



# Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi

Cilt: 11 Sayı :2 Yıl : 2024



**Turkish Journal of Agricultural and Natural Sciences**

Volume:11 Issue:2 Year:2024

ISSN 2148-3647

## Araştırma Makaleleri

1. Farklı Orandaki Ambalaj Açıklıklarının 'Alphonse Lavallée' Üzüm Çeşidinin Muhafazasına Etkilerinin Belirlenmesi

Fatih Şen Ayşe Bayramoğlu

Sayfa: 303-310

2. Investigation Of Consumers' Attitudes Towards Seaweeds and Insects

Havva Nur Özcan Gökhan Çınar

Sayfa: 311-320

3. Keban Baraj Gölünden yakalanan Gökkuşuğu Alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*)'nin Bazı Besin İçeriğinin Değerlendirilmesi

A. Şükrü Bengü

Sayfa: 321-329

4. Investigation of Olive Production in Ten-Year Period in 1961-2021 Years

Ahmet Semih Uzundumlu Tuba Ateş

Sayfa: 330-341

5. Analysis of the Relationship Lag Between Beef Production Amount and Average Meat Price in Turkey Using the Koyck Model

İsmail Gök Mustafa Şahin

Sayfa: 342-346

6. Effect of Active Lime on the Availability of Metal Micronutrients

Hatice Kadifeci Hüseyin Dikici Ömer Faruk Demir

Sayfa: 347-356

7. Atatürk Üniversitesi Ata Botanik Bahçesi Kullanıcı Memnuniyetlerinin Belirlenmesi

Büşra Aksu Hasan Yılmaz

Sayfa: 357-370

8. Effects of Different Row Spacing on the Nutritional Value of Quinoa Silage

Bilal Keskin Abdurrahman Duman

Sayfa: 371-380

9. The Control of *Pseudomonas syringae* pv. *tomato*, Causing Bacterial Spot Disease in Tomato, by Different Plant Essential Oils

Mesude Figen Dönmez Işıl Temel Esat Temtek

Sayfa: 381-388

10. Şeytan Elması (*Datura stramonium* L.) ve Sirken (*Chenopodium album* L.) Etanol Ekstraktlarının Bitki Patojeni (*Macrophomina phaseolina* ve *Rhizoctonia solani*) Fungusları Üzerine Allelopatik Etkileri

Ayhan Taştan Enes Fidan İlhan Kaya Tekbudak

Sayfa: 389-395

11. Gıda Atığı Kompostu ile Kimyasal Gübre Uygulamasının Marul ve Ispanak Yetiştirilen Vertisol Grubu Toprakların Verimliliğine Etkileri

Serhat Gürel

Sayfa: 396-408

12. Pathogenicity of the *Steinernema feltiae* TUR-S3 (*Rhabditida: Steinernematidae*) Isolate on *Oryzaephilus surinamensis* (*Coleoptera: Silvanidae*) and *Tribolium confusum* (*Coleoptera: Tenebrionidae*)

Osman Nuri Yaraşır Eren Ergene Alperen Kaan Bütüner Hilal Susurluk Alper Susurluk

Sayfa: 409-416

13. Bazı Üzüm Çeşitlerinde Salkım Teşekkül Pozisyonlarının Belirlenmesiyle Göz Verimliliğinin Saptanması

Mehmet İlhan Odabaşoğlu

Sayfa: 417-430

14. 12 Yaş Öğrencilerine Çevre Dostu Sürdürülebilir Tarımsal Mücadeleye Farkındalık Kazandırılmasında Çanakkale Örneği

Hanife Yandayan Genç Mehmet Ali Gündoğdu Ceren Saran Arzu Bayındır

Sayfa: 431-441

15. Mercimek Çeşitlerinin Yüksek Sıcaklıklara Tohum Çimlenmesi ve Fide Çıkışı Tepkileri

Ali Öztürk Aleyna Dumlu Hasan Kartay

Sayfa: 442-453

16. Cytotoxic Effect of Clethodim Exposure on Liver Cells&

Ergün Ergenekon Ömer Erman Nihal Şimşek Özek

Sayfa: 454-462

17. Sulama Alanlarına Saptırılan Sulama Suyunun Yeterlilik Durumu: Çanakkale-Biga Bakacak Barajı Örneği

Canan Gökhan İsmail Tas

Sayfa: 463-474

18. The Opinions of Diyarbakır Provincial Center Consumers on the Quality of Honey on the Market and the Factors Affecting Their Honey Consumption Preferences

Rüksane Çelik Turgay Şengül Ersin Karakaya

Sayfa: 475-489

Araştırma Makalesi

19. Alternatif Tıpta Kullanılan *Helichrysum armenium* Türünün (Altınotu) Fenolik İçerik ve Antioksidan Özellikleri

Fatma Ergün Melike Yeğin

Sayfa: 490-496

20. Tarımsal SWOT Analizi ve Stratejileri (Bolu İli Örneği)

Faruk Çetin İhsan Canan

Sayfa: 497-505

21. Bazı Melez Asma Genotiplerinin Küllemeye Duyarlılıklarının Küllemeye Dayanıklılıkla İlişkili Bazı Markörler ile İncelenmesi

Abdurrahim Bozkurt Adem Yağcı

Sayfa: 506-513

22. Determination of Some Physicochemical Properties of Binary Biodiesel and Binary Biodiesel-Diesel Blend Fuels Obtained from Waste Pumpkin Seed- Camelina Oils

Seda Şahin

Sayfa: 514-523

23. Tarımsal Verimlilik ile İlişkili Faktörlerin Tespiti: BRICS-T Ülkeleri Örneği

Gökçen Aydınbaş

Sayfa: 524-535

24. Türkiye’de Tarımsal Faaliyetler Karbon Emisyonunu Etkiler mi? “ARDL Testinden Elde Edilen Kanıtlar”

Ülkü Özbay

Sayfa: 536-546

25. ILSEN Arazi Değerlendirme Yöntemi Kullanılarak Tarımsal Arazi Uygunluk Haritalarının Oluşturulması-Vezirköprü Örneği

Fikret Saygın Orhan Dengiz Halil Aytöp

Sayfa: 547-565

26. Responses of Alkali Grass (*Puccinellia ciliata* Bor) Genotypes to Geothermal Water

Volkan Mehmet Çınar Aydın Ünay

Sayfa: 566-573

27. Reactions of Tetraploid Wheat Species to *Septoria tritici* Blotch

Ahmet Çat

Sayfa: 574-582

Araştırma Makalesi

28. Screening Organic Acid Contents of Tomato Landraces Collected From Aegean-Mediterranean Region of Anatolia

Seçkin Kaya Okan Erken Bayram Kızılkaya

Sayfa: 583-596

## Farklı Orandaki Ambalaj Açıklıklarının 'Alphonse Lavallée' Üzüm Çeşidinin Muhafazasına Etkilerinin Belirlenmesi

Ayşe BAYRAMOĞLU<sup>1</sup> , Fatih ŞEN<sup>1\*</sup> 

<sup>1</sup>Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, İzmir

\*Sorumlu Yazar: fatih.sen@ege.edu.tr

Geliş Tarihi: 28.04.2022 Düzeltme Geliş Tarihi: 01.02.2024 Kabul Tarihi: 14.02.2024

### ÖZ

Bu çalışmada, 'Alphonse Lavallée' üzüm çeşidinin depolanmasında kullanılan ambalajlardaki farklı orandaki açıklıkların muhafaza süresince üzümlerin kalitesine, kükürt dioksit (SO<sub>2</sub>) zararı, patolojik ve fizyolojik bozuklukları etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Hasat yapılan üzümler %0, %0.5, %1 ve %2 açıklık olan ambalajlara yerleştirilerek ön soğutması yapılmış, SO<sub>2</sub> jeneratörleri yerleştirilerek ağızları kapatılmıştır. Üzümler 0±0.5°C sıcaklık ve %90-95 oransal nemde 4 ay süreyle depolanmış, aylık alınan örneklerde; ambalaj içi SO<sub>2</sub> konsantrasyonu ve bazı kalite değişimleri belirlenmiştir. Depolama sonunda %0, %0.5, %1 ve %2 açıklık olan ambalajlardaki üzüm tanelerinde SO<sub>2</sub> miktarı sırasıyla 24.83, 20.00, 6.00 ve 0.00 mg kg<sup>-1</sup> olarak saptanmıştır. Açıklık bulunmayan (%0) ambalajdaki üzüm tanelerinde, özellikle depolamanın sonunda SO<sub>2</sub> miktarında artışa bağlı olarak SO<sub>2</sub> zararında artış, renk değişikliği, yumuşama, beğeni puanları ve fenol miktarında azalışlar gözlenmiştir. %2 açıklık bulunan ambalajlardaki üzümlerinde ise salkım esmerleşme puanları daha yüksek bulunmuştur. Sonuçlar, 'Alphonse Lavallée' üzüm çeşidinin uzun süreli depolamada %1 açıklığa sahip ambalajlarda daha başarılı bir şekilde depolanabileceğini göstermiştir.

**Anahtar kelimeler:** *Vitis vinifera* L., depolama, paketleme, SO<sub>2</sub> zararı, renk.

### Determination of the Effects of Different Rates of Package Openings on Storage of 'Alphonse Lavallée' Grape Variety

### ABSTRACT

In this study is carried out to determine the effects of different openings onto the packages used in storage of 'Alphonse Lavallée' grape variety on quality, sulfur dioxide (SO<sub>2</sub>) damage, pathological and physiological disorders of grapes. The grapes were harvested and placed in bags with %0 (control), %0.5, %1 and %2 apertures. After pre-cooling grapes in the case of SO<sub>2</sub> generators were placed after the mouth of the bags were closed with clips. Grapes were stored at 0±0.5°C and 90-95% relative humidity for 4 months, and SO<sub>2</sub> concentrations in packages and some quality changes were determined in monthly samples. SO<sub>2</sub> concentrations detected at the end of storage in PE packages with %0, %0.5, %1 and %2 openings were 24.83, 20.00, 6.00 and 0.00 mg kg<sup>-1</sup> respectively. It has been found that grapes in packages without opening were observed had increase in SO<sub>2</sub> amount consequently increase in SO<sub>2</sub> loss, color change, softening, decrease in taste scores and phenol content especially the end of storage. The grapes of the same varieties in bags with %2 openings were found to have higher browning points in clusters. The results showed that 'Alphonse Lavallée' grape variety could be stored more successfully in long-term storage %1 openings.

**Key words:** *Vitis vinifera* L., storage, packaging, SO<sub>2</sub> damage, color.

## GİRİŞ

Türkiye’de son yıllarda ‘Alphonse Lavallée’ gibi renkli tanelere sahip üzüm çeşitlerinin yetiştiriciliği giderek yaygınlaşmaktadır. ‘Alphonse Lavallée’ üzüm çeşidinin daha uzun süre tüketime sunulabilmesi için soğuk depo koşullarında muhafaza edilmelidir (Jang ve Lee, 2009).

Sofralık olarak değerlendirilen üzümlerin depolama sürecinde çürüklük kaynaklı kayıpların engellenmesi ve kalitenin korunması için kükürt dioksit (SO<sub>2</sub>) fümigasyonu yapılmaktadır. SO<sub>2</sub> fümigasyonu ile Vinifera tipi sofralık üzümlerin muhafazası sırasında Botrytis cinerea fungusundan ileri gelen çürüklük kayıpları önlenmekte, bunun yanında daha az zarar yapan diğer bazı funguslarından kaynaklı çürüklüklerin de önüne geçilmektedir. Ayrıca kaliteli üzümün bir göstergesi olan üzümlerin salkım iskeletinin canlı ve yeşil görünümü korunmakta, tane direnci korunmakta, üzümlerin solunum hızı yavaşlamakta ve bazı biyokimyasal bileşiklerinin değişimi sınırlanmaktadır (Crisosto ve Mitchell, 2002; Crisosto ve Smilanick, 2004; Karaçalı, 2016; Chen ve ark., 2016). Ancak SO<sub>2</sub> fümigasyonunun bu olumlu etkileri olmasına rağmen üzümlerde sülfid kalıntıları bırakabildiğinden bazı insanlarda alerjik etkilere yol açabilmektedir (Özdemir ve ark., 2007). Bu nedenle ülkeler meyve-sebze ve ürünlerine SO<sub>2</sub> miktarına limitler getirmiş, Avrupa Birliği sofralık üzümlerde SO<sub>2</sub> kalıntı düzeyinin sınır değerini (MRL) 10 mg kg<sup>-1</sup> olarak belirlemiştir (Anonymous, 2011). Ayrıca üzüm tanelerinde yüksek SO<sub>2</sub> miktarı renk değişikliklerine, tat-lezzet ve aromada bozukluklara neden olarak kaliteye düşürdüğünden üzümün pazarlanmasında sorunlarla karşılaşılabilir (Söylemezoğlu, 2003).

SO<sub>2</sub> jeneratörlerinden (pet) salınan SO<sub>2</sub> gazının üzümün bulunduğu ambalajın içerisinde konsantrasyonun istenilen değerlerin üzerine çıkması, depolama sürecinde üründe SO<sub>2</sub> zararının meydana gelmesine neden olduğundan ambalajların içinde SO<sub>2</sub> gazının konsantrasyonunu çok yükselmemesi gerekmektedir. Bunun içinde SO<sub>2</sub> peti ve ambalajın doğru seçilmesi, depolamanın düzgün yapılması büyük önem taşımaktadır. SO<sub>2</sub> gazının ambalaj içinde gereğinden fazla yükselmemesi için ambalaj üzerinde fazla SO<sub>2</sub>’nin dışarı atılmasını sağlayacak açıklıkların bulunması gerekmektedir (Lichter ve ark., 2008). Ancak ambalaj üzerindeki bulunan bu açıklık oranının gereğinden yüksek olması hem SO<sub>2</sub> konsantrasyonu istenilen değer altına düşmesine hem de nem kaybına arttırarak salkım esmerleşmeleri ve buruşmalarına neden olur (Crisosto ve Mitchell, 2002).

Çalışmada, ambalajlardaki farklı açıklık oranlarının ‘Alphonse Lavallée’ üzüm salkımlarının depolanması süresince patolojik ve fizyolojik bozukluklara, üzümün fiziksel ve kimyasal bileşimine, SO<sub>2</sub> miktarına, duyuşal özelliklerine ve ambalaj içi SO<sub>2</sub> konsantrasyonuna etkilerinin saptanması amaçlanmıştır.

## MATERYAL ve METOT

### Materyal

Çalışmada, Alaşehir/Manisa bölgesinde bir üretici bağından tam olum döneminde hasat yapılan ‘Alphonse Lavallée’ üzüm çeşidi kullanılmıştır.

### Paketleme ve depolama

Uçak Kardeşler firmasına ait üzüm paketleme evine getirilen üzümler; 1) Üzerinde açıklık olmayan (%0, kontrol), 2) %0.5, 3) %1 ve 4) %2 açıklık olan polietilen (PE) ambalajların içerisine 5 kg ürün uygun şekilde yerleştirilmiştir. Tahta kasalara bu şekilde paketlenen ürünler soğutmalı araçla 2°C’de Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü’ne getirilmiştir. Üzümlerin çekirdek sıcaklığı ambalajların ağızları açık şekilde zorlanmış hava ile ön soğutmayla 1°C’nin altına düşürüldükten sonra her bir kasadaki üzümlerin üstüne bir adet SO<sub>2</sub> peti (6.5 g Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, Fresca, Quimetal, Santiago, Şili) konarak ağız bağlanmıştır.

Paketlenen üzümler 0±0.5°C sıcaklık ve %90-95 oransal nem koşullarında 4 ay süreyle muhafaza edilmiş (Yaldız ve Şen, 2015), depolama başlangıcı ve aylık periyotlarla alınan üzüm örneklerinde fiziksel, kimyasal ve duyuşal değişimler incelenmiştir. Bu araştırma tesadüf parselleri deneme desenine göre üç tekrarlı olarak kurulmuş, içerisinde yaklaşık 5 kg üzüm olan her bir tahta kasa bir tekerrür olarak kabul edilmiştir.

### Ölçüm ve analizler

Ambalajların içindeki SO<sub>2</sub> konsantrasyonu, SO<sub>2</sub> gazı ölçer cihazı (Gasalert Micro5, BW Technologies Canada, Meksika) ile ölçülmüştür.

Ağırlık kaybı, üzüm kasalarının ağırlıkları depolama başlangıcı ve her depolama dönemi sonrası hassas terazi ile ölçülerek % olarak belirlenmiştir. Üzüm tanelerindeki SO<sub>2</sub> miktarı, Monnier-Williams metodu (Reith and Willems, 1958) değiştirilerek distilasyon cihazı (K-355, Büchi, İsviçre) ile yapılarak belirlenmiş, veriler mg kg<sup>-1</sup> olarak verilmiştir.

Üzüm tanelerinin rengi, Minolta renk ölçer (CR-400, Minolta Co, Japonya) ile CIE-L\* a\* b\* cinsinden saptanmıştır. Üzüm salkımlarındaki tanenin saptan kopma kuvveti, dinamometre (Somfy Tec., Fransa) cihazı ile belirlenmiş, sonuçlar Newton (N) olarak ifade edilmiştir. Üzüm tanelerinin sertliği, tanenin ekvator bölgesinden sertlik ölçer cihazı (GS-15, GÜSS Manufacturing Ltd., Güney Afrika) ile 5 mm çapında silindir uç kullanılarak ölçülmüş, veriler Newton (N) olarak sunulmuştur (Yaldız ve Şen, 2015).

Suda çözünür toplam kuru madde (ŞÇKM) miktarı, üzüm tanelerinin sıkılmasıyla elde edilen meyve suyunda dijital refraktometre (PR-1, Atago, Japonya) ile ölçülmüştür. Titre edilebilir asit (TA) miktarı, 10 mL üzüm suyunda 0.1 N NaOH ile titrasyon yapılarak belirlenmiş, tartarik asit cinsinden hesaplanmıştır (Karaçalı, 2015).

Toplam fenol (TF) miktarı ve antioksidan aktivitesinin (AA) saptanması için üzüm tanelerinin ekstrasyonu Thaiponga ve ark. (2006) göre yapılmıştır. TF miktarı, Folin-Ciocalteu kolorimetrik yöntemi kullanılarak spektrofotometre (Bio 100, Varian, Avustralya) ile belirlenmiş, sonuçlar mg gallik asit eşdeğeri (GAE) 100 g<sup>-1</sup> olarak ifade edilmiştir. (Zheng ve Wang, 2001). AA'nın belirlenmesinde Ferric Reducing Antioxidant Power (FRAP) yöntemi kullanılmış, sonuçlar µmol trolox eşdeğeri (TE) g<sup>-1</sup> olarak verilmiştir (Benzie ve Strain, 1996).

### Duyusal değerlendirme

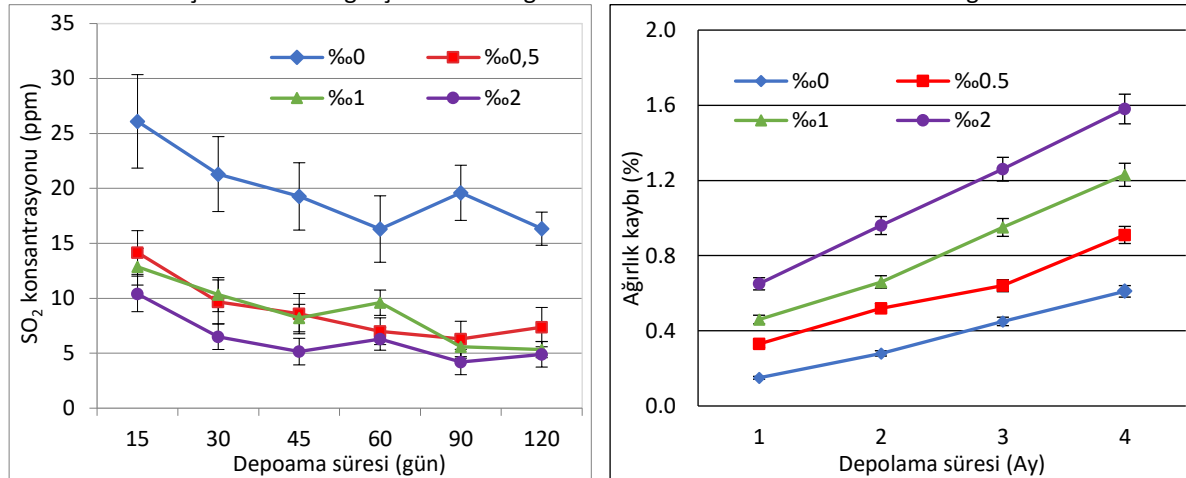
Duyusal değerlendirmeler, eğitilmiş altı panelist tarafından üzüm tanelerindeki SO<sub>2</sub> zararının durmu Artes-Hernandez ve ark. (2004) göre 1-5 skalasına, üzüm salkımlarının esmerleşmesi Crisosto ve Mitchell (2002)'ye göre 1-4 skalasından yararlanılarak yapılmıştır. Salkımdaki üzüm tanelerinde görülen çürüklük gelişiminin yoğunluğuna göre çürüklük durumu Anonim (2014) göre 0-4 skalası kullanılarak değerlendirilmiştir.

### İstatistiksel analiz

Çalışmadan elde edilen verilerin değerlendirilmesinde SPSS istatistik paket (IBM® SPSS® Statistics 19, IBM, NY, USA) programı kullanılarak varyans analizine tabi tutulmuştur. Ortalamaları arasındaki farklılıklar her muhafaza dönemi için ayrı ayrı Duncan testi (P≤0.05) ile belirlenmiştir.

## BULGULAR ve TARTIŞMA

Üzüm depolamasında kullanılan polietilen (PE) ambalaj üzerindeki farklı orandaki açıklıkların, ambalaj içindeki SO<sub>2</sub> konsantrasyonuna etkisi tüm muhafaza dönemlerinde önemli (P≤0.01) olmuş, %0 açıklık buluna ambalajlardaki SO<sub>2</sub> konsantrasyonu, açıklık bulunan (%0.5, %1, %2) diğer ambalajlara göre daha yüksek bulunmuştur. %0 açıklık buluna ambalajlarda depolama süresince SO<sub>2</sub> konsantrasyonu 16.3-26.1 ppm arasında değişirken, farklı oranlarda açıklık bulunanlarda ise 4.2-14.2 ppm arasında değişmiştir (Şekil 1). Üzerinde açıklık olan ambalajlarda saptanan SO<sub>2</sub> konsantrasyonlarının açıklık olmayana göre daha düşük olması, bu açıklıkların SO<sub>2</sub> çıkışına izin vermesinden kaynaklanmıştır. Açıklık bulunmayan ambalajlarda depolama süresince SO<sub>2</sub> konsantrasyonunun azalışları sınırlı olmasında kullanılan SO<sub>2</sub> petlerinin yavaş ve hızlı salınım katmanlarına sahip olması, ön soğutma ve depolama sürecinin düzgün yürütülmesi etkili olmuştur (Yaldız ve Şen, 2015; Bayramoğlu ve Şen, 2020). 4 aylık depolama sonunda açıklık bulunan ambalajlarda ölçülen ve 5 ppm civarında tespit edilen SO<sub>2</sub> konsantrasyonu üzümlerin korunması için yeterli olmaktadır. Nitekim bu ambalajlarda muhafaza edilen üzümlerde çürüklük gelişiminin görülmemesi de bunu doğrular niteliktedir.



Şekil 1. Ambalajlardaki farklı açıklık oranlarının muhafaza süresince ambalaj içindeki SO<sub>2</sub> konsantrasyonuna ve üzümlerin ağırlık kaybına etkileri

Üzümlerin ağırlık kaybına farklı orandaki ambalaj açıklıkların etkisi muhafaza süresince önemli ( $P \leq 0.01$ ) farklılıklar göstermiş, üzümlerin ağırlık kaybı %2 açıklık bulunan ambalajlarda en yüksek, açıklık bulunmayan ambalajlarda (%0) ise en düşük olduğu saptanmıştır. Muhafaza sonunda %2 açıklık bulunan uygulamalardaki üzümlerin ağırlık kaybı %1.58 olarak saptanırken, %0 açıklık bulunanlarda %0.61 olarak saptanmıştır (Şekil 1). Üzümlerde muhafaza süresince belirlenen ağırlık kaybı değerleri, PE ambalajlarının üzerindeki açıklık oranlarının artışına paralel olarak artmıştır. Çünkü ambalajlar içinde meydana gelen yüksek oransal nem, ürün ile onun bulunduğu ortam arasındaki buhar basıncı farkını azaltarak üzümde su kaybını azaltmaktadır (Karaçalı, 2016). Muhafaza edilen 'Sultani Çekirdeksiz' üzümlerinin ağırlık kaybının %2 oranında açıklık olan SmartPac ambalajlarında, açıklığı bulunmayan ambalajlara göre daha yüksek olduğu bildirilmiştir (Yaldız ve Şen, 2015).

Ambalajlardaki farklı açıklık oranlarının üzüm tanelerindeki  $SO_2$  zararına etkisi 1. aydan sonra önemli ( $P \leq 0.05$ ) bulunmuş, bu depolama dönemlerinde açıklık bulunmayan ambalajlardaki üzüm tanelerindeki  $SO_2$  zararının açıklık bulunanlara göre daha yüksek olduğu saptanmıştır. 4 aylık muhafaza sonunda açıklık bulunmayan ambalajdaki üzümlerin  $SO_2$  zararı 3.33 (orta), %0.5, %1, %2 açıklık bulunanlarda ise sırasıyla 2.00 (az), 1.67 (az) ve 1.33 (yok) puanlarını almıştır.  $SO_2$  zararı değerleri ile üzüm tanelerindeki  $SO_2$  miktarı ve ambalaj içindeki  $SO_2$  konsantrasyonun uyumlu olduğu gözlenmiştir. Nitekim %0 açıklık bulunan ambalajdaki üzüm tanelerindeki  $SO_2$  zararı depolama süresinin ilerlemesiyle artmış, depolamanın ilk ayında  $SO_2$  zararı görülmemiştir (Çizelge 1).

Üzümün salkım iskeletinin yeşil ve canlı bir görünümde olması, üzümün kalitesinin bir göstergesi olduğundan tüketiciler tarafından daha çok tercih edilmektedir. Ambalaj üzerindeki farklı açıklık oranlarının üzüm salkımlarının esmerleşmesine etkisi depolama sonunda önemli ( $P \leq 0.05$ ) farklılık göstermiş, %2 açıklık bulunanlardaki üzümlerin salkım esmerleşme puanlarının %0 açıklık bulunanlara göre daha yüksek olduğu saptanmıştır (Çizelge 1). Üzüm salkımlarında esmerleşmenin üzerinde %2 açıklık olan ambalajlarda daha fazla görülmesi, bu ambalajlardaki üzümlerin salkımlarında nem kaybının daha yüksek olması ile ilişkilendirilebilir. Üzüm salkımlarında görülen esmerleşmesi ile salkımdaki nem miktarındaki azalış arasında önemli bir ilişkinin olduğu tespit edilmiştir. Birçok üzüm çeşidinde salkımlardan %2 oranında meydana gelen nem kaybının üzüm salkımlarında esmerleşme yanında tanelerde kırışma ve buruşmalara neden olduğu rapor edilmiştir (Crisosto ve Mitchell, 2002). Bu çalışmadaki 'Alphonse Lavallée' üzüm çeşidinin salkımlarındaki esmerleşmenin belirgin olarak görülmemesinde,  $SO_2$  petlerinin kullanımı ve depolama sürecinin doğru yönetilmesi nem kaybının %2'yi geçmemesinde etkili olmuştur (Mustonen, 1992; Crisosto ve Mitchell, 2002; Bayramoğlu ve Şen, 2020).

Çizelge 1. Ambalajlardaki farklı açıklık oranlarının muhafaza süresince üzüm tanelerindeki  $SO_2$  zararı ve salkım esmerleşmesine etkisi.

Açıklık	$SO_2$ zararı (1-5 skalası)				Salkım esmerleşmesi (1-4 skalası)				
	1. Ay	2. Ay	3. Ay	4. Ay	0. Ay	1. Ay	2. Ay	3. Ay	4. Ay
%0	1.00 <sup>ö.d.</sup>	1.67 a <sup>z*</sup>	2.33 a <sup>*</sup>	3.33 a <sup>*</sup>	1.00 <sup>ö.d.</sup>	1.00 <sup>ö.d.</sup>	1.00 <sup>ö.d.</sup>	1.67 <sup>ö.d.</sup>	2.00 b <sup>*</sup>
%0.5	1.00	1.00 b	1.33 b	2.00 b	1.00	1.00	1.00	2.00	2.67 ab
%1	1.00	1.00 b	1.00 b	1.67 b	1.00	1.00	1.33	2.00	2.67 ab
%2	1.00	1.00 b	1.00 b	1.33 b	1.00	1.00	1.67	2.33	3.00 a

<sup>z</sup> Her sütunda, ortalamalar arasındaki farklılıklar Duncan testiyle ( $P \leq 0.05$ ) belirlenmiştir.

<sup>ö.d.</sup> önemli değil; <sup>\*</sup> $P \leq 0.05$ 'e göre önemli.

Üzümlerin beğeni puanlarına farklı açıklık oranlarının etkisi depolamanın 3. ve 4. ayında önemli bulunmuş, %0 açıklık bulunan üzümlerin beğeni puanları, 3. ayda açıklık olanlara, 4. ayda ise %1 ve %2 açıklık olanlara göre daha düşük bulunmuştur. 4 aylık muhafaza sonunda %1 ve %2 açıklık olan ambalajlardaki üzümlerin beğeni puanları 3.67 puan ile iyiye yakın bulunmuştur (Çizelge 2). Üzüm tanelerinin beğeni puanlarının %0 açıklık olan ambalajlarda en düşük olmasında, bu tanelerdeki  $SO_2$  zararının neden olduğu renk değişimi, oluşan  $SO_2$  kokusu ve tekstürde meydana gelen yumuşamanın etkili olduğu düşünülmektedir. Tanedeki  $SO_2$  miktarındaki yükselişe bağlı olarak ortaya çıkan  $SO_2$  zararının, beğeni puanlarında azalışlara sebep olduğu rapor edilmiştir (Yaldız ve Şen, 2015; Bayramoğlu ve Şen, 2020).

Ambalajlardaki farklı açıklık oranlarının üzümlerin  $SO_2$  miktarına etkisi sadece 3. ve 4. ayda önemli olmuş, 3. ayda %0, 4. ayında ise %0 ve %0.5 açıklık olan ambalajdaki üzüm tanelerindeki  $SO_2$  miktarı, %1 ve %2 açıklık olanlara göre daha yüksek bulunmuştur. 3. ayda %0, 4. ayda %0 ve %0.5 açıklık bulunan ambalajdaki üzümlerin  $SO_2$  miktarı limitlerin ( $10 \text{ mg kg}^{-1}$ ) üzerinde çıkmış, sırasıyla 16.00, 24.83 ve  $20.00 \text{ mg kg}^{-1}$  olarak saptanmıştır (Çizelge 2). Depolama süresince  $SO_2$  konsantrasyonun en düşük olduğu %2 açıklık bulunan ambalajlardaki üzümlerde  $SO_2$  tespit edilememiştir. Ambalaj içinde  $SO_2$  konsantrasyonun yüksek olduğu



uygulamalarda da üzüm tanesindeki SO<sub>2</sub> miktarının yüksek bulunmuştur. Meyvelerin SO<sub>2</sub> absorpsiyonu, uygulanan SO<sub>2</sub> dozu ve uygulama süresiyle yakından ilişkili olduğu bildirilmiştir (Şen, 2009).

