vary between 2-51 years (average 25.8 years). In the examined dairy farms, the number of dairy cows was determined as 6-24 heads (average 10.90 heads), and the total number of cattle was 12-28 heads (average 18.28 heads). It has been determined that dairy cattle breeding in the farms is generally done with their own breeding Holsteins. The average milk yield was calculated as 17.77 liters per cattle per day Concentrated feed is not made in 72.7% of the farms, it is made in 24.4% and it is made outside the farm in 2.9%. 87% of the animals on farms are fed at the group level, and 13% are fed individually. While the rate of animals being taken to pasture was 21.8%, the rate of not being taken to pasture was determined as 78.2%. In almost all farms, animals are fed in the morning and evening. As a result, it was understood that the breeders in the farms examined had some deficiencies in the care and nutrition of dairy cattle and that these deficiencies needed to be eliminated. For this purpose, the

training provided to producers, especially by unions and cooperatives, will make significant contributions to increasing the productivity of the dairy farms.

Key words: Çanakkale, Yenice, dairy cattle farms, producers, care and nutrition, feeding, milk production

INTRODUCTION

Dairy cattle farming activity has high importance for agricultural enterprises in terms of many socio-economic criteria. There are some studies that reveal the structural characteristics and feed usage level of dairy cattle in Türkiye (Semerci et al., 2015; Semerci, 2022, 2023; Semerci and Çelik, 2023). Because dairy farming activity brings many advantages for agricultural enterprises.

In Türkiye, dairy cattle farming, which was previously mostly done by family businesses, has been replaced by large farms in recent years with the support programs provided by the Ministry of Agriculture and Forestry and the Agriculture and Rural Development Support Institution (USK, 2019). However, despite the support provided, important problems related to dairy farming still continue. These problems include; inadequate care, management and feeding for high-yielding culture breeds, very low yields of raised native breeds, high calf losses, insufficient land for roughage production, milk produced below quality standards, low success in artificial insemination, low milk prices and high feed costs (Gültekin, 2014). In order to make the dairy cattle farming sector more profitable and sustainable, determining, examining and analyzing the existing problems and proposing solutions will be one of the important steps to be taken. Türkiye's raw milk production in 2023 was realized as 21.5 million tons depending on animal population and milk yield per animal. The amount of cow milk collected was 9.7 million tons for 2022. According to TÜİK data, the amount of drinking milk production in Türkiye was 1.5 million tons for 2022 (TEPGE, 2023). Since 2010, the number of cattle, production volume and productivity have increased significantly in Türkiye. Approximately 99% of the cattle in Türkiye consists of cattle, and a large portion of meat and milk production is provided by these animals (Anonymous, 2021). However, 70% of the approximately 1.2 million cattle farms in Türkiye have 10 or fewer animals (Anonymous, 2018). This situation shows that cattle farms are below the economic enterprise size and that some structural problems continue in the sector. Büyükcan and Tan (2020) reported that 25% of the milk producers in Çanakkale are located in Biga district, the annual milk yield of dairy cattle in the district is at the level of EU countries (4.9 tons), and the average number of animals in the farms included in their study is below 10 head. Therefore, it is evaluated that, from a medium-term perspective, national livestock policies will be shaped in terms of reducing the number of the farms under the economic enterprise size and increasing the enterprise scales. According to 2019 data, Çanakkale has a 1.37% share in Türkiye's cattle stock, and the districts that stand out in cattle breeding are Biga, Yenice and Çan. In the same year, Çanakkale province had a 2.4% share in Türkiye's cattle milk production. Çanakkale province ranks first in Türkiye in animal production and productivity. While 84% of the cattle stock in the province consists of culture, 8% of culture crossbreed and 8% of local breeds, the rate of culture breed cattle is 68% higher than the Turkish average. While the number of cultured cattle in Çanakkale province continued to increase between 2015 and 2020, the number of cultured hybrids decreased. The number of cattle is concentrated in two sub-regions in Çanakkale province. The first region includes the districts of Biga, Çan and Yenice, and constitutes 57% of the total animal population. The second region is the districts of Ezine, Bayramiç and Ayvacık, known for Ezine cheese, and represents 19% of the total animal population. The number of cattle is quite limited in the districts of Gökçeada, Bozcaada and Eceabat. While there are no native breed cattle in the districts of Bozcaada, Çan, Eceabat and Bayramiç, 54% of the province's native cattle are concentrated in the more mountainous and high altitude regions of Ayvacık and Yenice districts. A decrease in the number of cattle was observed in the districts of Eceabat, Gelibolu, Ayvacık and Bayramiç in the period of 2015-2020. Similarly, the decrease and stagnation in the number of animals in the Çan, Bayramiç and Ayvacık districts, where cattle farming is intensive, is striking. The difficulties experienced in cattle farming cause farmers to withdraw from animal husbandry or switch to small cattle farming. The correct determination of the technical and economic efficiency of the farms that constitute the basic stage of animal production constitutes the basic condition of sustainability. Increasing global competition and the need to reach sustainable markets make it important to correctly evaluate the performance of these farms.

This study aims to determine the current status of dairy cattle farms operating in the Yenice district of Çanakkale province, their incorrect, deficient and faulty practices and habits regarding care and feeding, and to identify current problems. The research focuses on the number of animals in dairy cattle farms operating in the district in question, their productivity levels, the production and use of roughage by the farms, the nutritional status of the animals, the types of feed used, and the feeding practices applied. Considering that feed costs can reach up to 70% of all costs in cattle farms, the extent to which feeds are used and the effect of the feeding

methods applied on profitability are of great importance. Because even the slightest increase in feed costs can directly affect the milk production cost and negatively affect the profitability of the farm. Therefore, it is especially important whether the farms meet their own roughage needs. Providing the roughage needs completely or partially from outside is a critical factor in terms of the profitability of the farms. This study, which was carried out in the Yenice district of Çanakkale province, can make significant contributions to a sustainable dairy cattle farm in the region.

MATERIAL and METHODS

Material

The main material of this study was the surveys conducted with producers in dairy cattle farms located in Yenice district of Çanakkale province. The surveys were conducted on 238 farms obtained by sampling from 783 farms located in Yenice district of Çanakkale province. A survey form containing 46 questions was used as a data collection tool in order to determine the feeding and breeding habits of producers in dairy cattle farming in Yenice district of Çanakkale province. In the study, survey forms were prepared for producers in order to obtain the necessary information about feeding practices, feed raw materials used, additives, roughage and concentrate feed levels in dairy cattle farms in Yenice district of Çanakkale province. Considering the scope of the study and the problems encountered in dairy cattle farming in Yenice district of Çanakkale province, care was taken in preparing the surveys. The majority of the questions in the survey consisted of closed-ended questions. In addition, various comments, opinions and thoughts of the producers were also taken into account during the survey. The number of surveys to be applied was calculated with the help of the formula below (Aksoy ve Yavuz, 2012).

Methods

$$n=(N * t2 * p * q)/(d2 * (N - 1) + t2 * p * q) \quad (1)$$

n= 783x(1,96)2 x0,5x0,5/(0,05)2x(783-1)+(1,96)2x0,5x0,5=238
n: number of individuals to be included in the sample.
N: number of individuals in the target population (783 dairy farms).
p: probability of occurrence of the event under investigation (0.50).
q: probability of occurrence of the event under investigation. (0.50).
t: standard normal distribution value (1.96).
d: sampling error (0.05).

Statistical Analysis

The statistical methods used in data evaluation were selected in line with the objectives of the research. In this context, independent descriptive statistics such as frequency, percentage, mean and standard deviation, analysis methods such as ANOVA and Chi-Square test were used. The data collected from the dairy cattle farms were analyzed through SPSS 22 program and the obtained descriptive statistics and frequency tables were presented.

RESULTS and DISCUSSION

Socio-Economic Status of the Farm Owners

In the examined businesses, it was determined that 33.2% of the growers were between the ages of 46-55, 30.2% were over the age of 56, 29% were between the ages of 36-45, and 7.6% were between the ages of 25-35. It was determined that the ages of the growers ranged from 26 to 66, and the average was 49.50. The average age of the growers was reported as 42.2 for Erzincan province (Özyürek et al., 2014), 52.3% were between the ages of 31-40 for Nevşehir province (Sezer et al., 2020), 44.21 for Muş province (Bakır and Kibar, 2019b) and 47.33 for Van province (Terin et al., 2021). In a study conducted by Durak (2021) in Malatya, it was determined that the majority of dairy farmers were business owners between the ages of 36-45, and their rate was 42.6%. Among the business owners, the youngest producer was determined to be 25, and the oldest producer was determined to be 66. In a study conducted by Yıldız (2023) in Van, it was determined that 84.56% of the participants in the survey were between the ages of 15-50, and the rate of those who received secondary school education or below was 57.04%. It was determined that 52.1% of the breeders in the businesses were high school graduates, 24.4% were primary school graduates, 21.8% were secondary school graduates, 1.3% were literate, and 0.4% were university graduates. In a study conducted in Malatya, the rate of high school

graduates was reported as 57.3% (Durak, 2021). In studies conducted in Kars, Nevşehir, Rize, Muş, Ağrı, Iğdır, Edirne and Van provinces, it was determined that the majority of breeders were primary school graduates (Önal and Özder, 2008; Demir et al. 2013; Savaş and Yenice 2016; Bakan and Aydın, 2016; Şahin and Karadağ Gürsoy, 2016; Sezer et al. 2020; Bakır and Kibar, 2020; Terin et al. 2024). In a study conducted in the Thrace region by Koç and Uzmay (2019), it was reported that the majority of breeders were secondary school graduates. It can be said that the education level of dairy cattle operators in Yenice district of Çanakkale province is better than the operators in the previous study. It was determined that 52.9% of the breeders participating in the survey had been engaged in dairy cattle breeding for 15-30 years, 28.6% for more than 30 years and 18.5% for less than 15 years. It has been determined that the duration of dairy cattle breeding varies between 2 and 51 years and the average is 25.83 years. The breeding duration was reported as 17.5 years in Malatya by Aygül and Öztürk (2012), 71% in Rize as 11-20 years by Savaş and Yenice (2016), 25 years in Iğdır by Şahin and Karadağ Gürsoy (2016), 21.22 years in Muş by Bakır and Kibar (2019b), 25.3 years in Samsun by Eryılmaz et al. (2020), 23.06 years in İzmir by Torgut et al. (2019), 24 years in Ağrı by Bakan and Aydın (2016), 25.92 years in Van by Terin et al. (2022) and 22.2 years in Erzincan by Özyürek et al. (2014). It can be said that the findings of the study are similar to the findings of previous studies. According to the survey results, it was seen that 26.1% of the breeders received training on cattle breeding, while 73.9% did not. Durak (2021) reported in his study that 86.2% of the breeders did not receive any training on animal husbandry, while 13.8% received training on this subject. The status of breeders receiving training on dairy cattle was reported as 11% in Tekirdağ province by Soyak et al. (2007), 0% in Samsun by Eryılmaz et al. (2020), 14.29% in Sivas by Baş Hozman and Akçay (2016) 21.91% in Van (Terin et al. 2022), and 37.1% in Nevşehir by Sezer et al. (2020). It was concluded that the rate of receiving training was quite high compared to previous studies, but breeders generally did not receive cattle breeding training and participation in courses and training was low.

Table 1. Socio-demographic characteristics of dairy farm owners.

Age	Number	Rate (%)
25-35	18	7,6
36-45	69	29
46-55	79	33,2
>56	72	30,2
Minimum	26	
Maximum	66	
Average	**49,50**	

Breeding duration	Number	Rate (%)
Less than 15 years	44	18,5
Between 15-30 years	126	52,9
More than 30 years	68	28,6
Minimum	2	
Maximum	51	
Average	**25,83**	

Educational Status	Number	Rate (%)
Literate	3	1,3
Primary School	58	24,4
Secondary School	52	21,8
High School	124	52,1
University	1	0,4

Whether or not he/she received training in cattle farming	Number	Rate (%)
Yes	62	26,1
No	176	73,9
Total	**238**	**100**

Number of Animals in the Dairy Farms, Where the Animals are Supplied, Breeds Used

It was determined that the number of dairy cows in the examined farms varied between 6 and 24 heads and the average was 10.90 heads, while the total number of cattle varied between 12 and 28 heads and the average was 18.28 heads (Table 2). The rate of dairy farms with less than 15 dairy cows was determined as 88.6%, the rate of the farms with 15-20 dairy cows was determined as 10% and the rate of the farms with 20 or more dairy cows was determined as 1.4% (Table 3). The rate of dairy farms with less than 15 cows was determined as 15.1%, the rate of farms with 15-20 head was determined as 58.9% and the rate of farms with 20 or more head was determined as 26% (Table 4). In the study conducted by Bakır and Kibar (2019a) in Muş, the average number of animals per farm was determined as 37.54 heads, minimum 2 and maximum 303 heads (Bakır and Kibar, 2019b). In the study conducted by Bakan and Aydın (2016) in the farms in Ağrı province, the average number of cattle was calculated as 19.9 heads. The number of cattle per farm was determined as 23.4 heads in Kars by Erdoğan et al. (2004), 18 heads in Erzurum by Çoban et al. (2013) and 23.8 heads in Sivas by Hozman and Akçay

(2016). In the study conducted by Barut (2020) in Diyarbakır, it was determined that the largest number of animals belonged to farms with 1-5 heads (%40.10), 6-10 heads (%23.38) and 11-20 heads (%26.65). In the study conducted by Mat (2020) in Balıkesir, the average number of cows per farm was reported as 31 heads.

Table 2. Number of dairy cows and total cattle in the examined farms.

Variables	Number of dairy cows	Total number of cattle
Mean	10,90	18,28
Standard deviation	3,09	3,55
Minimum	6	12
Maximum	24	28

Table 3. Distribution of the number of dairy cows in the examined farms by groups.

Number of dairy cows	Number	Rate (%)
Less than 15 heads	211	88,6
15-20 heads	24	10
20 heads and above	3	1,4
Total	**238**	**100,0**

Table 4. Distribution of the total number of dairy cows in the examined farms by groups.

Total number of cows	Number	Rate (%)
Less than 15 heads	36	15,1
15-20 heads	140	58,9
20 heads and above	62	26
Total	**238**	**100,0**

In the examined farms, it was determined that 88.2% of the cattle were their own production, 5.5% were inherited from the family and purchased, and 0.8% were purchased + their own production (Table 5). It was concluded that there were no inherited cows in the farms with less than 15 cows, and these farms either produced or purchased the cows themselves. It was determined that farms with 20 or more cows had a high percentage of their own production cows.

Table 5. Places where cattle were supplied according to the total number of animals.

Total number of animals		Where the cows are supplied				
		Family legacy	Own production	Purchased	Purchased + own production	Total
Less than 15 heads		0	32	4	0	36
15-20 heads		12	119	7	2	140
20 heads and above		1	59	2	0	62
	Number	13	210	13	2	238
Total	Rate (%)	**5,5**	**88,2**	**5,5**	**0,8**	**100**

The rate of Holstein breed in farms was determined as 31.9%, Holstein crossbreeds as 49.1%, and other crossbreed genotypes (Simmental and Brown Swiss crossbreeds) as 19%. The reason why Holstein breed and crossbreeds are the most common in the province can be explained by the agricultural policies implemented, the genetic structure of the breed, the high milk yield, and the adaptation of the breed to the climate and geographical conditions of the region, as stated by Atmak (2017). In a study conducted by Atmak (2017), when the animals registered in the DSYB of Şanlıurfa province were listed in terms of breed, it was determined that Holstein breed had the highest rate with a share of 39.05%, followed by Holstein Crossbreed, Simmental Crossbreed, and Simmental breeds, respectively. Bakır and Han (2014) reported in their study that one of the reasons why the rate of culture breeds and crossbreeds in dairy farming is 40% and above is the pregnant heifer import applied. The distribution of breeds raised in farms in Muş province according to frequency values by Bakır and Kibar (2019b) was determined as local (41.7%), hybrid (75.3%) and cultured (35.9%). In the study conducted in Diyarbakır, Barut (2020) reported that 7.77% of the total female calves, female calves, heifers and cows (milking and dry) raised were local, 15.12% were cultured and 77.09% were hybrid animals. In their study, Koşum and Kaygısız (2019) pointed out that the majority of dairy cows in Türkiye were of the Holstein Friesian breed

with high milk yield and that the number of Simmental cattle breed was increasing due to its high adaptability. Sezer et al. (2020) In a study conducted in Nevşehir, when the breeds raised in 105 dairy farms were examined, it was determined that Holstein was raised together in 50.5% of the farms, and Holstein and Simmental were raised together in 36.2%. In a study conducted in Bursa by Karaca (2020), it was determined that as the number of animals in the farms increased, local breeds were replaced by cultured breeds and crossbreeds, and while the rate of local breeds was 6.3%, the rate of the farms raising only cultured breed cattle was 65%. It was concluded that pure and crossbreed breeding of Holstein and Simmental breeds was prominent as cultured breeds. In a study conducted in Afyonkarahisar, it was determined that Holstein, Simmental and Brown Swiss breeds were present and the Simmental breed was the most commonly preferred (Yıldırım and Koçak 2019). In a study conducted in Çankırı, it was determined that Holstein and Simmental breeds were preferred by 69% (Yıldız 2013). In a study conducted by Bakan and Aydın (2016) in Ağrı, it was reported that the majority of the animal breeds raised were Brown Swiss (67.78%), followed by local breeds with 11.57%, Simmental with 8.75% and crossbred with 5.84%. In a study conducted in Muş province, it was reported that 7% of the animals in the farms were local, 15.5% were cultured and the others were crossbred (Bakır and Kibar 2019a). In a study conducted by Tugay and Bakır (2006) in Giresun, it was determined that 7% of the farms preferred the Simmental, 21.4% the Holstein, 32.4% the Brown Swiss and 39.1% the Jersey breed, and 25.2% of the animals owned were crossbred and 73.2% were cultured. According to these results, it can be concluded that the breed selection varies according to the climatic conditions and geographical structure of the region.

Daily Milk Production in Farms, Daily Milk Yield per Animal and Place of Marketing of Milk

While the daily milk quantity in the examined farms was 193.7 lt on average, this value was calculated as 179.8 lt in the farms with less than 15 milking cows, 288.0 lt in the farms with 15-20 cows and 416.6 lt in the farms with 20 or more cows. The average milk quantity obtained per cattle was calculated as 17.23 lt in farms with less than 15 cows, 16.76 lt in farms with 15-20 cows and 17.85 lt in farms with 20 or more cows. The general average milk quantity obtained per cattle was calculated as 17.77 lt in all the farms (Table 6).

Table 6. Daily milk amount produced in farms and average milk yield per animal.

Number of dairy cows/Variables	Less than 15 heads	15-20 heads	20 heads and above	Total/General
Amount of milk produced daily	179,8±3,2[a]	288.0±10,9[b]	416,6±72,6[c]	193,7±4,1
Daily milk amount per animal	17,23±3,2	16,76±5,4	17,85±24,2	17,77±3

[a.b.c]: Differences between means shown with different letters in the same row are significant (P≤0.05).

Durak (2021) reported in his study that 34.2% of the producers received 11-15 liters of milk per cow per day. In second place were the farms that obtained 6-10 liters of milk per day (33.3%). The rate of the farms that produced 16-20 liters of milk per animal per day was determined as 26.4%. The rate of farms that received 5 liters or less of milk per day (2.0%) and the rate of the farms that obtained more than 20 liters of milk (4.1%) are quite low. It can be said that the differences in milk yields per animal of the farms are due to the difference in the breeds used. In a study conducted by Savaş and Yenice (2016) in Rize province, it was stated that 80.5% of the farms had a milk yield of 10 liters or less per animal, while 7.4% had less than 20 liters. In a study conducted by Bakır and Kibar (2019b) in the province of Muş, it was reported that dairy cattle breeders obtained an average of 10.3 liters of milk per cattle per day, and 50.7% of this amount was between 6-10 kilograms. In a study examining the daily milk yield per animal in the farms in the province of Yalova, Bakır and Han (2014) reported that the rate of the farms with a milk amount of 10 kg and below was 33.8%, those with 11-20 kg were 57.9%, and those with 21 kg and above were 8.3%. In the farms examined, the rate of milk being sold to cooperatives was determined as 95.8%, the rate of milk being sold to food markets as 2.5%, and the rate of milk being sold to unions as 1.7%. In the study conducted by Durak (2021), it was determined that 53.7% of the farms sold the milk they produced to intermediaries. The rate of producers who market their milk themselves + give it to intermediaries was determined as 27.2%, and the rate of those who give it to food businesses + give it to intermediaries was determined as 16.7%. The remaining few were determined to give their milk to delicatessens, markets (2.0%) and milk factories (0.4%). In a study conducted in Ağrı, it was determined that 15.1% of the farms gave their milk to milk collectors, 2.8% to dairies and 82.1% were evaluated in other ways (Bakan and Aydın 2016). In the study conducted by Bakır and Kibar (2019a), it was determined that producers in Muş province sold 70.5% of the milk they produced not as milk but by processing it into cheese, yogurt and butter.