Çizelge 2. Ambalajlardaki farklı açıklık oranlarının muhafaza süresince beğeni puanları ve üzüm tanesindeki SO<sub>2</sub> miktarına etkisi.

Açıklık	Beğeni puanları (1-5)					Tanenin SO <sub>2</sub> miktarı (mg kg <sup>-1</sup> )			
	0. Ay	1. Ay	2. Ay	3. Ay	4. Ay	1. Ay	2. Ay	3. Ay	4. Ay
%0	5.00 <sup>ö.d.</sup>	5.00 <sup>ö.d.</sup>	4.00 <sup>ö.d.</sup>	2.67 b**	2.33 b*	0.00 <sup>ö.d.</sup>	0.00 <sup>ö.d.</sup>	16.00 a*	24.83 a*
%0.5	5.00	5.00	5.00	4.00 a	3.33 ab	0.00	0.00	3.18 b	20.00 a
%1	5.00	5.00	4.67	4.00 a	3.67 a	0.00	0.00	0.00 b	6.00 b
%2	5.00	5.00	4.33	4.00 a	3.67 a	0.00	0.00	0.00 b	0.00 b

<sup>2</sup> Her sütundaki ortalamalar arasındaki farklılıklar Duncan testiyle  $P \leq 0.05$ 'e göre belirlenmiştir.

<sup>ö.d.</sup> önemli değil; \* $P \leq 0.05$ , \*\* $P \leq 0.01$ 'e göre önemli.

Üzüm tanelerinin C\* değerine farklı orandaki ambalaj açıklıklarının etkisi 3. ve 4. ayda önemli ( $P \leq 0.05$ ) farklılıklar göstermiş, açıklık olan ambalajlardaki üzüm tanelerinin C\* değerlerinin açıklık bulunmayanlara göre daha düşük olduğu saptanmıştır. Farklı ambalaj açıklıklarının üzüm tanelerinin h° değerine etkisi 4 aylık muhafaza sonrası önemli ( $P \leq 0.05$ ) olmuş, %0 açıklık olan ambalajlardaki üzüm tanelerinin h° değeri, %2 açıklık olanlara göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 3). Tam olum döneminde hasat edilen üzüm, klimakterik yükseliş göstermeyen bir meyve olduğu için muhafaza sürecinde üzüm tanesinin renginde bir değişim olmamaktadır (Crisosto ve Mitchell, 2002; Crisosto ve Smilanick, 2004; Karaçalı, 2016). Bu nedenle üzüm tanelerinde saptanan renk değişimi SO<sub>2</sub> zararından kaynaklanmaktadır. Nitekim SO<sub>2</sub>, üzüm tanelerinin sap kısmı ve zararlanmış bölgelerinden girerek rengin değişmesine sebep olmaktadır (Crisosto ve Mitchell, 2002; Yıldız ve Şen, 2015; Karaçalı, 2016). Üzüm tanelerindeki C\* ve h° değerindeki değişimler, siyah renkli üzüm tanelerinde renk değişikliğinin, ağarmanın olduğunu doğrulamaktadır. Üzerinde %1 ve %2 açıklık olan ambalajlarda muhafaza edilen üzüm tanelerinde renk değişimlerinin daha sınırlı olmasında, bu ambalajların içinde SO<sub>2</sub> konsantrasyonunun daha düşük olması etkili olmuştur.

Çizelge 3. Ambalajlardaki farklı açıklık oranlarının muhafaza süresince üzüm tanelerinin rengine (C\* ve h° değerine) etkisi.

Açıklık	C* değeri					h° değeri				
	0. Ay	1. Ay	2. Ay	3. Ay	4. Ay	0. Ay	1. Ay	2. Ay	3. Ay	4. Ay
%0	1.05 <sup>ö.d.</sup>	2.24 <sup>ö.d.</sup>	2.51 <sup>ö.d.</sup>	4.08 a <sup>z*</sup>	5.16 a*	313.7 <sup>ö.d.</sup>	299.8 <sup>ö.d.</sup>	311.2 <sup>ö.d.</sup>	349.2 <sup>ö.d.</sup>	354.5 a*
%0.5	1.05	2.11	2.39	2.07 b	2.85 b	313.7	298.6	295.5	329.4	348.8 ab
%1	1.05	2.11	2.21	2.40 b	2.55 b	313.7	311.6	305.9	335.6	340.2 ab
%2	1.05	2.03	2.03	1.88 b	2.18 b	313.7	319.9	304.9	328.9	333.2 b

<sup>2</sup> Her sütunda, ortalamalar arasındaki farklılıklar Duncan testiyle ( $P \leq 0.05$ ) belirlenmiştir.

<sup>ö.d.</sup> önemli değil; \* $P \leq 0.05$ 'e göre önemli.

Farklı açıklık oranlarının depolama süresince üzüm tanelerinin saptan kopma kuvvetine etkisi birbirine benzerlik göstermiş, 3.02 – 3.34 N arasında bir değişim göstermiştir (Çizelge 4). Bunda SO<sub>2</sub> zararının çok belirgin olmamasının etkili olmadığı düşünülmektedir. Üzüm tanelerinin sertlik değerine farklı orandaki ambalaj açıklıklarının etkisi depolama sonunda önemli ( $P \leq 0.05$ ) bulunmuş, %1 ve %2 açıklık olan ambalajlardaki üzüm tanelerinin sertliği %0 açıklık olanlara göre daha yüksek olduğu saptanmıştır (Çizelge 4). Bunda SO<sub>2</sub> zararının tanede yumuşamaya neden olması etkili olmuştur. Çünkü SO<sub>2</sub>'nin yüksek dozları yaş meyve ve sebzelerdeki hücre duvarlarında parçalanmalara neden olduğu rapor edilmektedir (Cemeroğlu, 2008; Şen, 2009).

Çizelge 4. Ambalajlardaki farklı açıklık oranlarının muhafaza süresince üzüm tanelerinin saptan kopma kuvveti ve tane sertliğine etkileri.

Açıklık	Saptan kopma kuvveti (N)					Tane sertliği (N)				
	0. Ay	1. Ay	2. Ay	3. Ay	4. Ay	0. Ay	1. Ay	2. Ay	3. Ay	4. Ay
%0	3.53 <sup>ö.d.</sup>	3.28 <sup>ö.d.</sup>	3.2 <sup>ö.d.</sup>	3.18 <sup>ö.d.</sup>	3.34 <sup>ö.d.</sup>	8.79 <sup>ö.d.</sup>	8.50 <sup>ö.d.</sup>	7.83 <sup>ö.d.</sup>	7.07 <sup>ö.d.</sup>	6.41 b <sup>z*</sup>
%0.5	3.53	3.10	3.11	3.22	3.20	8.79	8.42	8.05	7.74	7.16 ab
%1	3.53	3.19	3.02	3.21	3.17	8.79	8.49	8.05	8.12	7.71 a
%2	3.53	3.21	3.06	3.41	3.16	8.79	7.96	7.65	7.76	7.52 a

<sup>2</sup> Her sütunda, ortalamalar arasındaki farklılıklar Duncan testiyle ( $P \leq 0.05$ ) belirlenmiştir.

<sup>ö.d.</sup> önemli değil; \* $P \leq 0.05$ 'e göre önemli.

Farklı orandaki ambalaj açıklıklarının üzüm tanelerinin SÇKM içeriğine etkisi depolamanın 3. ve 4. ayında önemli ( $P \leq 0.05$ ) farklılıklar göstermiş, %2 açıklık olan ambalajlardaki üzüm tanelerinin SÇKM miktarının en yüksek, %0 açıklık olanlarda ise en düşük olduğu saptanmıştır (Çizelge 5). Depolama dönemlerinde üzümlerin TA miktarına ambalajlardaki farklı açıklık oranlarının etkisi önemsiz olmuş, depolama süresince üzümlerin TA miktarı 0.43 ile 0.60 g 100 ml<sup>-1</sup> arasında değişmiştir (Çizelge 5). SÇKM ve TA miktarına ambalajdaki açıklıkların etkisinin olmaması veya çok sınırlı olmasında üzüm tanelerinin klimakterik yükseliş göstermemesi, tam olgun dönemde hasat yapılması ve su kaybının sınırlı olması etkili olmuştur (Wills ve ark., 1998).

Çizelge 5. Ambalajlardaki farklı açıklık oranlarının muhafaza süresince üzümlerin SÇKM ve TA miktarına etkileri

Açıklık	SÇKM miktarı (%)					TA miktarı (g 100 ml <sup>-1</sup> )				
	0. Ay	1. Ay	2. Ay	3. Ay	4. Ay	0. Ay	1. Ay	2. Ay	3. Ay	4. Ay
%0	18.87 <sup>ö.d.</sup>	18.00 <sup>ö.d.</sup>	17.77 <sup>ö.d.</sup>	16.67 c <sup>*</sup>	15.05 c <sup>*</sup>	0.63 <sup>ö.d.</sup>	0.53 <sup>ö.d.</sup>	0.53 <sup>ö.d.</sup>	0.52 <sup>ö.d.</sup>	0.55 <sup>ö.d.</sup>
%0.5	18.87	19.47	19.20	18.17 bc	16.13 b	0.63	0.58	0.58	0.48	0.43
%1	18.87	18.10	16.75	19.47 ab	16.10 ab	0.63	0.60	0.55	0.45	0.52
%2	18.87	17.95	18.90	19.97 a	17.80 a	0.63	0.57	0.52	0.48	0.46

<sup>z</sup> Her sütunda, ortalamalar arasındaki farklılıklar Duncan testiyle ( $P \leq 0.05$ ) belirlenmiştir.

<sup>ö.d.</sup> önemli değil; <sup>\*</sup> $P \leq 0.05$ 'e göre önemli.

Depolama süresince farklı uygulamaların üzümlerin TF miktarı etkisi depolamanın 3. ve 4. ayında önemli ( $P \leq 0.01$ ) farklılıklar göstermiş, %1 ve %2 açıklık olan ambalajlardaki üzüm tanelerinin toplam fenol miktarı %0 ve %0.5 açıklık olanlara göre belirgin (%22.3) şekilde daha yüksek olduğu saptanmıştır (Çizelge 6). Bunda %0 ve %0.5 açıklık bulunan ambalajlardaki üzümlerde SO<sub>2</sub> zararının olması etkili olmuştur. SO<sub>2</sub> zararı gören üzüm tanelerinde fenolik maddeler parçalanmakta buna bağlı olarak üzüm rengi ağarmaktadır. Farklı ambalaj açıklık oranlarının depolama süresince üzüm tanelerinin AA'ne etkisi birbirine benzerlik göstermiştir (Çizelge 6). Bunda üzümlerin hasat edildiği omcaların bir bağda aynı bölgede olmasından dolayı benzer toprak ve iklim özelliklerine sahip olması, bir üreticiye ait olduğu için aynı kültürel işlemlerin yapılmış olması ve muhafaza koşullarının aynı olmasının etkili olduğu düşünülmektedir. Nitekim meyve ve sebzelerin AA, tür ve çeşitlere, depolama koşullarına, ekolojik koşullara, bakım işlerine, bitki gelişim düzenleyicileri vb. birçok faktör tarafından etkilenmektedir (Kalt, 2005; Öztürk ve ark., 2015).

Çizelge 6. Ambalajlardaki farklı açıklık oranlarının muhafaza süresince üzümlerin toplam fenol miktarı ve antioksidan aktivitesine etkileri.

Açıklık	Toplam fenol miktarı (mg GAE 100 g <sup>-1</sup> )					Antioksidan aktivitesi (μmol TE g <sup>-1</sup> )				
	0. Ay	1. Ay	2. Ay	3. Ay	4. Ay	0. Ay	1. Ay	2. Ay	3. Ay	4. Ay
%0				79.74						
	104.57 <sup>ö.d.</sup>	91.67 <sup>ö.d.</sup>	85.12 <sup>ö.d.</sup>	b <sup>***</sup>	70.04 b <sup>**</sup>	19.79 <sup>ö.d.</sup>	15.57 <sup>ö.d.</sup>	14.26 <sup>ö.d.</sup>	13.70 <sup>ö.d.</sup>	11.60 <sup>ö.d.</sup>
%0.5	104.57	90.78	87.66	76.98 b	77.84 b	19.79	17.50	16.23	14.48	13.75
%1	104.57	94.34	96.49	96.02 a	91.37 a	19.79	15.19	17.63	15.65	13.62
%2	104.57	95.96	98.01	91.81 a	93.34 a	19.79	16.82	18.48	16.48	14.52

<sup>z</sup> Her sütunda, ortalamalar arasındaki farklılıklar Duncan testiyle ( $P \leq 0.05$ ) belirlenmiştir.

<sup>ö.d.</sup> önemli değil; <sup>\*\*</sup> $P \leq 0.01$ 'e göre önemli.

Depolama süresince üzümlerde muhafaza boyunca çürüklüğün görülmemesinde; SO<sub>2</sub> peti kullanımı, fungusit uygulaması, meyve seyreltmesi vb. bakım işlemlerinin doğru yapılması, hasat ve hasat sonrası işlemlerin doğru ve özenli yapılması, üzümlerin doğru bir şekilde ön soğutması ve muhafazasının yapılması etkili olmaktadır (Crisosto ve Mitchell, 2002; Fernandez-Trujillo ve ark., 2008; Yıldız ve Şen, 2015; Bayramoğlu ve Şen, 2020).

## SONUÇ ve ÖNERİLER

Sonuç olarak; açıklık bulunmayan ambalajlardaki üzüm tanelerinde; muhafaza süresinin ilerlemesiyle SO<sub>2</sub> miktarında artışa bağlı olarak SO<sub>2</sub> zararında artış, tane renginde ağarma, yumuşama, beğeni puanlarında düşüşler, fenol miktarında azalışlar gözlenmiştir. %2 açıklık olan ambalajlarda muhafaza edilen üzümlerde ise salkım esmerleşme puanları daha yüksek bulunmuştur. Çalışma sonuçları, %1 açıklığa sahip olan ambalajların 'Alphonse Lavallée' üzüm çeşidinin uzun süreli depolamada (4 ay) daha başarılı olduğunu ortaya koymuştur.

**Teşekkür:** Bu çalışma Ege Üniversitesi Rektörlüğü BAP Koordinasyon Birimi (17-ZRF-003) tarafından desteklenmiştir.

**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

Ayşe BAYRAMOĞLU  <http://orcid.org/0000-0002-1983-7025>

Fatih ŞEN  <http://orcid.org/0000-0001-7286-2863>

## KAYNAKLAR

- Anonim. 2014. T.C. Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Bitki Sağlığı Araştırmaları Daire Başkanlığı, Bitki Hastalıkları Standart İlaç Deneme Metotları, Meyve-Bağ Hastalıkları, Ankara.
- Artés-Hernández, F., Aguayo, E. and Artés, F. 2004. Alternative atmosphere treatments for keeping quality of 'Autumn seedless' table grapes during long-term cold storage. *Postharvest Biology and Technology*, 31 (1): 59-67.
- Benzie, I.F.F. and Strain, J.J. 1996. The ferric reducing ability of plasma (frap) as a measure of "antioxidant power": the FRAP assay. *Analytical Biochemistry*, 239 (1): 70-76.
- Chen, X., Mu, W., Peter, S., Zhang, X. and Zhu, Z. 2016. The effects of constant concentrations of sulfur dioxide on the quality evolution of postharvest table grapes. *Journal of Food & Nutrition Research*, 55 (2): 114-120.
- Anonim. 2011. Council regulation (EU) 1169/2011 of 25 October 2011 on the provision of food information to consumers. *Official Journal of the European Union*, L304, 18-63.
- Cemeroğlu, B. 2008. Kurutma Teknolojisi. "Alınmıştır: Meyve ve Sebze İşleme Teknolojisi." (eds) Cemeroğlu, B., Karadeniz, F., Özkan, M., Gıda Teknolojisi Yayınları, 28, Ankara, 479-626.
- Crisosto, C.H. and Mitchell, F.G. 2002. Postharvest handling systems: Table grapes. "Alınmıştır: *Postharvest Technology of Horticultural Crops*." (ed.) Kader, A.A., University of California Agricultural and Natural Resources, 3311, 357-363.
- Crisosto, C.H. and Smilanick, J.L. 2004. Grape (Table). "Alınmıştır: *Commercial Storage of Fruits, Vegetables and Florist and Nursery Stocks*." (eds) Gross, K.C., Yi Wang, C. and Saltveit, M., Agricultural Handbook, 66, 507.
- Şen, F. ve Bayramoğlu, A. 2020. 'Red Globe' üzüm çeşidinin depolanmasında farklı ambalaj açıklıklarının etkilerinin belirlenmesi. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 57 (4): 563-570.
- Fernandez-Trujillo, J.P., Obando-Ulloa, J.M., Baro, R. and Martinez. J.A. 2008. Quality of two table grape guard cultivars treated with single or dual-phase release SO generators. *Journal of Applied Botany and Food Quality*, 82: 1-8.
- Jang, S. and Lee, S.K. 2009. Current research status of postharvest technology of grape. *Korean Journal of Horticultural Science & Technology*, 27 (3): 511-520.
- Kalt, W. 2005. Effects of production and processing factors on major fruit and vegetables antioxidants. *Journal of Food Science*, 70: 11-19.
- Karaçalı, İ. 2016. *Bahçe Ürünlerinin Muhafazası ve Pazarlanması*. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No: 494, İzmir, 484 s.
- Lichter, A., Zutahy, Y., Kaplunov, T. and Lurie, S. 2008. Evaluation of table grape storage in boxes with sulfur dioxide releasing pads with either an internal plastic liner or external wrap. *HortTechnology*, 18: 206-214.
- Mustonen, H.M. 1992. The efficacy of a range of sulfur dioxide generating pads against *Botrytis cinerea* infection and on out- turn quality of calmeria table grapes. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 32 (3): 389-393.
- Özdemir, A.E., Ertürk, E., Kamiloğlu, Ö. ve Soylu, M. 2007. Sofralık üzüm muhafazasında kükürt dioksit uygulamalarına alternatif yöntemler. *Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 12 (1-2): 61-78.
- Öztürk, B., Yıldız, K. ve Özkan, Y. 2015. Effects of pre-harvest methyl jasmonate treatments on bioactive compounds and peel color development of 'Fuji' apples. *International Journal of Food Properties*, 18 (5): 954-962.
- Reith, J.F. und Willems, J.J.L. 1958. Über die bestimmung der schwefligen säure in lebensmitteln. *Zeitschrift für Lebensmittel- Untersuchung und Forschung*, 108 (3): 270-280.

- Söylemezoğlu, G. 2003. Phenolic compounds in grape. *Gıda*, 28 (3): 277- 285.
- Şen, F. 2009. Hasat Sonrası İyi Tarım Uygulamaları. "Alınmıştır: *Meyve ve Sebzelerin Kurutulması*." (ed) Şen, F., Basım Yayım Matbaacılık San. Tic. Ltd. Şti., İzmir, 89-114.
- Thaiponga, K., Boonprakoba, U., Crosby, K., Cisneros-Zevallos, L. and Byrne, D.H. 2006. Comparison of ABTS, DPPH, FRAP, and ORAC assays for estimating antioxidant activity from guava fruit extracts. *Journal of Food Composition and Analysis*, 19: 669-675.
- Wills, R., McGlasson, B., Graham, D. and Joyce, D. 1998. *Postharvest an Introduction to the Physiology & Handling of Fruit, Vegetables & Ornamentals*. 4th Edition, UNSW Press, Sydney, Australia, 262 p.
- Yaldız, S. ve Şen, F. 2015. Sofralık 'Sultani çekirdeksiz' üzüm çeşidinin depolanmasında farklı kükürt dioksit jeneratörlerinin etkinliğinin araştırılması. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 52 (3): 297- 305.
- Zheng, W. and Wang, S.Y. 2001. Antioxidant activity and phenolic compounds in selected herbs. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49 (11): 5165-5170.

## Investigation of Consumers' Attitudes Towards Seaweeds and Insects

Havva Nur ÖZCAN<sup>1</sup> , Gökhan ÇINAR<sup>2\*</sup> 

<sup>1</sup>Aydın Adnan Menderes University, Graduate School of Science, Aydın

<sup>2</sup>Aydın Adnan Menderes University, Faculty of Agriculture, Department of Agricultural Economics, Aydın

\*Sorumlu Yazar/Corresponding author: [gokhan.cinar@adu.edu.tr](mailto:gokhan.cinar@adu.edu.tr)

Geliş Tarihi: 21.10.2023 Düzeltme Geliş Tarihi: 24.11.2023 Kabul Tarihi: 01.12.2023

### ABSTRACT

The purpose of this research is to determine consumers' preferences for the consumption of seaweeds and edible insects and the factors affecting this very phenomenon. Accordingly, face-to-face surveys were conducted with 132 participants in Antalya. The probit model was used to determine the factors affecting seaweed consumption preference. The reasons why consumers do not prefer edible insects, were determined the deploying the fuzzy paired comparison method. The findings show that the society was not inclined to consume insects as food. The reasons for not consuming insects, in order of importance, are disgust, health concerns, appearance, beliefs, taste perception, texture perception, ethical and moral values, perception of hardness and perception of fear. On the other hand, interest in consuming seaweed as food is much higher. In general, It has been found that women and young consumers who are prone to trying new foods are more likely to purchase seaweed. The results show that the recommendations of institutions such as the United Nations on this issue should be reviewed before implementation.

**Key words:** Alternative food, , insect consumption, seaweed consumption, sensitivity to new foods.

### Tüketicilerin Yosun ve Böceklere Karşı Tutumlarının İncelenmesi

#### ÖZ

Bu araştırmanın amacı tüketicilerin deniz yosunu ve yenilebilir böcek tüketimine yönelik tercihlerini ve bu duruma etki eden faktörleri belirlemektir. Buna göre Antalya'da 132 katılımcısıyla yüz yüze anket çalışması yapılmıştır. Deniz yosunu tüketim tercihini etkileyen faktörlerin belirlenmesi amacıyla Probit modeli kullanılmıştır. Tüketicilerin yenilebilir böcekleri tercih etmeme nedenleri bulanık eşli karşılaştırma yöntemi kullanılarak belirlenmiştir. Bulgular toplumun böcekleri yiyecek olarak tüketmeye yatkın olmadığını gösteriyor. Böcek tüketmeme nedenleri önem sırasına göre iğrenme, sağlık kaygısı, görünüş, inanç, tat algısı, doku algısı, etik ve ahlaki değerler, sertlik algısı ve korku algısıdır. Öte yandan deniz yosununun yiyecek olarak tüketilmesine ilgi çok daha fazladır. Genel olarak yeni yiyecekleri denemeye yatkın olan kadın ve genç tüketicilerin deniz yosunu satın alma olasılıklarının daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Sonuçlar, Birleşmiş Milletler gibi kurumların bu konudaki tavsiyelerinin uygulama öncesinde gözden geçirilmesi gerektiğini göstermektedir.

**Anahtar kelimeler:** Alternatif gıda, böcek tüketimi, deniz yosunu tüketimi, yeni gıdalara duyarlılık.

### INTRODUCTION

Literature provides evidence that human beings will experience significant problems in accessing food in the near future as a result of global population growth, inadequate animal and agricultural production, and the increasing number of demanding consumers day by day (Gilland, 2002; Tripathi et al., 2019).

The most important reason for this is the rapidly rising industrial formation. This situation brings along various environmental problems such as land degradation, deforestation and water pollution (Zhang et al., 2019).

It is evident from literature that to meet world food demand by 2050, production of grain crops and meat must increase from 2.1 billion tonnes to 3 billion tonnes and from 200 million tonnes to 470 million tonnes respectively (Elder and Hayashi, 2018; Tripathi et al., 2019). It is predicted that the food problem will increase in the future, especially in developing countries (Gilland, 2002). In addition, data show that the trend of meat consumption in the world is upward, especially in developing economies where incomes are rapidly increasing (Wang, 2022).

Many problems such as rapidly increasing demand for animal protein, limited resources for producers, population density and unfair distribution of food have led international organizations to seek alternative solutions.

In this context, it is argued that one of the solutions to these needs as alternative food is insect consumption (entomophagy) (Ardoin and Prinyawiwatkul, 2021), while the other may be seaweed (Losada-Lopez et al., 2021). For this reason, the UN Food and Agriculture Organization, in its report titled "Edible Insects: Future Prospects For Food And Nutrition Security" published in May 2013, recommended the establishment of insect eating and breeding farms with the aim of increasing food supply (Van Huis, 2016).

Moreover, edible insects are low in fat, rich in protein (Kourimska and Adamkova, 2016; Payne et al., 2016; Nongonierma and FitzGerald, 2017) and contain many vitamins and minerals (Candoğan and Özdemir, 2021). Edible insects are stated to be superior compared to other protein sources such as fish and beef (Aksoy and El, 2021).

In fact, some experts estimate that we unknowingly eat an average of 140 thousand insect parts every year mixed into commonly consumed foods such as chocolate, coffee and wheat flour (Anonymous, 2023).

On the other hand, there is ample evidence of the health and nutritional benefits of using seaweed-derived products (Brownlee et al., 2012). The increasing use of seaweed for its health benefits and increasing concerns about various chronic conditions such as diabetes among humans have led to the growth of global trade (Brownlee et al., 2012).

As a matter of fact, the number of scientific studies on both insect consumption (entomophagy) and algae consumption, has increased significantly in recent years, indicating that these issues will be an important and sensitive area of interest in the future (Lucas et al., 2019).

Consumer attitudes towards the acceptance of renewable insect consumption are unclear in many countries, especially in European societies, such as Türkiye (La Barbera et al., 2018). The notion that edible insects are dirty, harmful, and dangerous to personal health is perceived as an important risk by consumers (Faccio et al., 2019). It can also be said that consuming insects can trigger skin, respiratory and gastrointestinal allergies (Muslu, 2020; Demirci and Yetim, 2021). Consumption of these products may vary significantly between countries depending on culture, region of residence, and previous consumption level (Erdogan et al., 2021).

Based on the literature, this study is designed to investigate the consumption trend of edible insects and seaweed as an alternative food. Exploring entomophagy and the place of seaweeds in food systems as alternative food spans across many disciplines, including the social and natural sciences, humanities, business and culinary arts. The main purpose of the research is to determine whether consumers will consume insects and seaweed for food purposes and what affects this.

## **MATERIALS and METHODS**

The first insect farm established to meet Türkiye's live feed needs is in Antalya. Nutrient-rich insect species, from grasshoppers to mealworms, are produced on the farm. The farm meets the feed needs of zoos, pet shops, chicken farms, aquarium animals, fisheries, cosmetics and pharmaceutical industries in the domestic market (Anonymous, 2022). Antalya Gulf is located in the "Lesser Asian Current" system extending between Iskenderun and Marmaris. In this respect, the gulf has the advantage of keeping the sea fresh in an ecological sense and also has a significant fishing potential provided by the open sea (Yazar ve Soyuyigit, 2020). In addition, Antalya is the 5th largest city in Türkiye. It is the first preferred city of tourists in Türkiye (Anonymous, 2022). In summary, this province was included in the scope due to the assumption that households living in the region would be familiar with these issues. With a similar assumption, it was planned to include more educated and younger individuals in the research.

The main material of the research consists of information obtained from survey forms. In addition, national and international publications, books and internet resources published on the subject constitute the other materials of the study. The surveys were conducted on a voluntary basis. Ethics committee approval for

the survey used in the research was received by Aydın Adnan Menderes University Social and Humanities Research Ethics Committee at the meeting held on 20.8.2023.

### Data Collection

Due to time and budget constraints, the research is limited to surveys conducted only in Antalya Center (Muratpaşa). The population of the central district Muratpaşa is 526292. The proportional sample size formula was used to determine the number of consumers. This formula is as follows.

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

Here;

n: sample volume,

N: 526292

P: represents the prediction rate (The p value was taken as 0.5 for the maximum sample volume), probability level confidence interval (90% confidence interval,  $\sigma_p:0.04559$  from the equation  $1.645\sigma_p:0.075$  for a margin of error of 0.075) (Newbold, 1995). Sample size was determined using a 90% confidence interval and a 7.5% margin of error. As a result of the calculation, the sample size was found to be 121. A face-to-face survey was conducted with a total of 132 participants.

### Data Analysis

The survey items to be used in this research were created with the help of a Likert-type scale. Consumers' general attitudes were analyzed using a 5-point Likert-type scale. Participants' tendencies to consume new foods were analyzed with the help of the Food Neophobia Scale developed by Pliner and Hobden (1992). This scale consists of two dimensions and 10 items. The highest score on the scale is 7 and the lowest score is 1. This scale is a 7-point Likert type (Table 3). Appropriate hypothesis tests were used in research for analysis of the survey items created in accordance with this purpose. Additionally, other important statistical techniques used are listed below.

### Fuzzy paired comparison method

The reasons for participants' reluctance to consume insects may be similar. For this reason, indecision may occur when ranking the importance levels. In this research, in addition to being used in different consumer research (Gunden and Thomas, 2012; Çınar and Keskin, 2018), the fuzzy pairwise comparison method was also suitable for our study because it explains the importance levels more successfully than the classical rating with sharp boundaries.

The method stages can be summarized as follows (Tanaka, 1997). Pairwise comparisons are presented to indicate preference. The total distance in the comparison is equal to 1. If  $G_{KH}=0.5$ ,  $K \approx H$ ; If  $G_{KH} > 0.5$ ,  $K > H$ ; If  $G_{KH} < 0.5$ ,  $K < H$ . In this research, a total of 36 comparisons of 9 different products were presented to each person. For each paired comparison, gcr preference was obtained. The measurement of the degree of preference of r relative to c can be expressed as  $g_{cr}=1-g_{rc}$ .

$$G_{cr} = \begin{cases} 0 & \text{if } c = r \forall c, r = 1, \dots, n \\ g_{cr} & \text{if } c \neq r \forall c, r = 1, \dots, n \end{cases} \quad (2)$$

Then, a fuzzy preference matrix is created. In this research, 9x9 dimensional fuzzy preference matrices (G) were created for each individual as follows.

$$G = \begin{pmatrix} 0 & g_{12} & g_{13} & . & . & . & . & . & g_{1r} \\ g_{21} & 0 & . & . & . & . & . & . & . \\ g_{31} & g_{32} & 0 & . & . & . & . & . & . \\ . & . & . & 0 & . & . & . & . & . \\ . & . & . & . & 0 & . & . & . & . \\ g_{c1} & . & . & . & . & 0 & . & . & . \\ . & . & . & . & . & . & 0 & . & . \\ . & . & . & . & . & . & . & 0 & . \\ g_{c1} & . & . & . & . & . & . & . & 0 \end{pmatrix} \quad (3)$$

The individual preference density  $\mu_j$  for each is obtained by using the equation below and varies between 0-1.

$$\mu_i = 1 - (\sum_{c=1}^n G_{cr}^2 / (n - 1))^{1/2} \quad (4)$$

### Probit model

In the study, probit model was used to determine consumer characteristics affecting the choice of seaweed as an alternative food choice. The dependent variable of willingness to accept seaweed consumption is binary (willing or unwilling). That's why this method was preferred. If  $Y_i = 1$ , the consumer is willing to adopt alternative food; If  $Y_i = 0$ , the consumer is reluctant to adopt. We can briefly explain this method as follows.

$$Y_i^* = \alpha + \beta X_i + \mu_i \quad (5)$$

$$\Pr (Y_i = 1|X_i) = \Pr (Y_i > 1|X_i) = \Pr (\mu_i \geq -X_i\beta|X_i) = \Phi(X_i\beta) \quad (6)$$

Here  $Y_i$  is consumer acceptance of alternative food (seaweed purchasing behavior) and  $X_i$  is a vector of all independent variables. With the guidance of the literature, some socio-economic and neophobia characteristics of the consumer have been used as independent variables in our study.

## FINDINGS and DISCUSSION

### General characteristics of the survey participants

Table 1 presents various demographic information of the survey participants, such as gender, age, education and income level. 60.6% of the survey participants are women and 39.4% are men. When education levels are examined, it is observed that the majority are high school graduates, also possessing university and primary education. While their age range varies between 18 and 63 and, their average age is 31.32. The average number of households is 3.79. The majority of participants defined their income as moderate.

Table 1. Socio-demographic characteristics of the survey participants

Variable	Definition	Frequency (f)	Percentage (%)	Variable	Definition	Frequency (f)	Percentage (%)
Gender	Woman	80	60.6	Income	Very low	5	3.8
	Male	52	39.4		Low	12	9.1
Education	Primary education	12	9.1	Middle	68	51.5	
	High school	69	52.3	High	27	20.5	
	University	51	38.6	Very high	20	15.2	
Variable	Minimum	Maximum	Mean	Standard deviation (Sd)			
Age (years)	18	63	31.3182	11.44207			
Households (number)	1	6	3.7955	1.25241			

### Respondents' attitudes towards seaweed consumption

Survey participants' general attitudes towards seaweed consumption are presented in Table 2. Accordingly, a significant portion of the participants think that seaweed will have a bad smell (51.5%), taste (53.8%) and appearance (51.5%) when consumed. On the other hand, a significant portion of the participants are undecided that the cost of consuming seaweed will be low (39.4%), and that the product may cause allergic diseases (44.7%). Additionally, only 25.8% of respondents believe that seaweed production will cause less harm to the environment. In addition, it can be said that a significant portion of the survey participants stated that consuming seaweed is not against their ethical values (50.8%) and beliefs (50.7%).



Table 2. General attitudes towards seaweed consumption

Definition		1	2	3	4	5
I think seaweed might have a bad smell to consume	f	21	22	21	32	36
	%	15.9	16.7	15.9	24.2	27.3
I think seaweed might taste bad	f	21	20	20	35	36
	%	15.9	15.2	15.2	26.5	27.3
I think seaweed may have low nutritional value	f	16	15	55	13	33
	%	12.1	11.4	41.7	9.8	25
I think seaweed looks bad	f	15	19	30	42	26
	%	11.4	14.4	22.7	31.8	19.7
I think consuming seaweed is not healthy.	f	19	47	44	11	11
	%	14.4	35.6	33.3	8.3	8.3
I think the cost of consuming seaweed will be low	f	16	36	52	20	8
	%	12.1	27.3	39.4	15.2	6.1
I think consuming seaweed can cause allergic diseases	f	15	31	59	19	8
	%	11.4	23.5	44.7	14.4	6.1
I think seaweed consumption can prevent animal slaughter	f	28	45	35	15	9
	%	21.2	34.1	26.5	11.4	6.8
I think producing seaweed is less harmful to the environment	f	18	23	57	20	14
	%	13.6	17.4	43.2	15.2	10.6
I do not support the ethical consumption and production of seaweed	f	34	33	38	15	12
	%	25.8	25	28.8	11.4	9.1
Consuming seaweed could solve animal welfare problem	f	35	34	38	20	5
	%	26.5	25.8	28.8	15.2	3.8
As a matter of faith, I do not support the consumption and production of seaweed	f	32	35	38	14	13
	%	24.2	26.5	28.8	10.6	9.8

Choices: strongly agree = 5, agree = 4, neutral = 3, disagree = 2, strongly disagree = 1.

### Food Neophobia characteristics of the respondents

In short, the fear of trying new foods is called food neophobia. In the research, the food neophobia scale developed by Pliner and Hobden (1992) was considered as an independent variable used to determine the factors affecting seaweed consumption. Thus, it was examined whether food neophobia scale scores were effective on seaweed consumption. The validity of this scale has been tested and proven in many previous studies. The Cronbach Alpha coefficient value used to test the reliability of the scale is 83.6. While the scaling of the items varies between 1 and 7 points, items with a sign (\*) added next to the items are reverse scored. In order to facilitate explanation within the model, unlike many studies, the scores were reverse coded to ensure that the food neophobia attitude received low scores. In summary, in this study, the lower the score, the higher the consumer's food neophobia (fear of food). On the other hand, the higher the score, the higher the tendency for new food liking. Descriptive statistics of the food neophobia scale are presented in Table 3.

### Factors affecting respondents' consumption of seaweed

Probit model was used to determine the factors affecting consumers' desire to purchase seaweed as food. Model results are presented in Table 4. Variables were chosen based on relevant consumer literature (Anusha Siddiqui et al., 2023; Palmieri et al., 2023). The dependent variable of the model is the attitude towards consuming seaweed as food. About 51.52% of consumers refused to consume seaweed. A total of 48.48% of the respondents wanted to consume seaweed as food. While this rate is 76% in Italy (Palmieri and Forleo, 2020), and its over 70% in Bahrain (Al-Thawadi, 2018). In the literature, it can be stated that the tendency to consume seaweed is generally high. It was observed that this rate in Türkiye was lower than other countries.

Accordingly, in the model, 68 consumers who stated that they would not consume seaweed were coded as "0", and 64 consumers who stated that they would consume it were coded as "1".

Attitude scores towards food neophobia were included in the model by taking the sum of the statements explained in the "Food Neophobia characteristics of survey participants" section. In this study, the lower the score, the higher the consumer's food neophobia (fear of food). On the other hand, the higher the score, the higher the tendency to enjoy new foods.. Thus, the explanation of the model is facilitated. Age and number of households variables were included in the model as open-ended variables, while income and education were included as categorical variables. The model was analyzed using the open source Gretl package program.

Table 3. Descriptive statistics of food neophobia attitudes

Definition		1	2	3	4	5	6	7	Mean	Standard deviation
*If I don't know what a food is, I won't try it	f	12	24	11	9	13	22	41	4.64	2.19
	%	9.1	18.2	8.3	6.8	9.8	16.7	31.1		
I like foods from different cultures	f	16	5	15	4	19	28	45	5.04	2.09
	%	12.1	3.8	11.4	3.0	14.4	21.2	34.1		
* Ethnic food looks too weird to eat	f	27	0	8	8	9	31	49	4.98	2.31
	%	20.5	0	6.1	6.1	6.8	23.5	37.1		
At dinner parties, I will try new foods	f	9	15	11	12	7	37	41	5.03	2.02
	%	6.8	11.4	8.3	9.1	5.3	28	31.1		
*I am afraid to eat things I have never had before	f	11	9	11	16	27	29	29	4.83	1.87
	%	8.3	6.8	8.3	12.1	20.5	22.0	22.0		
*I am very particular about the foods I eat	f	20	9	8	8	11	27	49	4.95	2.25
	%	15.2	6.8	6.1	6.1	8.3	20.5	37.1		
I eat almost anything	f	33	15	15	20	7	16	26	3.80	2.26
	%	25	11.4	11.4	15.2	5.3	12.1	19.7		
I like to try new ethnic restaurants	f	13	14	3	18	16	21	47	4.98	2.09
	%	9.8	10.6	2.3	13.6	12.1	15.9	35.6		
I am constantly sampling new and different foods	f	21	11	11	12	26	20	31	4.48	2.14
	%	15.9	8.3	8.3	9.1	19.7	15.2	23.5		
*I don't trust new foods	f	16	14	12	22	27	14	27	4.36	1.99
	%	12.1	10.6	9.1	16.7	20.5	10.6	20.5		

Choices: 7 Strongly agree, 6 Agree, 5 Somewhat agree, 4 Neither agree nor disagree, 3 Somewhat disagree, 2 Disagree, 1 Strongly disagree

When the model results are examined, it is seen that there is statistical harmony. The classification rate coefficient, which indicates that the dependent variable is classified correctly, is 0.742. The regression results show that the independent variables can explain the dependent variable by 22.25% (R Square = 22.25). The results of Akaike criterion show a value of 156.1776 and the likelihood test value is 40.692 ( $p < 0.01$ ).

Accordingly, the relationships between variables can be interpreted keeping in view these values. In the model, there is a positive but statistically insignificant relationship between education and income and the tendency to purchase seaweed. Similarly, it is observed that as the number of households decreases, the tendency to purchase seaweed increases showing an inverse relationship. However, these relationships are statistically insignificant.

On the other hand, statistically significant relationships were determined in terms of food neophobia scale, age and gender. Accordingly, being one year older in age, reduces the seaweed purchasing attitude by 1.02%. Women are 24.76% more likely to purchase seaweed than men. There is a positive relationship between the tendency to consume seaweed and food neophobia. In other words, as participants' interest in consuming new foods increases, their tendency to consume seaweed also increases.

Previous studies have determined that neophobia affects the tendency to consume seaweed (Losada-Lopez, 2021; Blikra et al., 2021). In addition, it has been shown in the literature that women and young people with higher household income and education level are more likely to consume seaweed (Birch et al., 2019). The results from this study are supported by previous literature evidence. The findings also provided new evidence to the literature with regard to Türkiye

Table 4. Factors affecting the tendency to consume seaweed, probit results

Variable	Coefficient	Measurement error	Z statistic	Significance	Marginal effect
Constant	-0.797582	1.08266	-0.7367	0.4613	
Food Neophobia	0.0468243	0.010716	4.37	1.24e-05***	0.0186132
Age	-0.0258345	0.011514	-2.244	0.0248**	-0.0102695
Education	0.0643825	0.221635	0.2905	0.7714	0.0255928
Gender	-0.623043	0.274542	-2.269	0.0232**	-0.247667
Income	0.101086	0.141916	0.7123	0.4763	0.040183
Households	-0.0790720	0.102041	-0.7749	0.4384	-0.0314321

### Survey participants' attitudes towards entomophagy

The vast majority of the respondents, 90.2% (119 people), did not want to consume edible insects. On the other hand, 4.5% (6 people) of the survey participants stated that they could consume insects. However, 5.3% (7 people) of the survey participants stated that they were undecided on this issue.

This rate is 43.8% in another relevant study conducted in Romania (Zugravu et al., 2023). In another study conducted in Italy, this rate was 31.1% (Laureati et al., 2016). On the other hand, more than 50% of American consumers, 57.8% of Indian consumers, 63% of Russian consumers, 49% of British consumers and 62% of Japanese consumers are reluctant to consume insect-based foods (Castro and Chambers, 2019). Findings have shown that consumers' reluctance on this issue is greater than consumer groups in other countries.

A significant portion of the participants (68.9%) do not think that consuming insects will cause less harm to the environment. A significant portion of the respondents (72.7%) argue that slaughtering animals by consuming insects cannot be prevented. Additionally, 50.9% think that the cost of consuming insects will not be low. According to the findings, it can be stated that the society's attitudes towards entomophagy are low. In this context, the reasons for the tendency not to consume have come to the fore. In this context, the reasons for the "tendency of not consuming insects" have been tried to be determined in accordance with their degree of importance.

Considering the fact that more than one reason may be important in determining the "tendency not to consume insects", the fuzzy pairwise comparison method was used. Using previous consumer research, a total of nine criteria that could reveal the reasons for not consuming insects were presented to the participants through pairwise comparisons. This application was carried out with 119 people who did not want to consume.

Criteria were weighted using the fuzzy pairwise comparison method and ranked according to their level of importance.

In this study, the criteria that constitute the reasons for not consuming insects are listed in Table 5.

The averages obtained in Table 5 are listed from largest to smallest according to their weight or, in other words, as per their degree of importance. The validity of the method was tested with Friedman and Kendall's W test. The Friedman test determines whether consumers behave differently when choosing at least one product. Accordingly, the H<sub>0</sub> hypothesis was rejected and it was determined that at least one ranking was different from the others (p<0.01). Kendall's W test represents the homogeneity between groups in preferences (0.183).

The data reveals the information which can be interpreted here with the help of statistical results. Accordingly, the most important reason for not consuming insects is disgust. The reasons for this are health concerns and appearance, respectively. Belief (0.809) and taste perception (0.799) are ranked 4th and 5th with very close weights. These are followed by ethical and moral values, perception of harshness and perception of fear. The weighting of the perception of disgust, which has the highest importance, is 0.894, and the perception of fear, which has the lowest importance, having a weight of 0.645.

Many studies have shown that the most important reason for the tendency of not to consume insects is disgust (Ruby et al., 2015; Castro and Chambers, 2019; Castro Delgado et al., 2020; Penedo et al., 2022) which supports this study results as well. The findings of this research coincided with these. Other reasons have also been cited in other studies as taste, texture, other sensory properties and culture in the literature (Rumpold and Langen, 2019; Hénault-Ethier et al., 2020; Castro Delgado et al., 2020). In this research, in addition to the literature, the reasons for not consuming insects are listed on the basis their importance. These were determined as disgust, health anxiety, appearance, belief, taste perception, texture perception, ethical and moral values, hardness perception and fear perception. Emotional factors were found to be a significant obstacle to consumption.

Table 5. Reasons for not consuming edible insects (fuzzy paired comparison results)

Description	Sequence	Minimum	Maximum	Mean	Standard Error
Disgust	1	0.200	1.000	0.894	0.016
Health concern (anxiety)	2	0.050	1.000	0.852	0.021
Appearance	3	0.000	1.000	0.816	0.017
Belief	4	0.050	1.000	0.809	0.025
Taste perception	5	0.100	1.000	0.799	0.018
Texture perception	6	0.100	0.980	0.753	0.021
Ethical and moral values	7	0.050	1.000	0.734	0.027
Perception of hardness	8	0.050	0.990	0.648	0.026
Perception of fear	9	0.050	1.000	0.645	0.027

*Friedman Test  $\chi^2$  167.255; Kendall's W 0.183*

## CONCLUSION

This research was conducted to reveal consumers' attitudes towards the consumption of seaweed and edible insects as alternative food products. The research observed significant results.

Accordingly, it can be stated that the reluctance to consume insects in Turkey is much higher than in other societies. It has been determined that emotional factors such as disgust, health concern, appearance and belief have a significant impact on not consuming this product. Accordingly, the effect of psychological variables on the acceptance of this new food product has emerged as a phenomenon that requires special attention.

On the other hand, the tendency to consume seaweed is much higher than the tendency to consume insects. Young and female consumer profiles, especially those who are prone to consuming new foods, may constitute a target market for entrepreneurs considering working in this field. Positive emotions can be emphasized to persuade potential consumers to consume seaweeds. Effective packaging, advertising, accessibility (sales in supermarkets) can provide easy access to the target market that is prone to consume new products. In parallel, the increasing health awareness of many consumers may encourage them to try this new product. The results regarding seaweed may develop a business case for its potential as a new industry in Türkiye.

In general, it can be said that insect consumption is very difficult to accept, even if it is supported by organizations such as the United Nations. However, if the perception of healthy food is created and the right target audience is selected, seaweed is more likely to be accepted as food by consumers.

Several limitations are evident in this research. The first of these is the consumer group evaluated within a certain scope. The second is the evaluation of attitudes in a hypothetical market environment. Future research may therefore seek to test alternative approaches based on behavioral economics principles that alter consumer choice environments.

**Acknowledgements:** The authors would like to thank the Scientific Research Project Unit of Aydın Adnan Menderes University for their financial support (Project No: BAP-ZRF23023).

**Conflict of Interest:** The authors have no competing interests to declare.

### Researchers' Contribution Ratio Declaration Summary:

Havva Nur Ozcan: Conceptualization, Survey application, Data entry, Methodology, Validation, Review & Editing.

Gökhan ÇINAR: Conceptualization, Methodology, Visualization, Validation, Investigation, Writing – Review & Editing, Supervision

**Note:** This research is part of the first author's master's thesis.

### YAZAR ORCID NUMARALARI

Gökhan Çınar  <http://orcid.org/0000-0002-2559-7929>

Havva Nur ÖZCAN  <http://orcid.org/0009-0009-2778-5593>

## REFERENCES

- Aksoy A. ve El S. (2021). Geleceğin Protein Kaynağı: Yenilebilir Böcekler. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 9(5): 887-896. DOI: <https://doi.org/10.24925/turjaf.v9i5.887-896.4166>
- Al-Thawadi S. (2018). Public perception of algal consumption as an alternative food in the Kingdom of Bahrain. *Arab Journal of Basic and Applied Sciences*, 25(1): 1-12. DOI: <https://doi.org/10.1080/25765299.2018.1449344>
- Anonymous. (2022). access link, Antalya'da kurulan böcek çiftliği 19 yıldır iç piyasanın canlı yem ihtiyacını karşılıyor (aa.com.tr). Date of Access 12.02.2022
- Anonymous. (2023). access link, Everyday Foods Are Full of Insect Bits (insider.com). Date of Access 10.03.2023
- Anusha Siddiqui S., Bahmid N. A., Mahmud C. M., Boukid F., Lamri M. and Gagaoua M. (2023). Consumer acceptability of plant-, seaweed-, and insect-based foods as alternatives to meat: a critical compilation of a decade of research. *Critical reviews in food science and nutrition*, 63(23): 6630-6651. DOI:<https://doi.org/10.1080/10408398.2022.2036096>
- Ardoin R. and Prinyawiwatkul W. (2021). Consumer perceptions of insect consumption: A review of western research since 2015. *International Journal of Food Science & Technology*, 56(10): 4942-4958. DOI: <https://doi.org/10.1111/ijfs.15167>
- Birch D., Skallerud K. and Paul, N. (2019). Who eats seaweed? An Australian perspective. *Journal of International Food & Agribusiness Marketing*, 31(4): 329-351. DOI: <https://doi.org/10.1080/08974438.2018.1520182>
- Blikra M. J., Altintzoglou T., Løvdal T., Rognså G., Skipnes D., Skåra T., Sivertsvik M. and Fernández, E. N. (2021). Seaweed products for the future: Using current tools to develop a sustainable food industry. *Trends in Food Science & Technology*, 118: 765-776. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.11.002>
- Brownlee F., Andrew Hall A. and Paxman J. (2012). The potential health benefits of seaweed and seaweed extract. In: POMIN, Vitor H., (ed.) *Seaweed : ecology, nutrient composition and medicinal uses*. Marine Biology: Earth Sciences in the 21st. Century Hauppauge, New York, Nova Science Publishers, 119-136
- Candoğan K ve Özdemir G. (2021). Sürdürülebilir et üretimi için yenilikçi yaklaşımlar. *Gıda*. 2021. 46(2): 408-427. DOI: <https://doi.org/10.15237/gida.GD20137>
- Castro Delgado M. and Chambers IV E., Carbonell-Barrachina A., Noguera Artiaga L., Vidal Quintanar R. And Burgos Hernandez A. (2020). Consumer acceptability in the USA, Mexico, and Spain of chocolate chip cookies made with partial insect powder replacement. *Journal of Food Science*, 85(6): 1621-1628. DOI: <https://doi.org/10.1111/1750-3841.15175>
- Castro M. and Chambers IV E. (2019). Consumer avoidance of insect containing foods: Primary emotions, perceptions and sensory characteristics driving consumers considerations. *Foods*, 8(8): 351-358. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods8080351>
- Castro M. and Chambers IV E. (2019). Willingness to eat an insect based product and impact on brand equity: a global perspective. *Journal of Sensory Studies*, 34(2): 1-10. DOI: <https://doi.org/10.1111/joss.12486>
- Çınar G. and Keskin B. (2018). Determination of young consumers' nonalcoholic beverage consumption choices using fuzzy pairwise comparison method. *Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 13(1): 9-16
- Demirci M. and Yetim H. (2021). İnsan gıdası olarak böcek proteinleri tüketimi ve getirdiği sorunlar. *Helal ve Etik Araştırmalar Dergisi*, 3(2): 11-22. DOI: <https://doi.org/10.51973/head.1035367>
- Elder M. and Hayashi S. A. (2018). Regional perspective on biofuels in Asia. In *Biofuels and Sustainability*; Springer: Berlin/Heidelberg. Germany. pp. 223–246. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-4-431-54895-9\\_14](https://doi.org/10.1007/978-4-431-54895-9_14)
- Erdogan B., Peksever D., Gorur A., Sumer O. ve Sedef. E. L. (2021). Sürdürülebilir protein kaynağı olarak yenilebilir böceklerin besleyici özellikleri ve tüketici kabulü. *Gıda*. 46(5): 1105-1116. DOI: <https://doi.org/10.15237/gida.GD21074>
- Faccio E. and Guiotto Nai Fovino L. (2019). Food Neophobia or Distrust of Novelty? Exploring consumers' attitudes toward GMOs, insects and cultured meat. *Applied Sciences*, 9(20): 4440.
- Gilland B. (2002). World population and food supply: can food production keep pace with population growth in the next half-century?. *Food Policy*, 27(1): 47-63. DOI: <https://doi.org/10.3390/app9204440>
- Gunden C. and Thomas T. (2012). Assessing consumer attitudes towards fresh fruit and vegetable attributes. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 10(2): 85-88
- Gujarati, D. ve Porter, D. (2018). *Temel ekonometri* (Translated By Ümit Şenesen ve Gülay Günlük Şenesen). Literatür Yayınları. 5. Baskı. 972s. İstanbul

- Hénault-Ethier L., Marquis D., Dussault M., Deschamps M. H. and Vandenberg G. (2020). Entomophagy knowledge, behaviours and motivations: the case of French Quebecers. *Journal of Insects as Food and Feed*, 6(3): 245-259. DOI: <https://doi.org/10.3920/JIFF2018.0039>
- Kouřimská L. and Adámková A. (2016). Nutritional and sensory quality of edible insects. *NFS Journal*, 4: 22-26. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.nfs.2016.07.001>
- La Barbera F., Verneau F., Amato M. and Grunert K. (2018). Understanding westerners' disgust for the eating of insects: The role of food neophobia and implicit associations. *Food Quality and Preference*, 64: 120-125. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2017.10.002>
- Laureati M., Proserpio C., Jucker C. and Savoldelli S. (2016). New sustainable protein sources: consumers' willingness to adopt insects as feed and food. *Italian Journal of Food Science*, 28(4): 652-668. DOI: <https://doi.org/10.14674/1120-1770/ijfs.v476>
- Losada-Lopez C., Dopico C. and Faina-Medin, J. A. (2021). Neophobia and seaweed consumption: Effects on consumer attitude and willingness to consume seaweed. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 24:100338. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2021.100338>
- Lucas S., Gouin S. and Lesueur M. (2019). Seaweed consumption and label preferences in France. *Marine Resource Economics*, 34(2), 143-162.
- Muslu M. (2020). Sağlığın geliştirilmesi ve sürdürülebilir beslenme için alternatif bir kaynak: yenilebilir böcekler. *Gıda*. 45(5): 1009-1018. DOI: <https://doi.org/10.15237/gida.GD20071>
- Nongonierma A. B. and FitzGerald R. J. (2017). Unlocking the biological potential of proteins from edible insects through enzymatic hydrolysis: A review. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 43: 239-252. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2017.08.014>
- Palmieri N. and Forleo M. B. (2020). The potential of edible seaweed within the western diet. A segmentation of Italian consumers. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 20: 100202. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2020.100202>
- Palmieri N., Nervo C. and Torri L. (2023). Consumers' attitudes towards sustainable alternative protein sources: Comparing seaweed, insects and jellyfish in Italy. *Food Quality and Preference*, 104: 104735.
- Payne C. L., Dobermann D., Forkes A., House J., Josephs J., McBride A. and Soares S. (2016). Insects as food and feed: European perspectives on recent research and future priorities. *Journal of Insects as Food and Feed*, 2(4): 269-276. DOI: <https://doi.org/10.3920/JIFF2016.0011>
- Penedo A. O., Bucher Della Torre S., Götze F., Brunner T. A. and Brück W. M. (2022). The consumption of insects in Switzerland: university-based perspectives of entomophagy. *Foods*, 11(18): 2771. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods11182771>
- Pliner P. and Hobden, K. (1992). Development of a scale to measure the trait of food neophobia in humans. *Appetite*, 19, 105-120. DOI: [https://doi.org/10.1016/0195-6663\(92\)90014-W](https://doi.org/10.1016/0195-6663(92)90014-W)
- Ruby M. B., Rozin P. and Chan, C. D. (2015). Determinants of willingness to eat insects in the USA and India. *Journal of Insects as Food and Feed*, 1(3): 215-225. DOI: <https://doi.org/10.3920/JIFF2015.0029>
- Rumpold B. A. and Langen N. (2019). Potential of enhancing consumer acceptance of edible insects via information. *Journal of Insects as Food and Feed*, 5(1): 45-53. DOI: <https://doi.org/10.3920/JIFF2018.0041>
- Tanaka K. (1997). *An Introduction to Fuzzy Logic for Practical Applications*. Springer - Verlag, New York, 138 p
- Tripathi A. D., Mishra R., Maurya. K. K., Singh R. B. and Wilson D.W. (2019). Estimates for world population and global food availability for global health. In *The Role of Functional Food Security in Global Health*; Elsevier: Amsterdam. The Netherlands. pp. 3–24. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813148-0.00001-3>
- Van Huis A. (2016). Edible insects are the future?. *Proceedings of the Nutrition Society*, 75(3): 294-305. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0029665116000069>
- Wang H. H. (2022). The perspective of meat and meat-alternative consumption in China. *Meat Science*, 194: 108982. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2022.108982>
- Yazar A. ve Soyuyigit S. (2020). Antalya'da Dinamik Balıkçılık Sektörü İçin Ekonomik Amaçlı Yatay İşbirliği Önerisi: Teknik Kapasitesi Arttırılmış Örgütsel Ağ. *Uygulamalı Bilimler Fakültesi Dergisi*, 2(2): 1-12.
- Zhang X. and Davidson E. A. (2018). Improving nitrogen and water management in crop production on a national scale. In *Proceedings of the AGU Fall Meeting*. Washington. DC. USA. 10–14
- Zugravu C., Tarcea M., Nedelescu M., Nuță D., Guiné R. P. and Constantin, C. (2023). Knowledge: A factor for acceptance of insects as food. *Sustainability*, 15(6): 4820. DOI: <https://doi.org/10.3390/su15064820>

## Keban Baraj Gölünden yakalanan Gökkuşuğu Alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*)' nın Bazı Besin İçeriğinin Değerlendirilmesi

Geliş Tarihi: 14.11.2023 Düzeltme Geliş Tarihi: 13.02.2024 Kabul Tarihi: 14.02.2024

### ÖZ

Balık tüketimi dengeli beslenme için önemli bir beyaz et çeşidi ve protein kaynağıdır. Kaliteli proteinin yanı sıra omega-3 yağ asitleri ve diğer doymamış yağ asitlerince zengin olması ile de ayrıca değerlidir. Bunlara ilaveten sağlığımız için gerekli elementlere sahiptir. Gökkuşuğu alabalığı yetiştiriciliği yapılan balık türleri arasında başı çekmektedir. Bu çalışmada Keban baraj gölünden temin edilen gökkuşuğu alabalıklarının kas dokusunda ham protein, yağ, yağ asidi profili ve elementel analiz yapılmıştır. Toplam yağ yüzdesi  $28,19 \pm 1,58$ , toplam protein yüzdesi  $48,44 \pm 3,09$  olarak tespit edilmiştir. On dört çeşit yağ asidi tespit edilmiş olup bunların altısı doymuş yağ asidi, üçü tekli doymamış yağ asidi, beşi çoklu doymamış yağ asididir. Doymuş yağ asitlerinin toplamı  $\%30,83 \pm 2,29$ , tekli doymamış yağ asitleri  $\%27,61 \pm 2,65$  ve çoklu doymamış yağ asitleri de  $\%41,56 \pm 1,67$  olarak gözlenmiştir. Tespit edilen elementlerin çoktan aza doğru sıralanışı şöyledir; potasyum, sodyum, kalsiyum, magnezyum, çinko, demir, bakır ve mangan. En yoğun bulunan element  $2648 \pm 517,32$  ppm ile potasyum olurken en az bulunanı  $0,25 \pm 0,05$  ppm ile mangan olmuştur. Bu veriler ışığında diyetisyenler tarafından haftada en az iki kez balık tüketimini tavsiye edilmektedir.

**Anahtar kelimeler:** Gökkuşuğu alabalığı, yağ kalite indeksleri, toplam protein, yağ asidi, element

## Evaluation of Some Nutritional Contents of Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) caught from Keban Dam Lake

### ABSTRACT

Fish consumption is an important type of white meat and protein source for a balanced diet. In addition to quality protein, it is also valuable because it is rich in omega-3 fatty acids and other unsaturated fatty acids. In addition, it has elements necessary for our health. Rainbow trout is one of the fish species cultivated. In this study, crude protein, fat, fatty acid profile and elemental analysis were performed on the muscle tissue of rainbow trout obtained from Keban dam lake. The total fat percentage was determined as  $28.19 \pm 1.58$ , and the total protein percentage was  $48.44 \pm 3.09$ . Fourteen types of fatty acids have been identified, six of which are saturated fatty acids, three are monounsaturated fatty acids, and five are polyunsaturated fatty acids. The total of saturated fatty acids was observed as  $30.83 \pm 2.29\%$ , monounsaturated fatty acids as  $27.61 \pm 2.65\%$  and polyunsaturated fatty acids as  $41.56 \pm 1.67\%$ . The order of the detected elements from most to least is as follows; potassium, sodium, calcium, magnesium, zinc, iron, copper and manganese. The most abundant element was potassium with  $2648 \pm 517.32$  ppm, while the least abundant element was manganese with  $0.25 \pm 0.05$  ppm. In light of this data, we recommend consuming fish at least twice a week.