Feed Supply and Feeding Related Practices in the Investigated farms

In the dairy farms examined, the rate of supplying concentrated feed from the factory was 2.5%, the rate of supplying from the factory+cooperative was 1.3%, the rate of supplying from the cooperative only was 61.3% and the rate of supplying from the feed dealer was 34.9% (Table 7).

Table 7. Feed supply and feeding practices of dairy farms.

Feeds and feeding practices			
Where concentrated feed is supplied	**Rate (%)**	**Daily amount of feed given to a dairy cow**	**Rate (%)**
Cooperative	61,3	≤10 kg	72,2
Feed dealer	34,9	≥11 kg	27,8
Factory	2,5	**The criterion for determining the amount of feed given**	
Factory + Cooperative	1,3	According to milk yield	38.7
Place where concentrated feeds is made		Sack calculation	29,8
Concentrated feed not make	72,7	Bucket or can calculation	17,7
On the farm	24,4	Habit	13,0
Outside the farm	2,9	Habit + milk yield	0,8
Where concentrated feed raw materials are supplied		**Provision of roughage requirement**	
Concentrated feed not make	72,7	Own production + buying	87,8
Produces it on its own	10,5	Own production	7,6
Soil Products Office (TMO)	16,8	Buying	4,6

It was determined that 72.7% of the farms did not produce concentrated feed, while 24.4% of the concentrated feed was produced in the enterprise and 2.9% outside the enterprise. It was determined that 16.8% of the raw materials required for concentrated feed were supplied by the Soil Products Office, and 10.5% were produced by the enterprise itself. In the surveys, the amount of feed given to a milking cow was determined as 10 kg and below by 72.2%, and 11 kg and above by 27.8%. It was observed that 38.7% of the breeders took milk yield into consideration when determining the amount of feed given to the animals, 29.8% made a sack calculation, 17.7% made a bucket or can calculation, 13% habitually, and 0.8% fed by taking habit + milk yield into account. In the study conducted by Durak (2021), it was concluded that 48.4% of the farms surveyed took the productivity of the animals into consideration when giving concentrated feed to their animals, while 44.3% did so randomly. In a study conducted in Sivas province, it was stated that 60.15% of the farms did not feed according to productivity (Baş Hozman and Akçay 2016). In a study conducted in Rize province, it was stated that the majority of the farms fed based on their own knowledge and experience (Savaş and Yenice 2016). Eryılmaz et al (2020) reported that all animals were given the same amount of feed, and Sezer et al (2020) reported that 42% of the feeding in dairy farms in Nevşehir province was done by eye and 38.1% by experience. Soyak et al (2007) stated that 65% of the farm owners gave more concentrated feed to the animals that gave more milk and less concentrated feed to the animals that gave less milk, while 35% gave the same amount of concentrated feed to all animals. Güğercin et al (2017) reported that the amount of feed given per animal in dairy cattle farms in Adana province was 5-7 kg for calves, 5-10 kg for calves and 10-15 kg for cows. Considering that feeding according to yield is both more economical and more suitable for animal health, it is important to spread this practice in the farms. It was determined that 87.8% of the roughage needs of the farms were provided by own production + purchasing, 7.6% by own production and 4.6% by purchasing (Table 8). In a study conducted in Malatya, the rate of producers giving an average of 4-6 kg of concentrate feed per animal per day was determined as 52.9%, the rate of those giving a concentrate feed in the range of 7-10 kg was determined as 42.4% and the rate of those giving a concentrate feed in the range of 0-3 kg was determined as 4.9%. It was determined that 22.0% of the producers gave their animals 5 kg of feed per day, 19.9% 8 kg and 17.9% 6 kg (Durak, 2021). Denli et al (2014) reported the concentrate feed rates of dairy farms in Diyarbakır as 43% barley+wheat, 15% barley and bran+barley mixture, 13% wheat, 11% factory feed and 3% other concentrate feeds. In a study comparing dairy cattle farms in Burdur province, Ata and Yılmaz (2015) reported the average concentrate feed of traditional and improved farms as 8.04 kg and 9.38 kg, respectively. Bakır (2002) stated that 56.4% of private farms in Van province gave 1-4 kg, 35.5% gave 5-8 kg, and 13% gave 8.1 kg and more concentrate feed. Arslan and Tufan (2010) emphasized that incorrect feeding practices can cause various metabolic diseases such as acidosis, ketosis, hypocalcemia, and fatty liver in cattle. In a study conducted in Malatya, it was determined that producers generally do not produce the concentrate feed they use themselves and usually buy it from outside. It was

determined that this feed supply is usually carried out through Agricultural Credit Cooperatives, feed dealers, and milk intermediaries. It was determined that 31.7% of the producers procure the concentrate feed they need from cooperatives and feed dealers (Durak, 2021). In studies conducted in Rize and Yalova, it was determined that all producers purchased their concentrate feeds from abroad (Bakır and Han 2014; Savaş and Yenice 2016).

On the other hand, only 10% of the farmers in the Eastern Mediterranean region produce their own concentrate feed (Boz 2013), while 13% of the farms in Diyarbakır produce their own concentrate feed and only 6% of the farms can produce enough to meet their own needs (Denli et al. 2014). While the rate of farms producing concentrate feed is 25.6%, the rate of farms producing enough to meet their own needs is determined as 11.4%. For a profitable dairy farming, it is important for farms to produce their own roughage needs and thus try to reduce feed costs. In addition, it is also of great importance for farms to be able to produce the concentrate feed they need or to develop their capacity to increase their current production. Diler et al. (2016) reported that 63% of the farms in Erzurum province purchase roughage, followed by 17% from their own farms and 11% from rented land. Daş et al. (2014) stated that the vast majority of farms in Bingöl province (88.7%), and Kaygısız and Tümer (2009) stated that a large portion (61%) supplied roughage from outside. In contrast, Demir et al. (2013) reported that cattle breeders in Kars province largely supplied roughage from their own farms. In the Eyyubiye district of Şanlıurfa province, it was determined that while forage crops were cultivated in 40.2% of the farms within the scope of the study, it was not cultivated in 59.8%. It was determined that the roughage needs of cattle breeding farms with sufficient land were met by their own farms (Doğanay and Yanar 2023). It was determined that the cultivation of roughage varieties such as wheat straw, corn, pea, oat, meadow grass, alfalfa and vetch was intensively carried out in the examined farms. The rate of not cultivating roughage was determined as 1.7%. In a study conducted by Durak (2021) in Malatya, the most common roughage produced by producers is wheat straw. 23.6% of the farms produce only wheat straw. In addition, many farms produce other roughages such as dry alfalfa, vetch, corn and oats in addition to wheat straw. When these farms are taken into account, the rate of producers producing wheat straw reaches 61.8%. In the same study; when the roughage produced by the farms surveyed is examined, it was determined that 20.3% of the farms planted dry alfalfa and wheat straw, 13% corn and dry alfalfa, 12.2% wheat straw and vetch, and 11% dry alfalfa. It was concluded that 13% of the farms did not produce roughage, and the most important reason for this was that they did not have enough land. In a study conducted in Iğdır province, it was determined that producers produced straw, alfalfa, silage corn and sainfoin as roughage (Şahin and Karadağ Gürsoy 2016). In the study conducted by Sezer et al. (2020), it was determined that 83.8% of cattle farms in Nevşehir province produced silage, 33.3% produced oats, 36.2% produced vetch and 96.2% produced straw. In their study conducted in Yalova, Bakır and Han (2014) reported that the most commonly used roughage mixture in farms was meadow grass + straw.

When the distribution of purchased roughage types in the examined farms was examined, it was determined that the farms mostly purchased wheat straw and corn silage. It was determined that the products that were not cultivated in the farms and purchased from outside were barley and beet pulp. The rate of farms that did not purchase roughage from outside was determined as 2.1%. In their study, Denli et al. (2014) revealed that 71% of the feeding practice of farms in Diyarbakır was straw. Aygül and Özkütük (2012), in a study they conducted in dairy cattle farms in the Central, Battalgazi and Doğanşehir districts of Malatya province, stated that 6 kg of straw and an average of 0.759 kg of corn silage were given to the animals daily. Köseman and Şeker (2016) reported that 95.1% of the cattle farms in Malatya province fed their animals alfalfa. In a study conducted by Durak (2021) in Malatya, corn silage and dry alfalfa are the leading roughages supplied by farms from outside, with a rate of 35.8%. The rate of farms purchasing corn silage is quite high and this rate reaches 83.7%. 19.5% of the farms participating in the survey prefer only corn silage, 15.0% prefer wheat straw and corn silage, 12.2% prefer only wheat straw, and 12.2% prefer a combination of corn silage, dry alfalfa and wheat straw. The vast majority of enterprise owners within the scope of the survey stated that they do not produce silage, with a rate of 82.9%. The rate of those producing silage was determined as 17.1%. When compared to preservation methods other than the artificial drying method, it was stated that preserving feeds as silage prevents the loss of nutrients (Şahin and Zaman, 2010). According to some studies, 21.4% of the farms in Yalova province by Bakır and Han (2014), 10% of the farms in Diyarbakır by Denli et al. (2014), and 83.8% of the farms in Nevşehir province by Sezer et al. (2020) produce silage. However, it was determined that silage production was insufficient in some of the farms in Yenice district of Çanakkale province. In this context, it is extremely important to encourage and promote silage production in farms. In the study conducted by Bakır and Han (2014) in Yalova, it was determined that the mixture of meadow grass + straw was the most used roughage in farms and that the farms generally met their roughage needs by producing them in their own farms or purchasing them from outside. It was reported that straw was included in all combinations as the basic feed ingredient in farms as roughage, and the mixture of meadow grass + straw was used the most (42.5%) as a roughage combination in farms, followed by the mixture of meadow grass + straw + vetch (16.7%). In the study conducted by Diler et al. (2016) in the Hınıs

district of Erzurum province, it was determined that wheat or barley straw (71%) was used as the main feed source, followed by dry alfalfa hay (14%) and dry meadow hay (11%). It was concluded that silage, which is an important source of roughage, was used at a very low level (0.25%) in the district. It was determined that 90.8% of the roughage purchased from outside was purchased from sellers in the market, and 7.1% from producers who grow roughage. Since there is no land to produce the roughage that farms need, purchasing roughage is seen as an important problem of dairy farming in Türkiye (Gültekin 2014; Sezer et al. 2020).

Amount of Feed Given per Animal in the Dairy Farms

The values of the amount of silage, dry alfalfa and straw given per animal in the examined farms are given in Table 8. While the average daily amount of silage given to animals in the farms was 16 kg, this value was calculated as 14.8 kg in farms with less than 15 cattle, 15.7 kg in farms with 15-20 cattle and 17.5 kg in farms with 20 or more cattle. It was concluded that the amount of silage given varied according to the total number of cattle and that farms with 20 or more cattle gave more silage to cattle compared to other farms. While the amount of dry alfalfa given to cattle was determined to be quite low, this value was determined as 0.3 kg per animal per day on average in the farms, 0.1 kg in farms with less than 15 animals, 0.3 kg in farms with 15-20 animals and 0.6 kg in farms with 20 or more animals. It was concluded that farms with 20 or more cattle gave more dry alfalfa feed to their cattle than farms with less than 15 cattle. While an average of 4.2 kg/head of hay was given to cattle in the examined farms, this value was determined as 4.6 kg in farms with less than 15 cattle, 4.3 kg in farms with 15-20 cattle and 3.7 kg in farms with 20 or more cattle.

Table 8. Values for the daily average amount of silage, dry alfalfa and straw given per animal in the examined farms.

Amount of feed given/Total number of cattle		Average Number of Animals	Average Feed Amount	Std. Deviation	Std. Error
Silage (kg/head)	Less than 15 heads	14,23	14,8[a]	3,8	0,6
	15-20 heads	18,02	15,7[a]	3,0	0,2
	20 heads and above	23,06	17,5[b]	3,1	0,4
	Total	18,28	16,0	3,3	0,2
Dry alfalfa (kg/head)	Less than 15 heads	14,23	0,1[a]	0,5	0,0
	15-20 heads	18,02	0,3[ab]	0,9	0,0
	20 heads and above	23,06	0,6[b]	1,0	0,1
	Total	18,28	0,3	0,9	0,0
Straw (kg/head)	Less than 15 heads	14,23	4,6[c]	0,8	0,1
	15-20 heads	18,02	4,3[b]	0,8	0,0
	20 heads and above	23,06	3,7[a]	0,9	0,1
	Total	18,28	4,2	0,8	0,0

[a, b, c] : Differences between means with different letters in the same column are significant..

It was determined that the difference between the average values of the amount of straw given to the animals was statistically significant (P<0.05), and that the farms with less than 15 cattle had the highest value, while the farms with 20 or more cattle had the lowest value. It was observed that the amount of straw given decreased as the number of animals increased. In a study conducted by Bakır and Han (2014) in Yalova, significant differences were found between the rates of concentrated feed given to animals in the farms. The highest amount of feed given in the enterprise was in the range of 4-6 kg with a rate of 46.2%. In a study conducted in Malatya, differences were also significant between the farms in terms of the amount of concentrated feed given to the animals. While the rate of producers giving an average of 4-6 kg of concentrated feed per animal per day was 52.9%, the rate of those giving in the range of 7-10 kg was 42.4% and the rate of those giving in the range of 0-3 kg was 4.9% (Durak 2021). In the study conducted by Ata and Yılmaz (2015), the average concentrate feed of traditional and improved farms in Burdur province dairy cattle farms was reported as 8.04 kg and 9.38 kg, respectively. In the study conducted by Bakır (2002), it was reported that 56.4% of private farms in Van province gave 1-4 kg, 35.5% gave 5-8 kg, and 13% gave 8.1 kg and more concentrate feed.

The Feeding Method of Animals, Their Pasture Status and Whether or Not They Have a Rough/Concentrated Feed Storage in the Dairy Farms

In the farms surveyed, it was determined that 87% of the animals were fed mixed and 13% individually. While the rate of animals being put out to pasture was 21.8% in the farms, the rate of not being put out to

pasture was 78.2% (Table 9). It was determined that roughage and concentrated feed storage was available in 82.4% of the farms and not in 17.6%. The pasture utilization rate was determined as 40.7% in a study conducted in Malatya (Durak, 2021). In a previous study, it was concluded that the storage conditions of the feeds were as important as the production of the feeds. In the same study, 52.4% of the participants stated that they stored the feeds in the warehouse, 35.9% in a covered area outside, and 11.7% in an open area outside (Demir et al. 2013). In the study conducted by Diler et al. (2016), it was determined that 64% of the factory feeds in Hınıs district were stored under cover outside, 28% were stored inside and 5% were stored outside with the top open. Similarly, in the study conducted by Daş et al. (2014), it was determined that 88% of the business owners in Bingöl stored the feeds in question outside the barn. In the study conducted by Doğanay and Yanar (2023) in the Eyyubiye district of Şanlıurfa province, it was determined that in some businesses, grains were ground weekly or monthly to form concentrated feed mixtures and stored in warehouses.

Table 9. The feeding style of the animals, their grazing on pastures, and the availability of feed stores in the farms examined.

Variables	Number	Rate (%)
Feeding methods		
Mixed	207	87.0
Individual	31	13.0
Total	**238**	**100.0**
Pasture grazing		
No	186	78,2
Yes	52	21,8
Total	**238**	**100.0**
Having a roughage/concentrate feed storage		
Yes	196	82,4
No	42	17,6
Total	**238**	**100.0**

Traits of Barns, Waterers and Feeders Owned by Dairy Farms

In the examined farms, it was determined that the barn type was 46.2% closed, 46.2% semi-open and 7.6% open. It was determined that the barns were 401 m2 and larger than 401 m2 in 64.3% of the farms, between 201 m2 and 400 m2 in 27.8% and smaller than 200 m2 and 200 m2 in 7.9%. The rate of using concrete waterers in the farms was determined as 10.5%, the rate of using concrete troughs as 53.8%, the rate of using automatic waterers as 10.5% and the rate of using other waterer types as 25.2%. The rate of using concrete feeders was determined as 42% in farms, the rate of using plastic feeders as 1.2%, the rate of using plastic troughs as 2.1%, the rate of using barrels as 1.6% and the rate of using feed alleys as 52.9%. In a study conducted by Durak (2021) in Malatya, it was determined that trough type feeders were largely used in the farms surveyed, especially in closed barns. It was determined that 72.8% of the producers used trough feeders. The rate of farms using feed alleys was calculated as 24.8%, and the rate of farms using both feeders was calculated as 2.4%. It was determined that the producers used trough type waterers at a high rate (62.2%). In a study conducted by Kılıç et al. (2020) in Kütahya, it was determined that the majority of the feeders were concrete and a small portion were wooden. In a study conducted by Bakır (2002), it was determined that feeders made of reinforced concrete, wood or sheet metal were adjacent to the wall in all barns and that there were no feed alleys in the barns. Turan (2019) stated in his study that 73.5% of the farmers who participated in the survey used concrete feeders in their farms, while 12.9% preferred metal feeders, 8.8% preferred plastic feeders and 4.8% preferred wooden feeders..

Total Land Owned by Farms and Size of Land Where Forage is Produced

The average value of the total land size in the farms examined was determined as 39.50 da, and the average value of the land where roughage is produced was determined as 30.68 da. The share of the land where the farms produce roughage in their total land was determined as 77.6%.

The rate of farms with land of 30 da and below was determined as 39%, the rate of farms with land of 31-60 da was determined as 52.1% and the rate of farms with land of 61 da and above was determined as 8.9%. The rate of farms with land of 25 da and below where roughage is produced was determined as 45.9%, the rate of farms with land of 26-50 where roughage is produced was determined as 46.4% and the rate of farms with land of 51 da and above where roughage is produced was determined as 7.7%.

Table 10. Values related to total land size and land size where forage is produced in the examined farms.

Land size	Number	Rate (%)
Total land size (da)		
≤30	93	39.0
31-60	124	52,1
≥61	21	8,90
Average	39,50 (%100)	
Total	**238**	**100.0**
Land used for producing roughage (da)		
≤25	109	45,9
26-50	110	46,4
≥51	18	7,7
Average	30,68 (%77,6)	
Total	**237**	**100**

Calf Replacer Feed Usage Status, Feed Usage Duration and Feeding Number in Farms

It was determined that 77.3% of the farms surveyed used calf replacer feed, while 22.7% did not. It was determined that the feeding period was 120 days or less in 42.8% of the farms, between 121-200 days in 47.9%, and more than 201 days in 9.3%. It was determined that 93.2% of the farms fed twice, 4.2% fed once, and 2.6% fed 3 times (Table 11). It was determined that feeding was done in the morning and evening hours in almost all of the farms examined. In the study conducted by Durak (2021), it was determined that animals were generally fed twice a day (82.5%) in the farms, and the rate of feeding 3 or 1 times a day (17.5%) was very low. In the study conducted by Sezer et al (2020), the feeding program of the farms was determined as two meals a day in 78.1%, 3 meals a day in 19% and single meal in 2.9%.

Table 11. Calf replacer feed usage status, feed usage period and feeding number values in the examined farms.

			Applications		
Calf replacer feed usage status	**Number**	**Rate (%)**	**Number of daily feedings**	**Number**	**Rate (%)**
Yes	184	77,3	1 time	10	4,2
No	54	22,7	2 times	221	93,2
Total	**238**	**100.0**	3 times	6	2,6
Feed usage period (days)					
≤120	102	42,8			
121-200	114	47,9	**Total**	**237**	**100.0**
≥201	22	9,3			
Total	**238**	**100.0**			

In a study conducted in Edirne, it was determined that 64.2% of the farms were fed twice a day, and 31.6% were fed three times a day (Önal and Özder 2008). In a study conducted by Aygül and Özkütük (2012) in dairy cattle farms in the Central, Battalgazi and Doğanşehir districts of Malatya province, it was reported that feeding was done three times a day in 86.4% of the farms. In a study conducted by Yıldız and Deniz (2021) in Muş, it was concluded that the majority of breeders fed their animals twice a day (64.97%). In a study conducted in Van, it was reported that animals were fed more often twice a day (58.87%) (Yıldız 2023). In a study conducted in the Eyyübiye district of Şanlıurfa, it was determined that 75.6% of the cattle raised were fed twice a day, 23.7% were fed 3 times in 3 days, and 0.7% were fed 4 times a day (Doğanay and Yanar 2023). In a study conducted by Akkuş (2009) in Konya, it was determined that 74.79% of the farms were fed twice a day. In a study conducted by Özsağlıcak and Yanar (2021) in cattle farms in the central district of Erzincan, it was determined that 49.1% were fed twice a day, 47.6% were fed three times, and 3.3% were fed more than 3 times a day. In a study conducted by Çapadağ (2017) in Erzurum, it was reported that 70.6% of the farms were fed twice a day, and the rate of farms feeding three times was 27.7%. When the previous studies and the findings of this study are evaluated in general, it can be said that twice a day feeding is common throughout Türkiye, followed by 3 times a day feeding, and in this respect, a similar situation is also the case in Yenice district of Çanakkale province.