**Key words:** Rainbow trout, lipid quality indices, total protein, fatty acid, element

## GİRİŞ

İnsanoğlu doğumundan ölümüne kadar beslenmeye ihtiyaç duyar. Dengeli beslenerek daha sağlıklı ve huzurlu bir ömür geçirebilir (Bengü ve Yılmaz, 2021). Dengeli beslenmede beyaz et kaynaklarından biri olarak balık tüketiminin yeri önemlidir. Uzmanlar haftada en az 2 kez balık yememizi tavsiye etmektedir (Anonim1). Ülkemizde baraj göllerinde kafes balıkçılığı 2000 li yıllarda başlamıştır. Aynı yıllarda Elazığ ili sınırları içerisinde bulunan Keban baraj gölünde de yılda 330 ton alabalık üretime ile başlamış ve her geçen yıl artarak 10 bin tonu geçmiştir (Öztürk ve Bayramoğlu, 2011). Ülkemizde kişi başı balık tüketimi yıllık 6-7 kilo arasındayken dünya ortalaması 20 kilonun üzerindedir (Anonim2). Üç tarafı kıyılarla çevrili olan ülkemiz için bu durum bir çelişki olarak göze çarpmaktadır. Kıyılardan uzak iç bölgeler için deniz ürünleri ve balığa erişim daha da zor olmaktadır. Bunun kolaylaştırılması, balık tüketiminin arttırılabilmesi, dolayısı ile dengeli beslenmeye katkısı için göllerde kafes balıkçılığı gelişmiştir.

Balık yüksek oranda makro besin grubuna dahil olan protein ve yağ içermektedir. İçerdiği yağın kalitesi ve yağ asidi profili ile sağlığımız açısından özel bir yere sahiptir. Doymamış yağ asidi ve omega-3 olarak bilinen yağ asitlerince zengin olması paha biçilemez bir besin olmasına sebep olmaktadır (Kocatepe ve Turan, 2018). Balıkları içerdiği omega-3 yağ asidi miktarına göre 100 g kas dokusunda 200 mg'dan az içerenler, 200-500 mg arası içerenler, 500-1000 mg arası içerenler ve 1000-1500 mg arası içerenler olarak başlıca 4 grupta sınıflanabilmektedir. İçerdiği omega-3 yağ asitleri miktarı arttıkça daha sağlıklı olabileceğini söylememiz mümkündür. Gökkuşluğu alabalığı olarak bilinen *Oncorhynchus mykiss* 1000-1500 mg omega-3 yağ asidi içeriği ile en üst grupta yer almaktadır. Balık yağı ve omega-3 yağ asitlerince zengin diyetin faydaları bol balık tüketmeleri ile biline Eskimolarda kardiyak kökenli ölüm oranının çok az olması ile dikkat çekmiştir (Lee ve Lip, 2003). Diyabet gibi çoklu organ hastalıkları, tansiyon gibi kardiyak hastalıklar, Multiple skleroz gibi otoimmün hastalıklar, şizofreni gibi psikolojik hastalıklar ve daha otuza yakın hastalık ile omega-3 yağ asidinin pozitif ilişkisi olduğu belirtilmiştir (Aydın, 2004). Yağ asidi oranı literatür de o kadar kıymetlidir ki doymuş yağ asidi (UFA), tekli doymamış yağ asidi (SFA) ve çoklu doymamış yağ asidi (PUFA) değerlerinin kendi aralarındaki oranları da MUFA/SFA, PUFA/SFA ve UFA/SFA şeklinde yorumlanmaktadır. Bunlara ilaveten yağ asidi oranları geliştirilen formüllere uygulanarak Aterojenik İndeks (AI), Trombojenik İndeks (TI), Hipokolesterolemik/hiperkolesterolemik oran (H/H) ve Sağlığı Geliştiren İndeks (HPI) 'ler de değerlendirilmektedir (Gałowska ve ark, 2022).

Dengeli beslenebilmek için metabolizmamızın ihtiyaç duyduğu mikro besinler grubuna dahil olan mineralleri de almamız gerekmektedir (Bengü ve Yılmaz, 2021). Balık aynı zamanda iyi bir mineral kaynağıdır ve demir, bakır, çinko, mangan gibi en temel eser elementleri önemli oranda barındırır (Aydın ve ark, 2022). Demir; kanda oksijen taşıyan hemoglobin ve kasta oksijeni depolayan miyoglobinin yapısına katılır ve bir çok enzimde de rol oynar, eksikliğinde anemi bulgusu gelişir (Akkoyun, 2018). Bakır; demir emilimi, nöronların işlevselliği ve kemik dokuda görevleri vardır. Bakır da bazı enzimlerin yapısına katılmakla birlikte eksikliğinde dolaylı olarak anemi gelişir (Akkoyun ve ark. 2019, Kaba ve ark. 2015). Çinko; bir dizi enzimin yapısına kofaktör olarak katılır ve büyüme, gelişme ve bağışıklık için ihtiyaç duyulan bir elementtir. Mangan bazı enzimlerin yapısına katılmakla birlikte, kıkırdak sentezi ve mitokondriyal aktiviteler de rol almaktadır. Kalsiyum; kemik ve dişlerde en bol bulunan mineral olup kas kasılması ve kan pıhtılaşmasında da rol alır. Sodyum, potasyum da kanda elektrolit dengesinin korunması ve sabit kalması için önemlidir. Magnezyum; birçok enzimin yapısına katılmakla birlikte, plazma zarlarının, hücre içi zarların ve nükleik asitlerin stabilizatörü olarak işlev görür (Bengü ve Keleş, 2021).

## MATERYAL ve METOT

2017 yılı kasım ayında Elazığ ili Keban baraj gölünden avlanan 243-300 g ağırlık arasında değişen 8 adet gökkuşluğu alabalık (*Oncorhynchus mykiss*) türü balıkçıklardan satın alma yolu ile temin edildi. Bu bölgede üretimi yapılan ve en çok tüketilen tür olduğu için gökkuşluğu alabalığı seçildi. Diyetle de sadece kas dokusu tüketildiği için kas dokusu analizlerde kullanıldı. Analiz yapılarına kadar -80 °C de muhafaza edildi.

### Toplam Protein Analizi

Gerhardt marka Dumaterm model cihaz kullanıldı. Bu yöntemde örnek (kas doku) homojenize edildikten sonra ince elekten geçirilir ve yaklaşık 50 mg tartılır. Tin foil içerisine alınarak cihazın yakma ünitesine atılır, burada yüksek saflıkta O<sub>2</sub> gazı ile 1200 °C de yakılır, gaz fazına geçen bileşikler çeşitli filtrelerde tutulur, yüksek saflıkta He gazı tarafından taşınan N<sub>2</sub> termal iletkenlik dedektörü tarafından tespit edilir ve ölçülür. Tespit edilen % N<sub>2</sub> miktarı, 6,25 olarak kabul edilen protein faktörü ile çarpılarak örnekteki % protein kantitatif olarak tespit edildi (Bengü ve ark., 2019).



### Toplam Yağ analizi

Velp marka SER 148 model yarı otomatik yağ tayin cihazı kullanıldı. 5 g kas doku cihazın özel krozelerine süzgeç kağıdına sarılı halde yerleştirildi. 50 mL hekzan içerisinde sokshelet işlemine bırakıldı. Yaklaşık 90-120 dakika süren bu işlemden sonra krozelerin soğuması için desikatörde bekletildi, hassas terazide tartıldı ve gerekli hesaplamalar yapılarak toplan yağ miktarı % cinsinden tespit edildi (Rahimi ve Ngadi, 2014).

### Yağ Asidi Ekstraksiyonu ve Metilasyon İşlemi

1g kas dokusu kapaklı cam kavanoza alındı ve üzerine 2/1 oranında (kloroform/metanol) 20 mL eklendi sonrasında homojenize edildi. Bir gece buzdolabında +4 °C' de bekletildi. Daha sonra mezüre huni ve süzgeç kağıdı ile filtre edildi, eksilme var ise toplam hacim 20 mL ye 2/1 (kloroform/metanol) ile tamamlandı. Sonrasında üzerine 4 mL %0,09 NaCl eklendi ve bir gece buzdolabında +4 °C' de bekletildi. Oluşan üst faz (su ve metanol) pastor pipeti ile atıldı. Alt fazda kalan kloroform, rotary evaporatorde uçuruldu. Balonda kalanlar 4 mL HPLC/GC saflıkta hekzan ile rotary balonundan alınıp plastik kapaklı tüpe konur, üzerine 100 µL 2N metanolik KOH eklendi. Tüpler 3000 rpm' de 5 dakika santrifuj edildi. Üst fazdan 1,5 mL viale alınıp GC' ye verildi (Akkoyun ve ark.,2022).

### GC-MS ile Yağ Asidi Analizi Metodu

SGE marka BPX 70 (100m x 0.25mm) kolon ve Agilent 7890A/5970C marka ve model Gas Kromatografi Kütle Spektrometri (GC-MS) cihazında Alev İyonlaşma Dedektörü (FID) ve kütle spektrometri (MS) dedektörleri simultane olarak kullanıldı. Kromatografik koşullar şöyledir; fırın sıcaklığı 120 °C den başlayıp, 5 °C/dakika ile 250 °C' ye ulaşır, 3 dakika bekler, 2 °C /dakika ile son sıcaklık olan 250 °C ye ulaşır ve 15 dakika bekler, bunların toplamı 45 dakika tutar. Oto örnekleyicinin enjeksiyon hacmi 1 µL olarak seçildi ve, 10/1 split modu kullanıldı. Cihazda kayıtlı WILEY ve NIST kütüphaneleri ve Supelco FAMES mix. standardının karşılaştırılması ile pikler tanımlandı ve değerlendirildi (Bengü, 2020).

### AAS ile Elementel Analiz

0.5 gr kas doku tartılarak mikro dalga cihazının (Cem Mars 6) teflon tüplerine boşaltıldı. Üzerine 10 mL saf HNO<sub>3</sub> eklenecek ağız sıkıca kapatıldı. 15 dakikada son sıcaklık 210 °C ye ulaştı ve 15 dakikada bu sıcaklıkta bekletildi, toplam ekstraksiyon süresi 30 dakikadır. Cihaz bu esnada 1800 w güç harcamaktadır. Teflon tüpler çeker ocak altında açıldı ve 10 mL ultra saf su ile beraber ağız kapaklı cam erlenlere alındı. Artık AAS (Atomik Absorbsiyon Spektrometri) cihazına verilmek için hazırlanmıştır (Bengü ve Kutlu, 2020). Perkin Elmer marka AAS 800 model AAS cihazı ile her bir element kendine ait lambası ve standart grafiğine karşı okunarak kalsiyum (Ca), magnezyum (Mg), sodyum (Na), potasyum (K), mangan (Mn), demir (Fe), bakır (Cu) ve çinko (Zn) düzeyleri ppm düzeyinde tespit edildi.

## BULGULAR ve TARTIŞMA

Gökkuşuğu alabalığının kas dokusunun analizleri sonucu, 14 çeşit yağ asidi yağ asidi değişen oranlarda tespit edilmiştir. Molekül büyüklüğü ve karbon sayısına göre sırasıyla tespit edilen yağ asidi yüzdeleri şu şekildedir; kaprilik asit (C8:0) 0,29±0,45, laurik asit (C12:0) 0,24±0,08, miristik asit (C14:0) 1,02±0,34, palmitik asit (C16:0) 22,52±1,46, palmitoleik asit (C16:1) 8,29±1,63, stearik asit (C18:0) 6,48±1,36, oleik asit (C18:1) 17,98±1,52, linoleik asit (C18:2) 6,31±1,34, linolenik asit (C18:3) 4,90±1,29, araşidik asit (C20:0) 0,30±0,08, eikosonoik asit (C20:1) 1,35±0,53, araşidonik asit (C20:4) 10,99±1,30, dokosatetraenoik asit (C22:4) 2,43±0,80 ve dokosaheksaenoik asit (C22:6) 16,93±2,61. Yağ asidi sonuçları Çizelge 1'de gösterilmiştir.

Doymuş yağ asitlerinin kendi içerisinde toplanması ile elde edilen SFA (saturated fatty acid) 30,83±2,29, tek çift bağa sahip olan yağ asitlerinin toplamını ifade eden MUFA (monounsaturated fatty acid) 27,61±2,75, çoklu çift bağa sahip yağ asitlerinden oluşan PUFA (polyunsaturated fatty acid) 41,56±1,67 olarak hesaplanmıştır.

Bu sonuçlardan PUFA/SFA oranı 1,52±0,18 olarak ve omega-3/omega-6 [n-3/n-6: (C18:3+C22:6)/(C18:2+C20:4+C22:4)] oranı da 1,27±0,13 olarak hesaplanmıştır. Yağ asidi indeksleri sonuçları Çizelge 2'de gösterilmiştir.

AAS tekniği ile yapılan elementel analiz işlemi sonucu Ca: 302,45±56,88 ppm, Mg: 227,70±24,88 ppm, Na:317,84±36,22 ppm, K:2648,05±517,32 ppm, Mn:0,25±0,05 ppm, Fe: 2,05±0,05 ppm, Cu:0,28±0,05 ppm ve Zn: 3,18±0,51 ppm olarak tespit edilmiştir. Elementel analiz sonuçları Çizelge 3'de verilmiştir.

Velp marka yarı otomatik yağ tayin cihazı ile yapılan analizlerde toplam ham yağ yüzdesi 28,19±1,58 olarak tespit edilmiştir.

Gerhardt marka azot protein cihazı kullanılarak yapılan analizlerde toplam protein yüzdesi 48,44±3,09 olarak gözlenmiştir. Toplam yağ ve proteinin yüzde sonuçları çizelge 4'de verilmiştir.

Ortalama ve standart sapma hesaplamaları Microsoft Office yazılımı excell programı kullanılarak yapılmıştır.

Çizelge 1. Yağ asidi yüzde sonuçları

Örnek	C8:0	C12:0	C14:0	C16:0	C16:1	C18:0	C18:1	C18:2	C18:3	C20:0	C20:1	C20:4	C22:4	C22:6
1	0,13	0,39	0,98	21,07	6,95	6,22	18,29	6,40	4,66	0,25	1,24	10,81	2,21	20,39
2	0,12	0,21	1,12	21,95	9,76	5,41	19,62	4,90	5,54	0,31	1,46	11,76	3,43	14,42
3	0,14	0,20	1,35	22,23	7,64	7,71	17,42	6,75	5,28	0,29	1,47	10,68	3,23	15,60
4	0,09	0,25	1,27	22,60	8,86	4,96	18,39	6,15	3,55	0,29	1,41	9,98	1,96	20,27
5	0,10	0,24	1,13	25,14	6,98	7,65	16,78	4,86	3,98	0,36	1,53	12,65	2,16	16,47
6	0,15	0,20	1,19	24,15	8,24	6,16	17,54	6,15	4,28	0,30	1,62	10,44	2,69	16,88
7	1,40	0,30	0,86	20,91	6,54	8,61	15,52	9,17	4,29	0,41	1,93	8,93	2,87	18,28
8	0,16	0,12	0,27	22,07	11,32	5,13	20,27	6,06	7,65	0,15	0,12	12,64	0,92	13,12
<b>Ortalama</b>	<b>0,29</b>	<b>0,24</b>	<b>1,02</b>	<b>22,52</b>	<b>8,29</b>	<b>6,48</b>	<b>17,98</b>	<b>6,31</b>	<b>4,90</b>	<b>0,30</b>	<b>1,35</b>	<b>10,99</b>	<b>2,43</b>	<b>16,93</b>
<b>Standart sapma</b>	<b>0,45</b>	<b>0,08</b>	<b>0,34</b>	<b>1,46</b>	<b>1,63</b>	<b>1,36</b>	<b>1,52</b>	<b>1,34</b>	<b>1,29</b>	<b>0,08</b>	<b>0,53</b>	<b>1,30</b>	<b>0,80</b>	<b>2,61</b>

Çizelge 2. Yağ asidi indeksleri sonuçları

Örnek	SFA	MUFA	PUFA	PUFA/SFA	n-3	n-6	n3/n6
1	29,04	26,48	44,48	1,68	25,05	19,43	1,29
2	29,12	30,84	40,05	1,30	19,96	20,08	0,99
3	31,92	26,54	41,55	1,57	20,88	20,67	1,01
4	29,46	28,66	41,90	1,46	23,82	18,08	1,32
5	34,63	25,29	40,12	1,59	20,45	19,67	1,04
6	32,15	27,40	40,44	1,48	21,17	19,28	1,10
7	32,49	23,99	43,54	1,81	22,58	20,96	1,08
8	27,89	31,71	40,40	1,27	20,78	19,62	1,06
<b>Ortalama</b>	<b>30,83</b>	<b>27,61</b>	<b>41,56</b>	<b>1,52</b>	<b>21,83</b>	<b>19,72</b>	<b>1,11</b>
<b>Standart sapma</b>	<b>2,29</b>	<b>2,65</b>	<b>1,67</b>	<b>0,18</b>	<b>3,90</b>	<b>3,44</b>	<b>1,13</b>

Çizelge 3. Elementel analiz sonuçları (ppm)

Örnek	Ca	Mg	Na	K	Mn	Fe	Cu	Zn
1	316,18	241,15	328,94	3618,11	0,21	1,78	0,26	4,21
2	308,65	221,22	298,73	2549,83	0,26	2,09	0,23	3,67
3	215,22	186,96	316,62	2245,17	0,3	1,94	0,32	3,16
4	310,27	251,19	376,15	2661,25	0,19	2,26	0,35	2,85
5	289,43	198,53	269,46	2251,57	0,23	1,64	0,28	2,91
6	307,72	259,14	361,47	2925,41	0,29	1,81	0,19	3,04
7	414,46	227,94	289,86	2946,18	0,32	3,05	0,3	2,76
8	257,64	235,48	301,51	1986,84	0,18	1,82	0,27	2,8
<b>Ortalama</b>	<b>302,4463</b>	<b>227,7013</b>	<b>317,8425</b>	<b>2648,045</b>	<b>0,248</b>	<b>2,049</b>	<b>0,275</b>	<b>3,175</b>
<b>Standart sapma</b>	<b>56,88164</b>	<b>24,88364</b>	<b>36,22094</b>	<b>517,3221</b>	<b>0,053</b>	<b>0,449</b>	<b>0,05</b>	<b>0,51</b>

Çizelge 4. Toplam yüzde ham yağ ve protein sonuçları

Örnek	Toplam % yağ	Toplam % Protein
1	27,35	48,62
2	26,14	45,24
3	28,42	44,96
4	31,06	46,88
5	29,54	50,17
6	28,63	51,65
7	27,49	46,53
8	26,85	53,44
<b>Ortalama</b>	<b>28,19</b>	<b>48,44</b>
<b>Standart sapma</b>	<b>1,58</b>	<b>3,09</b>

## SONUÇ ve ÖNERİLER

Gökkuşluğu alabalığının kas dokusunun analizleri sonucu 14 çeşit yağ asidi tespit edilmiştir. Bu yağ asitlerinden altı tanesi doymuş yağ asidi (SFA), üç tanesi tekli doymamış yağ asidi (MUFA) ve beş tanesi de çoklu doymamış yağ asidi (PUFA) olduğu gözlenmiştir. Doymuş yağ asitleri içerisinde en düşük miktarda %0,24±0,08 ile laurik asit olurken en yüksek miktarda %22,52±1,46 ile palmitik asit olmuştur. Tekli doymamış yağ asitleri içerisinde en düşük miktarda %1,35±0,53 ile eikosanoik asit olurken en yüksek miktarda %17,98±1,52 ile oleik

asit olmuştur. Çoklu doymamış yağ asitleri arasında en düşük düzeyde %2,43±0,8 ile dokosatetraenoik asit olurken en yüksek oranda %16,93±2,61 ile dokosaheksaenoik asit olmuştur.

Omega-3 yağ asitleri beslenmemizde özel bir yer tutar. Gökkuşaağı alabalığı da omega-3 yağ asitleri açısından en yüksek oranda içeren balıklar sınıfında listelenmektedir (Kocatepe ve Turan, 2018). Yapılan bu çalışmada da omega-3 yağ asitlerinin %19,96 ile 25,05 arasında değiştiği ve ortalamasının %21,83±3,90 düzeylerinde olduğu tespit edilmiştir. Omega-6 yağ asitleri %18,08 ile 20,96 arasına olup ortalaması %19,72±3,44 seviyelerinde gözlenmiştir. Görüldüğü gibi doymamış yağ asidi oranı (MUFA+PUFA) %69,17 düzeylerinde olup birçok besinden fazladır.

Yağ kalite indeksleri olarak literatürde kullanılan; Aterojenik indeks (AI), trombojenik indeks (TI), Hipokolesterolemik/hiperkolesterolemik oran ve Sağlığı geliştiren indeks (HPI) aşağıdaki formüller yardımı ile hesaplandı (Gałgowska ve Pietrzak, 2022). Dikkatle incelenirse Aterojenik indeksin tersinin Sağlığı geliştiren indeksi oluşturduğunu görebiliriz.

$$AI = \frac{C12:0+(4xC14:0)+C16:0}{n-3 PUFA+n-6PUFA+MUFA} \text{ (Ulbricht ve Southgate, 1991)}$$

$$TI = \frac{C14:0+C16:0+C18:0}{0.5x MUFA+0.5x n-6PUFA+3x n-3PUFA+\frac{n-3PUFA}{n-6PUFA}} \text{ (Ulbricht ve Southgate, 1991)}$$

$$H/H = \frac{cis C18:1+PUFA}{C12:0+C14:0+C16:0} \text{ (Santos-Silva, 2002)}$$

$$HPI = \frac{UFA}{C12:0+4x C14:0+C16:0} \text{ (Chen, 2004) veya } HPI = \frac{1}{AI}$$

Yukarıda verilen formüllere ilgili değerler yerleştirilip gerekli hesaplamalar yapıldığında AI:0,3880, TI:0,3325, H/H:2,5037 ve HPI ise 2,5771 olarak bulunmuştur. Literatürde yeni bir kavram olan yağ kalite indekslerini balık dokusunda hesaplayan herhangi bir çalışma tespit edilememiştir. Bu yüzden de bir mukayese yapılamamıştır. Bu çalışmanın literatürdeki bu boşluğun doldurulmasına katkıda bulunabileceğini düşünüyoruz.


Ülkemizde yağ kalite indeksleri ile ilgili yenilebilir bir mantar türünde yeni tarihli bir çalışma tespit edilebilmiştir (Bengü, 2023)

Ham yağ yüzde oranı 28,19±1,58 ve protein oranı 48,44±3,09 olarak tespit edilmiştir. Caballero ve ark. 2002, yaptıkları bir çalışmada bir alabalık türünün farklı beslenme rasyolarında protein ve yağ oranındaki değişimleri göstermişlerdir. Kontrol gruplarında tespit ettikleri ham yağ oranı yüzde 29,7 ve protein oranı 46,9 olarak tespit etmiştir. Bu sonuçların yapılan çalışmamıza yakın olduğu, yağ oranının %1,51 daha düşük, protein oranının %1.54 oranında daha yüksek olduğu gözlenmiştir (Caballero ve ark, 2002). Bureau ve ark. 2000'de balıkların beslenme farklılığının protein oranını %46,4-82,6 oranında ve lipid oranının da %6,3-13,9 oranında değişebileceğini belirtmiştir (Bureau ve ark, 2000). Ayrıca mevsimsel değişimlerde özellikle yağ oranı üzerinde değişimlere sebep olabilmektedir (Kaçar ve ark. 2021, Kaçar ve ark. 2022, Metin ve ark. 2000).

Elementel analiz sonuçlarında insan sağlığı için önemli olan kalsiyum (Ca), magnezyum (Mg), sodyum (Na), potasyum (K), mangan (Mn), demir (Fe), bakır (Cu) ve çinko (Zn) dan oluşan sekiz element seçilmiştir. Balık kas dokusunda kayda değer oranda element olduğu bilinmektedir (Aydın ve ark., 2022). Bu çalışmada analizi yapılan elementlerden en düşük miktarda 0,25±0,05 ppm ile mangan, en yüksek oranda 2648,05±517,32 ppm ile potasyum olmuştur.

Kültür balıkçılığında en çok tercih edilen türlerden biri olan gökkuşaağı alabalığının sağlıklı ve dengeli beslenme için çok iyi bir seçenek olduğunu düşünmekteyiz.

## YAZAR ORCID NUMARALARI

Aydın Şükrü BENGÜ  <http://orcid.org/0000-000-7635-4855>

## KAYNAKLAR

- Anonim1:<https://www.trthaber.com/haber/saglik/protein-kaynagi-baligi-ne-siklikta-tuketmeli-270712.html>  
erişim tarihi: 31.10.2023
- Anonim2: <https://tr.euronews.com/2018/08/31/balik-tuketmeyen-turkiye-avrupanin-8-inci-buyuk-deniz-urunleri-ureticisi> erişim tarihi: 31.10.2023
- Akkoyun, H. T. (2018). Effect of boric acid on some elemental levels on rat's liver and kidney tissues during mercury chloride exposure. *Cellular and Molecular Biology*, 64(13), 84–88.
- Akkoyun, H. T., & Bayramoğlu Akkoyun, M. (2019). Effect Of Quercetin On Selected Micro Elements In Rat Liver Tissue During Carbon Tetrachloride Exposure. *Fresenius Environmental Bulletin*, 28(9), 6757–6763.
- Akkoyun, H. T., Aydın, S., Bayramoğlu Akkoyun, M., Bengü, A. Ş., Ekin, S., & Aslan Erdem, S. (2022). Effects of Arbutin on Fatty Acid Levels of Erythrocyte and Serum in Wistar Albino Rats Treated with Potassium Bromate. *Indian Journal of Pharmaceutical Education and Research*, 56(3).
- Aydın, A. Kasım 2004. Sağlığımız ve Omega-3 Yağ Asitleri, İÜ Cerrahpaşa Tıp Fakültesi Sürekli Tıp Eğitimi Etkinlikleri, Sağlıkta ve Hastalıkta Beslenme Sempozyum Dizisi No.41.;181-9.
- Aydın, S., Akkoyun, H. T., Bayramoglu Akkoyun, M., Bengu, Aydın S., Ekin, S., & Harlioglu, A. G. 2022. Determination of trace element and fatty acid levels in tissues of mirror and scaly carp (*Cyprinus carpio* L., 1758) living in Keban Dam Reservoir (Elazig). *Journal of Fish Biology*, 101(4), 811–821. <https://doi.org/10.1111/jfb.15135>
- Aydın, S., Akkoyun, H. T., Bayramoglu Akkoyun, M., Bengu, Aydın Ş., Ekin, S., & Harlioğlu, A. G. 2022. Determination of trace element and fatty acid levels in tissues of mirror and scaly carp (*Cyprinus carpio* L., 1758) living in Keban Dam Reservoir (Elazig). *Journal of Fish Biology*, 101(4), 811–821.
- Bengu, A S. 2020. The fatty acid composition in some economic and wild edible mushrooms in Turkey. *Progress in Nutrition*, 22(11), 185-192.
- Bengü A Ş., Yılmaz Ç H., 2021. Dengeli Beslenme ve Mantar Tüketimi, Tıp Ve Sağlık Araştırmaları Teori, Yöntem ve Uygulama, 1: 277-307, Livre De Lyon.
- Bengü, A Ş., Keleş, M S., 2021. İnsan Sağlığı ve Mineraller ile İlişkisi, Tıp ve Sağlık Araştırmaları, Livre de Lyon, 1:144-157.
- Bengü, A. Ş., YILMAZ, H Ç., Türkekul, İ., & Hakan, I. Ş. I. K. 2019. Doğadan toplanan ve kültürü yapılan *Pleurotus ostreatus* ve *Agaricus bisporus* mantarlarının toplam protein, vitamin ve yağ asidi içeriklerinin belirlenmesi. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 6(2), 222-229.
- Bengü, AŞ., Kutlu, MA. 2020. Bingöl'den Temin Edilen Ballarda ICP-MS ile Bazı Temel ve Toksik Elementlerin Analizi (Analysis of Some Essential and Toxic Elements by ICP-MS in Honey Obtained from Bingol). *U. Arı D.-U. Bee. J.* 20(1): 1-12, DOI: 10.31467/uluaricilik.648631
- Bengü, AŞ. 2023, Bingöl'den Temin Edilen *Pleurotus eryngii* Mantarında Protein ve Yağ Asidi Kalite İndekslerinin Değerlendirilmesi, 6. Uluslararası Çukurova Tarım ve Veteriner Bilimleri Kongresi, Adana, Türkiye
- Bureau, D. P., Harris, A. M., Bevan, D. J., Simmons, L. A., Azevedo, P. A., & Cho, C. Y. 2000. Feather meals and meat and bone meals from different origins as protein sources in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) diets. *Aquaculture*, 181(3-4), 281-291.
- Caballero, M. J., Obach, A., Rosenlund, G., Montero, D., Gisvold, M., & Izquierdo, M. S. 2002. Impact of different dietary lipid sources on growth, lipid digestibility, tissue fatty acid composition and histology of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Aquaculture*, 214(1-4), 253-271.
- Chen, S., Bobe, G., Zimmerman, S., Hammond, E. G., Luhman, C. M., Boylston, T. D., ... & Beitz, D. C. 2004. Physical and sensory properties of dairy products from cows with various milk fatty acid compositions. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52(11), 3422-3428.

- Gałgowska, M., & Pietrzak-Fiećko, R. 2022. Evaluation of the Nutritional and Health Values of Selected Polish Mushrooms Considering Fatty Acid Profiles and Lipid Indices. *Molecules*, 27(19), 6193.
- Kaba, M., Piriñçi, N., Yüksel, M. B., Geçit, İ., Güneş, M., Demir, M., ... Demir, H. (2015). Serum Levels Of Trace Elements İn Patients With Testicular Cancers. *International Braz J Urol*, 41(6), 1101–1107.
- Kaçar, S., & Başhan, M. (2022). Cyprinus carpio Karaciğer Dokusu Yağ Asidi İçeriğinin Mevsimsel Değişimi. *Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi*, 12(1), 66-81.
- Kaçar, S., Kayhan, H., & Başhan, M. (2021). Dişi Salmo Trutta Macrostigma (Dumeril, 1858)'nın Kas Dokusu Yağ Asidi İçeriğinin Mevsimsel Değişimi. *International Journal of Pure and Applied Sciences*, 7(3), 356-363.
- Kocatepe, D., & Turan, H., 2018. Balık yağları, DHA, EPA ve sağlık. *Türkiye Klinikleri J Public Health-Special Topics*, 4(1), 62-67.
- Lee, KW., Lip, GYH., 2003. The role of omega-3 fatty acids in the secondary prevention of cardiovascular disease. *Q J Med*;96:465- 80.
- Metin Kubilay, & Akpınar, M. A. (2000). Cyprinion macrostomus (Heckel, 1843)'un Gonatlarında Total Lipid ve Yağ Asidi Miktarının Mevsimsel Değişimi. *Turk. J. Biol*, 24, 627-634.
- Öztürk, E., Bayramoğlu, Z., 2011. Keban Baraj Gölü'nde Kafeste Alabalık Yetiştiriciliği İşletmelerinin Ekonomik Analizi, Tarımsal Ekonomi Ve Politika Geliştirme Enstitüsü.
- Rahimi, J., & Ngadi, M O. 2014. Effect of batter formulation and pre-drying time on oil distribution fractions in fried batter. *LWT-Food Science and Technology*, 59(2), 820-826.
- Santos-Silva, J., Bessa, R. J. B., & Santos-Silva, F. J. L. P. S. 2002. Effect of genotype, feeding system and slaughter weight on the quality of light lambs: II. Fatty acid composition of meat. *Livestock Production Science*, 77(2-3), 187-194.
- Ulbricht, T. L. V., & Southgate, D. A T. 1991. Coronary heart disease: seven dietary factors. *The lancet*, 338(8773), 985-992.

## Investigation of Olive Production in a Ten-Year Period in 1961-2021

Ahmet Semih UZUNDUMLU<sup>1\*</sup>, Tuba ATEŞ

<sup>1</sup>Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Ekonomisi Bölümü, Erzurum

\*Sorumlu Yazar: [asuzsemi@atauni.edu.tr](mailto:asuzsemi@atauni.edu.tr)

Geliş Tarihi: 24.11.2023 Düzeltme Geliş Tarihi: 13.02.2024 Kabul Tarihi: 14.02.2024

### ABSTRACT

Despite its many nutritional characteristics, the number of countries producing olives is limited owing to the growing conditions. Because the olive is a drought-resistant plant, it is one of the fruits that is least affected by climate change. For this reason, in this study, the production areas and the changes in production among global leading olive producing countries were determined for 1961-2021 years. In addition, the Concentration Ratio (CR) and Herfindahl-Hirschman (HH) indices were used to determine the competitive situation in olive production in this study, while the Revealed Comparative Export Advantage (RXA) index was used in the competition in fruit production areas. According to research, while 32-33 countries produced olives in 1961-1980, the five leading countries were Italy, Spain, Greece, Turkey, and Portugal/Tunisia. In this period, the HH index was over 1.800, and the share of the five countries was approximately 83.55%. During the 1981-2010 periods 32-38 countries produced olives: Spain, Italy, Greece, Turkey, and Tunisia were the leading countries, while Spain was the premier country. According to the HHI, the market is a monopolistic competition, but according to the concentration ratios, it shows the characteristics of an oligopolistic market. Countries with competitive positions in olive production are listed from strong to weak, such as Tunisia, Greece, Morocco, Spain, Portugal, Italy, and Turkey. While the number of countries producing olives has increased slightly in recent years, conspicuous matters worldwide have been climate change and technological developments in the last years. Considering these situations, countries that reduce costs in olive production and develop technologies that increase yield and quality from unit areas will be one step ahead of the competition. In addition, since this market is generally an oligopoly market, each prolific country will not be disadvantaged by closely following the activities of other countries.

**Key words:** Competition status, olive, production amount, production area

### 1961-2021 Yılları Arasındaki On Yıllık Dönemde Zeytin Üretiminin Araştırılması

#### ÖZ

Pek çok besinsel özelliğe sahip olmasına rağmen yetiştirme koşulları nedeniyle zeytin üreten ülke sayısı sınırlıdır. Zeytin kuraklığa dayanıklı bir bitki olduğundan iklim değişikliğinden en az etkilenen meyvelerden biridir. Bu nedenle bu çalışmada, dünyanın önde gelen zeytin üreticisi ülkelerinin 1961-2021 yılları arasındaki üretim alanları ve üretimdeki değişimler tespit edilmiştir. Ayrıca bu çalışmada zeytin üretiminde rekabet durumunu belirlemek için Konsantrasyon Oranı (CR) ve Herfindahl-Hirschman (HH) endeksleri kullanılmış, meyve üretim alanlarındaki rekabette ise Nispi İhracat Avantajı (RXA) endeksi kullanılmıştır. Araştırmalara göre 1961-1980 yıllarında 32-33 ülke zeytin üretirken, önde gelen beş ülke İtalya, İspanya, Yunanistan, Türkiye ve Portekiz/Tunus oldu. Bu dönemde HH endeksi 1.800'ün üzerinde olup, beş ülkenin payı ise %83,55 civarında gerçekleşti. 1981-2010 döneminde 32-38 ülke zeytin üretmiştir: İspanya, İtalya, Yunanistan, Türkiye ve Tunus önde gelirken, İspanya birinci sırada yer almıştır. HHI'ya göre piyasa tekeli bir rekabet yapısına sahip olmakla birlikte, yoğunlaşma oranlarına göre oligopolcü bir piyasanın özelliklerini göstermektedir. Zeytin üretiminde rekabetçi konumda olan ülkeler güçlüden zayıfa doğru Tunus, Yunanistan, Fas, İspanya, Portekiz, İtalya ve



Türkiye olarak sıralanmaktadır. Son yıllarda zeytin üreten ülke sayısı bir miktar artarken, son yıllarda dünya çapında dikkat çeken konular iklim değişikliği ve teknolojik gelişmeler oldu. Bu durumlar dikkate alındığında zeytin üretiminde maliyetleri düşüren, birim alandan verim ve kaliteyi artıran teknolojiler geliştiren ülkeler rekabette bir adım öne geçecektir. Ayrıca bu pazar genel olarak oligopol bir pazar olduğundan her üretken ülke diğer ülkelerin faaliyetlerini yakından takip ederek dezavantajlı duruma düşmeyecektir.

**Anahtar Kelimeler:** Rekabet durumu, zeytin, üretim miktarı, üretim alanı

---

## INTRODUCTION

The global climate (climate system) has five components: atmosphere, hydrosphere, lithosphere, biosphere, and ice sphere. A complex system interacts with these components. The most prominent module affecting the climate is the atmosphere in this system (Türkeş, 2012). Geological time and atmosphere are changing firmly, which can have a privileged effect on living spaces, such as drought or desertification (Akın, 2019). Aridness is a natural temporary reduction in precipitation and water availability relative to standard conditions over a long period over a large area (Iglesias et al., 2009). Cereal, citrus, vine, and olive products are often grown in the climate zone of the Mediterranean Region because these plants are well adapted to semi-arid climates (Deniz & Ayaydın, 2014). There is no need for a distinctive type of soil for olive production. Even in barren, stony, rocky, high-lime, gravelly, and sandy soils, olives production generates income that exceeds the costs involved (Doğanay & Coşkun, 2012). For this reason, the olive is called a rich tree with poor soil (Çelik & Cin, 2021). However, the soil structure desired for an olive garden is one with a loamy and clayey loam texture, one that is slightly calcareous and gravelly, rich in organic matter and nutrients, one that does not have salinity problems, has a soil depth of 1.5-2 m, has a good water holding capacity, and has a pH of 6–8 (Yılmaz, 2022).

Olive trees are produced in a wide range of countries, with a coast to the Mediterranean as part of the geography where they are grown (Schicchi et al., 2021). This tree, which is valued enormously by Jews, Greeks, & Romans (Kaniewski et al., 2012), is a symbol of peace, health, and longevity (Savran & Demirbaş, 2022). The most important features of this tree are its longevity, slow growth, and fruit production for hundreds of years (Schicchi et al., 2021). Olive (*Olea europaea* L.) plants are divided into two types i.e., cultivated (*Olea europaea* var. *europaea*), and wild (*Olea europaea* var. *sylvestris*) (Hannachi et al., 2013). It is believed that olive cultivated when obtained after human contact over time by wild olive tree which grows spontaneously in the Mediterranean basin (Gianguzzi & Bazan, 2019). The main problems in olive production are drought due to climate change, the spread of diseases, product loss (Fraga et al., 2020), and periodicity (Taş et al., 2019). Because of these situations, the fact that the product is too much in some years and less in some years can cause primary marketing problems in both domestic and foreign markets.

The two main products of olive are processed table olive, and olive oil. Olive oil is obtained by processing olives, and olive oil soap and paste are obtained from the remaining pulp. Tea and olive leaf extracts are also obtained, and high-value-added by-products such as wood products are obtained from their timber (Şahin & Bilgin, 2018).

There is a lot of information about the benefits of olives and olive oil from the past to the present, and as consumer awareness of these information increases, more demand is created for this product (Ballco & Gracia, 2020). It is used to treat muscle injuries, calcifications, fractures, wounds, burns, stomach disorders, and for dietary purposes (Şahin & Aydoğdu, 2021). In addition, cholesterol is thought causing to cardiovascular diseases and blood pressure (Storniolo et al., 2017) and cancer may delay by sports life (Farràs et al., 2021). There are also popular beliefs that olive seeds are beneficial for stomach ailments (Kaplan & Karaöz Arıhan 2012).

In today's world, one of the most frightening factors for people is that the world population has increased rapidly, which has fueled migration from rural to urban areas. The world population was 2.54 billion in 1950. It increased by 19-22% in each of the subsequent decades (1960s, 1970s, and 1980s), followed by a growth of 10-15% in each of the decades from 1990 to 2020. Projections suggest a 6% increase in the world population for the years 2030, 2040, and 2050. For this reason, it is stated that the world population will reach 9.77 billion in 2050, and while the rate of urban population was 56.17% in 2020, it is projected to be 68.36% in 2050. Population pressure in urban areas requires efficient increases in food production. In this sense, Ricardo's concept of differential rent has come to mind: as the population increases, decreasing agricultural land is replaced by unsuitable agricultural areas and less profitable areas. Therefore, as the population increases, low-yielding agricultural and less low-return areas are opened to agriculture. Thus, these have been allocated to agriculture, some of the products people need are met, and resources are used efficiently.

The rapid increase in world population and the more contemptuous use of nature by human beings for economic development and growth have revealed climate change. Climate change has caused droughts, forest fires, and widespread disease. Population planning and the correct use of resources are seen as the most serious factors for the continuation of the human race; thus, sustainability can be achieved with better nutrition and less destruction of nature by fewer people. However, there have been studies on ideas that reduce these short-term effects. For this reason, it can be a short-term solution to focus on production that is resistant to drought, which will occur in global climate change, and is extremely important in human nutrition. This study aims to compare the production area, production amount, and per capita production amounts of this product worldwide and in leading countries due to climate change, which is a notable site for human health, over ten years. The production quantities of the countries in the olive market and their competitive situation were determined according to the HH index and concentration ratios, whereas the competitiveness of the leading countries in the olive production area in terms of fruit production areas was determined using the RXA index.

## MATERIALS and METHODS

### Materials

The first material of the study is Food and Agriculture Statistics (FAOSTAT) data. In addition, studies on the subject were used too. Leader countries in olive production were evaluated in terms of olive production area, production amount, and country population data between 1961-2021 in this context.

### Methods

#### Determining the Competitive Situation

##### Concentration ratio (CR)

The first four firms are often the shares of the sizes, such as sales or production value, added value, processing, or fixed assets in all industries, although occasionally there are eight, twenty, and fifty companies. This ratio indicates the degree of monopolization in the market structure. As this ratio approaches zero percent, it is perfect competition; if it is less than 50%, it is monopolistic competition; if it is more than 50 percent, it is an oligopoly; and if there is only one firm, it is a monopoly. For example, if the shares of the first four companies in the market are 50%, 25%, 15%, and 10%, then 100% in total is an oligopoly because there are four companies, even though it seems like a monopoly (Uzundumlu et al., 2022).

##### Herfindahl-Hirschman index (HHI)

This is one of the most reliable industry concentration indices. There is a numerical measurement of whether there is a monopoly that can disrupt the conditions of free competition in the market. It is summed up by squaring the market shares of the firms proportionally and according to the weight of each industry, if this total is above zero value; it means that the conditions of competition are violated. If HHI is less than 1,000, it is perfect competition; if it is 1,000-1,800, monopolistic competition, and oligopoly if it is higher than 1,801; and monopoly if it is 10,000.

For example, if the share of the first five companies in the market is 50%, 25%, 15%, and 10%  
 $HHI = 50^2 + 25^2 + 15^2 + 10^2 + 10^2 = 3,550$ , thence market is an oligopoly (Uzundumlu et al., 2022).

The calculation of the HHI and CR for the top five producing or exporting countries is as follows (Uzundumlu et al., 2021).

$$HHI = MS_1^2 + MS_2^2 + MS_3^2 + MS_4^2 + MS_5^2 \quad (1)$$

$$HHI^{-1} = 1/HHI \quad (2)$$

$$CR_1 = MS_1 \quad (3)$$

$$CR_2 = MS_1 + MS_2 \quad (4)$$

$$CR_3 = MS_1 + MS_2 + MS_3 \quad (5)$$

$$CR_4 = MS_1 + MS_2 + MS_3 + MS_4 \quad (6)$$

$$CR_5 = MS_1 + MS_2 + MS_3 + MS_4 + MS_5 \quad (7)$$

$MS_1$ = Percentage share of the country that ranks first in the world in production or export

$MS_2$ = Percentage share of the country which ranks second in the world in production or export

$MS_3$ = Percentage share of the country that ranks third in the world in production or export

$MS_4$ = Percentage share of the country which ranks fourth in the world in production or export

$MS_5$ = Percentage share of the country which ranks fifth in the world in production or export

The market situations, according to the HHI and CR are listed in Table 1.

**Table 1.** Market situations according to HH index and concentration ratios. Reprinted from Krugman & Wells, 2021

Markets	HHI/10.000	CR
Perfect Competition	0-0,0099	<%1
Monopolistic Competition	0,010-0,179	%1-49,9
Oligopoly	0,18-0,99	%50-99,9
Monopoly	1,00	%100

### Relative export advantage (RXA) index

The Revealed Comparative Advantage (RCA) index, proposed by Balassa, measures whether a country has a comparative advantage in a product or product group (Demir & Önder, 2023). The difference between the Relative Export Advantage (RXA) index, developed by Vollrath, and the RCA index is that it uses the total export value by subtracting the export of that country from the world total, not the world total covering the same country. The RXA and RCA indices show similar results (Akhuand & Abbas, 2023; Bayav & Şahin, 2023; Uzundumlu et al., 2023). RXA can be defined as the ratio of a country's share of a particular good in the world's production to the margin of all other related products. The most distinctive feature of this index is the exclusion of the area of the product within the group in which the product is included when considering all parts of the product subject to the research, as all countries other than the country counted in the world total are taken into account. This study used olive production and area instead of export values (Stepasyuk & Titenko, 2020). The RXA formulation is as follows:

$$RXA_{ij} = \frac{(X_{ij}/X_{it})}{(X_{nj}/X_{nt})} \quad (8)$$

$X_{ij}$ =Total area of production in product j of country i during the considered period,

$X_{it}$ = Total area of production of the group in which country i does not include that product in the period under consideration,

$X_{nj}$ =Total area of production excluding country i in product j during the considered period, and

$X_{nt}$ = Total world production area excluding country i during the period considered.

In this study, for ij, i denotes the leading countries through the olive production area, j describes the olive production areas of these leading countries, and t indicates the total fruit production areas for those countries. For  $w_j$  and  $w_t$ , j denotes the world olive production area, and t is the world fruit production area.

Similar to RCA, the fact that the RXA index is greater than 1 shows its competitive advantage (Yusoff et al., 2022), and the higher these indices, the more advantageous the country competes for that product (Özbaş & Yıldırım, 2022).

## RESEARCH and DISCUSSION

### Olive Production of Leading Countries

The leading countries in olive production from 1961 to 2021 are given in Table 2.

**Table 2.** Competitiveness of world olive production over the years. Data provided FAOSTAT, 2023.

Years	HHI	CR1	CR2	CR3	CR4	CR5	Major Producer Countries	Number of Countries
1961-1970	1,836	30.16	55.49	68.58	76.59	83.59	Italy, Spain, Greece, Turkey, Portugal	32
1971-1980	1,802	29.74	54.29	68.37	76.80	83.55	Italy, Spain, Greece, Turkey, Tunisia	32-33
1981-1990	1,802	27.46	54.29	69.58	77.64	83.04	Spain, Italy, Greece, Turkey, Tunisia	32-33
1991-2000	1,660	27.79	50.69	66.88	74.64	81.01	Spain, Italy, Greece, Turkey, Tunisia	32-38
2001-2010	1,783	33.64	53.26	66.96	74.34	79.24	Spain, Italy, Greece, Turkey, Tunisia	39-40
2011-2020	1,476	32.89	45.77	57.61	65.65	72.31	Spain, Greece, Italy, Turkey, Morocco	39-40
2021	1,497	35.81	47.19	57.04	64.58	71.48	Spain, Greece, Italy, Turkey, Morocco	41

While there was an annual production of 7.28 million tons of olives in 32 countries during the 1961-1970 period, the number of producing countries started to increase over time, and with the disintegration of the USSR in the 90s, the number of producing countries reached 38, and the annual production amount was 13.15 million tons. Subsequently, the number of producing countries reached 41, and the sessional production amount reached 23.05 million tons. Considering all the years, the producing countries Italy, Spain, Greece, and Turkey have always been among the first four countries; Portugal in the 1960s, Tunisia until the 2010s, and Morocco after 2010 were among the leading countries as the fifth country. Considering the competitive situation of these countries in terms of production, according to the HH index, the market showed the characteristics of an oligopolistic market until the 90s, as monopolistic competition prevailed in the production

in 1991-2000 and after 2010. However, according to the concentration ratio, the competitive situation in the market appears to be an oligopolistic market in all years, despite the high decreases. According to the concentration ratios, the competitiveness of the first five countries decreased from 83.59% in the first year to 79.24% in the 2001-2010 period and to 72.31% in the 2011-2020 period. This is because Spain replaced Italy as, the 1<sup>st</sup> country, and increased its share in production from 30% to 36%, and the 2<sup>nd</sup> country decreased its share from 25% to 12%, and finally, the 3<sup>rd</sup> country's share was 13%. The share of the 3<sup>rd</sup> country decreased from 13% to 10% between 2001 with 2021. The share of the 4th and 5th countries did not change much; generally, they had a percentage of 7-8%. One of the most striking features in the table is that Italy, which was the first country with a share of 30% in the first period, ranks 3<sup>rd</sup> with a production share of 10% after 2010. According to the information given in FAOSTAT (2023), it was stated that in the 1961-1980 period, due to the lack of production area information of Spain, Greece, and Portugal, it was used as olive groves with an annual area of 3.01 and 4.09 million hectares in the world. Owing to the lack of production area information until 1985, this sessional area was approximately 5.99 million hectares in the 1981-1984 period. This area reached 7.84 million ha in the 1991-2000 period, 9.17 million ha in the 2001-2010 period, and 10.61 million ha in 2011-2020 period. Of these, 23.81% were in Spain, 18.04% in Tunisia, 10.78% in Italy, 9.39% in Morocco, 7.94% in Turkey, 7.93% in Greece, and 3.78% in Portugal. This shows that the four countries, Tunisia, Morocco, Italy, and Turkey, that increased their share of production area compared to the previous period. According to EUROSTAT (2023), the use of olives as table olives obtained according to the average of 2012-2021 data is 27% in Turkey, 18% in Greece, 13% in Morocco, 7% in Spain, 3% in Italy, and around 2% in Portugal and Tunisia. It has been determined that one kg of oil can be obtained from 4-7 kg of olives in the last ten years, although this varies according to country, year, and considering the olive and olive oil production data. The quantity of olives (kilograms) required to obtain one kg of olive oil was calculated as follows:

$$\text{Table olive production} = \text{total olive production} - (\text{oil olive production}) \quad (9)$$

$$\text{Oil olive production} = (\text{olive oil production} * x) \quad (10)$$

x= Coefficient showing how many kg of olives getting olive oil (4-7 kg)

### Olive Production Contributions of Leading Countries by Population in 1961-2021

Production contributions of leading countries in olive production by population from 1961 to 2021 are given in Table 3.

**Table 3.** Annual olive production by population (kg/person). Data provided FAOSTAT, 2023.

Countries	1961-1970	1971-1980	1981-1990	1991-2000	2001-2010	2011-2020	2021
Greece	111.62	140.06	150.43	198.08	218.63	250.94	251.20
Spain	57.15	60.50	69.38	91.62	135.29	147.66	173.87
Portugal	57.54	33.94	27.00	27.20	28.69	63.03	133.70
Tunisia	61.91	101.79	69.11	89.87	83.07	87.98	57.08
Morocco	16.83	16.07	17.11	19.76	24.03	40.08	42.90
Italy	42.52	47.70	46.01	52.92	59.48	41.36	38.33
Turkey	18.32	18.57	15.77	17.09	18.90	21.18	20.51
World	2.16	2.15	1.98	2.27	2.68	2.81	2.91

While the annual olive production per capita in the world was 2.16 kg in the 1961-1970 period, it increased 2.91 kg over time, but it decreased to approximately 2 kg in the 1981-1990 period. Greece has the highest per capita olive production, followed by Spain, Tunisia, Portugal, Italy, and Morocco. While the per capita production in Greece was 111.62 kg in the 1961-1970 years, and the olive production per capita showed a continuous increase, increasing to 250.94 kg per year in 2011-2020, and reached 251.20 kg in 2021. While olive production in Spain was 57.15 kg per capita in the 1961-1970 periods, it increased continuously in ten-year periods and reached 147.66 kg in the 2011-2020 periods. Another remarkable result was that the production in 2021 was 173.87 kg. While the olive production per capita in Portugal was 57.54 kg in the 1961-1970 period, it generally decreased until 2011-2020, diminished to 28.69 kg in 2001-2010, and showed a high increase to 63.03 kg in the 2011-2020 period, and reached 133.70 kg in 2021. While the annual olive production per capita was 61.91 kg in Tunisia in the 1961-1970 period, it increased to 101.79 kg in the 1971-1980 period, and after this period, it generally maintained the per capita production level at 80 kg reaching 57.08 kg in 2021. Morocco, which is one of the leading producer countries, produced 16.83 kg per capita in the 1961-1970 period, and there was not much change in production until 2001-2010, but it increased to 40.08 kg in the 2011-2020 period, reaching 42.90 kg in 2021. The olive production per capita in Italy was 42.52 kg during

1961-1970. While Italy maintained almost the same production level until 1981-1990, its per capita production approached approximately 60 kg in 1991-2010 and decreased to 40.08 kg in the 2011-2020 period and to 38.33 kg in 2021. Turkey, which is one of the important countries in olive and olive oil production, had a per capita olive production of 18.32 kg in the 1961- 1970 period. The per capita production decreased to 15.77 kg in the 1981-1990 period, after which it showed a continuous increase and increased to 21.18 kg in 2011-2020 without much increase, and the per capita production was 21.51 kg in 2021. When the table olive and olive oil consumption data obtained from the IOC (2023) are compared to the population data of FAOSTAT (2023), the olive consumption per capita worldwide is 380-430 gr. While the consumption of 5 kg and olive oil consumption was 21-23 kg, it decreased by 50% in both products for 2011-2020 years. Predicting that four kg of olives yield one kg of olives oil, it can be stated that Greece consumed 50% of its production in the domestic market in the 1990s and offered 20-25% of its production in the domestic market after 2010. Between 2011 and 2020, olive production per capita in Spain was approximately 150 kg, while the consumption of table olives was 4 kg and olive oil consumption was 11 kg; that is, nearly 35% of the production was consumed in the domestic market. Per capita consumption of table olives decreased from 1.5 kg to 640 g, while the consumption of olive oil increased from 5.5 kg to 7 kg, on the opposite side of the 60 kg per capita production in Portugal, which achieved a continuous increase in per capita production. Thus, approximately 50% of production is consumed in the surrounding domestic market. Tunisia used the advantage of the width of the production area in production per capita, while 90 kg per capita production was consumed as almost 2 kg table olive and the olive oil consumption decreased from 5.85 kg to 3.02 kg. Thus, approximately 13-16% of the production is consumed in the domestic market. While the per capita production in Morocco is around 40 kg, the consumption of table olives is 1 kg and olive oil consumption is 3.64 kg, and approximately 33-40% of the production is consumed in the domestic market. While the per capita production in Italy is approximately 40 kg, the consumption of table olives is 2 kg, olive oil consumption is 8.93 kg, and almost all the production is consumed in the domestic market. Eventually, while the per capita production in Turkey was approximately 22 kg, the consumption of 4 kg of table olive oil was approximately twice that of olive oil. Thus, almost half of the production is consumed in the domestic market.

### Olive Competitiveness of the Countries According to the RXA Index, Considering the Fruit Production Areas and Decades of the Leading Countries

The competitive situation of olive production areas according to the total fruit production areas of the leading countries in olive production from 1961 to 2021 is given in Table 4.

**Table 4.** The competitiveness of leader countries in olives area according to the RXA index in total fruit production areas

Countries	1961-1970	1971-1980	1981-1990	1991-2000	2001-2010	2011-2020	2021
Tunisia	36.32	45.80	41.28	25.34	27.92	30.65	20.13
Greece	0.00	0.00	11.64	14.60	17.71	19.53	21.38
Morocco	29.71	38.31	10.77	6.78	8.24	10.85	11.56
Spain	0.00	0.42	21.52	6.20	7.29	7.85	8.38
Portugal	0.00	0.00	4.55	6.02	7.34	7.38	6.68
Italy	8.53	10.87	10.02	4.83	5.63	6.24	6.78
Turkey	2.83	2.98	3.28	2.51	2.85	2.84	2.70

The RXA index can be used to compare the competitiveness of leading countries in the olive production area. The competitive power of Tunisia was the highest in the 1961-2020 periods, and it lost its leadership to Greece in 2021. The most conspicuous factor for Tunisia as the leading country was the size of the olive field in the orchards and the low rate of other fruits. In this sense, Tunisia is a country that must prioritize the quality of olives. Larbi et al. (2020) said that olive growing in Tunisia has a cultivated area of 1.88 million hectares, which constitutes about one-third of the total cultivated area, and this fruit has overcome periods of intense drought because it is well adapted to semi-arid and arid Mediterranean regions and is traditionally rain-fed. They stated that a reasonable yield was obtained under these conditions. In addition, they emphasized that the outturn was not at the desired level despite the irrigation opportunities in their new modern orchards, which had a 5% share in Tunisia. They also declared that this situation could be due to the excess undesirable salt content in the irrigation activity of olives. Abdallah et al. (2021) support this situation and state that Tunisia realized olive production in a wide area but with low tree density, and the use of technology fell far behind

other leading countries. They indicate that a low level of olive oil weakens the competitiveness of the olive sector in Tunisia.

In 1981, the production areas of Greece and Portugal started to increase gradually, and the RXA index increased from 11.64 to 19.53 in 2011-2020 in Greece and from 4.55 to 7.38 in Portugal. Russo et al. (2016) stated that there are more than 10 million hectares of olive groves worldwide, of which 95% are in the Mediterranean basin (FAOSTAT, 2023), the EU produces olives in an area of approximately 5 million hectares, accounting for 40-50% of the global production area and 57-63% of olive production. The share of olive production areas of Greece and Portugal in the EU account for 17% and 22%, respectively. On the other hand, the share of production quantity of the two countries in the EU account for 7% and 6%, respectively. Therefore, the olive yield of Greece is higher than the EU average, whereas Portugal's olive yield is lower.

Morocco which had a very high RXA index of 30-40 in the 1960s became one of the countries that experienced a high decline after 1981. This shows that after the 1980s, Morocco increased the amount of other fruit production areas in addition to olive production areas in some periods. As it is known, although the width of the production area makes a high contribution to the production amount, technological development is an efficient factor in quality and competitiveness. Bouhafa (2022) stated that Morocco has an olive production area of 1.17 million hectares, 10% of the world's production area, the production is made generally with traditional methods, contributes 5% to the agricultural gross domestic product (GDP), and gives economic contributes to approximately to 100,000 people. He also stated that it has a significant effect on promoting the economy and employment as it creates permanent jobs. Todde et al. (2019) stated that although technological progress integrated into traditional olive production in recent years has improved product quality and quantity, it has resulted in higher energy input and carbon emissions and has made significant gains in Morocco and Portugal with energy-saving and environmentally friendly irrigation methods. They found that carbon dioxide emissions can be reduced by saving energy.

Although Spain is the first ranking-country in world olive production, it is not at the forefront of competition in the olive area. Spain, which has a variety of broad perspectives on fruit, is a country that uses technology on a significant scale, and it is one of the countries that work on efficiency and yield instead of production area with more trees per unit area and yield per tree. In terms of world olive production areas, Italy is one of the countries that has not shown much change in the RXA index from the past to the present, and there has not been much change in the olive production area. Italy, like Spain, is one of the countries that concentrate on efficiency and effectiveness. When Torrecillas & Martínez (2022) compared the competitive index with the four leading countries in the EU, patent acceptance in five fields related to olives was 218, this patent acceptance accounted for 49.55% in Italy, 38.53% in Spain, 9.17% in Greece and 2.75% in Portugal.

Similar to Italy, Turkey's RXA index did not significantly differ. Despite the expansion of the olive production area in Turkey, which has a large fruit production, there has not been much change. Öztürk & Yalçın (2014) stated that the fact that most of the olive groves in Turkey are in hilly areas limits their irrigation opportunities, so only 8% of the olive production areas have the opportunity to be irrigated in Turkey. Thus, Turkey is disadvantaged in the field of production compared to its competitors, and is likely to face difficulties in competition in terms of production amounts in the coming years.

**Table 5.** The competitiveness of countries for leader olive producer in the primary fruit areas according to the RXA index in total fruit production areas

Countries	1961-1970	1971-1980	1981-1990	1991-2000	2001-2010	2011-2020	2021
Italy	0.27	0.22	0.24	0.42	0.40	0.39	0.39
Turkey	0.44	0.40	0.33	0.50	0.45	0.37	0.28
Portugal	1.38	1.36	0.40	0.35	0.31	0.27	0.21
Spain	1.59	0.77	0.14	0.25	0.24	0.22	0.21
Morocco	0.11	0.08	0.12	0.20	0.19	0.17	0.17
Greece	3.07	2.12	0.18	0.15	0.14	0.14	0.14
Tunisia	0.03	0.02	0.03	0.06	0.06	0.05	0.09

Considering that the RXA index of all leading countries is higher than one, it can be concluded that the olive production area can compete with other fruit production areas. In this sense, the competitiveness of olive production is stronger in Tunisia and Greece than in other countries. According to FAOSTAT (2023) statistics, while there were 2.61 million hectares of olive land in the world in 1961, this area increased almost four times reaching 10.34 million hectares in 2021. Apart from the countries that are leaders in olive production, there are very few countries that contribute to the increase in olive production area in the world. When the producer

countries in olive production for 1961 and 2021 are compared in terms of olive land, Spain raised from 2.21 million ha to 2.62 million ha in 1985, Greece increased from 0.72 million ha to 0.82 million ha in 1985, Tunisia from 0.54 million ha to 1.28 million ha, Portugal from 0.35 million ha to 0.38 million ha in 1985, Turkey from 0.34 million ha to 0.89 million ha, Morocco increased from 0.16 million ha to 1.10 million ha, while Italy decreased it from 1.23 million ha to 1.13 million ha.

The competitive situation of the fruit production areas based on the total fruit production areas of the leading countries in olive production from 1961 to 2021 is shown in Table 5.