Status of Some Other Applications in Businesses

It was determined that 26.1% of the roughage was given separately and 73.9% was mixed in the farms. While the rate of using vitamins and minerals while making concentrated feed was determined to be quite low

(3.4%), the rate of not using vitamins and minerals while making concentrated feed was determined to be quite high (96.6%). It was determined that 31.5% of the pregnant animals were fed separately and 68.5% were fed mixed in the farms examined.

It was determined that licking stones were not used in 59.2% of the farms and licking stones were used in 40.8%. In a study conducted by Sezer et al (2020), the rate of using licking stones was determined as 86.7%. Önal and Özder (2008) determined the rate of using licking stones as 89.5% in farms affiliated with the Edirne province breeding cattle breeders' union.

Silage is produced in 93.7% of the examined enterprises, and silage is not produced in 6.3%.

When the presence and size of silage storage or pits in the farms are examined, the rate of presence of silage storage or pits is determined as 0.8% and the rate of absence is determined as 99.2%. It was determined that only 2 of the farms examined had silage storage of 384 m2 and 650 m^2.

42% of the barn building material in the farms examined is concrete, 29.4% is concrete-iron and 17.2% is iron. In a study, stone is used as a material in the barn walls of 55.3% of the cattle enterprises in Erzurum, concrete is used in the barn floors of 43.8%, and sheet metal is used as a roofing material in 48.1% (Güler et al. (2017). In a study conducted in Kütahya, it was determined that concrete (92%) was mostly used as the floor structure material in barns (Kılıç et al. 2020).

The workforce consists of 2 people in 42% of the farms, 3 people in 49.2% and 4 people in 8.8%. In a study conducted by Özer and Tümer (2021) on dairy farming farms in Mersin, Adana, Osmaniye, and Hatay provinces, it was reported that the average number of family members in the farms was 3.6 people and 3.01 of them were engaged in dairy farming. When the status of farms benefiting from feed support was examined, it was seen that 16.4% benefited from feed support and 83.6% did not.

CONCLUSION and SUGGESTIONS

When the socio-economic status of the breeders in the examined farms is examined, it is observed that their ages vary between 26-66 and the average age is 49.50, 98.3% of the enterprise owners are high school, secondary school and primary school graduates, 52.9% have been dairy farming for 15-30 years, 28.6% for more than 30 years and 18.5% for less than 15 years and this period is 25.83 years on average, only 26.1% of the breeders have received training in cattle farming and a significant portion have not received any training on the subject.

The average value of the total land size in the farms was determined as 39.50 da and the average value of the land where roughage is produced was determined as 30.68 da. The share of the land where the farms produce roughage in their total land was determined as 77.6%.

The number of dairy cows owned by the enterprises is between 6-24 heads (average 10.90 heads), and the total number of cattle is between 12-28 heads (average 18.28 heads). It is noteworthy that the rate of farms with less than 15 dairy cows was very high (88.6%). In terms of the total number of cows, the rate of farms with 15-20 head of animals was found to be higher (58.9%). It was observed that the farms produced their own cattle to a large extent (88.2%).

The cattle breeds raised on the surveyed farms were largely pure Holstein or Holstein crossbreeds. This rate was calculated as 81%. Apart from these breeds, there were also a small number of Simmental, Brown Swiss and crossbreeds of these breeds.

A significant part of the enterprises (77.3%) use calf substitute feed. It was determined that the average daily milk production per cow in the farms was 17.77 lt, and less than 10 kg of concentrated feed and 16 kg of silage were given to the cow on average daily. Concentrate feed and roughage were generally mixed and given to the animals (87%). It was observed that only 38.7% of the breeders took milk yield into consideration when determining the daily feed amount to be given to the animals. It is noteworthy that the daily dry alfalfa rate given per animal in the farms was quite low (0.3 kg per day). It was determined that silage was made in the majority of the farms (93.7%). It was determined that 72.7% of the farms did not produce concentrated feed and that 96.3% of the concentrated feed they needed was purchased from cooperatives and feed dealers. The majority of the farms produce some of their own roughage needs and purchase some from outside. The rate of farms that meet their own roughage needs completely is 7.6%. The roughage grown in the farms largely consists of wheat

straw, corn, fodder pea, oat, meadow grass, alfalfa and vetch. It is understood that the roughage mostly purchased from outside is wheat straw and corn silage.

The rate of taking animals to pasture is quite low in the farms surveyed, only 21.8% of the farms declared that they take their animals to pasture. It was observed that the number of daily feedings in the farms is generally 2 times (morning and evening). The rate of breeders using licking stones in their farms was determined as 40.8%. The barn types of the examined enterprises are 46.2% closed barn, 46.2% semi-open barn and 7.6% open barn. 64.3% of the barns owned by farms are between 401 m^2 and larger than 401 m^2, 27.8% are between 201 m^2 and 400 m^2, and 7.9% are between 200 m^2 and less than 200 m^2.

95.8% of the farms stated that they sold the milk they obtained to cooperatives and 16.4% benefited from feed support. It is seen that the benefit from feed support is quite low. As a result, some of the problems detected in the farms on the subject and some issues that can be suggested are listed below;

- It is understood that the training of the breeders in the farms is insufficient. The training and courses that the breeder unions and cooperatives will provide to the farmers on subjects such as roughage production, ration preparation and feeding of dairy cattle will make significant contributions in terms of cheaper production of feed raw materials, more effective use of feed resources and increasing the efficiency of the farm. Agricultural publication and communication activities, which are of great importance in reaching farmers, should be carried out more effectively, adequately and continuously.
- It has been observed that silage production in farms is not sufficient and some farms do not make silage. Most farms do not have silage pits or storage. Some farms purchasing significant amounts of corn silage from outside may be one of the factors reducing profitability. Silage production, which is considered the cheapest roughage, should be expanded and each enterprise should be provided with its own silage needs.
- Many farms have a quality roughage problem, and some farms purchase significant amounts of wheat straw from outside. The use of straw as roughage is very common. Dry alfalfa production and use is extremely limited. The roughage fed to animals largely consists of corn silage. Dry alfalfa production and use in higher amounts as roughage should be encouraged.
- A significant number of farms do not have roughage or concentrated feed storage. This situation poses a significant problem in the long-term storage of produced or purchased feed. Current conditions can cause feed raw materials and feed to deteriorate or mold in a short time.
- Mixed feeding is largely done in farms. Feeding without considering the productivity levels, growth and pregnancy periods of animals is one of the issues that reduces efficiency. It may be recommended that producers switch to individual feeding.
- One of the important problems is that the daily feed amount given to animals in farms is determined largely based on habits. Milk yield should be taken into consideration first in determining the daily feed amount. Other issues to be considered are live weight, growth period and pregnancy.
- Another important problem determined in farms is the very low use of licking stones. Thanks to the rich vitamin and mineral support in the licking stone content, it has important benefits in terms of meeting the needs of animals and preventing problems such as fertilization and not showing heat, soil eating, meat and milk losses. The use of licking stones in farms must definitely be increased.
- It is observed that the rates of breeders benefiting from feed support are very low. This situation is a significant loss in terms of the profitability of the enterprise. Producers should be informed and made aware of this issue.

Conflict of Interest Statement: The authors of the articles declare that they have no conflict of interest.

Summary of Researchers' Contribution Declaration: Authors declare that they have contributed equally to the article.

&: This study was produced from Doğan Can ŞENKAN's master's thesis.

AUTHOR ORCID NUMBERS

Doğan Can ŞENKAN http://orcid.org/0009-0004-9287-5169

Ahmet Yusuf ŞENGÜL http://orcid.org/0000-0002-7155-5914

REFERENCES

Akkuş, Z., 2009. Konya ilindeki süt sığırcılığı işletmelerinin yapısal özellikleri. Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Konya, 37s.

Aksoy, A., Yavuz, F., 2012. Çiftçilerin küçükbaş hayvan yetiştiriciliğini bırakma nedenlerinin analizi: Doğu Anadolu Bölgesi örneği. Anadolu Tarım Bilim. Derg., 2012, 27(2):76- 79.

Anonymous, 2018. Tarım ve Gıdada Rekabetçi Üretim. Özel İhtisas Komisyonu Raporu. On Birinci Kalkınma Planı. Kalkınma Bakanlığı. Ankara.

Anonymous, 2021. Tarım İstatistikleri, TUİK. www.tuik.gov.tr. Erişim Tarihi: 16.06.2021.

Ata, N., Yılmaz, H., 2015. Türkiye'de uygulanan hayvansal üretimi destekleme politikalarının süt sığırcılığı işletmelerine yansımaları: Burdur ili örneği. Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi 10 (1):44-54.

Atmak, A. 2017. Şanlıurfa ilinde süt sığırcılığı yapan işletmelerin yapısı sorun ve çözüm önerileri. Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi. Zootekni Anabilim Dalı Şanlıurfa s.46.

Aygül, H., Özkütük, K., 2012. Malatya ili süt sığırcılığı ve sığır besiciliğinin yapısı. Adana Veteriner Kontrol Enstitüsü Müdürlüğü Dergisi 2: 7-11.

Çapadağ, M. (2017). Erzurum ili Yakutiye ilçesi büyükbaş hayvancılık işletmelerinin yapısal özellikleri (Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü).

Çoban, O., Lacın, E., Sabuncuoglu, N., & Genc, M. (2013). Production and health parameters in cattle herds: a survey from eastern Turkey. JAPS: Journal of Animal & Plant Sciences, *23*(6).

Bakan, Ö., Aydın, R., 2016. Ağrı ili süt sığırcılığı işletmelerinin sosyo-ekonomik özellikleri. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi 47(2): 113-122.

Bakır, G., 2002. Van ilindeki özel süt sığırcılığı işletmelerinde tercih edilen kültür ırkları. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi 12(2): 11-20.

Bakır, G., Han, F., 2014. Yalova ilindeki süt sığırcılığı işletmelerinin yapısal özelliklerini etkileyen faktörler: yem ve besleme alışkanlıkları. Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi 1(1): 55-62.

Bakır, G., Kibar, M., 2019a. Muş ilinde bulunan süt sığırcılığı işletmelerinin bazı yapısal özelliklerinin Crostabb analiziyle belirlenmesi. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi 22(4): 609-619.

Bakır, G., Kibar, M., 2019b. Muş ilinde özel süt sığırcılığı işletmelerinde süt verim özelliklerinin belirlenmesi. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi 22(4): 620-630.

Bakır, G., Kibar, M., 2020. Muş ili süt sığırcılığı işletmelerinin barınak özelliklerinin belirlenmesi. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi 23(4): 1085-1095.

Barut, M. (2020). Diyarbakır İlinde Süt Sığırcılığı Yapan İşletmelerin Mevcut Durumu (Doktora tezi).

Baş Hozman, S., Akçay, H., 2016. Sivas ili damızlık sığır yetiştiricileri birliğine üye süt sığırcılığı işletmelerinin bazı teknik ve ekonomik özellikleri. Turkish Journal of Agricultural Economics *22*(1), 57-65.

Boz, İ. 2013. Doğu Akdeniz Bölgesi'nde süt sığırcılığı yapan işletmelerin yapısı, sorunları ve çözüm önerileri. KSÜ Doğa Bilimleri Dergisi 16(1): 24-32.

Büyükcan, B., Tan S., 2020. Çanakkale ili Biga ilçesinde süt üreticilerinin hayvancılık politikalarına bakış açılarının incelenmesi. Atatürk Üniv. Zir. Fak. Der., 51 (3): 258-266.

Daş, A., İnci, H., Karakaya, E., Şengül, A.Y., 2014. Bingöl ili damızlık sığır yetiştiricileri birliğine bağlı sığırcılık işletmelerinin mevcut durumu. Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi, 1(3): 421-429.

Demir, P., Aksu Elmalı, D., Işık, S., Tazegül, R., Ayvazoğlu, C., 2013. Kars ili süt sığırcılık işletmelerinde yem kullanımı ve hayvan besleme alışkanlıklarının ekonomik önemi. Atatürk Üniversitesi Veteriner Bilimleri Dergisi 8(3): 229-236.

Denli, M., Tutkun, M., Sessiz, A., 2014. Diyarbakır ili süt sığırcılığı işletmelerindeki besleme uygulamaları. Hayvansal Üretim 55(2): 22-26.

Diler, A., Koçyiğit, R., Yanar, M., Aydın, R., Güler, O., Avcı, M., 2016. Erzurum ili Hınıs ilçesi sığırcılık işletmelerinde sığır besleme uygulamaları üzerine bir araştırma. Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi, 31(1): 149-156.

Doğanay, S., Yanar, M. (2023). Şanlıurfa ili Eyyubiye ilçesi sığırcılık işletmelerinde sığır besleme alışkanlıkları ile işletme büyüklüğü arasındaki ilişkiler. Anadolu Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Dergisi, *33*(1), 122-133.

Durak, A. 2021. Malatya il merkezi ve ilçelerinde süt sığırcılığı yapan işletmelerde kullanılan yem çeşitleri ve uygulanan yemleme şekilleri. Bingöl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi Zootekni Anabilim Dalı, s. 52. Bingöl.

Erdoğan, H. M., Çitil, M., Güneş, V., Saatci, M. (2004). Dairy cattle farming in Kars district, Turkey: I. Characteristics and production. Turkish Journal of Veterinary & Animal Sciences, *28*(4), 735-743.

Eryılmaz Aydın, Gamze., Kılıç, O., Boz, İ., Kaynakçı, C., 2020. Süt sığırcılığı yapan işletmelerin tarımsal yeniliklerin benimsenmesi ve bilgi kaynakları yönünden değerlendirilmesi: Samsun ili Bafra ve Canik ilçeleri örneği. Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 10(2): 1361-1369.

Güğercin, Ö., Koç, D.L., Büyüktaş, K., Baytorun, N., Polat, B., Polat, Ö.D., 2017. Adana ilinde bulunan bazı süt sığırcılığı işletmelerindeki hayvan barınaklarının mevcut durumlarının belirlenmesi. Çukurova Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi, 32(1): 19-28.

Güler, O., Aydın, R., Diler, A., Yanar, M., Koçyiğit, R., Maraşlı, A., 2017. Sığırcılık işletmelerinin barınak özellikleri üzerine bir araştırma: Erzurum ili Narman ilçesi örneği. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi, 27(3), 396 - 405.

Gültekin, C., 2014. Trakya Bölgesinde büyükbaş hayvancılık işletmelerinin üretim-pazarlama sorunları ve çözüm önerileri. Trakya Üniv. Sos. Bil. Enst., Yüksek Lisans Tezi s. 119, Edirne.

Karaca, M. (2020). Hendek ilçesi süt sığırcılığı işletmelerinde buzağılarda yaşama gücü ile ilgili yönetsel uygulamalar (Yüksek Lisans Tezi, Bursa Uludag University, Türkiye).

Kaygısız, A., Tümer, R., 2009. Kahramanmaraş ili süt sığırı işletmelerinin yapısal özellikleri: 2. Barınak özellikleri. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Doğa Bilimleri Dergisi, 12(1): 40-47.

Kılıç, İ., Öziçsel, B., Yaylı, B., 2020. Kütahya'da faaliyet gösteren süt sığırı işletmelerinin yapısal ve teknik özellikleri. Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi 6(2): 275-286.

Koç, G., Uzmay, A., 2019. Trakya bölgesi üreticilerinin süt sığırcılığı faaliyetinden vazgeçme olasılığını etkileyen faktörler. Tarım Ekonomisi Dergisi, 25(1): 41-52.

Koşum, S., Kaygısız, A. (2019). Malatya İlindeki Siyah Alaca, Simental ve Esmer Irkı Sığırların Hasar Kapsamında Sigortadan Hasar Alma Tazminatları Bakımından Karşılaştırılması. Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi, *23*(4), 422-431.

Köseman, A., Şeker, İ., 2016. Malatya ilinde sığırcılık işletmelerinin mevcut durumu: I. yapısal özellikler. Fırat Üniversitesi Sağlık Bilimleri Veteriner Dergisi 30(1): 5-12.

Mat, B., 2020. Balıkesir ilinde süt sığırcılığı yapan işletmelerin teknik ve sosyo ekonomik analizi ile rekabet güçlerine etki eden faktörlerin araştırılması. Ankara Üniversitesi Sağlık Bil. Enst. Hayvan Sağlığı Ekonomisi ve İşletmeciliği Anabilim Dalı. Doktora Tezi, s.146, Ankara.

Önal, A.R., Özder, M., 2008. Edirne ili damızlık sığır yetiştiricileri birliğine üye işletmelerin yapısal özellikleri. Namık Kemal Üniversitesi Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi, 5(2): 197-203.

Özer, B., Tümer, E. İ. (2021). Süt sığırcılığı işletmelerinin yapısal özellikleri. *Çukurova Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, *36*(2), 187-200.

Özsağlıcak, S., Yanar, M., 2021. Feed usage and cattle feeding practices in cattle farms in the Eastern Anatolia Region: The case of central County of Erzincan Province, Journal of Animal Science and Products. 4 (2):136-152.

Özyürek, S., Koçyiğit, R., Tüzemen, N., 2014. Erzincan İlinde süt sığırcılığı yapan işletmelerin yapısal özellikleri: Çayırlı İlçesi örneği. Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi 11(3) 19-27.

Savaş, S., Yenice, G., 2016. Rize ilinde yapılan süt sığırcılığının mevcut durumunun araştırılması. Atatürk Üniversitesi Veteriner Bilimleri Dergisi 11(1) 74-83.

Semerci, A., Parlakay, O., Çelik, A. 2014. Gross margin analysis in dairy cattle: a case study of Hatay Province, Turkey. Custos e @gronegócio on line, 10 (4): 154-170

Semerci, A., Parlakay, O., Çelik, A. 2015. Süt Sığırcılığı Yapan İşletmelerin Ekonomik Analizi: Hatay İli Örneği. Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi, 12 (3): 8-17

Semerci, A. 2022. Determination of Feed Consumption and Feed Conversion Ratio in Dairy Cattle Farms: A Case Study of Hatay Province. Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology, 10(7): 1214-1223.

Semerci, A. 2023. Determining the economic efficiency level of feed consumption in cow milk production. Custos e @gronegócio on line, 19 (1): 183-200

Semerci, A., Çelik, A.D. 2023. Süt Sığırcılığı Faaliyetinde İşletme Büyüklüğünün Süt Verim Miktarı, Üretim Değeri Ve Karlılık Düzeyi Üzerine Etkisi: Türkiye Örneği. International Journal On Mathematic, Engineering And Natural Sciences. 7 (2): 110-124.

Sezer, Y., Baytok, E., Akçay, A., 2020. Nevşehir ili süt sığırcılığı işletmelerinin yapısı ve hayvan besleme uygulamaları yönünden değerlendirilmesi. Erciyes Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi 17(3): 235-241.

Soyak, A., Soysal, M.İ., Gürcan, E.K., 2007. Tekirdağ ili süt sığırcılığı işletmelerinin yapısal özellikleri ve bu işletmelerdeki siyah alaca süt sığırlarının çeşitli morfolojik özellikleri üzerine bir araştırma. Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi 4(3) 297-305.

Şahin, İ.F., Zaman, M., 2010. Hayvancılıkta önemli bir yem kaynağı: Silaj. Doğu Coğrafya Dergisi 15(23): 1-18.

Şahin, K., Karadağ Gürsoy, A., 2016. Iğdır İli süt sığırcılığı işletmelerinin sosyo-ekonomik yapısı. Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi 5: 118-129.

TEPGE, 2023. Tarımsal Ekonomi ve Politika Geliştirme Enstitüsü. Süt ve Süt Ürünleri Tahmin Raporu. Erişim: Aralık, 2024

Terin, M., Ceylan, M., Çiftçi, K., Yıldırım, İ. 2021. Damızlık Sığır Yetiştiricileri Birliğine Üye Olan ve Olmayan Süt Sığırcılığı İşletmelerinde Yeniliklerin Benimsenme Durumu: Van İli Örneği. Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi, 8(3): 585–593.

Terin, M., Ceylan, M., Çiftçi, K., Yıldırım, İ. 2024. Van İlindeki Süt Sığırcılığı İşletmelerinin Sosyo Demografik ve İşletmecilik Özelliklerinin Karşılaştırılması. KSÜ Tarım ve Doğa Derg, 27 (1), 228-237.Terin, M., Ceylan, M., Çiftçi, K., Yıldırım, İ. 2022. Damızlık Sığır Yetiştiricileri Birliğine Üye Olan ve Olmayan Süt Sığırcılığı İşletmelerinin Hayvancılık Desteklerinden Faydalanma Durumlarının Analizi. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 53(1), 42-50

Torgut, E., Annayev, S., Örmeci, Kart, M.Ç., Türkekul, B., 2019. Süt sığırcılığı yapan işletmelerin genel özelliklerinin belirlenmesi: İzmir ili Ödemiş ve Tire ilçeleri örneği. Turkish Journal of Agricultural Economics 25(1) 87-95.

Tugay, A., Bakır, G. (2006). Giresun yöresindeki özel süt sığırcılığı işletmelerinin ırk tercihleri ve barınakların yapısal durumu. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, *37*(1), 39-47.

Turan, M. (2019). Diyarbakır manda yetiştiriciliğinin mevcut durumu, sorun ve çözüm önerilerinin belirlenmesi (Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü).

USK, (Ulusal Süt Konseyi), 2019. Ulusal Süt Kayıtları. Erişim: Aralık, 2024.

Yıldız, S., Deniz, S., 2021. Muş ili damızlık sığır/manda yetiştiricileri birliklerine üye işletmelerin yem temini ve hayvan besleme alışkanlıkları. Iğdır Üniversitesi FBED, 11 (4), 3280-3291.

Yıldırım, K., Koçak, S. (2019). Afyonkarahisar damızlık süt sığırı işletmelerinde buzağı bakımı ve yaşama gücünün değerlendirilmesi. Kocatepe Veterinary Journal, *12*(3), 310-316.

Yıldız, B. (2013). Çankırı ili süt sığırı barınaklarının yapısal özellikleri ve yeni barınak modellerinin geliştirilmesi. Yüksek Lisans Tezi.

Yıldız, S., 2023. Feed supply and animal nutrition habits of Van province, cattle breeding facilities. YYÜ Van Vet J, 34 (2), 146-154. DOI: https://doi.org/10.36483/vanvetj.1284539.

Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi 12(1): 232–244, 2025
https://doi.org/10.30910/turkjans.1573109

TÜRK TARIM ve DOĞA BİLİMLERİ DERGİSİ

TURKISH JOURNAL of AGRICULTURAL and NATURAL SCIENCES

www.dergipark.gov.tr/turkjans

Araştırma Makalesi

Turistlerin Kırsal Turizm Memnuniyet Düzeyini Etkileyen Faktörlerin Analizi[&]

İkram DÜZEN[1], Aysun YENER ÖGÜR[*2]

[1] Tarım ve Orman Bakanlığı, Tarım Reformu Genel Müdürlüğü
[2]Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Ekonomisi Bölümü, Konya

*Sorumlu Yazar: aysunyener@selcuk.edu.tr

Geliş Tarihi: 25.10.2024 Düzeltme Geliş Tarihi: 11.12.2024 Kabul Tarihi: 13.12.2024

ÖZ

Bu çalışmanın amacı kırsal turizm faaliyetlerinde bulunan turistlerin memnuniyet düzeyinin belirlenmesidir. Çalışma Ankara ili Nallıhan ilçesinde yapılmıştır. Örnek hacmi ana kitle oranlarına dayalı basit tesadüfi olasılık örneklemesi ile 258 olarak tespit edilmiştir. Çoklu doğrusal regresyon analizinde bağımsız değişken olarak kullanılan ekonomik, sosyal ve çevresel değişkenlerine faktör analizi yapılmıştır. Çalışmada turistlerin memnuniyet düzeyini etkileyen faktörleri tespit etmek için çoklu doğrusal regresyon analizi yapılmıştır. Çoklu doğrusal regresyon analizi sonucuna göre, kültürel değerler, ekonomik faktörler ve çevresel faktörler ile turistlerin memnuniyet düzeyi arasında, %1 önem düzeyinde pozitif yönde anlamlı bir ilişki tespit edilmiştir. Turistlerin ödeme konusundaki memnuniyeti tatmin edici düzeyde olsa da standartlara uygunluğun sağlanması ve ilgili birimler tarafından denetimlerin yapılması sağlanmalıdır. Kırsal alanların gelecek nesillere aktarılması için turistlerin çevre sorunları konusunda bilinç düzeyleri arttırılmalı ve bu yönde afişler, broşürler hazırlanmalıdır. Yöre halkı ve esnaflara Nallıhan turistlik alanları ile ilgili toplantılar yapılarak farkındalıkları sağlanmalıdır. Nallıhan ilçesi işletmelerine sosyal medya eğitimleri verilerek sosyal medyanın tanıtım ve pazarlama açısından aktif olarak kullanılmasına teşvik edilmelidir.

Anahtar kelimeler: Kırsal turizm, memnuniyet düzeyi, regresyon analizi, turist

Determining The Satisfaction Level of Tourists in Rural Tourism Activities

ABSTRACT

This study aims to determine the satisfaction level of tourists in rural tourism activities. The study was conducted in Nallıhan district of Ankara province. The sample size was determined as 258 by simple random probability sampling based on main population rates. Factor analysis was performed on economic, social, and environmental variables used as independent variables in multiple linear regression analysis.Multiple linear regression analysis was performed to determine the factors affecting the satisfaction level of tourists in the study. According to the result of multiple linear regression analysis, a positive significant relationship was determined at a 1% significance level between cultural values, economic factors, and environmental factors and the satisfaction level of tourists. Although the satisfaction of tourists regarding payment is at a satisfactory level, compliance with the standards should be ensured and inspections should be carried out by the relevant units. To transfer rural areas to future generations, the awareness level of tourists about environmental problems should be increased and posters and brochures should be prepared in this direction. Meetings should be held with the local people and tradesmen about Nallıhan tourist areas and their awareness should be raised. Social media training should be provided to Nallıhan district businesses and they should be encouraged to use social media actively in terms of promotion and marketing.

Key words: Rural tourism, satisfaction level, regression analysis, tourist

INTRODUCTION

Since the 1970s to the present day, tourism activities in rural areas have increased remarkably in all developed countries worldwide. This has played a key role in the development of rural areas in economically and socially depressed countries (Perales, 2002; Blaine et al., 1993; Dernoi, 1991). Rural tourism has a different structure across countries and continents and is largely a local phenomenon (Gartner, 2004; Sharpley & Roberts, 2004). Rural tourism provides development by combining economic, social and environmental factors of rural areas (Kızıloğlu and Karakaya, 2019; Yang et al., 2021). Rural tourism has emerged as the second stage of development. The first stage of development is characterized by participation, product and business development. The second phase is anticipated to be the remaining questions about the place of development in policy, its integration in practice and its dynamic role in a restructuring country (Long and Lane, 2000). Increasingly, tourism-based farm diversification in rural areas is recognized as an engine of regeneration (Sharpley and Vass, 2006). In recent years, rural tourism has attracted increasing attention from researchers, driven by two factors. The first is the increasing demand for tourism to rural areas (Cavaco, 1995; Dernoi, 1983; Fleischer and Pizam, 1997; Hummelbrunner and Miglbauer, 1994; Lane, 1994). Second, rural tourism has become a topic on the political-economic agenda (Butler et al.,, 1997; Cavaco 1995; Fleischer and Pizam 1997; Gannon, 1994; Lane, 1994; Sørensen and Nilsson, 1999; Sharpley and Sharpley, 1997). The conversion of rural farms into tourism is not only seen as an effective tool for solving socio-economic problems in rural areas. It also enjoys government and state support (Hjalager, 1996). The development of rural tourism in villages encourages rapid economic growth. The rural tourism sector is supported in developing countries. For example, in the report published by the Ministry of Trade in Turkey, subheadings were determined under the title of Financing Support Opportunities for the Green Deal for the creation of alternative income sources in rural areas. The best example of alternative income sources in rural areas is rural tourism. In addition, in the same report, Small and Medium Enterprises Development and Support Administration (KOSGEB) is included under the Single Market Program as a component for supporting enterprises especially SMEs in the 2021-2027 period. The Single Market Program COSME Component aims to facilitate enterprises' access to markets, encourage entrepreneurship and the acquisition of entrepreneurial skills, ensure the modernization of the industry, and address global and social challenges. Thus, the competitiveness and sustainability of enterprises, including the tourism sector, will be increased (Anonymous, 2024b). There are rural tourism projects granted by Agriculture and Rural Development Support Institution (TKDK). When the scope of Rural Tourism and Recreation Activities Projects is examined, there are back-to-nature activities that appeal to different areas of interest such as farm tourism, accommodation facilities made of natural wood or natural stone materials, tour trails, and sections for spending time with farm animals (TKDK, 2024). In particular, it creates more job opportunities and improves the quality of life of rural residents (Carius and Job, 2019; Higgins-Desbiolles et al., 2019). However, it also has disadvantages such as ecological damage, depletion of local resources and deterioration of infrastructure (Gao and Zhang, 2021; Liu et al., 2018; Torres and Momsen, 2005). For this reason, importance is being taken for rural tourism in the world and Turkey. Turkey's Climate Change Adaptation Strategy and Action Plan (2011-2023) focuses on water resources management, agriculture, and food security, ecosystem services, biodiversity and forestry, natural disaster risk management, and public health sectors; the document in question, which is being updated, aims to increase the number of sectors by including the titles of energy, transportation and communication, industry, city, social development, tourism and cultural heritage (Anonymous, 2024a). While rural tourism activities are very important for countries, the satisfaction of tourists who demand rural tourism is also extremely important for rural tourism development. Some rural tourism studies focus on the impact of excessive tourism activities on the local ecological environment and the dissatisfaction of local people (Diaz-Parra and Jover, 2021; Fletcher, 2019; Liu et al., 2019). Tourism can also be considered as a socio-psychological experience (Castano, 2005; Ross ve Iso-Ahola, 1991; Rubio, 2003; Wacker, 1996). Socio-demographic characteristics affect tourists' behavior. At the same time, tourists' subjective experiences emerge strongly to explain this complex process. In this context, motivation and satisfaction are the two main determinants of individual behavior in tourism (Devesa et al., 2010). Some studies have shown that the emotions that consumers experience affect their satisfaction (Dube & Menon, 2000; Han & Back, 2008; Hosany & Gilbert, 2010; Mano & Oliver, 1993; Kastenholz et al., 2018; Şendikici and karakaya 2021). In this study, it was aimed to determine the satisfaction level of tourists engaged in rural tourism activities.

MATERIALS AND METHODS

The number of questionnaires used in the study was determined by simple random probability sampling based on the proportions of the main population (Newbold, 1995). The total number of people in the sampling frame was 5,564 tourists visiting Nallıhan district of Ankara province.

$$n = \frac{Np(1-p)}{(N-1)\sigma_{px}^{+2} + p(1-p)}$$

In the formula
n: Sample volume, N: Total number of people in the sampling frame, p: Number of tourists in the rural tourism region (based on 50% assumption), σpx 2: Variance of the ratio (table value 1.65 with 90% confidence interval and 5% margin of error to reach the maximum sample volume).

Since the tourist characteristics of Nallıhan district, which constitutes the main population, were not known at the beginning, p=0.5 was taken as p=0.5 to maximize the sample volume. The sample volume was calculated as 258 with a 90% confidence interval, 5% margin of error and p=q=0.5 to reach the maximum sample volume. Tourists with a monthly income of 0-452.49 $ constitute the first group, tourists with a monthly income of 452.50-754.15 $ constitute the second group, and tourists with a monthly income of 754.16-+ $ constitute the third group. In the study, the dollar exchange rate was taken as 26.52 according to July 2023, when the study was conducted. Through the questionnaires, the socio-economic and demographic characteristics of tourists, their attitudes and behaviors towards rural tourism, the mass media used by tourists, the satisfaction of tourists and the factors affecting their satisfaction were determined. Tourists' satisfaction with rural tourism centers, the environmental, social and economic impacts of rural tourism and the mass media used by tourists are given on a 5-point Likert scale. Likert scale is one of the attitude measurement methods and is included in the group of scales. The basic approach to using the Likert scale is to give people judgments about the subject under study and to rate the focus on these judgments (Likert, 1932). The relationship between tourists' satisfaction level and expectations, membership status of environmental organizations, and mass media used was analyzed with chi-square in the SPSS-24 program. The essence of the chi-square test is to examine whether a sample with a volume of n represents the main mass or which distribution it comes from. The chi-square independence test is used to investigate whether two or more variables are independent of each other. In other words, the chi-square goodness-of-fit test is performed to determine whether the observed frequencies comply with a certain hypothesis or a theoretical distribution (Karagöz, 2016). The formula for the chi-square analysis is given below.

$$X^2 = \sum\sum \frac{\left(o_{ij} - e_{ij}\right)^2}{e_{ij}} \qquad e_{ij} = \frac{n_i . n_j}{N}$$

Multiple linear regression analysis was used to determine the factors affecting the level of satisfaction. In the multiple linear regression model, regression models based on the Least Squares (LS) method, which minimizes the sum of error squares, were used. SPSS-24 statistical package program was used to solve the model (Kalaycı, 2005; Anonymous, 2006; Topçu 2008). Factor analysis was performed on 24 economic, social, and environmental variables, which are independent variables used in multiple linear regression analysis. Factor analysis is a multivariate analysis method that reveals the dependency structure between variables. In the first stage of factor analysis, correlation analysis is performed on the variables to be analyzed. Apart from the correlation coefficients, two test statistics are calculated to show whether the data is suitable for factor analysis. The first of these statistics, the Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy, is the statistic that expresses what percentage of the total variability (variance) in the variables is due to common shared variability or, in other words, common factors (Hair et al., 2006). The formula for multiple linear regression analysis is given below.

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_{1i} + \beta_2 X_{2i} + \beta_3 X_{3i} + \cdots + \beta_n X_{ni} + U_i$$

Dependent variable, Y: Satisfaction level of tourists
While creating the dependent variable, the Likert average of 27 factors affecting the satisfaction level of tourists was determined. These factors are given in Table 1.
Independent variables are X1: Age, X2: Education, X3: Occupation, X4: Monthly income, X5: Membership to any environmental organization, X6: Frequency of listening to radio, X7: Frequency of watching television, X8: Frequency of using the Internet, X9: Frequency of using social media, X10: Cultural values, X11: Location choice in rural areas, X12: Economic factors, X13: Environmental factors.

RESULTS AND DISCUSSION

Conceptually, rural tourism can be considered as rural tourism that adopts the rural environment as the center of the product offered. Rural tourism should be located in rural areas, have the unique characteristics of

the rural world, consist of small-scale enterprises, be conducted in open areas and be sustainable (Loureiro and González, 2008). In order to ensure the sustainability of rural tourism, it is very important that tourists intend to visit again and recommend their visits to others (Phillips et al., 2013). Tourists' characteristics are also very important for the sustainability of rural tourism (Cuccia and Cellini, 2007). In particular, in addition to the natural, economic and socio-cultural environment, the age, gender and educational status of tourists are factors that affect the sustainable development of tourism (Muresan et al., 2016). When the socio-demographic characteristics of tourists were analyzed in the study, 37.60 of the tourists were female and 62.40 of them were male. Accordingly, it is seen that men visit the rural tourism center more than women. The age of women was found to be 44.24 and 43.98 for men. Considering the average age, it is observed that middle-aged tourists visit the rural tourism center more.

Looking at the educational status of the tourists coming to the rural tourism center, it was calculated that 3.49% were primary school graduates, 5.81% were secondary school graduates, 22.48% were high school graduates, 54.56% were university graduates and 13.95% were master's/doctoral graduates. According to the research, the average number of family members of visitors to the tourism center is 3.45 people. A family consists of a maximum of 8 and a minimum of 1 person. When those who visited the rural tourism center were asked, it was revealed that the majority of them had social security. The number of those who do not have any social security was determined as 11. When the social security of the tourists was analyzed, it was found that 13.57% of them had Bağ-Kur, 62.02% had SSI, 20.16% had other and 4.26% had none. The average monthly income of those who visited the rural tourism center was found to be 21,613.59 TL. In a similar study, it was found that age, occupation, gender and income affect rural tourism (Pesonen et al., 2011). Tourist satisfaction is an important issue in the field of consumer and market research. Tourist satisfaction is the behavior that arises from the loyalty of tourists, which is the positive evaluation of a product or service after purchasing it, and then recommending it to others or having it done (Tang et al., 2022). When the satisfaction levels of tourists with the destination center were evaluated, it was determined that all income groups were undecided about transportation to the center, accommodation, social facilities and the number of tours.

Table 1. Variables affecting tourists' satisfaction

Satisfaction Status	**1**	**2**	**3**	**Average**
New types of tourism such as cultural tourism and congress tourism should be created	4.14	4.43	4.49	4.39
Emphasis should be given to afforestation and greening of the environment	4.2	4.33	4.52	4.38
Develop plans and projects to extend the tourism season to the whole year	4.36	4.31	4.39	4.35
More effective promotion and marketing should be done	4.16	4.32	4.44	4.33
Renovation and restoration should be emphasized	4.13	4.26	4.49	4.32
I myself have a high sensitivity towards local people	3.99	4.36	4.33	4.27
The people I come with have a high sensitivity towards local people	4.07	4.33	4.28	4.26
Existing facilities should be improved and service quality should be increased	4.07	4.18	4.43	4.26
The people I come with are sensitive to the environment	4.02	4.34	4.26	4.24
I am environmentally conscious myself	4.04	4.29	4.28	4.23
Raise tourism awareness among local people	4.16	4.15	4.34	4.23
Individuals engaged in rural tourism use social media for advertising purposes	3.84	4.03	4.14	4.03
Attitudes and behaviors of local product sellers are good	3.98	3.91	4.07	3.99
Ensure sustainability while using tourism areas	3.89	3.85	4.09	3.95
Attitudes and behavior of local people are good	3.59	3.84	3.91	3.81
Souvenir sales areas are good	3.8	3.61	3.85	3.74
Food safety of local products is good	3.68	3.64	3.72	3.68
Sale of local products is sufficient	3.54	3.88	3.55	3.67
Attitudes and behaviors of the organization organizing the trip	3.66	3.6	3.69	3.65
Attitudes and behavior of the staff at the facilities are good	3.61	3.64	3.64	3.63
Good environmental quality	3.3	3.64	3.71	3.59
Prices of local products are good	3.57	3.67	3.32	3.51
Physical facilities and availability of facilities	3.27	3.49	3.52	3.45
The number of tours is sufficient	3.34	3.19	3.1	3.19
The number of social facilities is sufficient	3.18	2.95	2.92	2.95
Number of accommodation facilities is sufficient	3.18	2.91	2.83	2.9
Easy transportation to Nallıhan	2.91	3.15	2.52	2.85

(5: Strongly Agree, 4: Agree, 3: Undecided, 2: Disagree, 1: Strongly Disagree)

It is seen that tourists with a monthly income between 0-12,000 TL are undecided about the environmental quality, while the other two income groups are satisfied with the environmental quality. Tourists' opinions about local people are important. Local people are the main representatives of rural tourism centers. It is seen that all income groups are satisfied with the attitudes and behaviors of the local people, the staff in the facilities, the organization organizing the trip and the local product sellers. The satisfaction of tourists with the services provided and the acceptance of local people positively affect local tourism activities. According to income groups, all tourists are satisfied with the attitudes of themselves and their companions towards the environment and local people. The rural tourism center offers tourists the best regional products. According to the monthly income group, when tourists were asked about the sale of local products, food safety of local products and souvenir areas, they stated that they were satisfied. On the other hand, tourists were asked about the importance of renovation and restoration of the tourism region, more effective promotion and marketing, the creation of new types of tourism such as cultural and congress tourism, the development of projects to spread tourism throughout the year and increasing the tourism awareness of local people. It is seen that all income groups are satisfied with these factors. In a similar study, it was determined that visitors' satisfaction indirectly affects their value perception and revisit intentions (Philips et al., 2013).

Tourism is one of the most productive economic branches that can successfully compete with other agricultural branches and trade products (Žilinskas aand Petravičienė, 2007). Table 2 shows the economic interest levels of tourists in rural tourism.