As seen in Table 5, comparing leading olive producing countries in terms of primary fruit production areas reveals that the three countries that lacked olive production area information appeared to be competitive in this period according to the basic fruit production areas, it was revealed that they were not competitive in the basic fruit production areas with the complete processing of the production area data in the 2000s. None of the leading countries is competitive with regard to fruit production areas, and the countries with more competitive power are Italy, Turkey, and Portugal. Also, Tunisia is prominent in olive production and increased its competitiveness for the primary fruit areas in recent years, although it does not look good in terms of competition in this area. According to FAOSTAT (2023) statistics, while there was 27.03 million ha of primary fruit land in the world in 1961, this area increased to 66.48 million ha in 2021. Apart from the countries that are the leaders in olive production, the primary fruit land area has more than doubled since 1961 because many countries have increased their production area. In other words, the leading countries in olive production do not have a very high share of this increase, and there are even significant decreases. Comparing the leading countries in olive production in terms of primary fruit land for 1961 and 2021 reveals that Italy's land under primary fruit production decreased from 2.25 million ha to 1.13 million ha, Spain's decreased from 2.21 million ha to 1.55 million ha, Portugal's decreased from 0.58 to from 0.26 million ha, and Greece's from 0.42 million ha to 0.24 million ha. On the other hand, Turkey's land under primary fruit production increased from 1.28 million ha to 1.34 million ha, Morocco's increased from 0.11 million to 0.48 million ha and Tunisia's increased from 0.11 million ha to 0.26 million ha. This result shows that Tunisia and Morocco allocated less of their olive lands to primary fruit fields.

The competitive situation of the fruit production areas of citrus (Citrus) fruits according to the total fruit production areas of the leading countries in olive production from 1961 to 2021 is given in Table 6.

**Table 6.** The competitiveness of countries for leader olive producer in citrus fruit areas according to the RXA index in total fruit production areas

Countries	1961-1970	1971-1980	1981-1990	1991-2000	2001-2010	2011-2020	2021
Morocco	0.00	0.00	0.69	0.77	0.71	0.68	0.64
Spain	0.68	0.77	0.43	0.53	0.58	0.59	0.53
Italy	0.40	0.50	0.55	0.58	0.59	0.55	0.52
Turkey	0.23	0.24	0.29	0.36	0.40	0.41	0.41
Greece	1.16	1.45	0.65	0.49	0.48	0.38	0.32
Portugal	0.38	0.47	0.34	0.31	0.31	0.26	0.22
Tunisia	0.00	0.00	0.08	0.12	0.13	0.15	0.25

As seen in Table 6, when the countries that are leaders in olive production in terms of citrus production areas, Greece seems to be the only competitive country whose olive production area data were not processed until 1981, but after the data were processed, this country is not competitive. Morocco, Spain, and Italy can have competitive power. As can be seen in the table, while the leading countries in olive production generally lost their share in the field of citrus production, Turkey and Tunisia were the two countries that constantly increased their competitiveness. Spain increased its competitiveness in olive production after the 2000s and continued to hike up its competitiveness in the citrus production area after 1980 but started to lose its competitiveness in 2021. According to FAOSTAT (2023) statistics, while there were 2.29 million ha of citrus lands in the world in 1961, this area increased to 10.22 million ha in 2021. Apart from the countries that are the leaders in olive production, many countries have increased their production area. In other words, the leading countries in olive production did not have a significant share in this increase. When the leader countries in olive production are compared in terms of citrus land for 1961 and 2021 increased from 0.11 million ha to 0.48 million ha in Morocco, and from 0.00 million ha to 0.05 million ha in Tunisia, from 0.10 million ha to 0.15 million ha in Italy, from 0.11 million to 0.30 million ha in Spain, from 0.019 million ha to 0.022 million ha in

Portugal, from 0.03 million ha to 0.04 million ha in Greece, and from 0.028 million ha to 0.17 million ha in Turkey.

From 1961 to 2021, the competitive situation of the leading countries in olive production in terms of total fruit production areas in hard-shell fruit production areas is given in Table 7.

**Table 7.** The competitiveness of countries for leader olive producer in hard-shell fruit production areas according to the RXA index in total fruit production areas

Countries	1961-1970	1971-1980	1981-1990	1991-2000	2001-2010	2011-2020	2021
Turkey	3.09	2.99	3.22	2.31	2.13	2.67	3.69
Portugal	2.56	2.08	1.25	0.96	0.86	1.19	2.12
Spain	1.82	2.82	1.91	1.61	1.20	1.10	1.27
Morocco	0.00	0.24	2.48	1.68	1.21	0.82	0.86
Tunisia	2.29	2.01	1.71	1.26	0.92	0.73	0.99
Italy	1.96	1.38	1.04	0.76	0.58	0.49	0.49
Greece	0.00	0.00	0.74	0.48	0.31	0.25	0.29

As shown in Table 7, Turkey generally ranks first among these countries in the field of hard-shell fruit production and has increased its competitiveness in recent years. Portugal is one of the countries with high competitiveness in terms of hard-shelled fruits and lost its competitiveness in the 2000s but gained competitiveness again after the 2010s. Spain is a competitive country which decreased after the 1980s but increased its competitiveness again in the 2020s. While Morocco was a competitive country between 1980-2010, it lost its competitiveness between 2011-2020 but started to regain its competitiveness in 2021. Tunisia has lost its competitiveness in recent years, but after the 2020s, it has increased its competitiveness and approached the position of a competitive country, so it is expected to become competitive again in the 2020s. While Italy was a competitive country in hard-shelled fruits until the 1990s, after which it lost its competitiveness. While Greece is a country whose competitiveness has been increasing slightly but decreased in 2021. According to FAOSTAT (2023) statistics, while there was 1.90 million ha of nuts in the world in 1961, this area increased to 13.32 million ha by 2021. Apart from the countries that are leaders in olive production, the production area has reached approximately seven times compared to 1961 because many countries have increased their production area. In other words, the leading countries in olive production did not have a higher share in this increase. When the leading countries in olive production are compared in terms of hard-shell fruit land for the years 1961 and 2021 hard-shell fruit land increased from 0.33 million ha to 1.35 million ha in Turkey, from 0.23 million ha to 0.87 million in Spain, from 0.00 million ha to 0.23 million ha in Morocco, from 0.09 million ha to 0.24 million ha in Tunisia, and from 0.03 million ha to 0.05 million ha in Greece. However, hard-shell fruit land decreased from 0.40 million ha to 0.20 million ha in Italy and from 0.83 million ha to 0.21 million ha in Portugal.

## CONCLUSION and RECOMMENDATIONS

Considering the years 1961-2021, while 32 countries produced olives during 1961-1970, the number of producing countries increased to 41 in 2021. Substantially, the number of countries producing this product does not change much because, unlike other agricultural products, olive production is generally grown in countries in the Mediterranean climate zone because of the exclusive climate demand.

During the same period, the share of the first five countries in olive production was 83.59% in 1961-1970, while it showed a continuous decrease in ten-year periods, decreasing to 72.31% in 2011-2020 and 71.48% in 2021. Italy was the leading country in production between 1961 and 1980, Spain took the lead in the last periods, and after 2010, Greece took the 2<sup>nd</sup> place and pushed Italy to the 3<sup>rd</sup> place. On the other hand, Turkey drew attention as the 4<sup>th</sup> country in all periods. Although the 5<sup>th</sup> country varies between Portugal, Tunisia, and Morocco depending on the periods, it is thought that this place may be taken up by different countries in the coming years.

In addition, as a notable result in production, while the first country always has a share of around 30%, this share of Spain has increased gradually in recent years and currently has a say in the production of close to 36%. While the per capita world production was around 2.15 kg in the 1961-1980 periods, it decreased to nearly 2.00 kg in 1978-1990, and later increased to 2.91 kg in 2021. While the per capita production in 60 years has reached almost 2-3 times in the leading countries, the increase in Turkey has remained at low levels. As of 2021, the per capita production was 251 kg in Greece, 174 kg in Spain, 134 kg in Portugal, 57 kg in Tunisia, 43



kg in Morocco, 38 kg in Italy, and 21 kg in Turkey. When the competitiveness of the countries according to the olive production area is compared using the RXA index Tunisia's competitive power was the highest in 1961-2020 since about 1/3 of the orchards are devoted to olives. However, it lost this leadership to Greece in 2021. Countries with good olive groves in the field of orchards are at the forefront of olive production area competition. All leading countries in olive production are competitive, and the competitiveness ranking after Tunisia and Greece are Morocco, Spain, Portugal, Italy, and Turkey. Considering the orchard areas, although there was no proportional change between 1961 and 2021, the fruiting zones were approximately three times larger in 2021 than in 1961. When the fruit zones were compared proportionally, the primary fruit area accounted for 66.20%, the olive area for 10.56%, citrus fruits for 10.18%, and hard-shelled for 13.06%. When fruiting zones other than olives are considered, the leading countries in olive production have competitive power only in terms of hard-shelled fruit. The countries with this power are Turkey, Portugal, and Spain. Morocco and Spain, which have an RXA index of 0.60-0.70 in citrus, are the countries that can compete among these countries. According to the primary fruit areas, none of the leading countries in olive production have competitive power, though Italy and Turkey are the most competitive. Their index value was between 0.37 and 0.40.

As can be seen from these results, the leading countries in olive production are Spain, Italy, Greece, Turkey, and Tunisia, which are also competitive countries in terms of production area. Countries with significant potential such as Portugal, Morocco, Algeria, and Egypt have drawn attention. The forty countries grow olives, and almost all the production is provided by the first ten countries. This owes to the fact that producer countries in the Mediterranean Region have the climate advantage in olive production. The continuous increase of fruit areas in the worldwide and parallel to this increase in olive fields is important in terms of healthy nutrition. It is thought that the production of olives will increase in the future, especially since olives are a fruit that is resistant to climate change experienced today and makes a higher contribution to human health. Of course, considering only the increase in production, 40 countries are competitive. Among these countries, the first ten producers must use information and technology to reduce costs while increasing efficiency and quality. It is not a coincidence that Spain provides 35% of the world's production because of the significance it attaches to the concepts of technology and information, as it did in previous years. For this reason, countries that give importance to information and technology, take climate change into account, follow their competitors closely, and expand their production and market through advertising and promotional activities rather than price, can become more advantageous in the marketing phase of the product in the coming periods.

### Acknowledgments

The authors wish to thank the FAOSTAT for data. These data were used in the graduate thesis of one of the authors of this article, Tuba Ateş.

### Statement Contribution of the Authors

First writer and second writer had designed the study and collected the data. First writer had executed the study and wrote the article.

### Conflicts of Interest

None declared.

### AUTHOR ORCID NUMBERS

Ahmet Semih UZUNDUMLU  <http://orcid.org/0000-0001-9714-2053>

Tuba ATEŞ  <http://orcid.org/0000-0002-5866-004X>

### REFERENCES

- Abdallah SB, Elfkih S, Suárez-Rey EM, Parra-López C, Romero-Gámez M. 2021. Evaluation of the environmental sustainability in the olive growing systems in Tunisia. *J Clean Prod* 282 124526. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124526>. Accessed date: 15.05.2023.
- Akhund A, Abbas S. 2023. Modeling determinants of competitiveness: a case of textile sector of Pakistan. *J Text Inst* 114 (1): 22-31.
- Akın B. 2019. Drought analysis in Tuz Lake basin. *UCBAD* 2(1): 44-56.
- Ballco P, Gracia A. 2020. Do market prices correspond with consumer demands? combining market valuation and consumer utility for extra virgin olive oil quality attributes in a traditional producing country. *J Retail Consum Serv* 53. <https://doi.org/10.1016/j.jretconser.2019.101999>. Accessed date: 15.05.2023.
- Bayav A, Şahin M. 2023. Global economic importance of quince: current situation, forecasting, and competitiveness analysis. *Erwerbs-Obstbau*, 65: 509-520.

- Bouhafa K. 2022. Management of olive tree fertilization in Morocco. Open access peer-reviewed chapter. <https://doi.org/10.5772/intechopen.104644>. Accessed date: 13.06.2023.
- Çelik S, Cin P. 2021. Olive agriculture in Kilis. *J Int Soc Res* 14(79): 200-213.
- Demir E, Önder K. 2023. Comparative analysis of the textile and apparel sector of the European Union candidate countries: 2010-2020 period. *BİFD*, 6(1): 64-86.
- Deniz M, Ayaydın A. 2014. Olive farming in Çine district. *UUSB*, 7(3): 111-144.
- Doğanay H, Coşkun O. 2012. Agricultural geography. Updated 2nd edition. Pegem Academy Publishing House. Istanbul, Türkiye.
- EUROSTAT 2023. Olives for table and oil use harvested production in EU. [https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/TAG00122/default/table?lang=en&category=agr.apro.apro\\_crop.apro\\_cp.apro\\_cpsh](https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/TAG00122/default/table?lang=en&category=agr.apro.apro_crop.apro_cp.apro_cpsh). Accessed date: 14.05.2023.
- FAOSTAT 2023. Animal products' statistics. Statistics of food agricultural organization. Accessed adress: <http://www.fao.org/faostat/en/#home>. Accessed Date: 01.03.2023.
- Farràs M, Almanza-Aguilera E, Hernández Á, Agustí N, Julve J, Fitó M, Castañer O. 2021. Beneficial effects of olive oil and Mediterranean diet on cancer physio-pathology and incidence. In *Seminars in Cancer Biology*, 73: 178-195.
- Fraga H, Moriondo M, Leolini L, Santos JA. 2020. Mediterranean olive orchards under climate change: a review of future impacts and adaptation strategies. *Agronomy* 11(1): 56. <https://doi.org/10.3390/agronomy11010056>. Accessed date: 17.06.2022.
- Gianguzzi L, Bazan G. 2019. The olea europaea l. var. sylvestris (mill.) lehr. forests in the Mediterranean area. *Plant Sociol* 56(2): 3-34.
- Hannachi H, Nasri N, Elfalleh W, Tlili N, Ferchichi A, Msallem M. 2013. Fatty acids, sterols, polyphenols, and chlorophylls of olive oils obtained from tunisian wild olive trees (*Olea europaea* L. var. *syvestris*). *Int J Food Prop* 16(6): 1271-1283.
- Iglesias A, Garrote L, Cancelliere A, Cubillo F, Wilhite D. 2009. Coping with drought risk in agriculture and water supply systems, drought management and policy development in the Mediterranean. Springer (Adv Nat Technol Hazards Res Eds. Iglesias A, Cancelliere A, Wilhite DA, Garrote L, Cubillo F) Volume 26, Springer Sci 320. <https://doi.org/10.1007/978-1-4020-9045-5>. Accessed date: 14.05.2023.
- IOC 2023. World table and oil olive figures. International olive council. <https://www.internationaloliveoil.org/what-we-do/economic-affairs-promotion-unit/#figures>. Accessed date: 14.05.2023.
- Kaniewski D, Van Campo E, Boiy T, Terral JF, Khadari B, Besnard G. 2012. Primary domestication and early uses of the emblematic olive tree: palaeobotanical, historical and molecular evidence from the Middle East. *Biol Rev* 87(4): 885-899.
- Kaplan M, Karaöz Arihan S. 2012. A healing source of antiquity to the present: usage of olive and olive oil in folk medicine. *DTCF* 52(2): 1-15.
- Krugman PR, Wells R. 2021. Economics, 6th Ed. London: Macmillan International, Higher Education.
- Larbi A, Baccar R, Boulal H. 2020. Response of olive tree to ammonium nitrate fertilization under saline conditions. *J Plant Nutr* 44(10): 1432-1445.
- Özbaş H, Yıldırım O. 2022. Contrasting advantages announced in Turkey's foreign trade (2001-2019). *Trd Sect Soc Eco Rev* 57(3): 1547-1571.
- Öztürk F, Yalçın M. 2014. Acceptance level and impact assessment of novelties and research outcomes at the olive enterprises in İzmir and Manisa provinces. 11th National Agricultural Economics Congress 3-5 September 2014, p. 520-530, Samsun.
- Russo C, Cappelletti GM, Nicoletti GM, Di Noia, AE, Michalopoulos G. 2016. Comparison of European olive production systems. *Sustainability* 8(8): 825. <https://doi.org/10.3390/su8080825>. Accessed date: 14.05.2023.
- Savran MK, Demirbaş N. 2022. Evaluation of value added product development strategy from olive in Turkey with SWOT Analysis. *BNEJSS* 8(1): 36-42.
- Schicchi R, Speciale C, Amato F, Bazan G, Di Noto G, Marino P, et al. 2021. The monumental olive trees as biocultural heritage of mediterranean landscapes: the case study of sicily. *Sustainability* 13(12): 6767. <https://doi.org/10.3390/su13126767>. Accessed date: 13.06.2023.
- Stepasyuk L, Titenko Z. 2020. Competitiveness of agricultural products of Ukraine in the foreign market. *Mod Manage Rev* 15: 69-77.
- Storniolo CE, Casillas R, Bulló M, Castañer O, Ros E, Sáez GT et al. 2017. A Mediterranean diet supplemented with extra virgin olive oil or nuts improves endothelial markers involved in blood pressure control in hypertensive women. *Eur J Nutr* 56(1): 89-97.

- Şahin S, Bilgin M. 2018. Olive tree (*Olea europaea* L.) leaf as a waste by-product of table olive and olive oil industry: A review. *J Sci Food Agric* 98(4): 1271-1279.
- Şahin S, Aydoğdu MH. 2021. Analysis of Turkey's recent olive and olive oil market. Eurasian Summit 1st International Applied Sciences Congress March 20-21, Proceedings Book p. 58-67, Batum, Georgia.
- Taş MA, Nacar AS, Değirmenci V, Sakar E, Alsan PB. 2019. The impact of irrigation on the periodicity of Gemlik olive (*olea aeoropea*) in Southeastern Anatolia Region. *Soil Water Journal special issue* 140-145.
- Todde G, Murgia L, Deligios PA, Hogan R, Carrelo I, Moreira M et al. 2019. Energy and environmental performances of hybrid photovoltaic irrigation systems in Mediterranean intensive and super-intensive olive orchards. *Sci Total Envir* 651: 2514-2523.
- Torrecillas C, Martínez C. 2022. Patterns of specialization by country and sector in olive applications. *Technology in Society*, 70, 102003; <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2022.102003>.
- Türkeş M. 2012. Observed and projected climate change, drought and desertification in Turkey. *Ankara Uni J Envir Sci* 4(2): 1-32.
- Uzundumlu AS, Karabacak T, Ali A. 2021. Apricot production forecast of the leading countries in the period of 2018-2025. *EJFA* 33(8): 682-690.
- Uzundumlu AS, Kurtoglu S, Şerefoğlu Ş, Algur Z. 2022. The role of Turkey in the world hazelnut production and exporting. *EJFA* 34(2):117-127.
- Uzundumlu AS, Gövez E, Kurtoğlu S. 2023. Competitive analysis of leading countries olive oil exports like turkey according to RCA and RXA indexes in the period 1961-202. *International Conference on Research in Applied Sciences*. March 9-10, 2023, Konya-Turkey.
- Yılmaz CH. 2022. Evaluation of Fertility Status of Olive Garden Soils of Different Ages in Kahramanmaraş Province. *2nd International Congress of Engineering and Natural Sciences Studies (ICENSS-2022)*: 71-88, Ankara, Turkey.
- Yusoff HHM, Ismail NW, Sidique SFA, Kamarulzaman NH. 2022. Competitive advantage between Malaysia and world halal producers of ruminant meat. *AGRARIS: J Agribus Rural Dev Res* 8(2): 198-214.

## Analysis of the Relationship Lag Between Beef Production Amount and Average Meat Price in Turkey Using the Koyck Model

İsmail GÖK\*<sup>1</sup>, Mustafa ŞAHİN<sup>2</sup>

\*<sup>1</sup>Kahramanmaraş Sütçü İmam University, Faculty of Agriculture, Department of Bioengineering, 46100, Kahramanmaraş, Turkey.

<sup>2</sup>Kahramanmaraş Sütçü İmam University, Faculty of Agriculture, Department of Agricultural Biotechnology, 46100, Kahramanmaraş, Turkey.

\*Corresponding author e-mail: [gkisoo1995@gmail.com](mailto:gkisoo1995@gmail.com)

Geliş Tarihi: 29.11.2023 Düzeltme Geliş Tarihi: 17.01.2024 Kabul Tarihi: 13.02.2024

### ABSTRACT

In this research, we used the data was taken from Turkish Statistical Institute (TUIK) between 2001 and 2018. In the resulting tables, the meat production amount of slaughtered cattle represents the dependent variable, while the average meat price represents the independent variable. Analysis was carried out with the help of the Koyck model to determine the relationship lag between the dependent variable and the independent variable. As a result of the research, it was found that the average meat price affected the meat production amount of the past two years, and the time period for a change in beef production amount to have an impact on the price was 0.007 years. In addition, a 1 ton increase in beef production in year t increases its price by 0.994390, and it was determined by the analysis that this increase was 0.007731 in the t-1 period.

**Keywords:** Beef meat production, Koyck model, average meat prices.

### Türkiye’de Sığır Et Üretim Miktarı ve Ortalama Et Fiyatı Arasında İlişki Gecikmesinin Koyck Modeli ile Analizi

#### ÖZ

Bu araştırma, Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) tarafından yayınlamış olan 2001-2018 yılları arasında istatistiksel tablolardan elde edilmiştir. Elde edilen tablolarda kesilmiş büyükbaş hayvanların et üretim miktarı bağımlı değişkeni temsil ederken ortalama etinin fiyatı da bağımsız değişkeni temsil etmektedir. Bağımlı değişken ile bağımsız değişken arasındaki ilişki gecikmesinin belirlenebilmesi için de Koyck modeli yardımıyla analiz yapılmıştır. Araştırma sonucunda, ortalama etin fiyatı geçmiş iki yılın et üretim miktarını etkilediğini, sığır et üretim miktarında meydana gelen bir değişimin fiyat üzerinde etki yaratma süresi 0.007 yıl olduğu bulunmuştur. Ayrıca t yılında sığır et üretimindeki 1 tonluk bir artış fiyatını 0.994390 oranında arttırmakta olup, t-1 döneminde de bu artış 0.007731 oranında olduğu yapılan analiz ile belirlenmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Sığır et üretimi, Koyck modeli, ortalama et fiyatları.

### INTRODUCTION

The most important source of income and economic activity of humanity since the moment it came to earth has been animal husbandry. Livestock farming is an extremely important factor in terms of adequate, healthy and balanced nutrition of the population, which tends to constantly increase, and has an important place in terms of raw material supply in related industries. In addition, it is a sector that benefits the country's economy, creates the highest added value to unit investment and provides employment opportunities at the

lowest cost (Demir, 2012). It is divided into two groups as cattle and sheep farming. In addition to being the most obvious source of income for people living in rural areas, both sheep and cattle breeding is also known as the economic source of developing societies (Güven et al., 2017).

Turkey, a developing society, has a rich network of companies dealing with cattle breeding and slaughtering. However, the insufficient number of animals in the enterprises, the fact that they are scattered family enterprises, the plant production used in feed production is not at a sufficient level, the fluctuations in prices, etc. It has created uneasiness such as not being able to meet the target in production (Aydın et al., 2011). In addition, fluctuations in production and prices such as high meat prices, decrease in the number of animals, illegal animal entry, imbalance in input and product prices; Meat consumption varied in relation to the average income per capita (Şahin et al., 2013).

According to the literature review; Although there are many studies on the Koyck model, bovine meat production and price of meat (Özçelik and Özer, 2006; Dikmen, 2006; Erdal, 2006; Erdal and Erdal, 2008; Çetinkaya, 2012; Doğan et al., 2014; Çelik, 2015; Özsayın, 2017) is considered important in terms of repeating the studies regularly, observing the changes occurring in businesses and developing solutions to their problems.

In this research, it is aimed to determine the relationship lag between the meat production amount and the average meat price of cattle slaughtered in Turkey during the specified years.

## MATERIAL and METHOD

The data set in this research was obtained from the meat production amount and average meat price of slaughtered cattle in the statistical tables between 2001 and 2018 published by the Turkish Statistical Institute (TUIK). In the research, the relationship between the meat production amount and the average meat price of cattle slaughtered in Turkey during the determined years was analyzed with the help of the distributed lag Koyck model.

Koyck model is a type of model used to determine the effect sizes of the lags when the independent variables follow each other. As the number of lags increases in the model, the lagged values of the independent variable gradually decrease. It is said that the delay in the independent variable also affects the dependent variable and the delay rate decreases geometrically.

Distributed delay models have a reliable side due to the ease they offer in explaining theories. These types of models include the lagged values of the explanatory variable among the independent variables. If such models are given a value that is not possible to explain, they are called infinite, otherwise they are called finite models. The model that is unlikely to be delayed (infinite) can be represented as follows;

$$Y_t = \alpha + X_t + \beta_1 X_{t-1} + \beta_2 X_{t-2} + \beta_3 X_{t-3} + \dots + u_t \quad (1)$$

If it is a model with (finite)  $n$  delays that are likely to be delayed;

$$Y_t = \alpha + X_t + \beta_1 X_{t-1} + \beta_2 X_{t-2} + \beta_3 X_{t-3} + \dots + \beta_n X_{t-n} + u_t \quad (2)$$

This model briefly:

$$Y = \alpha + \sum_{i=0}^n \beta X_{t-i} + u \quad (3)$$

This is the explanatory variable  $X$ 's current value not only with ( $X_t$ ), but also with the values it has taken in the past. ( $Y_t \dots Y_{t-n}$ ) depend variable ( $Y_t$ ) shows that it has an effect on In the elapsed time,  $Y$  reacts to  $X$  after a certain period of time, this time is called delay.

To obtain the Koyck model, in a model with an improbable (infinite) delay as mentioned above, Koyck states that the  $\beta$  coefficients of the lag values associated with all independent variables in the model have the same sign, and these values decrease geometrically. This assumption;

$$\beta_0 = \lambda^n \quad n=0,1,2,\dots \quad (4)$$

Here  $\lambda$ , ( $0 < \lambda < 1$ ) the rate at which the distributed delay decreases or decreases,  $1 - \lambda$  is the adaptation speed and  $\beta_n$  is the coefficient of delay. If the value of  $\lambda$  is close to zero The rate of decrease of  $\beta$  increases by that degree, and if it is close to one, it decreases by that degree. The weighted average of the delays gives the average number of delays and is as follows:

$$\text{Average Latency} = \frac{\lambda}{1-\lambda} \quad (5)$$

The average number of lags indicates the time period it takes for a one-unit change in the independent variable  $X$  to have an effect on the dependent variable  $Y$ .

According to the explanations made above, the (infinite) equation that is unlikely to be delayed is as follows:

$$Y_t = \alpha + \beta_0 X_t + X_t + \lambda \beta_0 X_{t-1} + \lambda^2 \beta_0 X_{t-2} + \lambda^3 \beta_0 X_{t-3} + \dots + u_t \quad (6)$$

Since the model is a model with an unlikely (infinite) lag, it is not possible to apply the linear regression solution method, and since the  $\lambda$  coefficients are far from being linear, Koyck pulled the model back a period and obtained a model like this:

$$\lambda Y_{t-1} = \lambda \alpha + \lambda \beta_0 X_t + \lambda^2 \beta_0 X_{t-1} + \lambda^3 \beta_0 X_{t-2} + \lambda^4 \beta_0 X_{t-3} \dots + \lambda^k u_{t-1} \tag{7}$$

If necessary adjustments are made to this model:

$$Y_t = \alpha(1 - \lambda) + \beta_0 X_t - \lambda Y_{t-1} + u_t \tag{8}$$

is in the form (Koyck, 1954).

## DISCUSSION

This study was conducted considering the meat production amount and average meat sales prices of cattle slaughtered between 2001 and 2018. In the research, firstly, Schwartz lag length criterion was used to obtain the Koyck model. The results are given in Table 1.

Table 1. Schwartz lag length criterion result.

Lag	LogL	LR	FPE	AIC	SC	HQ
0	10.84531	NA	0.000969	-1.263616	-1.172322	-1.272067
1	44.67575	53.16211	1.38e-05	-5.525107	-5.251225	-5.550460
2	55.96251	14.51155*	5.15e-06*	-6.566073	-6.109603*	-6.608328
3	60.1806	4.217851	5.70e-06	-6.597194	-5.958137	-6.656351

\* indicates lag order selected by the criterion, LR: sequential modified LR test statistic (each test at 5% level)

FPE: Final prediction error, AIC: Akaike information criterion, SC: Schwarz information criterion, HQ: Hannan-Quinn information criterion

In Table 1, it has been determined that the number of delays will be taken as 2. That is, starting from the 2nd year, the effect of price on meat production is zero.

Later, the extended delay Koyck model was studied:

$$Y_t = a_0 + \beta_1 C_t + \beta_2 C_{t-1} + \dots + \beta_n C_{t-k} + u_t \tag{9}$$

$Y_t$ = Meat production amount (Ton)

$C_t$ = Meat price (TL/ Kg)

was obtained and one lagged value of the meat price was taken as an independent variable in this model and the transformed Koyck Model estimate is given in Table 2.

Table 2. Transformational Koyck Model estimation result.

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Probability(p)
Still	-10.44266	1.489355	-7.011534	0.000
$Y_t$	0.994390	0.112670	8.825650	0.0000
$C_{t-1}$	0.007731	0.003703	2.088018	0.0543

$R^2=0.87, F=53.14, p=0.000, DW=1.82$

$$\text{In Table 2 } C_t = -10.44266 + 0.994390 Y_t + 0.007731 C_{t-1} \tag{10}$$

The Koyck model was obtained in the form.

In this model;  $C_t$ = meat price in period t,  $Y_t$ = meat production amount in period t,  $C_{t-1}$ = meat price in the period before t. When statistical significance levels were examined,  $C_{t-1}$  coefficients, which are a lagged value of meat production and meat price, were found to be significant according to the t test ( $p < 0.05$ ). Since the Durbin Watson statistic value was 1.82, no autocorrelation problem was observed.

According to the model prediction, a 1 ton increase in meat production increases the meat price by 0.994390 and by 0.007731 in the previous period. In this case, the average number of delays is

$$\text{Average Latency} = \lambda(1 - \lambda) = 0.007731 / (1 - 0.007731) = 0.007 \tag{11}$$

It is in the form. According to this result, the time required for a change in meat production to significantly affect the price of meat is 0.007 years.

If the following model is written using the Koyck model;

$$C_t = a_0 + \beta_1 Y_t + \lambda C_{t-1} + u_t \tag{12}$$

and

$$\beta_k = \beta_0 \lambda^k \tag{13}$$

$0 < \lambda < 1$  since;

$$\beta_0 = 0.994390; \lambda = 0.007$$

$$\beta_1 = \beta_0 \lambda = (0.994390)(0.007) = 0.00696073,$$

$$\beta_2 = \beta_0 \lambda^2 = (0.994390)(0.007)^2 = 0.0000487251$$

$$a_0 = \alpha / (1 - \lambda) = -10.44266 / (1 - 0.007) = -10.516273$$

If the regression equation is rewritten with the help of the Koyck model obtained with these calculations;

$$Y_t = a_0 + \beta_1 C_t + \beta_2 C_{t-1} + u_t \quad (14)$$

$$Y_t = -10.516273 + 0.00696073 C_t + 0.0000487251 C_{t-1} \quad (15)$$

Since the  $\lambda$  coefficient in this model is  $0 < \lambda < 1$ , the delayed meat production amount has a decreasing effect on meat production. In the model, a one-ton increase in meat production increases the price of meat by 0.994390, by 0.00696073 in the previous period and by 0.0000487251 in the two periods before, and this effect reduces to zero at the end of the 2nd year.