Table2. Tourists' interest levels in rural tourism in economic terms

Economic Factors	**1**	**2**	**3**	**Average**	**Ki-kare (p)***
Other income-generating business lines other than rural agriculture should be supported	4.25	4.56	4.51	4.47	0.000
Rural tourism and women's handcrafted products should be better utilized	4.16	4.52	4.53	4.45	0.000
Rural tourism should provide income for women	4.27	4.6	4.4	4.45	0.000
Rural tourism contributes to the development of farmers by creating demand for local agricultural products	4.21	4.45	4.55	4.44	0.000
Rural areas should be supported for capital investment	4.11	4.45	4.5	4.4	0.000
Rural tourism contributes to the income of rural individuals	4.04	4.28	4.37	4.26	0.000
I would like to make a large part of tourism expenditures in rural areas	3.36	3.37	3.4	3.38	0.053

(5: Strongly Agree, 4: Agree, 3: Undecided, 2: Disagree, 1: Strongly Disagree)
*The satisfaction level of the tourists and their level of interest in rural tourism in economic terms were analyzed with chi-square.

According to the table, it is determined that they agree with the support of other income-generating business lines other than rural agriculture. This is followed by the indicators that rural tourism and women's handicraft products should be better evaluated and rural tourism should provide income to women. In this context, it was determined that they agreed with the item “I would like to make a large part of tourism expenditures in rural areas”. When the level of economic interest of tourists in rural tourism was analyzed according to monthly income, it was determined that all three income groups were undecided about the idea that they would like to make a large part of their tourism expenditures in rural areas. A significant relationship was found between tourists' satisfaction level and their level of economic interest in rural tourism.

Table 3. Tourists' social interest levels in rural tourism

Social Factors	1	2	3	Average	Ki-kare (p)*
Respect for the values of local people	4.32	4.59	4.56	4.52	0.000
Preservation of local culture and traditions is important	4.27	4.58	4.52	4.49	0.000
The rules set in the rural tourism center must be followed	4.27	4.55	4.53	4.48	0.000
I like getting to know new cultures	4.3	4.57	4.48	4.47	0.000
Protect the values of local people through rural tourism	4.23	4.55	4.51	4.46	0.000
Social media should be used by individuals engaged in rural tourism	4.27	4.33	4.59	4.42	0.000
Rural tourism provides self-confidence to rural individuals	4.18	2.29	4.5	4.35	0.000
I would like my family and relatives to integrate with local people	4	4.24	4.39	4.25	0.000
I enjoy spending time with the locals	3.96	4.26	4.3	4.21	0.000

(5: Strongly Agree, 4: Agree, 3: Undecided, 2: Disagree, 1: Strongly Disagree)
*The satisfaction level of tourists and their level of social interest in rural tourism were analyzed with chi-square.

Tourists' level of social interest in rural tourism activities is given in Table 3. It has been determined that tourists strongly agree with respecting the value judgments of local people. When the social interest levels of tourists in rural tourism were analyzed according to monthly income, it was determined that all three income groups agreed that they wanted to spend time with the local people and that their families and relatives mingled with the local people. A significant relationship was found between the satisfaction level of tourists and their level of social interest in rural tourism.

Ecological benefits of rural tourism include environmental protection (protection of natural areas); improvement of infrastructure, landscape protection (Barkauskas et al., 2015). Table 4 shows the level of interest of tourists in rural tourism in terms of environment.

Table 4. Tourists' interest levels in rural tourism in terms of environment

Environmental Factors	1	2	3	Average	Ki-kare (p)*
Care should be taken to protect agricultural land	4.29	4.69	4.72	4.61	0.000
Overdevelopment in rural tourism should not be allowed	4.3	4.65	4.72	4.6	0.000
Facilities should be created without disturbing the rural structure	4.36	4.62	4.67	4.58	0.000
Awareness should be raised on environmental issues	4.25	4.7	4.63	4.57	0.000
Protected areas should be excluded from development	4.32	4.6	4.58	4.53	0.000
Tourism facilities in rural areas should be built in a planned manner	4.21	4.51	4.64	4.5	0.000
There should be no establishment in forests	4.16	4.46	4.53	4.42	0.000
I can work as a volunteer to improve environmental quality in rural areas	4	4.1	4.31	4.16	0.027
I can provide financial support to improve the quality of the rural environment	3.84	3.88	4.12	3.97	0.028

(5: Strongly Agree, 4: Agree, 3: Undecided, 2: Disagree, 1: Strongly Disagree)
*The satisfaction level of tourists and their level of interest in rural tourism in environmental terms were analyzed with chi-square.

It shows that the perception that non-agricultural use of agricultural lands is wrong is very important for tourists visiting rural tourism centers. When the tourists' level of environmental interest in rural tourism was analyzed according to monthly income, it was determined that all three income groups agreed with the view that

I can work voluntarily to improve the quality of the environment in rural areas and I can provide financial support to improve the quality of the environment in rural areas. A significant relationship was found between the satisfaction level of tourists and their level of interest in rural tourism in the environmental sense.

Table 5. The situation of tourists using mass media

Utilization of mass communication	**1**	**2**	**3**	**Average**	**Ki-kare (p)***
How often do you read articles or watch programs about rural tourism on the internet?	3.46	3.6	3.83	3.66	0.081
How often do you watch programs about rural tourism on television?	3.57	3.56	3.58	3.57	0.029
How often do you listen to the radio?	3.36	2.85	3.36	3.16	0.003
How often do you read newspapers?	2.91	2.53	2.64	2.66	0.028
How often do you use social media?	2.27	2.28	1.98	2.16	0.046
How often do you watch television?	2.04	2.18	2.09	2.11	-
How often do you use the internet?	2.34	2.06	1.91	2.06	-

(5: Everyday, 4: A few days a week, 3: A few days a month, 2: A few days a year, 1: Never)
* The level of satisfaction and expectations of tourists and their utilization of mass communication were analyzed with chi-square.

Table 5 shows the utilization of mass communication according to the monthly income level of tourists. The frequency of newspaper reading of tourists visiting Nallıhan was determined as once a week. Today, with the widespread use of other media tools, the rate of newspaper reading is gradually decreasing (Von Krogh and Andersson, 2016). Regarding the frequency of listening to the radio, it was determined that it was listened to once a week. Television is the most widely used mass media (Bhat, 2022). It was determined that tourists watch television several times a week. In the study, when the frequency of watching programs related to rural tourism on television and the internet was examined, it was determined that the least watched programs were a few times a month. The frequency of internet and social media use by tourists in the rural tourism region was determined as the most used mass media tools with a few times a week after the frequency of television viewing. Looking at the utilization of mass communication according to the monthly income level of tourists, it was determined that the frequency of reading newspapers and listening to radio was once a week for all three income groups. A significant relationship was found between the level of satisfaction and expectations of tourists and their utilization of mass media.

In the study, multiple linear regression analysis was conducted to determine the factors affecting the satisfaction level of tourists. Factor analysis was performed on 24 economic, social and environmental variables used as independent variables in multiple linear regression analysis. The factor analysis explained 76.121% of the factors (Table 6).

Table 6 shows the naming of the factors used in the factor analysis according to the factor loadings. In the factor analysis with 24 variables, 4 factors were obtained. These variables are cultural values, rural location, economic factors and environmental factors. KMO value greater than 0.50 and a significant Bartlett test result are considered sufficient to perform factor analysis (Tabachnick and Fidel, 2007). KMO coefficients below 0.5 are called “unacceptable”, 0.5-0.6 “weak”, 0.6-0.7 “medium”, 0.7-0.8 “good”, 0.8-0.9 “very good” and KMO coefficients above 0.9 are called “excellent” (Sharma, 1995). Factor loadings of 0.5 or above are a criterion indicating that variables are significantly related to factors (Comrey and Lee 1992; Field 2009; Hair et al., 2010; Tabachnick et al., 2013). The factor loadings of the factors obtained as a result of factor analysis in the study are above 0.5.

Table *6*. Naming the factors used in factor analysis according to their factor loadings

		Factor Loadings	Mean	Variance Ratios	Cronbach's Alpha Coefficients
Cultural Values	The rules set in the rural tourism center must be followed	0.781	4.4806	26.063	.957
	Protect the values of local people through rural tourism	0.78	4.4612		
	Respect for the values of local people	0.775	4.5194		
	I would like my family and relatives to integrate with local people	0.716	4.2481		
	Preservation of local culture and traditions is important	0.702	4.4845		
	I like to learn about new cultures	0.684	4.4729		
	Rural tourism provides self-confidence to rural individuals	0.67	4.3527		
	Social media should be used by individuals engaged in rural tourism	0.664	4.4225		
	I enjoy spending time with the locals	0.655	4.2132		
Site selection in rural areas	Facilities should be created without disturbing the rural structure	0.815	4.5814	19.808	.937
	Protected areas should be excluded from facilities	0.81	4.5310		
	Overdevelopment in rural tourism should not be allowed	0.808	4.6008		
	There should be no establishment in forests	0.782	4.4225		
	Care should be taken to protect agricultural land	0.718	4.6124		
	Tourism facilities in rural areas should be built in a planned manner	0.544	4.4961		
Economic Factors	Other income-generating business lines other than rural agriculture should be supported	0.802	4.4729	19.634	.925
	Rural tourism contributes to the income of rural individuals	0.755	4.2636		
	Rural tourism contributes to the development of farmers by creating demand for local agricultural products	0.75	4.4419		
	Rural areas should be supported for capital investment	0.739	4.3953		
	Rural tourism and women's handcrafted products should be better utilized	0.723	4.4457		
	Rural tourism should provide income for women	0.642	4.4457		
Environmental Factors	I can provide financial support to improve the quality of the rural environment	0.803	3.9651	10.616	.782
	I can work as a volunteer to improve environmental quality in rural areas	0.751	4.1589		
	I would like to make a large part of tourism expenditures in rural areas	0.71	3.3798		
	Cumulative Total Value			76.121	
Kaiser-Meyer-Olkin Sampling Adequacy					0.931
Bartlett's Test of Sphericity		Ki Kare Değeri			6421.172
		S. Değeri			276
		p			.000

The analysis of the factors affecting the satisfaction level of tourists is given in Table 7. The satisfaction level of tourists was taken as the dependent variable. The 27 variables that make up the satisfaction level of tourists were measured with Likert scale and the Likert average of 27 variables was used as the dependent variable.

Table *7.* Analysis of factors affecting the satisfaction level of tourists

	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
(Constant)	3.768	.250		15.099	.000
Age	-.003	.003	-.050	-.840	.402
Education	.052	.042	.077	1.237	.217
Profession	-.018	.020	-.051	-.864	.388
Monthly Income	1.789E-6	.000	.034	.548	.584
Membership in any environmental organization (Institution, Association, Foundation, etc.)	-.083	.077	-.062	-1.084	.279
Frequency of radio listening	-.017	.026	-.038	-.658	.511
Frequency of television viewing	-.035	.027	-.082	-1.306	.193
Frequency of internet use	.026	.032	.064	.810	.419
Frequency of social media use	.065	.031	.158	2.094	.037*
Cultural Values	.151	.034	.246	4.413	.000**
Site selection in rural areas	.042	.035	.069	1.227	.221
Economic Factors	.206	.035	.335	5.863	.000**
Environmental Factors	.136	.035	.222	3.924	.000**
R^2: 28.50 F: 7.481 Durbin Watson: 1.990 Sig: .000					

*p<0,05, **p<0,00

$$SLT_{\text{i}} = 3.768 + -0.003A_1 + 0.052E_2 + -0.018O_3 + 1.789M\dot{I}_4 + -0.083MEO_5 + -0.017R_6 + -0.035T_7 + 0.026I_8 + 0.065SM_9 + 0.151CV_{10} + 0.042SRA_{11} + 0.206EF_{12} + 0.136ENF_{13}$$

According to the result of multiple linear regression analysis, 4 factors were found to be statistically significant in the analysis of the factors affecting the level of tourists' benefit and satisfaction from rural tourism (p<0.00, p<0.05). The explanation rate of the dependent variable of the independent variables is 28.50%. A positive significant relationship was found between cultural values, economic factors, and environmental factors and the level of satisfaction of tourists at a significance level of 1% (Haldar, 2007; Demirović et al., 2019) In their studies, they drew attention to the fact that handicrafts and cultural values attract attention and also emphasized that factors such as landscape, farm life, and architectural structure affect the satisfaction levels of tourists (Park and Yoon, 2009; Demirović et al., 2019; Dong et al., 2013; Leco et al., 2013; Carneiro et al., 2018; Poruțiu et al., 2021).

A positive significant relationship was found between the frequency of social media use and the satisfaction level of tourists at the 5% significance level. Communication and social ties with local people help visitors interact and integrate with local communities (Wu et al., 2017; Demirović et al., 2019). Determining the satisfaction levels of tourists in rural tourism is important for the sustainability of tourism studies (Devesa et al., 2010). The relationship between motivation and satisfaction has been determined in many studies (Ibrahim and Gill, 2005; Laguna and Palacios, 2009; Oliver, 1980; Severt et al., 2007).

CONCLUSION AND RECOMMENDATIONS

Considering the opinions, satisfaction levels and expectations of tourists, boutique hotels, inns, restaurants, cafes, cafes, boats and small business owners should offer the best service at an affordable price. Although the satisfaction of tourists regarding payment is at a satisfactory level, it is necessary to ensure compliance with the standards and to carry out inspections by the relevant units. Rural tourism is one of the alternative tourism types. Rural tourism has attracted a lot of attention recently. In order for rural tourism to develop and reach wider masses, general awareness should be raised through necessary promotion and information. Limited job opportunities and low female employment in rural areas have a negative impact on

development. Turning rural tourism into a profession supports the reduction of unemployment and increases women's employment. This development should be supported by the opening of vocational training centers for women in the region. In particular, trainings should be provided to women by Non-Governmental Organizations (NGOs). Increasing the advertising and branding activities of the rural tourism center and promoting the region is important for marketing. With the increase in these activities, the number of tourists coming to the region will also increase. Both regional and national mass media should be utilized for the advertisements of Nallıhan district. Tourists coming to rural areas for tourism purposes should also be informed about rural tourism. In particular, tourists should be more careful and conscious about environmental problems in order to transfer rural areas to future generations. Posters and brochures should be prepared in this direction. The lack of a strong website can be considered as an important disadvantage of Nallıhan advertising. A website is an effective communication and marketing tool for a destination. In addition to the website, effective use of social media and taking and sharing professional photos specific to the region are also important for the promotion of the region. Social media trainings should be provided to the businesses in Nallıhan district and social media should be actively used in terms of promotion and marketing. It is understood that the people are friendly and hospitable to visitors to the region. However, it is seen that the local people of Nallıhan do not have enough information about their own touristic places. For this reason, a travel program should be organized for local people and tradesmen to increase the tourism awareness of the people living in the region. In addition, the level of awareness should be increased by organizing meetings for local people and tradesmen about Nallıhan tourist areas. Needlepoint making and use is quite common in Nallıhan, which is on the historical Silk Road. Silk needle embroidery provides serious women employment in the district. Based on this, it may be useful to open handicraft departments in the district and give certificates. In addition, branding and product diversification should be ensured in needle embroidery. For those who want to become entrepreneurs, information should be provided about the support and grants of development organizations and awareness should be raised on project preparation. The development of silkworms and products in Nallıhan is very important for tourism. Cooperatives should be established for silkworm farming and products and production should be carried out. The difficult transportation of Nallıhan district causes the region to be less visited. Focusing on solving the transportation problem will enable the region to receive more tourists. In solving the transportation problem, highways should be arranged and ring buses should be increased. Rural tourism has an important place in Nallıhan district. There are sufficient cultural, natural and human resources for rural tourism. Effective use of these resources can increase rural tourism income in Nallıhan district, which is based on agriculture, and create an important alternative source of income.

Conflict of Interest Statement: There is no conflict of interest among the authors of the article.

Summary of Contribution of Researchers: The authors contributed equally to the article.

[&]This study was derived from İkram DÜZEN's master's thesis.

AUTHOR ORCID NUMBERS

İkram DÜZEN http://orcid.org/0000-0002-2713-5859

Aysun Yener ÖGÜR http://orcid.org/0000-0002-2764-0759

REFERENCES

Anonymous, 2006. SPSS base 15.0 user's guide. http://www.math.upatras.gr/~adk/lectures /ida/lab1/tutor5.pdf (Access Date: 24/10/2024).

Anonymous, 2024a. https://ticaret.gov.tr/data/643ffd6a13b8767b208ca8e4/YMEP%202022%20Faaliyet%20Raporu.pdf

Anonymous, 2024b. https://oaib.org.tr/Uploads/Sirkuler/202490-4472.pdf (Access Date: 23/10/2024).

Barkauskas, V., Barkauskienė, K., & Jasinskas, E. (2015). Analysis of macro environmental factors influencing the development of rural tourism: Lithuanian case. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, *213*, 167-172.

Bhat, R. M. (2022). Women Exploitation in the Contemporary India: Importance of Media to Impede it. *Journal of Women Empowerment and Studies (JWES) ISSN*, 2799-1253.

Blaine, T. W., Mohammad, G., & Var, T. (1993). Demand for rural tourism: An exploratory study. *Annals of tourism research*, *20*(4), 770-773.

Butler, R., Hall, C. M., & Jenkins, J. (Eds.). (1997). *Tourism and recreation in rural areas* (pp. xii+-261).

Carius, F., & Job, H. (2019). Community involvement and tourism revenue sharing as contributing factors to the UN sustainable development goals in jozani-chwaka bay national park and biosphere reserve, zanzibar. Journal of Sustainable Tourism, 27(6), 826–846

Carneiro, M. J., Lima, J., & Silva, A. L. (2018). Landscape and the rural tourism experience: identifying key elements, addressing potential, and implications for the future. In *Rural Tourism* (pp. 85-103). Routledge.

Castan˜o, J. M. (2005). Psicologı´a Social de los viajes y del turismo. Madrid: Thomson Paraninfo

Cavaco, C. (1995). Tourism in Portugal: diversity, diffusion, and regional and local development. *Tijdschrift voor economische en sociale geografie*, *86*(1), 64-71.

Comrey, A. L., & Lee, H. B. (1992). Interpretation and application of factor analytic results. *Comrey AL, Lee HB. A first course in factor analysis*, *2*, 1992.

Cuccia, T., & Cellini, R. (2007). Is cultural heritage really important for tourists? A contingent rating study. *Applied Economics*, *39*(2), 261-271.

Demirović, D., Berjan, S., Milentijević, N., El Bilali, H., & Syromiatnikova, Y. A. (2019). Exploration of tourist motivation and preferred activities in rural areas. *Journal of the Geographical Institute "Jovan Cvijić" SASA*, *69*(1), 29-37.

Dernoi, L. A. (1983). Farm tourism in Europe. *Tourism management*, *4*(3), 155-166.

Dernoi, L. A. (1991). About rural and farm tourism. *Tourism recreation research*, *16*(1), 3-6.

Devesa, M., Laguna, M., & Palacios, A. (2010). The role of motivation in visitor satisfaction: Empirical evidence in rural tourism. *Tourism management*, *31*(4), 547-552.

Diaz-Parra, I., & Jover, J. (2021). Overtourism, place alienation and the right to the city: Insights from the historic centre of Seville, Spain. Journal of Sustainable Tourism, 29(2–3), 158–175.

Dong, E., Wang, Y., Morais, D., & Brooks, D. (2013). Segmenting the rural tourism market: The case of Potter County, Pennsylvania, USA. *Journal of vacation marketing*, *19*(2), 181-193.

Dubé, L., & Menon, K. (2000). Multiple roles of consumption emotions in post-purchase satisfaction with extended service transactions. *International Journal of Service Industry Management*, *11*(3), 287-304.

Field, A. (2009). Discovering Statistics Using SPSS: Introducing Statistical Method (3rd ed.). Thousand Oaks, CA: Sage Publications.

Fleischer, A., & Pizam, A. (1997). Rural tourism in Israel. *Tourism management*, *18*(6), 367-372.

Fletcher, R. (2019). Ecotourism after nature: Anthropocene tourism as a new capitalist "fx." Journal of Sustainable Tourism, 27(4), 522–535.

Gannon, A. (1994). Rural tourism as a factor in rural community economic development for economies in transition. *Journal of sustainable tourism*, *2*(1-2), 51-60.

Gao, J., & Zhang, L. (2021). Exploring the dynamic linkages between tourism growth and environmental pollution: new evidence from the Mediterranean countries. *Current Issues in Tourism*, *24*(1), 49-65.