## CONCLUSION

In this research, analysis was carried out with the help of the Koyck model due to the high correlation of 93.8% between the meat production amount of slaughtered cattle and the average meat price.

As a result of the analysis, the coefficient of determination of the meat production amount and the average meat price of slaughtered cattle was found to be 87%. In addition, as a result of the t test, the lagged value ( $C_{t-1}$ ) of the meat production amount of slaughtered cattle was statistically significant ( $p < 0.05$ ), and the time required for a change in meat production to significantly affect its price was determined to be 0.007 years.

In addition, as a result of this research, it is thought that whether there is a statistically significant difference between the average meat price and meat production amount between the determined years, these values can guide the researcher in redetermining the values.

**Conflicts of interest:** The authors of the article declare that they do not have any conflict of interest

**Author contribution:** The authors declare that they have contributed equally to the article.

## YAZAR ORCID NUMARALARI

İsmail GÖK  <http://orcid.org/0000-0002-0759-1187>

Mustafa ŞAHİN  <http://orcid.org/0000-0003-3622-4543>

## REFERENCES

- Aydın, E., Aral, Y., Can, M.F., Cevger, Y., Sakarya, E., İşbilir, S. 2011. "Changes in Red Meat Prices in Turkey in the Last 25 Years and Analysis of the Effects of Import Decisions", *Journal of the Veterinary Association*, 82(1), 3 -13.
- Cetinkaya, Ş. 2012. Econometric Analysis of the Quantity-Price Relationship in Turkey's Wheat Production in the Last Ten Years: Koyck-Almon Technique. *Journal of Research in Humanities and Social Sciences*, 1(4):52-66.
- Çelik, Ş. 2015. Analysis of Production-Price Relationship in Sheep Milk Production with Koyck and Almon Delay Model: Turkey Example. *Academic View Journal*, 50():137-149. ISSN:1694-528X
- Demir, N. 2012. Comparison of Latest Developments in Livestock Policies in EU and Turkey in Terms of Harmonization Process. Ataturk University, Faculty of Agriculture, Department of Agricultural Economics, *Alinteri Journal of Agricultural Sciences*, 23(B):58-63.
- Dikmen, N. 2006. Tobacco Production and Price Relationship with the Koyck-Almon Approach. *Çukurova University Social Sciences Institute Journal*, 15(2): 153-168.
- Doğan, H.G., Gürler, A.Z., Ayyıldız, B., Şimşek, E. 2014. Analytical Evaluation of Production-Price Relationship in Potato Production with the Koyck Approach (TR 17 Region Example). *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 2(1): 42-46.
- Erdal, E. 2006. Analysis of Production-Price Relationship in Agricultural Products with Koyck Approach (Tomato Example). *Gaziosmanpaşa University Faculty of Agriculture Journal*, 23(2):17-24.

- Erdal, G., Erdal, H. 2008. Production-Price Interaction in Dried Onion. Gaziosmanpaşa University Faculty of Agriculture Journal, 25(1): 33-39.
- Güven, O., Ünal, B.E., Dilek, Y. 2017. Kars Cattle Breeding Sector Report and Action Plan, Serhat Development Agency.
- Koyck, L.M. 1954. Distributed Lags and Investment Analysis. North-Holland Publishing Company, Amsterdam.
- Özçelik, A. and Özer, O.O. 2006. Analysis of Wheat Production and Price Relationship in Turkey with the Koyck Model. Journal of Agricultural Science, 12(4): 333-339.
- Özsayın, D. 2017. Investigation of Production and Price Relationship in Cow Milk Production with Koyck Model Approach. Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology, 5(6): 681-686.
- Şahin, Y., Para, G., Adkinson, A.Y. 2013. The Effects of Imported Angus Breed Cattle on Turkey's Livestock Breeding and Economy, Atatürk University 9th National Animal Science Student Congress, 23-25 May Erzurum, 331.
- TUIK, 2021. TURKSTAT Data Portal, Access address: <http://www.tuik.gov.tr>



## The Effect of Active Lime on the Availability of Metal Micronutrients in Narlı Plain Soils<sup>‡</sup>

Hatice KADİFECİ<sup>1</sup> , Hüseyin DİKİCİ<sup>1</sup> , Ömer Faruk DEMİR<sup>1\*</sup> 

<sup>1</sup>Kahramanmaraş Sutcu Imam University, Agriculture Faculty, Soil Science and Plant Nutrition Department, Kahramanmaraş, TURKEY

\*Corresponding Author: demirfaruk@ksu.edu.tr

Geliş Tarihi: 20.12.2023 Düzeltme Geliş Tarihi: 26.03.2024 Kabul Tarihi: 30.03.2024

### ABSTRACT

The low solubility of minerals containing metal micronutrients such as Fe, Zn, Cu, and Mn in alkaline or lime-rich soils adversely affects plant growth in these soils, leading to significant yield losses. This study was conducted to determine the effects of active lime on metal microelement availability in calcareous soils. The analysis of 55 soil samples taken from Narlı Plain in Kahramanmaraş Province revealed a significant positive correlation ( $r=0.95^{**}$ ) between active and total lime values. The study also indicated that an average of 58% of total lime was present in the active form. Furthermore, it demonstrated that as total lime increased, the proportional amount of active lime decreased. The points where the ratio of active lime to total lime is highest are observed at low total lime contents. As the total lime content increases, the ratio of active lime to total lime decreases. This is thought to be related to the measurement of relatively higher active lime contents as the calcium on exchangeable surfaces passes into solution when the total lime is low. Therefore, this situation calls into question the reliability of active lime analysis at low total lime contents. With the increase in total lime content, this relative effect disappears and more reliable results are obtained. While active and total lime values showed similar correlations with Mn and Cu, Fe showed a higher correlation with active lime than with total lime. Active lime did not exhibit superior predictability compared to total lime when explaining the availability of metal microelements, excluding iron.

**Keywords:** Active lime, total lime, micronutrients.

## Narlı Ovası Topraklarında Metal Mikroelementlerin Yarıyışlılığı Üzerine Aktif Kirecin Etkisi

### ÖZ

Alkaline ya da kireçli topraklarda Fe, Zn, Cu ve Mn gibi metal mikro-elementleri içeren minerallerin çözünürlüklerinin düşük olması, bu topraklarda bitki gelişimini olumsuz etkilemekte ve önemli verim kayıplarına neden olmaktadır. Bu çalışma, kireçli topraklarda aktif kirecin ölçülmesinin metal mikro elementlerin yarıyışlılıkları üzerine etkisini belirlemek amacıyla yürütülmüştür. Kahramanmaraş İli, Narlı Ovası'ndan alınan 55 toprak örneğinin analizleri, aktif ile toplam kireç değerleri arasında önemli pozitif korelasyon olduğunu ( $r=0.95^{**}$ ), toplam kirecin ortalama %58'inin aktif formda olduğunu ve de toplam kireç arttıkça aktif kirecin oransal olarak azaldığını ortaya koymuştur. Aktif kirecin toplam kirece oranının en yüksek olduğu noktaların düşük toplam kireç içeriklerinde olduğu görülmektedir. Toplam kireç miktarının artışı ile birlikte aktif/toplam kireç oranı düşmektedir. Bu durumun, toplam kirecin düşük olduğu durumlarda, değişebilir yüzeylerdeki kalsiyumun çözülmeye geçmesiyle göreceli olarak daha yüksek aktif kireç içeriklerinin ölçülmesi ile ilgili olduğu düşünülmektedir. Dolayısıyla, bu durum aktif kireç analizlerinin düşük toplam kireç içeriklerinde güvenilirliğini sorgulatmaktadır. Toplam kireç miktarlarının artışı ile beraber bu göreceli etkinin ortadan kalkması ile daha güvenilir sonuçlar elde edilmektedir. Aktif ve toplam kireç değerleri Mn ve Cu ile benzer korelasyonlar gösterirken, Fe toplam kirece göre aktif kireç ile daha yüksek bir korelasyon göstermiştir. Demir dışındaki metal mikro elementlerin yarıyışlılıklarını açıklamada aktif kireç, toplam kireçten daha yüksek bir belirleyicilik sağlamamıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Aktif kireç, toplam kireç, mikro elementler.

## INTRODUCTION

The soils of Turkey are predominantly identified as calcareous. This situation is related not only to the sedimentary origin of the parent material but also to the inability of insufficient rainfall to wash lime from the profile, leading to the accumulation of lime in specific layers (Eyüpoğlu, 1999).

Micro nutrient deficiencies in soils are generally associated with high pH, lime, metal oxides, low organic matter, clay type, and clay content (Marschner, 1995). When soil pH exceeds 7, calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ ) ions are released, forming compounds with other ions in the soil (Karaman, 2012). In arid region soils, an excess of calcium antagonizes other nutrients, especially micronutrients. For instance, when there is an excessive amount of Ca in the soil, iron (Fe), potassium (K), and other elements are converted into forms that plants cannot utilize (Aktaş and Ateş, 1998). In calcareous soils, the high concentration of  $\text{Ca}^{+2}$  ions in the soil solution competes with  $\text{Fe}^{+2}$  ions for the same binding sites on clay surfaces, thereby inhibiting the uptake of Fe by plants (Machold, 1968).

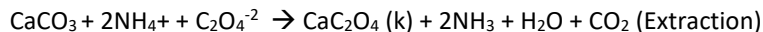
Several factors in the soil diminish the efficacy of plant nutrients, and one of these factors is lime. Typically, soils in arid and semi-arid regions are calcareous. In fact, lime constitutes an important part of the soils of this region. The retention of manganese (Mn), zinc (Zn), and copper (Cu) in soils is directly related to alkaline pH, clay and silt particle size, active lime, and total lime. Active lime is generally associated with total lime and constitutes approximately 50% of the total (Estefan et al., 2013). Carter (1981) also reported that areas with active lime exceeding 7-9% experienced poor tree growth and leaf chlorosis. Active lime was identified as a more dependable field index value than total lime for diagnosing chlorosis. Numerous researchers have emphasized that determining the quantity of active lime, rather than total calcium carbonate, in the soil is crucial for assessing the availability of plant nutrients in alkaline soils. While the adsorption capacity of carbonate minerals, abundant in soils, may not be very high, they create favorable environments for precipitation reactions to occur, leading to the precipitation of metallic microelements in the form of carbonates, hydroxides, or hydroxy carbonates (Papadopoulos, 1989; Uygur, 2000; Mengel and Kirkby, 2001). This limitation hinders the effectiveness of the elements, even if their total amounts are sufficient. Consequently, deficiencies in microelements are frequently observed in calcareous soils (Güzel et al., 1991). Cox and Kamprath (1972) emphasized that total lime alone is not sufficient to indicate iron deficiency in soils. Loue (1986) emphasized that active lime should be measured as a measure of iron availability in soils. Reyes et al. (2006) also reported that they found relationships between chlorosis caused by iron deficiency in grapevines and soil pH, total and active lime. Active carbonate serves as an indicator of calcite reactivity and bicarbonate ions in soil solution, and it has been reported to be closely associated with iron deficiency in soils (Alcántara et al., 2000). Zinc is also one of the most deficient elements in calcareous soils, often limiting crop production (Navrot and Ravikovitch 1969; Navrot and Gal 1971). Sağlam et al. (1997) also reported the Zn deficiency in a significant part of the Thrace region's soil. Plants benefit most from zinc under slightly acidic and neutral conditions. pH is an important factor affecting zinc availability. With an increase in pH, the availability of zinc decreases, and it precipitates as less soluble zinc hydroxides and zinc carbonates (Mengel and Kirkby, 2001). Manganese availability in soil varies significantly under the influence of numerous factors. With a significant decrease in pH, nearly all of the manganese in the soil is reduced to divalent manganese, increasing its solubility to toxic levels. Conversely, when there is excessive lime in the soil, manganese is found in an unavailable form for plants (Karaman, 2012). The mobility of Cu in soil solution also decreases as pH increases. The concentration of Cu in the soil solution of calcareous soils is quite low (Lindsay, 1972). The efficacy of active lime on micronutrient deficiencies in soils is a subject of debate. Therefore, it is essential to determine whether active lime is more effective than total lime in determining the availability of metal micronutrients in the soil.

The soils of the Narlı Plain in Kahramanmaraş exhibit variable lime contents ranging from 3.91% to 27.5%. It is also known that the pH levels of the region's soils are quite high (Saltalı et al., 2018). Therefore, attention should be paid to the availability of micronutrients in the soils of the region. Based on this, the present study investigated the effects of active lime and total lime content on the availability of trace metal micronutrients in alkaline soils taken from the Kahramanmaraş-Narlı Plain.

## MATERIAL and METHOD

Experimental material for this study consisted of soil samples collected from Narlı Plain, situated approximately 30 km south of the city center of Kahramanmaraş Province. Soil samples were collected from 55 different locations at a depth of 0/30 cm. The samples were air-dried under natural conditions in a cool, dark environment, sieved through a 2 mm sieve, and then prepared for analysis. Salt determination was carried out using an electrical conductivity meter following the method outlined by Richards (1954), while pH determination

was made in saturated soils according to Black (1965). Lime content was determined using a Scheibler calcimeter (Gülçür, 1974), and available microelements were analyzed by atomic absorption (Perkin Elmer) following extraction with the DTPA method, as outlined by Lindsay and Norwell (1978). The active carbonate method, developed by Drouineau (1942), relies on the principle of determining unreacted oxalate ((NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>C<sub>2</sub>O<sub>4</sub>) at the end of a 2-hour reaction of a soil sample with 0.1 M ammonium oxalate ((NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>C<sub>2</sub>O<sub>4</sub>), using titration with 0.1 M KMnO<sub>4</sub>. The reactions that occur during the determination of active CaCO<sub>3</sub> are as follows (Loeppert and Suarez, 1996).



In this equation, oxalate reacts with soluble and exchangeable Ca, precipitating as calcium oxalate. Loeppert and Suarez (1996) reported that, therefore, the method should be referred to as the active Ca method instead of activate carbonate. The determination of active Ca or active carbonate involves titration of unreacted oxalate with Ca in an acidified extraction solution (addition of H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) using potassium permanganate (KMnO<sub>4</sub>). As shown in the reaction below, oxalate is converted to oxalic acid with the addition of sulfuric acid and reacted with MnO<sub>4</sub>.



As outlined in the method, 1 gram of each soil sample, sieved through a 1 mm sieve, was weighed and placed in centrifuge tubes. Subsequently, 25 ml of 0.1 M ammonium oxalate solution was added, and the mixture was shaken for 2 hours. Afterwards, 20 ml of the centrifuged samples were extracted and transferred to an erlenmeyer flask, followed by the addition of 5 ml of H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. These samples were then incubated in a water bath heated to 70 °C for 30 minutes. At the conclusion of the incubation period, the samples were titrated with 0.1 N KMnO<sub>4</sub> until the color of the filtrates turned pink, and the values were recorded. The same procedure was conducted for the blank. Additionally, to determine the actual molarity of the potassium permanganate, the aforementioned steps were repeated using 0.2 g of sodium oxalate. The amount of active lime was calculated based on the obtained data using the following formulas (*where V<sub>0</sub> represents the volume of KMnO<sub>4</sub> used in the blank titration (L), V<sub>s</sub> is the volume of KMnO<sub>4</sub> reacting with the sample (L), C is the molar concentration of KMnO<sub>4</sub>, DF is the dilution factor, and m is the amount of soil*).

$$M_{\text{KMnO}_4} = [\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4(\text{g}) / 134 \text{ g}] * [1 / \text{KMnO}_4 (\text{L})] * [2 \text{ mol MnO}_4 / 5 \text{ mol H}_2\text{C}_2\text{O}_4]$$

$$\text{Active Lime (\%)} = (V_0 - V_c) * (C) * (DF) * (5 \text{ mol H}_2\text{C}_2\text{O}_4 / 2 \text{ mol KMnO}_4) * (100 \text{ g CaCO}_3 / \text{mol}) * 100 / m (\text{g})$$

The descriptive statistics of soil samples were analyzed using the IBM SPSS 25 software package. The statistical relations of soil parameters were graphically represented using Microsoft Office 2016 Professional Plus Excel program.

## RESULTS and DISCUSSION

### Some Characteristics of the Study Soils

As a result of laboratory analyses conducted on soil samples from the study area, Table 1 provides the minimum, maximum, mean, standard deviation, skewness, and kurtosis values for pH, EC, active lime, total lime, active lime/total lime, and Fe, Zn, Cu, and Mn elements in the 55 soil samples.

Table 1. Descriptive statistics of measured values in soil samples

	N	Min	Max	Mean	SD*	Skewness	Kurtosis
pH	55	7.02	8.28	7.84	0.27	-0.948	0.790
EC	55	1.60	5.84	3.22	0.97	0.717	0.256
Active Lime	55	0.37	11.14	4.54	3.07	0.720	-0.772
Total Lime	55	0.56	37.09	11.71	10.66	0.473	-1.250
AL/TL**	55	0.23	1.93	0.58	0.34	1.993	4.527
DTPA-Fe	55	1.14	7.67	2.82	1.30	1.776	3.372
DTPA-Cu	55	0.50	1.87	1.21	0.32	3.404	14.016
DTPA-Zn	55	0.53	7.94	1.66	1.24	-0.157	-0.074
DTPA-Mn	55	3.63	38.96	13.63	8.47	1.358	1.425

\*SD: Standard Deviation, \*\*AL/TL: Active Lime/Total Lime

The analysis of soil samples collected from the research area revealed pH values ranging from 7.02 to 8.28, with an average pH value of 7.84 (Table 1). Furthermore, based on the classification values provided in Table 2 (Richards, 1954), it was observed that 20% of the soils fell within the neutral range (6.5-7.5), while 80% exhibited a slightly alkaline pH (7.5-8.5). When analyzing the electrical conductivity (EC) values of the soils, it was observed that the EC values ranged from 1.60 to 5.84 dS/m, with an average EC value of 3.22 dS/m (Table 1). According to the limit values provided in Table 2 (Maas, 1986), 85% of the soils were classified as moderately saline (2-4 dS/m), and 15% were classified as highly saline (4-8 dS/m).

Table 2. Soil pH and EC values and corresponding limit values \*

pH	>4.5	4.5-5.5	5.5-6.5	6.5-7.5	7.5-8.5	>8.5
Class	Highly acidic	Moderate acidic	Slightly acidic	Neutral	Slightly alkaline	Highly Alkaline
EC	0-2	2-4	4-8	8-16	>16	
Class	Low	Moderate	High	Very high	Excess	

\*(Richards, 1954), (Maas, 1986)

The total lime values exhibited a range from 0.56% to 37.09% and an average value of 11.71% (Table 1). Examination of the lime classification values reveals that 45% of the soil samples can be classified as moderately calcareous, while 20% are categorized as calcareous. Additionally, 25% of the samples exhibit a high degree of calcareous, and the remaining 10% are characterized by a very high level of calcareous (Table 3). Active lime values ranged from 0.37% to 11.14%, with an average of 4.54%. The ratio of active lime to total lime varied between 0.23 (23%) and 1.93 (193%), with an average of 0.58 (58%) (Table 1). Estefan et al. (2003) observed a comparable ratio of active lime value (50%) relative to total lime in their study. Upon examining these ratios, it became evident that the quantity of active lime can surpass the total lime amount, particularly when the total lime content is low. Therefore, it is suggested that using the term 'active Ca' instead of 'active lime' may be more accurate. Loeppert and Suarez (1996) also suggested that, in the active lime method, oxalate reacts with dissolved and exchangeable Ca, precipitating as calcium oxalate. Hence, the use of the term 'active Ca' is recommended.

Table 3. Limit values used in the evaluation of total lime in soil\*

Lime (%)	Class
0-1	Slightly calcareous
1-5	Calcareous
5-15	Moderately calcareous
15-25	Highly calcareous
>25	Very highly calcareous

\* Ülgen and Yurtsever, 1974.

When examining the DTPA-Fe values presented in Table 1, it is observed that the available Fe contents of the soils range from 1.14 to 7.67 mg/kg, with an average of 2.82 mg/kg. Based on the limit values provided in Table 4, it was determined that 87% of the soils were classified as insufficient, while 13% were considered sufficient. The observed quantities of available Cu in soils display heterogeneity, ranging from 0.50-1.87 mg/kg with an average concentration of 1.21 mg/kg. It was determined that all soil samples possessed adequate available Cu content. The observed data reveals that the quantities of available Zn in the soils exhibited a range from 0.53 to 7.94 mg/kg, with an average of 1.66 mg/kg. Based on the prescribed thresholds outlined in Table 4, it can be deduced that a majority of the soil samples (96%) were determined to be lacking in Zn. The Mn content in the soils varies from 3.63 to 38.96 mg/kg, exhibiting an average of 13.63 mg/kg. In accordance with the limit values delineated in Table 4, it was ascertained that all soils possess an adequate concentration of manganese.

Table 4. Limit values indicating the sufficiency levels of microelements in soil \*

Micro nutrient	Sufficiency level
Fe	>4.50
Zn	>0.76
Cu	>0.20
Mn	>1.20

\* Lindsay and Norwell, 1976.

The graph below (Figure 1) illustrates a very strong correlation between total lime and active lime ( $r=0.94^{**}$ ), with the relationship being significant at the 1% level. This indicates a robust connection between total lime and active lime. Estefan et al. (2013) reported that active lime is typically related to total lime, constituting about half of the total lime. This relationship has also been observed by other researchers, including Carter (1981) and Ryan et al. (1981).

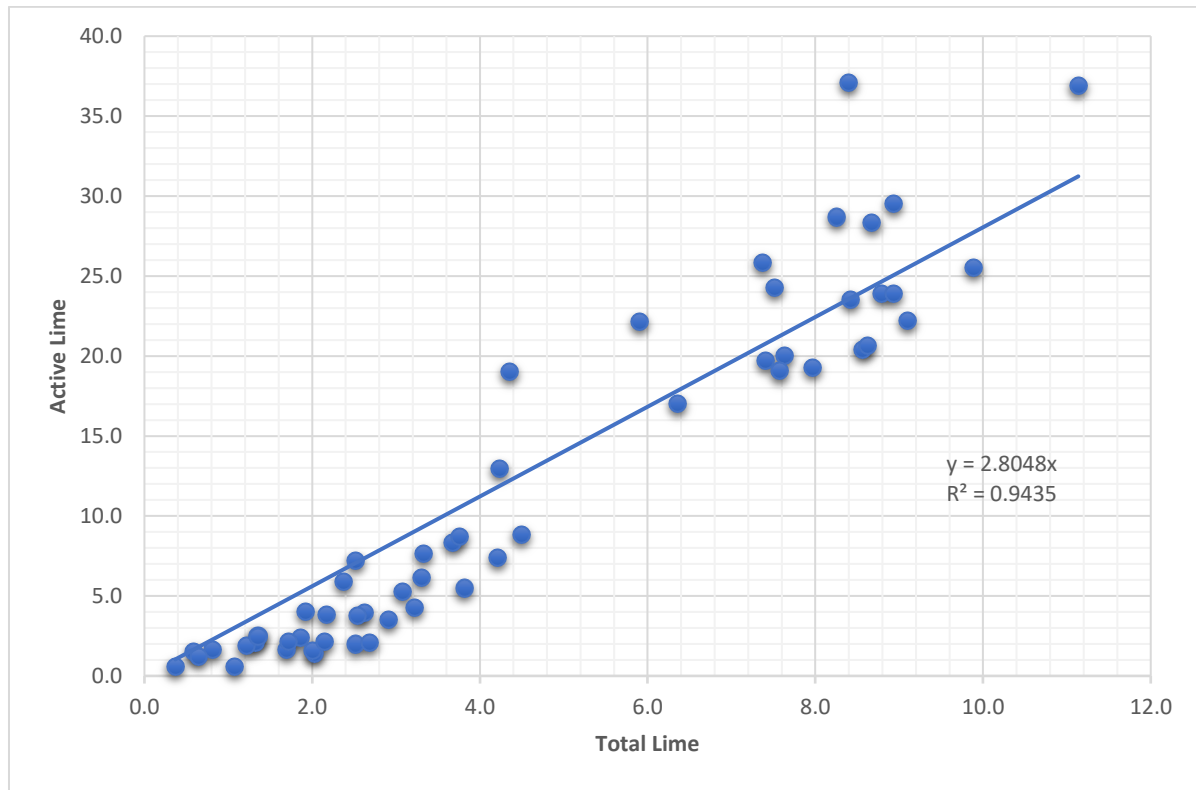


Figure 1. Relationship between active lime and total lime

The relationship between total lime and the active/total lime ratio is depicted in Figure 2. A negative correlation was observed between total lime and the mentioned ratio. Upon examination of Figure 2, it can be observed that the highest active lime/total lime ratio corresponds to the lowest values of total lime. As the total lime increases, the ratio decreases exponentially. Loeppert and Suarez (1996) reported that the reactive carbonate in soils could be determined acceptably, although not with complete accuracy, using the active carbonate method.

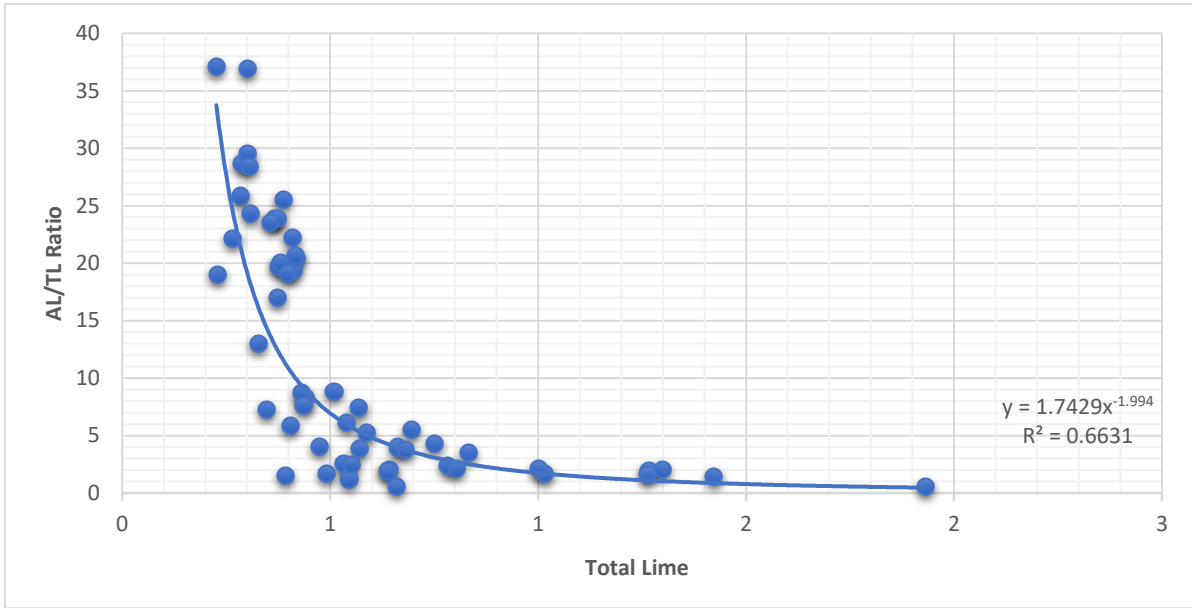


Figure 2. Relationships between total lime and active/total lime ratio (AL/TL Ratio)

The relationships between active lime and the active/total lime ratio are depicted in Figure 3. Similar to total lime, a negative relation was observed between the active lime/total lime ratio and active lime. As can be seen in Figure 3, AL/TL ratio decreases exponentially as the amount of active lime increases. Figures 2 and 3 indicate that deviations in the ratio are observed at low values of both total lime and active lime. This situation is thought to be associated with the measurement of relatively higher active lime contents, as explained earlier, when calcium on the exchangeable surfaces passes into solution, especially in conditions of low total lime. Therefore, this situation raises questions about the reliability of active lime analyses in low total lime contents. Obtaining more reliable results occurs with the increase in total lime amounts, eliminating this relative effect. On the other hand, the variation in the amount of surface areas associated with soil texture and particle size is also a factor influencing carbonate reactivity (De La Torre et al., 2010; Loeppart and Suarez, 1996).

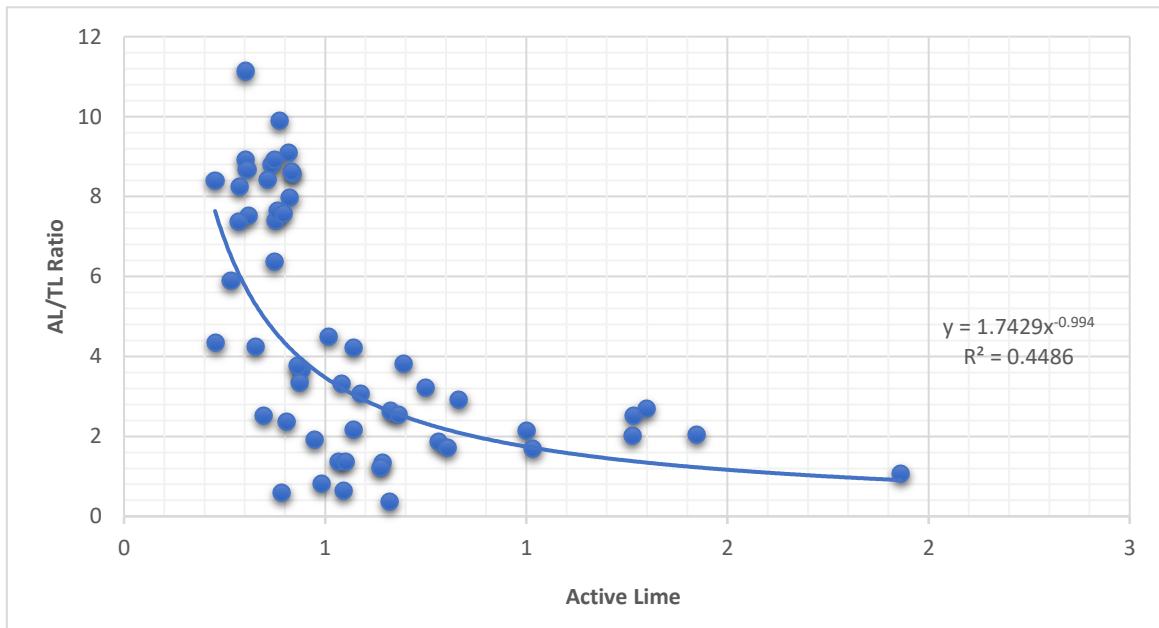


Figure 3. Relationships between active lime and active/total lime ratio (AL/TL Ratio)

*Relationships among soil parameters*

When examining the correlation values between soil parameters, a significant positive relationship at the 1% level was obtained between active lime and total lime ( $r=0.95^{**}$ ). Similarly, Ryan et al. (1981) emphasized a highly significant correlation between active and total lime. Carter (1981), on the other hand, found a moderately significant relationship between active lime and total lime ( $r=0.57^{**}$ ). As the total amount of lime increased, the proportion of active lime within the total was decreased ( $r = -0.63$ ). A significant negative correlation at the 1% significance level was also observed between the ratio of active lime to total lime and active lime ( $r = -0.54$ ). In other words, as the active calcium increases, its proportion within the total calcium decreases. In situations where total lime is low, the relative measurement of higher active lime contents can be explained by the exposure of exchangeable calcium. However, in cases of high total lime values, this effect disappears.