Gartner, W. C. (2004). Rural tourism development in the USA. *International Journal of Tourism Research*, *6*(3), 151-164.

Hair, J. F., Black, W., Anderson, R., Babin, B. R. and Tahtam, R. L. 2006. Multivariate Data Analysis with Readings. London: Mcmillan Book Company.

Hair, J. F., Jr., Black, W. C., Babin, B. J., Andersen, R. E., &Tatham, R. L. (2010).Multivariate data analysis (7th ed.). Upper Saddle River, NJ: Pearson Prentice Hall.

Haldar, P. (2007). Rural tourism: Challenges and opportunities. *Education*, *30*(60), 39-9.

Han, H., & Back, K. J. (2007). Assessing customers' emotional experiences influencing their satisfaction in the lodging industry. *Journal of Travel & Tourism Marketing*, *23*(1), 43-56.

Higgins-Desbiolles, F., Carnicelli, S., Krolikowski, C., Wijesinghe, G., & Boluk, K. (2019). Degrowing tourism: Rethinking tourism. Journal of Sustainable Tourism, 27(12), 1926–1944

Hjalager, A. M. (1996). Agricultural diversification into tourism: Evidence of a European Community development programme. *Tourism management*, *17*(2), 103-111.

Hosany, S., & Witham, M. (2010). Dimensions of cruisers' experiences, satisfaction, and intention to recommend. *Journal of travel research*, *49*(3), 351-364.

Hummelbrunner, R., & Miglbauer, E. (1994). Tourism promotion and potential in peripheral areas: The Austrian case. *Journal of sustainable tourism*, *2*(1-2), 41-50.

Ibrahim, E. E., & Gill, J. (2005). A positioning strategy for a tourist destination, based on analysis of customers' perceptions and satisfactions. *Marketing intelligence & planning*, *23*(2), 172-188.

Kalaycı, Ş., 2005. SPSS uygulamalı, çok değişkenli istatistik teknikleri. Asil Yayın Dağıtım, Ankara, 273-305 s.

Karagöz, Y. (2016) SPSS 23 ve Amos 23 Uygulamalı İstatistiksel Analizler. Ankara: Nobel Akademik Yayıncılık.

Kastenholz, E., Carneiro, M. J., Marques, C. P., & Loureiro, S. M. C. (2018). The dimensions of rural tourism experience: impacts on arousal, memory, and satisfaction. *Journal of Travel & Tourism Marketing*, *35*(2), 189-201.

Kızıloğlu, S., Karakaya, E. 2019. Bingöl ilinin kirsal turizm potansiyelinin belirlenmesi ve Bingöl ili sakinlerinin kırsal turizm algılamaları. Bartın Orman Fakültesi Dergisi, 21(2), 257-266.

Laguna, M., & Palacios, A. (2009). La calidad percibida como determinante de tipologı´as de clientes y su relacio´n con la satisfaccio´n: aplicacio´n a los servicios hoteleros. Revista Europea de Direccio´n y Economı´a de la Empresa, 18(3), 189–212.

Lane, B. (1994). What is rural tourism?. *Journal of sustainable tourism*, *2*(1-2), 7-21.

Leco, F., Pérez, A., Hernández, J. M., & Campón, A. M. (2013). Rural tourists and their attitudes and motivations towards the practice of environmental activities such as agrotourism.

Likert, R. (1932). A technique for the measurement of attitudes. *Archives of Psychology*.

Liu, J., Cheng, H., Jiang, D., & Huang, L. (2019). Impact of climate-related changes to the timing of autumn foliage colouration on tourism in Japan. Tourism Management, 70, 262–272.

Liu, J., Wang, J., Wang, S., Wang, J., & Deng, G. (2018). Analysis and simulation of the spatiotemporal evolution pattern of tourism lands at the Natural World Heritage Site Jiuzhaigou, China. *Habitat International*, *79*, 74-88.

Long, P., & Lane, B. (2000). Rural tourism development.

Loureiro, S. M. C., & González, F. J. M. (2008). The importance of quality, satisfaction, trust, and image in relation to rural tourist loyalty. *Journal of Travel & Tourism Marketing*, *25*(2), 117-136.

Mano, H., & Oliver, R. L. (1993). Assessing the dimensionality and structure of the consumption experience: evaluation, feeling, and satisfaction. *Journal of Consumer research*, *20*(3), 451-466.

Muresan, I. C., Oroian, C. F., Harun, R., Arion, F. H., Porutiu, A., Chiciudean, G. O., ... & Lile, R. (2016). Local residents' attitude toward sustainable rural tourism development. *Sustainability*, *8*(1), 100.

Newbold, P., (1995). Statistics for Business and Economics, Prentice-Hall International, New Jersey

Oliver, R. L. (1980). A cognitive model of the antecedents and consequences of satisfaction decisions. *Journal of marketing research*, *17*(4), 460-469.

Park, D. B., & Yoon, Y. S. (2009). Segmentation by motivation in rural tourism: A Korean case study. *Tourism management*, *30*(1), 99-108.

Park, D. B., & Yoon, Y. S. (2009). Segmentation by motivation in rural tourism: A Korean case study. *Tourism management*, *30*(1), 99-108.

Perales, R. M. Y. (2002). Rural tourism in Spain. *Annals of tourism Research*, *29*(4), 1101-1110.

Pesonen, J., Komppula, R., Kronenberg, C., & Peters, M. (2011). Understanding the relationship between push and pull motivations in rural tourism. *Tourism Review*, *66*(3), 32-49.

Phillips, W. J., Wolfe, K., Hodur, N., & Leistritz, F. L. (2013). Tourist word of mouth and revisit intentions to rural tourism destinations: A case of North Dakota, USA. *International journal of tourism research*, *15*(1), 93-104.

Poruțiu, A., Tirpe, O. P., Oroian, C., Mihai, V. C., Chiciudean, G. O., Chiciudean, D. I., & Poruțiu, C. (2021). Analysis on tourists' preferences for rural tourism destinations in Romania. *Societies*, *11*(3), 92.

Ross, E. L. D., & Iso-Ahola, S. E. (1991). Sightseeing tourists' motivation and satisfaction. *Annals of tourism research*, *18*(2), 226-237.

Rubio Gil, Á. (2003). Sociología del turismo. *(No Title)*.

Severt, D., Wang, Y., Chen, P. J., & Breiter, D. (2007). Examining the motivation, perceived performance, and behavioral intentions of convention attendees: Evidence from a regional conference. *Tourism management*, *28*(2), 399-408.

Sharma, S. (1995). *Applied multivariate techniques*. John Wiley & Sons, Inc..

Sharpley, R., & Roberts, L. (2004). Rural tourism—10 years on. *International Journal of tourism research*, *6*(3), 119-124.

Sharpley, R., & Sharpley, J. (1997). *Rural tourism. An introduction* (pp. 1-165). International Thomson Business Press.

Sharpley, R., & Vass, A. (2006). Tourism, farming and diversification: An attitudinal study. *Tourism management*, *27*(5), 1040-1052.

Sørensen, A., & Nilsson, P. (1999, November). Virtual Reality Versus Rural Reality in Rural Tourism: Contemplating the Attraction of the Rural. In *Alta, Norway: 8th Nordic Symposium in Hospitality and Tourism Research. TOURISM AND THE COUNTRYSIDE* (Vol. 385).

Şendikici, P. ve Karakaya, E. (2021) Bingöl İlinin Turizm Potansiyeli Kapsamında Kaplıca Turizmi Örneği Ve Macaristan Karşılaştırması, International Journal of Contemporary Tourism Research, Vol: 5, (Özel Sayı), p.116-125, doi: 10.30625/ijctr.947332

Tabachnick, B. G., Fidell, L. S., & Ullman, J. B. (2013). *Using multivariate statistics* (Vol. 6, pp. 497-516). Boston, MA: pearson.

Tabachnick, B. G., & Fidell, L. S. (2007). Using multivariate statistics.

Tang, H., Wang, R., Jin, X., & Zhang, Z. (2022). The effects of motivation, destination image and satisfaction on rural tourism tourists' willingness to revisit. *Sustainability*, *14*(19), 11938.

TKDK, 2024. https://www.tkdk.gov.tr/ (Access Date: 27/10/2024).

Topçu, Y., 2008. Süt Sığırcılığı İşletmelerinde Başarıyı Etkileyen Faktörlerin Analizi: Erzurum İli Örneği. OMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi, 2008,23(1):17-24.

Torres, R., & Momsen, J. (2005). Planned tourism development in Quintana Roo, Mexico: Engine for regional development or prescription for inequitable growth?. *Current Issues in Tourism*, *8*(4), 259-285.

Von Krogh, T., & Andersson, U. (2016). Reading patterns in print and online newspapers: The case of the Swedish local morning paper VLT and online news site Vlt. se. *Digital Journalism*, *4*(8), 1058-1072.

Wacker, W. (1996). Changing demands. *Journal of Advertising Research*, *36*(1), 31-34.

Wu, H. C., Cheng, C. C., & Ai, C. H. (2017). A study of experiential quality, equity, happiness, rural image, experiential satisfaction, and behavioral intentions for the rural tourism industry in China. *International Journal of Hospitality & Tourism Administration*, *18*(4), 393-428.

Yang, J., Yang, R., Chen, M. H., Su, C. H. J., Zhi, Y., & Xi, J. (2021). Effects of rural revitalization on rural tourism. *Journal of Hospitality and Tourism Management*, *47*, 35-45.

Žilinskas, V. J., & Petravičienė, L. (2007). Turızmo Verslas: Plėtros Konceptualızacıja Ir Tendencıjos Lıetuvoje. *Economics & Management*.

Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi 12(1): 245–256, 2025
https://doi.org/10.30910/turkjans.1591184

TÜRK TARIM ve DOĞA BİLİMLERİ DERGİSİ

TURKISH JOURNAL of AGRICULTURAL and NATURAL SCIENCES

www.dergipark.gov.tr/turkjans

Araştırma Makalesi

The Affect Of Agricultural Export And Employment On Economic Growth In Türkiye: Evidence From ARDL Approach

Hüseyin ÇELİK[1*], Gülferah ERTÜRKMEN[2], Muhyettin ERDEMLİ[3]

[1]Dicle University, Faculty of Economics and Administrative Sciences, Department of Economics,
[2]Kahramanmaraş Sütçü İmam University, Göksun School of Applied Sciences, Department of Finance and Banking,
[3]Siirt University, Faculty of Economics and Administrative Sciences, Department of Economics

*: Corresponding author: huseyincelik@dicle.edu.tr

Geliş Tarihi: 25.11.2024 Düzeltme Geliş Tarihi: 06.01.2025 Kabul Tarihi: 11.01.2025

ABSTRACT

The agricultural sector has historically been significant. However, today, even though the share of the agricultural sector in the total output is lower compared to other sectors in both developed and developing countries, it remains a sector of great importance in terms of both food production and economic indicators. To reveal the economic impacts of the agricultural sector, this study examines the relationship between agricultural exports, agricultural employment, and economic growth in Turkey for the period 1990-2022. In the study, per capita income is used as an indicator of economic growth, the share of agricultural exports in total exports as an indicator of agricultural exports, and the share of agricultural employment in total employment as an indicator of agricultural employment. The ADF and Phillips-Perron (PP) unit root tests and the ARDL bounds testing approach were used as methods in the study. According to the obtained results, there is a cointegration relationship for the model. Based on the long-term coefficients, agricultural exports increase economic growth, while agricultural employment decreases it. According to the short-term results, there is no deviation in agricultural employment, while agricultural exports also statistically significantly and positively affect economic growth in the short term. Turkey should increase agricultural mechanization and shift agricultural employment to other sectors. Furthermore, instead of exporting agricultural products as raw materials, processing them and exporting them as higher value-added products would contribute more to economic growth.

Key Words: Agricultural Exports, Agricultural Employment, Economic Growth, ARDL, Türkiye

Türkiye'de Tarımsal İhracat ve İstihdamın Ekonomik Büyüme Üzerindeki Etkisi: ARDL Yaklaşımından Kanıtlar

ÖZ

Tarım sektörü tarihsel süreçte önemli bir sektör olmuştur. Ancak günümüzde de tarım sektörü gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde toplam hasıla içindeki payı diğer sektörlere göre düşük olmasına rağmen hem gıda üretimi hem de ekonomik göstergeler açısından önem arz eden bir sektördür. Tarım sektörünün ekonomik etkilerini ortaya koymak adına bu çalışmada tarımsal ihracat ve tarımsal istihdam ile ekonomik büyüme ilişkisini 1990-2022 döneminde Türkiye için incelenmiştir. Çalışmada kişi başına düşen gelir ekonomik büyüme, tarımsal ihracatın toplam ihracat içindeki payı tarımsal ihracat, tarımsal istihdamın toplam istihdam içindeki payı tarımsal istihdam göstergesi olarak kullanılmıştır. Çalışmada yöntem olarak ADF ve Phillips-Peron (PP) birim kök testleri ve ARDL sınır testi yaklaşımı kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre model için eşbütünleşme ilişkisi mevcuttur. Uzun dönem katsayılarına göre tarımsal ihracat ekonomik büyümeyi arttırırken, tarımsal istihdam azaltmaktadır. Kısa dönem sonuçlarına göre tarımsal istihdamda herhangi bir sapma söz konusu değilken, tarımsal ihracat kısa dönemde de ekonomik büyümeyi istatistiksel olarak anlamlı ve pozitif etkilemektedir. Türkiye'nin tarımsal

makineleşmeyi arttırıp tarımsal istihdamı başka sektörlere kaydırmalıdır. Tarım ürünlerini de ham ihraç etmek yerine işleyip katma değeri daha yüksek ürünler olarak ihraç ederek ekonomik büyümeye daha fazla katkı sağlanmalıdır.

Anahtar Kelimeler : Tarımsal İhracat, Tarımsal İstihdam, Ekonomik Büyüme,ARDL, Türkiye

INTRODUCTION

Economic growth is a crucial element that enhances a country's prosperity and accelerates the development process. Among the factors contributing to economic growth, agriculture holds a significant position (Yılmaz, 2019: 35). The agricultural sector is one of the fundamental sectors of the economic structure in both developing and developed countries. The export potential of this sector has direct effects on economic growth (Demir and Aksoy, 2020: 78).

Agricultural exports are essential for both national and international economic development. On one hand, agricultural exports increase the country's foreign exchange earnings, thereby alleviating current account deficit problems; on the other hand, they improve overall economic balances. Moreover, the competitiveness of agricultural products in foreign markets presents new opportunities for domestic producers and enhances efficiency in the sector (Kara, 2021: 142). This situation contributes to agricultural exports to economic growth more evident (Öztürk, 2018: 56). In this context, increasing agricultural exports significantly contributes to the sustainable growth of the national economy.

The agricultural sector also creates a wide employment area, reducing unemployment in rural areas and increasing social welfare (Güneş, 2017: 89). The contribution of agricultural employment to economic growth is of critical importance, especially in terms of raising the income levels of the population living in rural areas and developing these regions. Employment opportunities provided in the agricultural sector play a role in the sustainability of economic growth (Çelik et al. 2020:460). Indeed, the positive effects of agricultural activities on employment in rural areas ensure that economic development is balanced and inclusive.

In research on the impact of exports on economic growth, the contribution of sectoral exports to growth and the importance of sectoral specialization are emphasized. Particularly in less developed countries, Singer and Prebisch (1950) argued that agricultural exports are critical for national economies, but the terms of trade are disadvantageous for these countries. It is stated that the terms of trade of agricultural production negatively affect national economies in two ways. The first relates to cost increases and the different institutional characteristics of factor markets. The other view is that technical progress benefits the industrial sector more than the agricultural sector (Emami and Mahdi, 2011: 145-160).

This study aims to research the effects of agricultural exports and employment on economic growth within the framework of the Cobb-Douglas production function. According to the Cobb-Douglas model, economic growth is shaped by the interaction of production factors (Cobb and Douglas, 1928: 150). In this model, agricultural exports are one of the factors that have a direct impact on production (Y). Increasing agricultural exports can stimulate economic growth by raising the country's overall income level (Grossman and Helpman, 1991: 30). Moreover, increasing employment (L) in the agricultural sector can positively contribute to economic growth by enhancing labor productivity and, consequently, production (Feenstra and Hanson, 1996: 240). In addition, with the increase in agricultural exports, technology transfer and capital investments (K) may also rise, which can support economic growth in the long term by triggering productivity increases (Romer, 1986: 1002). Therefore, this study aims to provide a theoretical framework to understand the role of agricultural exports and employment in economic growth and to quantitatively analyze these effects.

This study is organized into five sections. After the introduction, the second section presents the literature, the third section presents the data set and methodology, the fourth section presents the findings and discussion, and the last section presents the conclusions and recommendations.

LITERATURE REVIEW

Export is considered the driving force of trade, and trade is regarded as the fundamental dynamic of economic growth. An increase in exports can contribute to the expansion of trade volume and, consequently, to the rise in GDP growth rates. There is a broad literature examining the nexus between economic growth and export. Studies on the effects of agricultural exports on economic growth are generally divided into positive and negative effects. Among the positive effects are the studies by Grossman and Helpman (1991) , Öztürk (2018), Yılmaz (2019), Demir and Aksoy (2020), and Kara (2021). These studies show that agricultural exports stimulate economic growth by increasing the country's GDP and improving overall economic balances by raising foreign exchange earnings. On the other hand, studies by Emami and Mahdi (2011) and Singer and Prebisch (1950)

discuss that agricultural exports can limit economic growth, particularly in cases where terms of trade are disadvantageous, and create negative effects due to low added value. These different approaches indicate that the impacts of agricultural exports on economic growth may vary contingent on the country's conditions and trade dynamics. Furthermore, when examining other studies in the literature, Adalet (2004) investigates the affiliation between agricultural exports and economic growth using a multiple regression model for developing countries. It has been observed that agricultural exports significantly contribute to economic growth, especially in developing countries. These effects manifest in the form of foreign exchange earnings and employment growth. Dawson (2005) examining the effect of agricultural exports on economic growth across 62 countries during the period from 1974 to 1995. Fixed effects and random effects models were applied in this study. The analysis results demonstrated how significant agricultural exports are for economic growth, suggesting that agricultural exports can be described as a driver of growth. It was proven that agricultural exports make a substantial contribution to economic growth. Faridi (2012) used the Johansen cointegration method to estimate the nexus between Gross Domestic Product (GDP), agricultural exports, and non-agricultural exports in Pakistan for the period 1972-2008. The study found that agricultural exports do not affect economic growth, while non-agricultural exports positively contribute to the country's economic growth. Mehrara and Baghbanpour (2016) researched the contributions of agricultural exports and industrial to economic growth in emerging economies. Covering 34 developing countries from 1970 to 2014, their panel data analyses concluded that the nexus between economic growth and industrial exports is positive and statistically significant, whereas the relationship between agricultural exports and economic growth is weak. Demir (2022) examined the effects of Turkey's agricultural exports and goods and services exports on economic growth using data from 1988 to 2018. Linear and quantile regression methods were used, and the normal distribution of the data was run using Kolmogorov-Smirnov and Shapiro-Wilk tests. The study emphasized the significant impact of raw agricultural product exports on the Turkish economy, highlighting the importance of considering external demand in agricultural production and taking steps to increase productivity. Kara et al. (2024) examined the relationship between exports and economic growth at a sectoral level, focusing on the contributions of agricultural and industrial export products to the Turkish economy. Using the VAR and Johansen cointegration test, the study investigated the impact of agricultural and industrial exports on economic growth. The results indicated that both agricultural and manufacturing exports positively influence economic growth, with manufacturing exports contributing more significantly.

Some studies,in others, found a negative relationship between agricultural exports and growth. For instance, Sandalcılar (2012) examined the relationship between economic growth and export in Turkiye and the validity of the export-led growth hypothesis. Using quarterly data from 1987 to 2007, the study analyzed the relationship among economic growth, agricultural exports, non-agricultural exports, and total exports using cointegration, error correction model (VECM), and the Toda-Yamamoto model. The analysis showed that the export-led growth hypothesis holds in Turkey, indicating strong unidirectional causality from exports to economic growth in both the short and long run. Shan and Farooq (2015) researched the contribution of agricultural exports to economic growth specifically in Pakistan. Applying empirical tests using data from 1972 to 2008, the study's findings suggest that the effect of raw material-based agricultural exports on economic growth is insignificant. Kyaw (2017) studied the effect of agricultural exports' main products on economic growth in the Association of Southeast Asian Nations (ASEAN) countries. The study utilized fixed effects and random effects regression models. The analysis results revealed a statistically significant negative linkage between primary agricultural commodity export and economic growth. In contrast, non-agricultural exports were displayed to have a strong and positive impact on economic growth. Siaw et al. (2018) investigated the relationship between agricultural exports and economic growth in Ghana using the ARDL approach for the period 1990Q1-2011Q4. The analysis results demonstrated that cocoa exports have a significant positive effect on economic growth both in the long-run and short-run. However, pineapple and banana exports were found to have negative effects on economic growth. Aslan (2022) examined the impact of Turkey's agricultural product exports on economic growth using annual data from 1982 to 2020. Through the ARDL model analysis, the long-term coefficients identified in the analysis results showed that the coefficient for agricultural product exports was statistically insignificant. This indicates that agricultural product exports do not contribute to the export-led growth hypothesis in the agricultural sector.

Other group studies researched the causality nexus between agricultural export and economic growth. Yetiz and Özden (2017) examined the causality relationship between Turkey's GDP and the agriculture, industry, and services sectors using annual data from 1968 to 2015. Engle-Granger causality analysis was employed for this purpose. According to the analysis findings, a one-way Granger causality relationship was found from the agricultural sector to GDP, industry, and services sectors; however, it was determined that the agricultural sector is not influenced by the other sectors. Öz and Daş (2019) examined the connection between agricultural

production and economic development using annual data from 1991 to 2017 for both developed and developing countries. In their study using Granger Causality analysis, no causality relationship was found. However, it was shown that income has a positive short-term effect on agricultural productivity. Kopuk and Meçik (2020) researched the effects of Turkey's manufacturing and agricultural sector trade values on economic growth using data from 1998 to 2020. According to the causality test, a two-way causality relationship between the agricultural sector and manufacturing industry and a one-way causality towards GDP were identified. These results indicate that investments in both the manufacturing industry and the agricultural sector contribute to economic growth. Turhan and Erdal (2022) investigated the connection between agricultural employment and economic growth in Turkey from 1990 to 2019. The study examined gross domestic product (GDP), employment, and agricultural employment data. Stationarity analysis and causality tests were applied to analyze the model. It was found that there is a unidirectional causality linkage from agricultural GDP to agricultural employment, and from agricultural employment to total employment. Erdinç and Aydınbaş (2023) examined the affiliation between economic growth and agricultural product exports in Turkey from 1990 to 2020, employing the structural break time series analysis method. The results of the Toda-Yamamoto causality test indicated a bidirectional causality relationship between agricultural product exports and per capita income.

Studies on the effects of agricultural employment on economic growth present both positive and negative outcomes. Research by Lewis (1954), Gollin, Parente, and Rogerson (2002), Syrquin (1988), and Timmer (1988) argue that high employment rates in the agricultural sector can limit economic growth due to low productivity and inefficient resource utilization. These studies suggest that surplus labor in the agricultural sector hinders transitions to the industrial sector, thereby slowing overall economic growth. Conversely, studies by Güneş (2017), Çelik (2016), Binswanger and McIntire (1987), Johnston and Mellor (1961), and Ranis and Fei (1961) indicate that agricultural employment reduces unemployment in rural areas, enhances social welfare by increasing production and productivity, and positively contributes to economic growth. These positive effects are particularly crucial for rural development and increasing income levels. Özdemir and Yıldırım (2013) ran the Granger causality linkage between employment and economic growth using the wavelet approach for the period from January 2005 to April 2013. They found a unidirectional causality from growth to employment in the original series, while bidirectional causality was observed as frequency decreased. However, the empirical findings did not support the causality nexus between the variables. Biyase and Bonga-Bonga (2015) examined the relationship between economic growth and employment in the context of South Africa. Using Structural VAR (SVAR) analysis, they examined three key variables: economic growth rate, employment rate, and total investments, with total investments used as a control variable. The study analyzed annual data from 1970 to 2008. The results indicated that the employment rate had a very weak response to economic growth. Consequently, the hypothesis that growth does not create employment was deemed valid in the South African context. Görmüş (2019) utilized microdata from the Turkish Household Labor Force Survey to examine gender differences in the linkage among demographic, agricultural employment, and employment-related variables using contingency table analysis and chi-square tests. The results indicated that women were employed in agriculture at a higher rate than men, but they were disproportionately affected by precarious forms of employment such as unpaid family labor, part-time work, temporary or seasonal employment, and informal employment compared to men. Aigheyisi and Edore (2021) explored the impact of economic growth on employment in the service sector in Nigeria. They employed the ARDL approach and included variables reflecting trade openness, inflation, and financial sector development alongside economic growth in their model. The findings demonstrated that economic growth positively influenced employment in the service sector in both the short and long terms in Nigeria. Dinç (2022) analyzed the impact of the agricultural employment, industrial, and service sectors on economic growth in Turkey from 1968 to 2020. Employing Bootstrap Toda-Yamamoto Causality Analysis, the study identified a unidirectional causality relationship from agriculture to growth. A mutual relationship was discovered between the service sector and economic growth, whereas no causality relationship was detected between the industrial sector and economic growth. Telli Üçler (2022) compared sectoral employment rates and economic growth in Turkey from 1992 to 2020. The study applied Granger Causality tests to the agricultural, industrial, and service sectors, revealing a causality relationship between employment in the service and industrial sectors and economic growth, while no causality was found between agricultural employment and growth. Baskak (2023) analyzed the impact of sectoral employment rates on the economies of Turkic Republics that gained independence in 1991, covering the period from 1991 to 2019. Utilizing second-generation panel data analysis, the study employed variables of Gross Domestic Product (GDP), and employment rates in the agricultural, industrial, and service sectors. The findings indicated a causality relationship from GDP to employment in the agricultural, industrial, and service sectors, as well as from employment in the agricultural and industrial sectors to GDP.

When similar studies in the literature are analyzed, it is seen that the effects of agricultural exports and agricultural employment on growth are analyzed with time series and panel data methods. It can be said that the studies reveal different results as negative and positive relationships. However, no study examines the effect of agricultural exports and agricultural employment on economic growth together. At this point, it can be said that it differs from other studies. It is expected that parallel results will be obtained with the literature.

MATERIAL and METHOD

This study aims to discover the impact of agricultural exports and employment on economic growth. The economic growth indicator used is GDP per capita (constant 2015 US$), the dependent variable. The model includes agricultural exports (% of merchandise exports) and agricultural employment (% of total employment) as independent variables. The logarithm of the GDP variable has been taken to ensure a more accurate representation of the model.

The dataset in this study is sourced from the World Bank database, covering the period from 1990 to 2022 with annual frequency. The longest possible time frame for the data was selected to provide a comprehensive analysis. Descriptions of the variables can be found in Table 1.

Table 1. Descriptions of the variables

Variables	Explain	Period	Source
GDP	GDP Per Capital (constant 2015 USD)	1990-2022	World Bank
AGREX	Agricultural raw materials exports (% of merchandise exports)	1990-2022	World Bank
AEMP	Employment in agriculture (% of total employment)	1990-2022	World Bank

To visualize the trends of all variables over the period covered by the study, graphs for all variables are presented in Figure 1. It is observed that the economic growth indicator shows a general increasing trend. The variable AGREX, representing agricultural exports, and the variable EMP, representing agricultural employment, generally exhibit a declining trend.

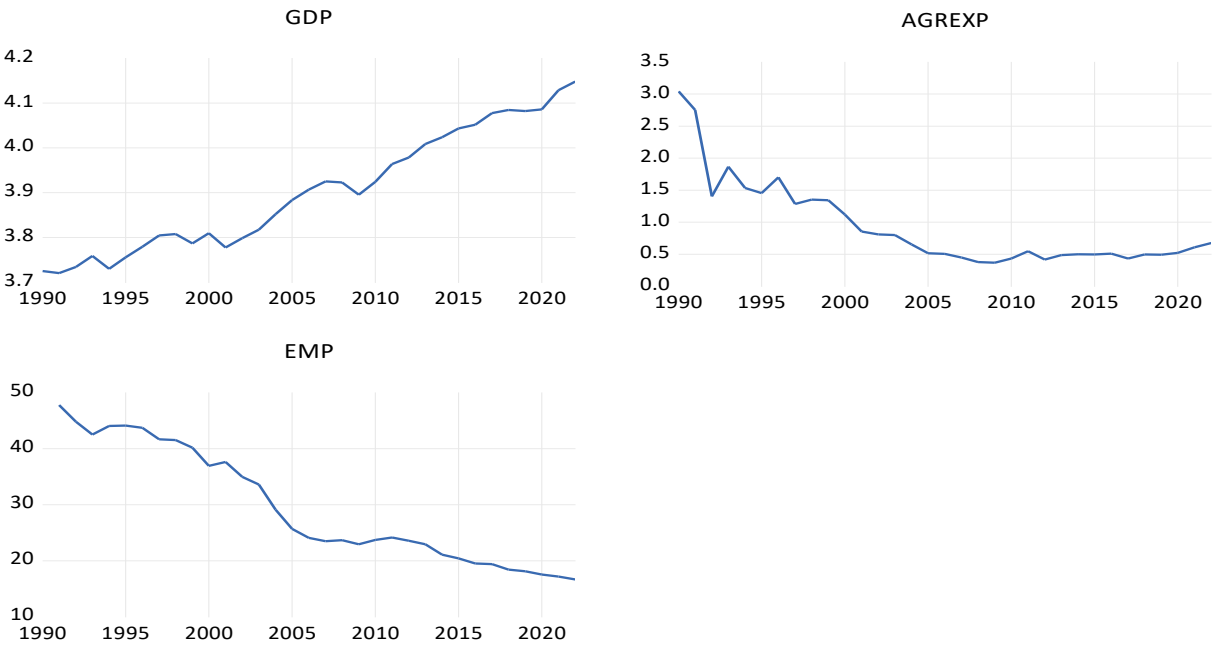


Figure 1. Trends of all variables

In econometric analyses using time series data to determine whether variables have unit roots, the starting point is to establish the stationarity levels of these variables. In other words, it addresses the question of whether the variables exhibit unit roots. To answer this question, there are several important unit root tests established in the literature. In this study, the Augmented Dickey-Fuller (ADF) test introduced by Dickey and Fuller (1981) and the Phillips-Perron (PP) test introduced by Phillips and Perron (1988) have been employed.

Dickey and Fuller (1981) assumed in their unit root test that there is no correlation among the error terms at all steps. If there is a correlation among the error terms, the lagged values of the dependent variable will appear on the right-hand side of the equation to address this issue. The test statistic for the ADF test under different scenarios is obtained using Equations 1, 2, and 3 sequentially.

$$\Delta y_t = \delta Y_{t-1} + e_t \quad (1)$$
$$\Delta y_t = \beta_0 + \delta Y_{t-1} + e_t \quad (2)$$
$$\Delta y_t = \beta_0 + \beta_1 t + \delta Y_{t-1} + e_t \quad (3)$$

If there is autocorrelation in the error term (error term) in Equation 3, then this equation is restructured as Equation 4. In this equation, lagged difference terms are used, and the number of these terms is usually determined empirically. The fundamental purpose of restructuring the equation in this way is to include terms in the model that will ensure the error term is free from autocorrelation.

$$\Delta y_t = \beta_0 + \beta_1 t + \delta Y_{t-1} + \alpha \sum_{i=1}^{m} \Delta Y_{t-i} + e_t \quad (4)$$

Phillips and Perron (1988) perform nonparametric tests alongside each ADF test using a unit root test. These are referred to as Z-tests. Monte Carlo studies have shown that the PP test tends to reject the unit root hypothesis when there is a negative moving average. However, when there is a positive moving average, the PP test tends to perform well. Economic theory can sometimes provide insight into this distinction. In the absence of such prior knowledge, it is advisable to conduct both tests in a complementary manner (Bozkurt, 2013, 43-44). The test statistic for the PP test is obtained using Equation 6.

$$\Delta y_t = \beta_0 + \beta_1 t + \delta Y_{t-1} + e_t \quad (5)$$

In time series analysis, cointegration methods hold significant importance, and various tests can be employed. Pesaran, Shin, and Smith (2001) developed the Autoregressive Distributed Lag (ARDL) bounds test, which is a flexible method that can be used under the condition that variables are not I(2). One of the major advantages of this test is that it does not require variables to be stationary at the same level. The formulation of the cointegration model between variables can be expressed as shown in Equation 6.

$$\Delta Y_t = \alpha + \beta_1 Y_{t-1} + \beta_2 X_{t-1} + \sum_{i=1}^{p} \gamma_i \Delta Y_{t-i} + \sum_{j=1}^{q} \delta_j \Delta X_{t-j} + e_t \quad (6)$$

In Equation 7, α and β represent the cointegration parameters, γ denotes the lag lengths, and ϵ stands for the error term. This model captures both short-run and long-run relationships and provides reliable results even with small samples. The ARDL bounds test is a preferred method, especially when variables exhibit different levels of stationarity in datasets (Gülmez, 2015). In a study investigating the relationship between economic growth, agricultural exports, and agricultural employment in Turkey, the long-run relationship as formulated in Equation 6 was examined using the equality presented in Equation 7, following the ARDL bounds test approach.

$$\Delta GDP_t = \beta_t + \beta_1 GDP_{t-1} + \beta_2 AGREX_{t-1} + \beta_3 AEMP_{t-1} + \sum_{i=1}^{p} \alpha_{1i}\, GDP_{t-i} + \sum_{i=1}^{p} \alpha_{2i}\, AGREX_{t-i} + \sum_{i=1}^{p} \alpha_{3i}\, AEMP_{t-i} + \varepsilon_t \quad (7)$$

In Equation 8, $t - i$ represents the appropriate lag length calculated according to the Akaike Information Criterion, while β and α test the long-run relationship between variables. In the study, the short-run relationship using the error correction model of the ARDL bounds test was investigated with the equality shown in Equation 9.

$$\Delta GDP_t = \alpha_0 + \sum_{i=1}^{p} \alpha_{1i}\, GDP_{t-i} + \sum_{i=1}^{p} \alpha_{2i}\, AGREX_{t-i} + \sum_{i=1}^{p} \alpha_{3i}\, AEMP_{t-i} + \varphi ECT_{T-1} + \varepsilon_t \quad (8)$$

In Equation 9, α\alphaα represents short-term changes. The error correction term (ECT) is a short-term variant that indicates the speed of adjustment towards equilibrium deviations and typically follows a normal distribution between -1 and 0. If statistically significant, this indicates that deviations in the short term are corrected towards equilibrium in the long term. The model's adherence to a normal distribution is examined using CUSUM and CUSUMQ charts, while autocorrelation issues are checked using the Breusch-Godfrey LM test. The problem of varying variance is tested using the Breusch-Pagan-Godfrey test.

The ARDL bounds test approach determines whether the null hypothesis $H_0 = \beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = 0$ is accepted or rejected based on the F-statistic. If the F-statistic exceeds the upper bound value, the null hypothesis is rejected, indicating a long-run relationship among the variables. Conversely, if the F-statistic is below the lower bound value, it suggests no long-run relationship between the variables (Pesaran et al., 2001).

FINDING AND DISCUSSION

Table 2 presents the unit root test results for the variables constituting the study's model. According to the results obtained, the variable LGDP, representing economic growth, contains a unit root at levels in both ADF and PP unit root tests. Taking the first difference of GDP makes it stationary at the 1% significance level for both constant and constant plus trend models, according to both test statistics. The variable AEXP, representing agricultural exports, is stationary at levels in the ADF test for the constant model and at levels for both the constant and constant plus trend models in the PP test. AEXP becomes non-stationary in levels but stationary in the first difference for the non-stationary model. The variable AEMP, representing agricultural employment, is not stationary at levels according to both ADF and PPP unit root tests for both constant and constant plus trend models, but it becomes stationary after taking the first difference. Based on the unit root test results, the variables constituting the model are stationary at levels I(0) and I(1). In other words, they are not stationary in the same order. In econometric empirical analysis, cointegration tests are applied after unit root test results. Since the variables are stationary at different levels and do not satisfy the condition of being I(2), empirical analyses will be conducted using the ARDL approach (Çelik, 2022:8).

Table 2. Unit Root Tests Results

		Level		First Difference	
	Models	**ADF**	**PP**	**ADF**	**PP**
LGDP	C	0.634	19.583	-56.600***	-63.831***
		[0.988]	[0.999]	[0.000]	[0.000]
	C+T	-24.617	-23.578	-57.073***	-83.125***
		[0.343]	[0.393]	[0.000]	[0.000]
LAEXP	C	-	47.583***	-	-
		39.764***	[0.000]	-	-
		[0.004]			
	C+T	-12.123	34.634*	-120.149***	-
		[0.885]	[0.060]	[0.000]	-
AEMP	C	-15.360	-14.650	-44.067***	-43.846***
		[0.502]	[0.537]	[0.000]	[0.001]
	C+T	-10.483	-13.671	-43.892***	-43.708***
		[0.921]	[0.850]	[0.008]	[0.008]

Notes: C: Constant model. C+T: Constant and trend model. *** and * denote significance at the p<0.01 and p<0.1 levels, respectively.

Before proceeding with the implementation of the ARDL approach, it is necessary to determine the appropriate lag length. The results for the appropriate lag length are shown in Table 2. According to the Akaike Information Criterion (AIC), the lag length is 3, while according to the Schwarz Information Criterion (SIC), it is 1. However, since AIC is supported by other information criteria and is considered stronger than others, the lag length chosen is 3 (Lütkepohl, 2006; Salman et al., 2022; Çelik, 2022).

Table 3. Lag Length Determination Results

Lag	LogL	LR	FPE	AIC	SC	HQ
0	-30.010	NA	0.001	2.276	2.418	2.320
1	61.191	157.244	6.78e-0	-3.392	-2.826*	-3.215
2	66.209	7.6143	9.14e-0	-3.117	-2.127	-2.807
3	84.256	23.647*	5.20e-0*	-3.741*	-2.327	-3.298*

Note: The * symbol indicates the appropriate lag length for each information criterion.

The study's model was examined using the ARDL approach based on the appropriate lag length. Cointegration results are presented in Table 3. The F-statistic value is 5.811520, indicating a cointegrating relationship among the variables constituting the model at the 5% significance level. In other words, there is a long-run relationship among the variables in the model.

Table 4. ARDL Bounds Test Approach Results

Test Statistics	Value	K
F-statistic	5.811520**	4
	Critical Bound Values	
Significant Levels	**I(0) Bound**	**I(1) Bound**
%1	5.15	6.36
%5	3.79	4.85
%10	3.17	4.14

Note: ** denotes significance at the 5% level, respectively.

The ARDL bounds test approach was examined in terms of diagnostic statistic tests including Breusch-Pagan-Godfrey, Breusch-Godfrey LM, Jarque-Bera, and Ramsey RESET, and the results are shown in Table 5. In these tests, the probability (p-value) values for serial correlation, heteroskedasticity, specification errors, and normality of distribution should exceed 0.05. Therefore, it is observed that the probability (p-value) values of the diagnostic statistics meet the required condition. In other words, the model exhibits no serial correlation, no heteroskedasticity issues, no specification errors, and follows a normal distribution.

Table 5. Diagnostic Statistics Tests

Tests	X^2 (P-Value)	Results
Breusch Godfrey LM	0.497	No serial correlation
Breusch Pagan Godfrey	0.777	No heteroskedasticity
Ramsey RESET Test	0.668	No specification error
Jarque-Bera Test	0.056	Errors are normally distributed

Through the analysis employing the ARDL approach, cointegration relationships were established and after confirming the necessary assumptions, long-run coefficients were estimated. These coefficients are presented in Table 5. It was found that agricultural exports (AGREX) significantly and positively affect economic growth at the 1% level of significance. Specifically, a 1% increase in agricultural exports leads to a 0.246% increase in economic growth. In other words, a positive relationship between agricultural exports and economic growth was identified. These findings are consistent with Kara et al. (2024) and Erdinç and Aydınbaş (2019), who also found significant links between agricultural exports and economic growth. Previous studies by Balassa (1985) and Michaely (1977) have highlighted the foreign exchange earning effects of agricultural exports and their role in rural income growth, thereby promoting economic growth. These studies emphasize that agricultural exports contribute to infrastructure development, technology transfer, and increased employment, supporting economic growth.

On the other hand, agricultural employment (EMP) was found to have a statistically significant negative impact on economic growth at the 1% level of significance. This implies that agricultural employment negatively affects economic growth. This result is consistent with other literature. Early studies by Kuznets (1955) and Lewis (1954) argued for a reduction in the share of agricultural employment during economic development, suggesting that a shift of labor from agriculture to industry and services would accelerate economic growth. Lewis' dual-sector model posited that countries with high agricultural employment experience slower economic growth until labor shifts away from agriculture. Johnston and Kilby (1975) found that high agricultural employment countries faced hindered economic growth due to low productivity and limited capital accumulation. These studies underscored that inefficiencies and technological deficiencies in the agricultural sector could adversely impact overall economic growth. Gollin, Parente, and Rogerson (2002), as well as Dercon and Gollin (2014), suggested that high levels of employment in agriculture could restrict sufficient labor supply to non-agricultural sectors, thereby slowing down economic growth. Additionally, the low educational and skill levels among agricultural workers were seen as barriers to economic growth.

In conclusion, this literature review summarizes various studies indicating that countries with high agricultural employment may experience adverse effects on economic growth. Factors such as low agricultural productivity, limited technological innovations, and low education levels in the sector are highlighted as potential impediments to overall economic growth. These findings suggest that investments in and shifts of labor to non-agricultural sectors could promote economic growth.

Table 6. ARDL Long-Run Coefficient Results (1.3.0)

Variables	Coefficient	t-statistic	P-value
AGREXP	0.246***	5.266	0.000
A"EMP	-0.021***	-9.344	0.000
R-squared	0.556	F-statistic	7.854
Adjusted R-squared	0.485	Prob.(F-statistic)	0.000

Note: *** , denotes significance at the 1% level, respectively. Lag lengths were determined according to the Akaike Information Criterion.

The short-term error correction results of the model are also shown in Table 6. According to the results obtained, the error correction term is statistically significant at the 1% level. The coefficient of the error correction term, which ranges between -1 and 0, is -0.389 and statistically significant. This coefficient indicates that deviations in the model are corrected towards equilibrium approximately 2.5 years later. The ARDL model (1.3.0) was estimated for these findings. Here, the appropriate lag length for the variable representing agricultural employment (AEMP) is 0, indicating that changes in agricultural employment in the short term have an immediate effect without any delay. In other words, there is no deviation in the short term for agricultural employment. On the other hand, the variable representing agricultural exports (AGREXP) is statistically significant at the 1% level and positively associated.

Table 7. ARDL Short-Term Error Correction Results (1.3.0)

Variables	Coefficient	t-statistic	P-value
Cons	1.700***	4.398	0.000
D(AEXP)	0.105***	4.124	0.000
D(AEXP)(-1)	0.033**	2.560	0.017
D(AEXP)(-2)	0.045***	4.380	0.000
CointEq(-1)	-0.389***	-4.353	0.000

Note: *** and ** denote significance at the 1% and 5% levels, respectively.

The stability of the coefficients in both short-term and long-term estimates of the model was assessed using the CUSUM and CUSUM2 tests. As shown in Figure 2, the distributions of CUSUM and CUSUM2 indicate that the coefficients lie within the critical bounds. This implies that the coefficients exhibit a stable distribution.

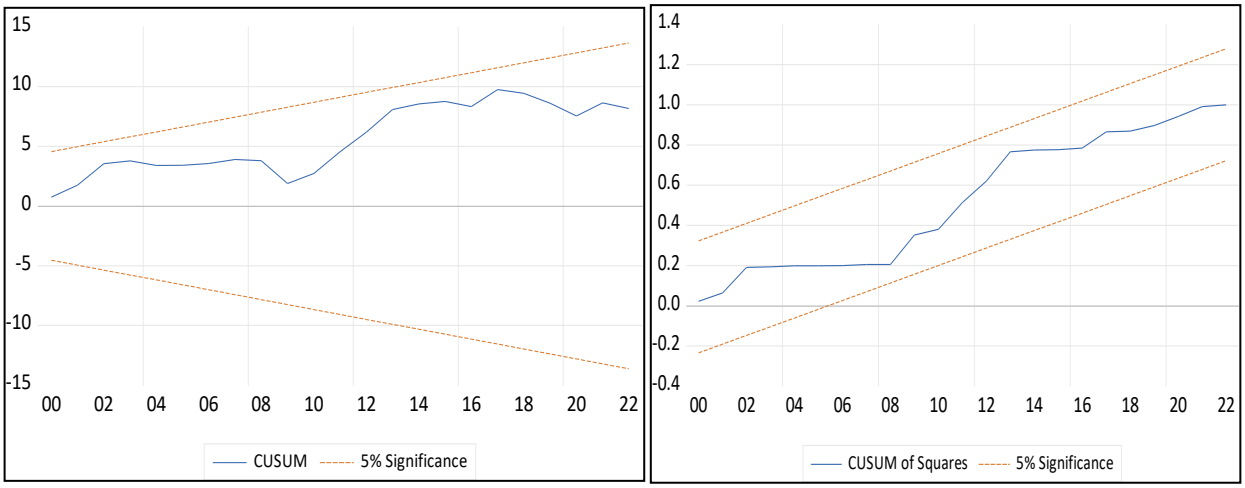


Figure 2. CUSUM and CUSUM^2 Results

CONCLUSION AND RECOMMENDATIONS

In this study, the impact of agricultural exports and agricultural employment on economic growth was investigated for the Turkish economy using data from the period 1990-2022. The methods employed include the ADF and PP unit root tests, as well as the ARDL bounds testing approach. According to the results obtained, the agricultural export variable is stationary at the level in the ADF test with a constant model, and in the PP test, it

is stationary at the level for both constant and constant with trend models. Other variables exhibit unit roots at the level and become stationary at the first difference. Due to the different levels of unit root test results for the variables, the ARDL bounds testing approach was used. The findings reveal a long-term cointegration relationship between the variables in the model. Agricultural exports have a statistically significant and positive effect on economic growth, while a statistically significant and negative relationship is found between agricultural employment and economic growth.

The results concerning the relationship between agricultural exports and economic growth indicate that the export-led growth hypothesis is valid for agricultural exports in Turkey. In other words, a positive relationship from agricultural exports to economic growth is observed. Agricultural exports contribute to long-term growth by supporting rural development. Income from agricultural exports can support the development of rural infrastructure and human capital. The adoption of sustainable agricultural practices can support the conservation of natural resources and economic growth (Pingali, 2007). However, agricultural exports can contribute to improving the foreign trade balance and controlling inflation. Export revenues support economic stability by reducing current account deficit problems. A stable export sector can reduce volatility in the growth process (Prebisch, 1950). It is understood that exports resulting from increased agricultural production in Turkey have a significant impact on growth. On the other hand, the negative impact of agricultural employment on economic growth can be explained by the increase in agricultural mechanization, leading to a decrease in agricultural employment. It may also be related to low rates of technological progress in the agricultural sector. Indeed, in economies where technological innovations in agriculture are limited, increasing agricultural employment may not increase sectoral productivity. This may slow down growth in the long run (Gollin, Parente, and Rogerson, 2002). However, this negative relationship can be interpreted as suggesting that the workforce employed in agriculture should transition to other sectors, and increased agricultural mechanization would be more beneficial in terms of productivity and growth. Therefore, it can be stated that mechanization in agriculture would be more advantageous for productivity enhancement.

Turkey is a country with high agricultural potential. Supporting agriculture, processing the products obtained for export, and maintaining dynamic agricultural policies are of great importance. In parallel, an increase in agricultural exports would bring foreign currency into the country and positively impact the trade balance. Agricultural production should be carried out with modern mechanization. Farmers lacking adequate means should be supported in acquiring machinery and equipment, enabling the workforce to shift to other sectors and modern agriculture to be practiced.

This study has the following limitations. Since the results of the study were obtained with data from Turkey for the years 1990-2022, the results may not be generalizable to other countries. In addition, agricultural exports and employment depend on climatic conditions, environmental factors, and the development of non-agricultural sectors. These variables could not be included in the study due to lack of data.

It can be suggested that future studies should remove these limitations and do the following: Although the ARDL model is suitable for analyzing short-term and long-term relationships between variables, it does not determine the direction of causality with certainty. In addition, it is based on linear relationships and may be inadequate in capturing nonlinear relationships. This deficiency can be overcome by using more complex and dynamic methods in the future.

Disclosure statement

The authors declare that they have no conflicts of interest

AUTHORS ORCID NUMBERS

Hüseyin ÇELİK https://orcid.org/0000-0002-2455-9381

Gülferah ERTÜRKMEN https://orcid.org/0000-0003-2239-0241

Muhyettin ERDEMLİ https://orcid.org/0000-0002-1331-2922

REFERENCES

Adalet, H. (2004). The impact of agricultural exports on economic growth in developing countries. *Journal of Development Economics, 76*(2), 437-456.

Aigheyisi, O. S., Edore, J. O. (2021). Economic growth and employment in Nigeria's services sector. *Journal of Economics and Allied Research, 6*(1), 90-102.

Aslan, M. (2022). Tarım ürünleri ihracatı ekonomik büyümeyi destekliyor mu? Türkiye'den ampirik bulgular. *Artvin Çoruh University International Congress on Ecology, Economy, and Regional Development ECOSUS*, 9-11 Haziran 2022, Artvin, Türkiye.

Baskak, T. E. (2023). Türk Cumhuriyetlerinde sektörel istihdam oranları ile büyüme ilişkisi. *İzmir İktisat Dergisi, 38*(4), 908-929. https://doi.org/10.24988/ije.1193779

Biyase, M., Bonga-Bonga, L. (2015). The relationship between growth and employment in South Africa: Structural vector autoregressive analysis. *Environmental Economics, 6*(2), 54-58.

Bozkurt, H. Y. (2013). *Zaman serileri analizi* (Genişletilmiş 2. baskı). Bursa: Ekin Yayınevi.

Cobb, C. W., Douglas, P. H. (1928). A theory of production. *American Economic Review, 18*(1), 139-165.

Çelik, H. (2022). Türkiye'de ihracat çeşitliliği ve ekonomik büyüme ilişkisi: ARDL yaklaşımı. *Uluslararası İktisadi ve İdari İncelemeler Dergisi, 35*, 147-162. https://doi.org/10.18092/ulikidince.1048669

Çelik, R., Keskin, A., & Keskin, A. (2021). Türkiye'de ekonomik büyüme, işsizlik ve enflasyonun kayıt dışı istihdam üzerindeki etkisi: ARDL sınır testi yaklaşımı. *Journal of Social Policy Conferences, 80*, 451-474. https://doi.org/10.26650/jspc.2021.80.000053

Dawson, P. J. (2005). Agricultural exports and economic growth in less developed countries. *Agricultural Economics, 33*(2), 145-152.

Demir, A., Aksoy, H. (2020). Tarım sektöründe ihracat ve ekonomik büyüme ilişkisi. *Ekonomik Araştırmalar Dergisi, 12*(4), 75-89.

Demir, Y. (2022). Ürün ve hizmet ile ham tarım ürünleri ihracatının ekonomik büyümeye etkisinin doğrusal ve kantil regresyonla incelenmesi. *İnsan ve Toplum Bilimleri Araştırmaları Dergisi, 11*(4), 2311-2332. https://doi.org/10.15869/itobiad.1138419

Dickey, D. A., Fuller, W. A. (1981). Likelihood ratio statistics for autoregressive time series with a unit root. *Econometrica, 49*(4), 1057-1072.

Dinç, Ö. G. (2022). Türkiye'de tarım, sanayi ve hizmet sektörleri ile ekonomik büyüme arasındaki ilişki: Bootstrap Toda-Yamamoto nedensellik testi. *İşletme Ekonomi ve Yönetim Araştırmaları Dergisi, 5*(2), 226-233. https://doi.org/10.33416/baybem.1125113

Emami, K., Mahdi, A. (2011). The role of agricultural exports in economic growth: The case of developing countries. *Journal of Agricultural Economics, 62*(2), 145-160.

Erdinç, Z., Aydınbaş, G. (2023). Yapısal kırılmalar dahilinde tarımsal ürün ihracatı ile iktisadi büyüme ilişkisi: Türkiye örneği. *Politik Ekonomik Kuram, 7*(2), 552-564. https://doi.org/10.30586/pek.1373874

Faridi, M. Z. (2012). Contribution of agricultural exports to economic growth in Pakistan. *Pakistan Journal of Commerce and Social Sciences, 6*(1), 133-146.

Feenstra, R. C., Hanson, G. H. (1996). Globalization, outsourcing, and wage inequality. *American Economic Review, 86*(2), 240-245.

Gollin, D., Parente, S., & Rogerson, R. (2002). The role of agriculture in development. *American Economic Review, 92*(2), 160-164. https://doi.org/10.1257/000282802320189177

Görmüş, A. (2019). Türkiye'de tarımsal istihdamın cinsiyete dayalı yapısı ve sosyal politika önerileri. *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi İİBF Dergisi, 14*(3), 563-578.

Grossman, G. M., Helpman, E. (1991). *Innovation and growth in the global economy*. MIT Press.

Gülmez, A. (2015). Türkiye'de dış finansman kaynakları ekonomik büyüme ilişkisi: ARDL sınır testi yaklaşımı. *Ekonomik ve Sosyal Araştırmalar Dergisi, 11*(2), 139-152.

Güneş, T. (2017). Tarımsal istihdamın ekonomik kalkınmadaki rolü. *Tarım Ekonomisi Dergisi, 23*(1), 85-95.

Kara, M. (2021). Tarımsal ürünlerin dış ticaret ve rekabet edilebilirlik analizi. *Uluslararası Ticaret ve Kalkınma Dergisi, 14*(2), 140-150.

Kara, M. A., Aksu, T., Tanış, Ş. (2024). Türkiye ekonomisinde tarım ve sanayi ihraç ürünlerinin ekonomik büyümeye katkısı. *Gaziantep University Journal of Social Sciences, 23*(2), 615-632. https://doi.org/10.21547/jss.1383865

Kopuk, E., Meçik, O. (2020). Türkiye'de imalat sanayi ve tarım sektörlerinin ekonomik büyüme üzerine etkisi: 1998-2020 dönemi analizi. *Yönetim ve Ekonomi Dergisi, 27*(2), 263-274.

Kyaw, A. M. M. (2017). *Agricultural export and economic growth in ASEAN countries* (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). KDI School of Public Policy & Management, Sejong City, Güney Kore.

Lütkepohl, H. (2006). Structural vector autoregressive analysis for cointegrated variables. *Allgemeines Statistisches Archiv, 90*, 75-88.

Mehrara, M., Baghbanpour, J. (2016). The contribution of industry and agriculture exports to economic growth: The case of developing countries. *World Scientific News, 46*, 100-111.

Öz, B., Daş, D. (2019). An empirical analysis of the relationship between agricultural productivity and economic development for Turkey. *Social Science Research Network*. https://doi.org/10.2139/ssrn.3394161

Özdemir, B. K., Yıldırım, S. (2013). Türkiye'de ekonomik büyüme ve istihdam arasındaki nedensellik ilişkisinin analizi: Özçıkarımlı dalgacık yaklaşımı. *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 38*.

Öztürk, S. (2018). Türkiye'de tarımsal ihracatın ekonomik büyüme üzerindeki etkisi. *Ekonomik Kalkınma ve Politikaları Dergisi, 10*(3), 50-65.

Pesaran, M. H., Shin, Y., & Smith, R. J. (2001). Bounds testing approaches to the analysis of level relationships. *Journal of Applied Econometrics, 16*(3), 289-326. https://doi.org/10.1002/jae.616

Phillips, P. C. B., Perron, P. (1988). Testing for a unit root in time series regression. *Biometrika, 75*(2), 335-346.

Pingali, P. (2007). Agricultural growth and economic development: a view through the globalization lens. *Agricultural Economics*, *37*, 1-12.

Prebisch, R. (1950). The Economic Development of Latin America and Its Principal Problems, United Nations Department of Economic Affairs, Economic Commission for Latin America (ECLA), New York. http://archivo.cepal.org/pdfs/cdPrebisch/002.pdf

Romer, P. M. (1986). Increasing returns and long-run growth. *Journal of Political Economy, 94*(5), 1002-1037.

Salman, M., Zha, D., & Wang, G. (2022). Interplay between urbanization and ecological footprints: Differential roles of indigenous and foreign innovations in ASEAN-4. *Environmental Science and Policy, 127*, 161-180.

Sandalcılar, A. R. (2012). Türkiye'de tarımsal ihracat, tarım dışı ihracat ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkinin nedensellik analizi. *Finans Politik & Ekonomik Yorumlar, 49*(570), 65-76.

Shan, S. W. A. H. M. A., Farooq, R. M. A. (2015). Agricultural export and economic growth: A case study of Pakistan. *Public Policy and Administration Research, 5*(8), 87-97.

Siaw, A., Jiang, Y. S., Pickson, R. B., Dunya, R. (2018). Agricultural exports and economic growth: Disaggregated analysis for Ghana. *Theoretical Economics Letters, 8*, 2251-2270. https://doi.org/10.4236/tel.2018.811147

Telli Üçler, Y. (2022). Türkiye'de sektörler itibari ile istihdam büyüme ilişkisi. *Pearson Journal of Social Sciences & Humanities, 7*(21), 148-160. https://doi.org/10.46872/pj.590

Turhan, Ş., Erdal, B. (2022). Ekonomik büyüme ve tarımsal istihdam. *Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 5*(1), 66-74.

Yetiz, F., Özden, C. (2017). Analysis of causal relationship among GDP, agricultural, industrial and services sector growth in Turkey. *Ömer Halisdemir Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 10*(3), 75-84.

Yılmaz, B. (2019). Tarımsal ihracatın ekonomik büyümeye katkısı. *Tarım ve Ekonomi Dergisi, 11*(1), 30-40.

Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi 12(1): 257, 2025

Baskı Hatası-Corrigendum

TÜRK TARIM ve DOĞA BİLİMLERİ DERGİSİ

TTDB

TURKISH JOURNAL of AGRICULTURAL and NATURAL SCIENCES

www.dergipark.gov.tr/turkjans

Corrigendum

Corrigendum to "Allelopathic Effect of Jimson Weed (*Datura stramonium* L.) Seed Extracts on Seed Germination of Some Plants" [Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi 11(4):1232-1238, 2024]

Murat TURAN[1] , Reyyan YERGİN ÖZKAN[2]*

[1]Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Van, Türkiye

[2]Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Van, Türkiye

*Corresponding author E-mail address: reyyanyergin@yyu.edu.tr (Reyyan YERGİN ÖZKAN)

Yazarların isteği ile makalenin teşekkür bölümü aşağıdaki gibi düzeltilmiştir.

Key words: *Allelopati, Datura spp., Çimlenme, Mücadele, Yabancı ot.*

DOI of original article: https://doi.org/10.30910/turkjans.1537380

Teşekkür

Bu çalışma, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü bünyesinde yürütülen ve Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından desteklenen (Proje kodu: FYL-2020-8861) "Şeytan elması (*Datura stramonium* L.) Tohum Ekstraktlarının Kırmızı Köklü Horozibiği (*Amaranthus retroflexus* L.), Sirken (*Chenopodium album* L.) ve Şeker Pancarının (*Beta vulgaris* L.) Tohum Çimlenmesine Allelopatik Etkisi" başlıklı yüksek lisans tezidir. Ayrıca Doç. Dr. Gazel SER'e (Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi) istatistik analizler sırasında verdiği destek için teşekkür ederiz.

Baskı Hatası-Corrigendum

TÜRK
TARIM ve DOĞA BİLİMLERİ
DERGİSİ

TTDB

TURKISH
JOURNAL of AGRICULTURAL
and NATURAL SCIENCES

www.dergipark.gov.tr/turkjans

Corrigendum

Corrigendum to "Comparison of Fruit Quality Characteristics of Çakıldak, Palaz and Tombul Hazelnut (Corylus colurna L.) Varieties Grown at Different Altitudes of Ordu Province" [Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi 11(4):1114-1121, 2024]

Yakup POLAT[1]*, Ebru KURT[2], Buse TAGAY BİÇE[2], Ferit ÇELİK[1] , N.Ebru KAFKAS[2]

[1]Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Van

[2]Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Adana

*Corresponding author E-mail address: yakupyyu@gmail.com

Yazarların isteği ile makalenin İngilizce ve Türkçe Başlığı aşağıdaki gibi düzeltilmiştir.

Key words: *Altitude, Hazelnut, Fruit quality properties, Ordu.*

DOI of original article: https://doi.org/10.30910/turkjans.1451726

Makale Başlığı

Ordu ilinin Farklı Rakımlarında Yetiştirilen Çakıldak, Palaz ve Tombul Fındık (Corylus avellana L.) Çeşitlerinin Meyve Kalite Özelliklerinin Karşılaştırılması

Comparison of Fruit Quality Characteristics of Çakıldak, Palaz and Tombul Hazelnut (Corylus avellana L.) Varieties Grown at Different Altitudes of Ordu Province