When analyzing the impact of active lime on the availability of metal micronutrients, a noteworthy inverse correlation at the 1% significance level was observed between active lime and DTPA-Fe concentrations ( $r=-0.48^{**}$ ). Şendemirci et al. (2016) similarly reported that the increase in total lime and active lime in soils is associated with a decrease in Fe availability. While Eyüpoğlu et al. (1999) indicated significant iron deficiencies in areas with high lime content, Cox and Kamprath (1972) emphasized that total lime alone is not sufficient for detecting iron deficiencies in soils. Additionally, Loue (1986) emphasized the necessity of determining active lime as a measure of iron availability in soils. No significant relationship was found between active lime and DTPA-Zn concentrations. Although Fahad (1988) stated that most of the applied Zn in calcareous soils can be retained by lime, Navrot and Ravikovitch (1969) reported that the particle size of lime is important for Zn retention. Therefore, the particle size of lime is also important in the size of active particles ( $<2 \mu\text{m}$ ). A substantial positive correlation was observed between active lime and DTPA-Cu at a significance level of 5% ( $r=0.31^*$ ). In general, various positive or negative associations can arise between DTPA-Cu and pH and soil lime contents. A significant negative relation was found between active lime and DTPA-Mn at a significance level of 1% ( $r=-0.51^{**}$ ).

A statistically significant positive correlation at the 1% level of significance was observed between the total amount of lime and the pH value ( $r = 0.65^{**}$ ), as predicted. Likewise, a significant positive correlation at the 1% level of significance was discovered between the amount of active lime and the pH value ( $r = 0.67^{**}$ ). The negative correlation at the level of 5% was determined between total lime and EC ( $r= -0.30^*$ ). Abdulwahhab and Şeker (2020) also found that lime applications significantly decreased EC values in clayey soils.

A positive relationship at the 5% significance level was found between total lime and DTPA-Cu ( $r = 0.29^*$ ), while negative relationships at the 1% significance level were identified between total lime and both DTPA-Fe and DTPA-Mn ( $r = -0.40^{**}$ ,  $r = -0.50^{**}$ , respectively). On the other hand, no significant relationship was found between total lime and DTPA-Zn. According to Machold (1968), solutions of calcareous soils usually contain a high proportion of Ca, and Ca and Fe ions compete for the same binding sites of clayey compounds, which reduces the availability of iron to plants.

When examining the relationship between soil pH and available Fe and Mn, a negative correlation at the 1% significance level was observed ( $r = -0.35^{**}$ ,  $r = -0.51^{**}$ , respectively), and a positive correlation at the 1% significance level was identified between soil pH and available Cu ( $r = 0.44^{**}$ ). However, no significant relationship was found between soil pH and available Zn. Şendemirci et al. (2016) reported that as the total and active lime amounts increased in soils, the available Fe levels decreased. Alcántara et al. (2000) and De La Torre et al. (2010) emphasized the relationship between iron and active lime. According to Karaman (2012), the available manganese in soils increases with the decrease in soil pH, and a significant portion of it becomes reduced to toxic levels depending on the intensity of this decrease. However, manganese availability decreases with the increase in lime. Fitts and Nelson (1956) also emphasized the importance of considering soil pH as a significant criterion for deficiencies or excesses of micronutrients. They reported that, as soil pH moves from neutral to alkaline, deficiencies in micronutrients can be more common.

Table 5. Correlation values between measured soil parameters

\* =  $p < 0.05$ , \*\* =  $p < 0.01$ , \*\*\* = Active Lime/Total Lime Ratio

	Active Lime	Total Lime	AL/TL Ratio	pH	EC	Fe	Zn	Cu	Mn
<b>Active Lime</b>	1								
<b>Total Lime</b>	0.95**	1							
<b>AL/TL Ratio***</b>	-0.54**	-0.63**	1						
<b>pH</b>	0.67**	0.65**	-0.58**	1					
<b>EC</b>	ns	-0.30*	0.34*	-0.27*	1				
<b>Fe</b>	-0.48**	-0.40**	ns	-0.35**	ns	1			
<b>Zn</b>	ns	ns	ns	ns	ns	ns	1		
<b>Cu</b>	0.31*	0.29*	ns	0.44**	ns	ns	ns	1	
<b>Mn</b>	-0.51**	-0.50**	ns	-0.51**	ns	0.58**	ns	ns	1



## CONCLUSION

The findings indicated that the active lime method proved to be more efficient in showing the availability of DTPA-Fe in comparison to the total lime method. This implies that active lime could potentially hold greater significance than total lime when it comes to establishing Fe deficiency in soils. In this study, active lime did not provide a higher determinacy than total lime in explaining the availability of metal micronutrients other than iron. Furthermore, due to the very close relationship between active lime and total lime, sufficient data could not be obtained to consider or recommend active lime analysis as a routine soil analysis. It is thought that more conclusive results can be obtained in future studies by including plants in the analysis of the relationship between active lime and total lime.

## Acknowledgements


This study was conceived by Hüseyin DİKİCİ, laboratory analyses were conducted by Hatice Sünbül and Ömer Faruk DEMİR, and the article was written by Ömer Faruk DEMİR and Hüseyin DİKİCİ.

¥ : This research includes the data of MSc. thesis of first author.

## Disclosure Statement

No potential conflict of interest was reported by the authors.

## ORCID Numbers of Authors

Hatice KADİFECİ  <http://orcid.org/0009-0006-9247-8133>

Hüseyin DİKİCİ  <https://orcid.org/0000-0002-1335-4380>

Ömer Faruk DEMİR  <https://orcid.org/0000-0002-0636-5225>

## REFERENCES

- Abdulwahhab, Q. and Şeker, C. 2020. Farklı Dozlarda Kireç Uygulamasının İki Farklı Tekstürdeki Toprağın Bazı Fiziksel Ve Kimyasal Özellikleri Üzerine Etkisi. *Toprak Su Dergisi*, 9(2): 80-87.
- Aktaş, M. and Ateş, M. 2005. *Bitkilerde beslenme bozuklukları: Nedenleri ve tanınmaları*. Engin yayınevi.
- Alcántara, E., Romera, F.J., Cañete M. and de la Guardia M.D. 2000. Effects of Bicarbonate and Iron Supply on Fe(III) reducing capacity of roots and leaf chlorosis of the susceptible peach rootstock 'Nemaguard'. *Journal of Plant Nutrition*, 23(11-12): 1607-1617.
- Black, C.A. 1965. *Methods of Analysis Agron.*, No:9, Ame. Soc. Agr., Madison Wisconsin. USA.
- Carter, M. R. 1981. Association of total CaCO<sub>3</sub> and active CaCO<sub>3</sub> with growth of five tree species on Chernozemic soils. *Canadian Journal of Soil Science*, 61(1):173-175.
- Cox, F.R. and Kamprath, E.J. 1972. Micronutrient soil tests. In *Micronutrients in agriculture*, p. 289–317, Mortvedt, J.J., Giordana, P.M., Lindsay, W.L. (eds.). Soil Sci Soc Am, Madison, Wisconsin.
- De La Torre, I.D., Del Campillo, M.D.C., Barron, V. and Torrent, J. 2010. Predicting the occurrence of iron chlorosis in grapevine with tests based on soil iron forms. *Int. Sci. Vigne Vin*, 44(2) 77-85.
- Drouineau, G. 1942. Doosage rapide du calcaire actif du sol. Nouvelles donees sur la reportation de la nature des fractions calcaires. *Ann. Agron.*, 12:441-450.
- Estefan, G., Sommer, R. and Ryan, J. 2013. *Methods of Soil, Plant, and Water Analysis: A manual for the West Asia and North Africa region*. ICARDA (International Center for Agricultural Research in the Dry Areas) Box 114/5055, Beirut, Lebanon.
- Eyüpoğlu, F. 1999. *Türkiye Topraklarının Verimlilik Durumu*. T.C. Başbakanlık Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Toprak ve Gübre Araş. Ens. Yayınları, Genel Yayın No: 220, Teknik Yayın No: T-67, Ankara.
- Fahad, A. A. 1988. Fate of zinc applied to calcareous soils using Zn-65 as a tracer: I. Fractionation with time. *Arid Land Research and Management*, 2(4): 217-225.
- Fitts, J.W. and Nelson, W.L. 1956. The determination of lime and fertilizer requirements of soils through chemical tests. *Advances in Agronomy*, 8:241-282.
- Gülçur, F. 1974. *Toprağın Fiziksel ve Kimyasal Analiz Metodları*. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, İ. Ü. Yayın No: 1970, İstanbul.
- Güzel, N., Ortaş, İ. and İbriççi H. 1991. Harran ovası toprak serilerinde yararlı mikro element düzeyleri ve Zn uygulamasına karşı bitkinin yanıtı. *Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 6(1): 15-30.
- Karaman, M.R. 2012. *Bitki Besleme*. Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi. ISBN 978-605-87103-2-0.
- Lindsay, L.W. 1972. Microelements in soils and plant nutrition. *Advanced in Agronomy*, 24:147-186.

- Lindsay, W.L. and Norwell, W.A. 1978. Development of DTPA soil test for Zn, Fe, Mn and Cu. *Soil Science Society of America Journal*, 42(3), 421-428.
- Loeppert, R.H. and Suarez, D.L. 1996. Carbonate and gypsum. *In: Sparks, D.L. (Ed.), Methods of Soil Analysis Part 3. Chemical Methods*. Madison, Wisconsin, USA, pp. 437-474, Chapter 15.
- Loue, A. 1986. *Les Oligo-elements en agriculture*. Agri-Nathan International, Paris.
- Marschner, H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. 2nd edition, 889 p, London, UK.
- Maas, E.V. 1986. Salt tolerance of plants. *Applied Agricultural Research*, 1:12-26.
- Machold, O. 1968. Effect of nutritional conduction on the status of iron in leaves, on the chlorophyll content and on the activity of catalase and peroxidase. *Flora Ab. A.*, 159: 1-25.
- Mengel, K. and Kirkby, E.A. 2001. *Principles of Plant Nutrition*. 5th edition. Kluwer Academic Publishers. Isbn: 1-4020-008-1, Dordrecht, 5th edition, 849 p, The Netherlands.
- Navrot, J. and Ravikovitch, S. 1969. Zinc availability in calcareous soils: III. The level and properties of calcium in soils and its influence on zinc availability. *Soil Science*, 108(1), 30-37.
- Navrot, J. and Gal, M.1971. Effect of soil clay type on the "availability" of zinc in some mediterranean rendzina soils. *Journal of Soil Science*, 22:1-4.
- Papadopouls, P. and Rowell, D.L. 1989. The reaction of copper and zinc with calcium carbonate surfaces. *Journal of Soil Science*, 40(1), 39-48.
- Reyes, J.M., del Campillo, M.C. and Torrent, J. 2006. Soil Properties Influencing Iron Chlorosis in Grapevines Grown in the Montilla-Moriles Area, Southern Spain, *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 37:11-12, 1723-1729.
- Richards, R.A. 1954. *Diagnosis and improvement of saline and alkali soils*. USDA Hand Book No. 60. U. S. Govt. Printing office. Washington, D. C. 00160. USA.
- Ryan, J., Curtin, D. and Safi, I. 1981. Ammonia volatilizations influenced by calcium carbonate particle size and iron oxides. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 45:338-341.
- Saglam, M.T., Tok, H.H., Adiloglu, A., Demirkiran, A.R. and Belliturk, K. 1997. Trakya yoresinden alınan bazı Toprak örneklerinin elverişli Fe, Cu, Zn ve Mn kapsamı üzerinde bir araştırma. I.Trakya Toprak ve Gübre Sempozyumu, 20–22Ekim, 248–252, Tekirdag.
- Saltalı, K., Gündoğan, R., Demir, Ö.F., Kara, Z., Yakupoğlu, T., Dikici, H. and Yılmaz, K. 2018. Narlı Ovası Topraklarının Ağır Metal Kapsamı Üzerine Çimento Fabrikası Baca Tozlarının Etkileri. *Toprak Su Dergisi*, 7(1), 11-20.
- Şendemirci, H.S., Korkmaz, A. and Akinoğlu, G. 2016. Fasulye Bitkisinin (*Phaseolus vulgaris* L. var. nanus) Demirli Gübrelemeye Responsu ile Toprakların Kloroz İndis Değerleri ve Bazı Özellikleri Arasındaki İlişkiler. *Toprak Su Dergisi*, 5 (1) :(37-46).
- Uygur, V. and Rimmer, D.L. 2000. Reactions of zinc with iron-oxide coated calcite surfaces at alkaline pH. *European Journal of Soil Science*, 51(3), 511-516.
- Ülgen, N. and Yurtsever, N. 1974. *Türkiye Gübre ve Gübreleme Rehberi*, Yayınevi: Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü.



[www.dergipark.gov.tr/turkjans](http://www.dergipark.gov.tr/turkjans)

**Araştırma Makalesi**

## Atatürk Üniversitesi Ata Botanik Bahçesi Kullanıcı Memnuniyetlerinin Belirlenmesi

Büşra Aksu<sup>1\*</sup> , Hasan Yılmaz<sup>1</sup> 

Atatürk Üniversitesi, Mimarlık Ve Tasarım Fakültesi

\*Sorumlu Yazar: [busraksu262@gmail.com](mailto:busraksu262@gmail.com)

Geliş Tarihi: 03.01.2024 Düzeltme Geliş Tarihi: 13.03.2024 Kabul Tarihi: 19.03.2024

### ÖZ

Kentsel açık-yeşil alanların kent açısından önemli parçalarından biri de botanik bahçeleridir. Botanik bahçeler bitki türlerini koruma altına alan, kullanıcıları doğayla buluşturan, çeşitli eğitim alanları oluşturan laboratuvar görevi üstlenen alanlardır. Botanik bahçe kullanıcılarının memnuniyet seviyeleri üzerine aktivite çeşitliliği, kullanıcı yoğunluğuna göre ihtiyaçların karşılanma potansiyeli, bitki türü çeşitliliği önemli etkenlerden bazılarıdır. Bu çalışmada kullanıcıların Ata Botanik Bahçesinden memnuniyet durumunu ortaya koymak amacı ile bahçeye gelen 170 Kişi ile bire bir anket çalışması yapılmıştır. Alanı ziyaret edenlerin botanik bahçe içerisindeki yeşil dokudan memnun oldukları, kendilerini güvende hissettiklerini (%82,8), alanı doğal bulduklarını (%42,9) bununla beraber hizmet kalitesinin ve aktivite alanlarının yetersiz olduğunu belirtmişlerdir. Bunun yanı sıra kentte bulunan diğer açık-yeşil alanlardan ayıran en önemli üç özelliğinin geniş açık-yeşil alanların olması (%21,9), huzurlu (%20,4) ve doğala yakın mekânlardan oluşması (%15,3) olduğu tespit edilmiştir. Yapılan çalışmada bahçeyi en çok 19-25 (%51,2) ve 26-40 (%28,8) yaş aralığında bulunan bireylerin ziyaret ettiği ve bahçeyi eğitim (15,6), park (11,1), dinlenme (27,8) olarak tanımladıkları belirlenmiştir. Bahçeyi en çok ziyaret eden bireylerin en çok kafeterya ve piknik alanı çevresinde (%30), göl ve çevresinde (%38,7) vakit geçirdikleri belirlenmiştir. Elde edilen katılımcı görüşleri doğrultusunda bazı önerilere yer verilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Açık-yeşil alan, Ata Botanik bahçesi, Kullanıcı memnuniyeti

## Determination of User Satisfaction of Atatürk University Ata Botanical Garden

### ABSTRACT

One of the important parts of urban open-green areas for the city is botanical gardens. Botanical gardens are areas that protect plant species, bring users together with nature, and serve as laboratories that create various educational areas. Activity diversity, the potential to meet needs according to user density, and plant species diversity are some of the important factors on the satisfaction levels of botanical garden users. In this study, a one-on-one survey was conducted with 170 people who came to the garden in order to reveal the users' satisfaction with the Ata Botanical Garden. Those who visited the area were satisfied with the green texture in the botanical garden, they felt safe (82.8%), they found the area natural (42.9%), but they stated that the service quality and activity areas were insufficient. In addition, it has been determined that the three most important features that distinguish it from other open-green areas in the city are large open-green areas (21.9%), peaceful (20.4%) and close to nature spaces (15.3%). In the study, the garden was mostly visited by individuals between the ages of 19-25 (51.2%) and 26-40 (28.8%) and the garden was used for education (15.6), park (11.1), recreation (27, It was determined that they were defined as 8). It was determined that the individuals who visited the garden most spent time around the cafeteria and picnic area (30%), and the lake and its surroundings (38.7%). Some suggestions are included in line with the participant opinions obtained.

**Keywords:** Ata Botanical garden, Open-green area, User satisfaction

## GİRİŞ

Endüstri devrimiyle birlikte küçük sistemler olan şehirlerin sınırları genişlemeye başlamış, nüfus artışı, su, hava, katı atıklar gibi olumsuzluklarda yaşam kalitesini düşürmeye başlamış ve yeni yerleşim yerleri oluşmasına neden olmuştur (Tuncel ve İlerisoy, 2016). Kentleşme kavramı zamanla küresel boyutta bir sorun çıkarmasının yanında doğal dengenin bozulması, dengesiz nüfus artışı gibi sorunları da meydana getirmiştir. Günümüzde; dengesiz nüfus artışı, kentsel tarım topraklarının elde çıkması, açık-yeşil alanların azalması, alt yapı sorunları, çevre sorunları (gürültü kirliliği, hava kirliliği, su kirliliği), kentsel ısı adası oluşumu vb. sorunlarla karşı karşıya kalmıştır. Son yıllarda kentsel alanlarda daha yaşanılabilir kentler için uygulamaya yönelik ortaya çıkan sorunlara cevap verebilecek çözümler geliştirilmektedir (Şenyıl, 2021).

Kent baskısından kurtulmak isteyen insanların en önemli dinlenme alanlarından biri kentsel alanlar içinde bulunan yeşil alan sistemleridir. Kentsel yeşil alanlar insanların doğayla birlikte olmasını sağlayan, çeşitli bitki türleriyle vakit geçirmelerine imkân sağlayan, kent yapısının önemli bir parçasıdır. Ancak günümüz şartlarında hızla gelişen kentleşme doğal alanların yok olmasına neden olmaktadır. Bu nedenle kent içinde açık yeşil alanların artırılması ve korunması gerekmektedir (Aslan, 2017).

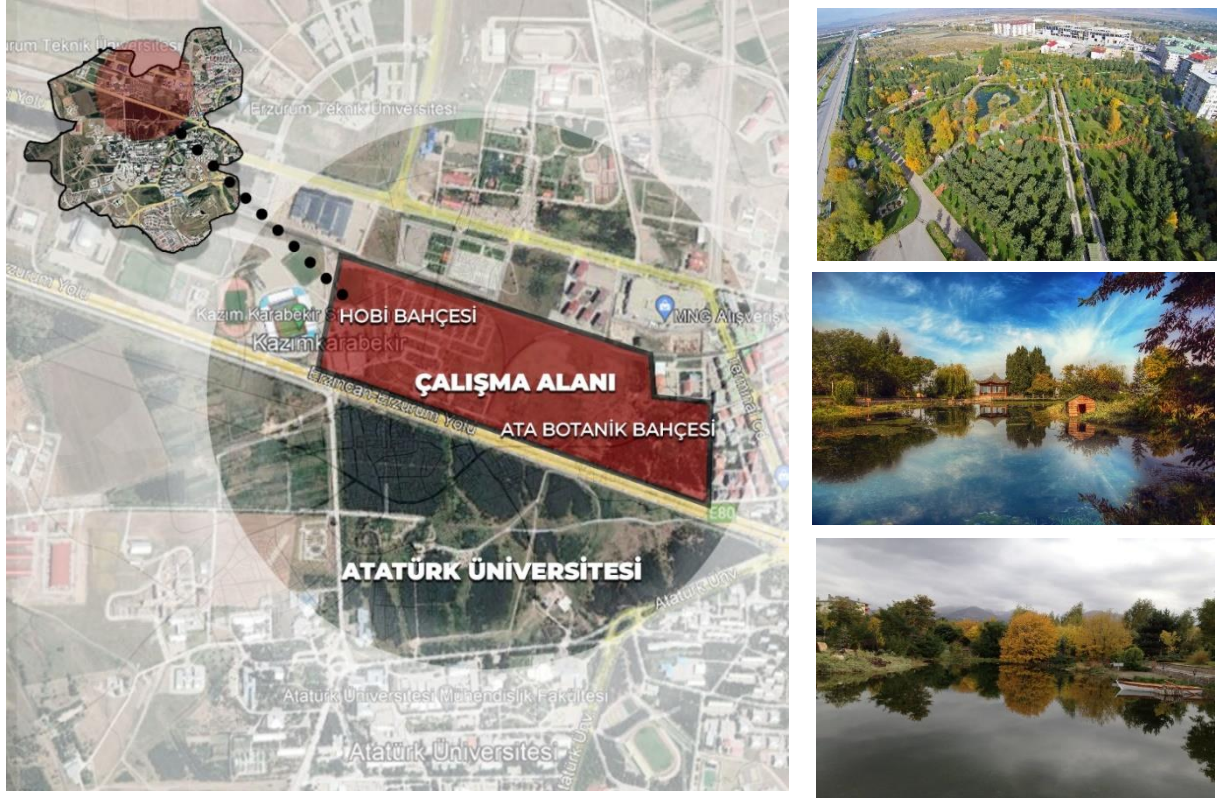
Yaşanabilir kent bileşenleri kapsamında; etkin enerji kullanımı, toplu taşımacılığın önde olması, yeşil ve mavi alt yapı bileşenlerinin artırılması, kentsel üretken alanların korunması ve geliştirilmesi, yapı yüzeyleri bitkilendirilmeleri gibi ekolojik, estetik, ekonomik, sürdürülebilir kentsel kavramlar ortaya çıkmaya başlamıştır. Bu doğrultuda kentlerin önemli parçalarından biri olan yeşil alanlar peyzaj alanında önemli bir yer tutmaktadır. Kentsel yeşil alanlar; sosyal faaliyetler için mekan oluşturması, insan sağlığı ve psikolojisi üzerindeki olumlu etki sağlaması, hava kirliliğini azaltma, sera etkisini azaltma mekansal tasarımlar yapılırken uygun bitkilendirilme yapıldığında termal konforu iyileştirme (Yılmaz vd., 2021), kentsel gürültüyü azaltma (Özer, 2014), kentsel rekreatif eylemlere fırsat tanıma, kentlerin istenmeyen tarım topraklarına doğru gelişimini engelleme, ekolojik açıdan bitkiler kent ikliminde dengeleyici rol oynaması yanısıra (Rimlinger vd., 2021), kentsel ısı adası oluşumunu engelleme görevini üstlenirler.

Kentsel alanlardaki en önemli yeşil alan sistemlerinden biride botanik bahçelerdir. Botanik bahçeler ekosistemleri desteklemesinin yanı sıra araştırma alanları, turistik alanlar, eğitim ve halka açık rekreasyon alanları olarak oluşturulan açık yeşil alanlardır. Botanik bahçelerinin rekreasyon alanı olması dışında az da olsa botanik bahçeler hakkında çeşitli bilgiler sunmaktadır. İçerisinde bulunan çeşitli bitki kompozisyonları ile dört mevsim farklı manzaralar sunmaktadır. İnsanların günlük streslerinden uzaklaşmasına, psikolojilerini olumlu yönde etkilenmesine, doğaya karşı pozitif tutum sergilenmesine katkıda bulunur (Var ve Karaşah 2010). Bunun yanı sıra Yılmaz vd. (2023) yapmış oldukları çalışmada doğal alanlarda karar verme yetisinin artırdığını tespit etmişlerdir.

Erzurum kentinin önemli açık-yeşil alanlarından birisi olan Ata Botanik Bahçe içerisinde bulunan rekreasyonel kullanım alanları nedeniyle sıkça ziyaret edilen mekânlardan biri haline gelmiştir. Yapılan bu çalışmada yaklaşık 15 yıl olan önce kurulan ve fiziki yapılaşmalara sahip olan bahçenin kullanıcılar tarafından memnuniyetleri belirlenmiştir. Çalışmanın hipotezi olan 'Ata Botanik Bahçesini kullanan ziyaretçilerin yeni düzenlemelerle bahçe memnuniyeti artırılabilir mi?' sorusuna yanıt verilmiştir.

## MATERYAL ve METOT

Çalışmanın ana materyalini, Erzurum ilinde Atatürk Üniversitesi bünyesindeki, yaklaşık 35 ha'lık alana sahip olan Ata Botanik Bahçesi oluşturmaktadır (Şekil 1). 2005 yılında Prof. Dr. Hasan Yılmaz tarafından tasarlanıp hayata geçirilen Ata Botanik Bahçenin yaklaşık 100.000 m<sup>2</sup> 'lik kısmında yapısal olarak; 2 dönümlük yapay gölet, köprüler, oturma alanları, sulama sistemi, aydınlatma elemanları, yürüme yolları, teraslar, koşu yolu, otopark ve çim yüzeyler, 4 dönümlük meyve bahçesi, bitki koleksiyonları ve hobi bahçeleri gibi alan kullanımlarına yer verilmiştir. Ata Botanik Bahçesi 1850 m rakımda yapılan nadir bahçelerden biri olmasının yanında soğuk iklimi temsil eden kent ve bölge için çok sayıda yeni bitki türü denenmiş, At kestanesi, katalpa, muşmula, alıç, iğde, yanar çalı, sumak, ıhlamur, ladin, göknar, çam, ardıç ve mazi gibi geniş ve iğne yapraklı bitkilerle çiçeklerden oluşan 150'den fazla bitki türlerinin yetiştirilmesinde de başarılı sonuçlar elde edilmiştir. (Yılmaz, 2012).



Şekil 1. Ata Botanik Bahçesi konum haritası ve bazı görseller. (H. Yılmaz)

Araştırmada yöntem olarak konu hakkında literatür taraması yapıldıktan sonra Ata Botanik Bahçesi kullanıcılarının memnuniyet derecelerini ölçmek için anket çalışması yapılmıştır. Bunun için hazırlanan anket formu, kullanıcıların demografik özelliklerini ve kullanıcı memnuniyetini ölçmek için açık uçlu soruların sorulduğu 2 bölümden oluşmaktadır. Anket çalışması, 2022 yaz döneminde alana değişik tarihlerde gelen toplam 170 kişi ile yüz yüze bir anket çalışması yürütülmüştür (EK 1). Anket örneklem büyüklüğü basit ve tesadüfi örneklem yöntemi kullanılarak belirlenmiştir (Yazıcıoğlu 2004; Lai ve Nepal, 2006). Anketlerin değerlendirilmesinde Ki-kare Testi yapılarak, değişkenler arasındaki fark %95 güven aralığında test edilmiştir. Elde edilen sonuçlar SPSS istatistik programında analiz edilerek sonuçlar grafiksel olarak ifade edilmiş ve bazı önerilere yer verilmiştir.

Örneklem büyüklüğü hesaplanmasında kullanılan kaynak aşağıdaki gibidir.

$$n = \frac{N \cdot P \cdot Q \cdot Z_{\alpha}^2}{(N-1) \cdot d^2}$$

N: Evren birim sayısı,

n: Örneklem büyüklüğü

P: Evrendeki X' in gözlenme oranı

Q: (1-P): X' in gözlenmeme oranı

Z $\alpha$  :  $\alpha = 0.05$  için 1.96

d: Örneklem hatası  $\alpha = 0.05$  için (d=0.10) örneklem hatası ile (p=0.5; q=0.5) alınarak evren birim sayısı 1434357 olan Ata Botanik Bahçesi için örneklem büyüklüğü;

$$N = 31260 \cdot 0.5 \cdot 0.5 \cdot (1.96)^2 : (31260 - 1) \cdot (0.10)^2 = 96$$

Ata Botanik Bahçesi 2022 yılı içerisinde yaklaşık olarak 31260 ziyaretçiyi misafir etmiştir. Kayıt dışı ziyaretçiler, misafir ziyaretçiler ve Atatürk Üniversitesi personelinin ziyareti de hesaba katılarak evren büyüklüğünün daha fazla olacağı tahmin edilerek 96 olan kişi sayısı 170'e tamamlanmıştır. Anket çalışmasında kişi sayısı arttıkça doğruluk payı artacağından bu şekilde bir değişiklik yapılmıştır.

## BULGULAR ve TARTIŞMA

Ankete katılanların %48,8'i erkek, %51,2'si ise kadınlardan oluşmaktadır. Kişilerin % 51,2'sini 19-25 yaş arası, %28,8'ini 26-40 yaş arası, %12,9'unu 41-60 yaş arası, %7,1'ini 61 yaş üstü oluşturmaktadır. Ata Botanik

Bahçe kullanıcılarının daha çok eğitim seviyesi yüksek olan ziyaretçilerden oluştuğu tespit edilmiştir. Katılımcıların %51,5'lik kısmı üniversite mezunu, %23,4'lük kısmı lise mezunu %6'lık kısım ilkököl mezunu ve %19,1'lik kısmı diğer cevabını vermiştir. Katılımcıların açık alanları tercih ettikleri (kadın %76, erkek %74) belirlenmiştir. Katılımcılardan 19-25 yaş aralığındaki ziyaretçilerin serbest zamanlarında çoğunlukla (%91) açık alanları tercih ettiği belirlenmiştir.

Ata Botanik Bahçeyi ziyaretçiler en çok (%72,4) yaz aylarında açık havada zaman geçirmek, aileleri ve arkadaşlarıyla buluşmak için tercih ettikleri belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar bu konuda yapılan benzer çalışma sonuçları ile örtüşmektedir. Tyrväinen et al. (2007) çalışmalarında ziyaretçilerin yaz ve kış aylarında yeşil alanları kullandıklarını belirtmişlerdir. Chen et al. (2009) ziyaretçilerin en çok ilkbaharda (%43,7) ziyaret ettiklerini, Bennet ve Swasey (1996) anket çalışmaları sonucunda %41'inin arkadaşlarıyla, %34'ünün ailesiyle ziyaret ettiklerini belirlemişlerdir. Song et al. 2015 yılında yapmış olduğu çalışmada ise ziyaretçilerin bahçeyi en çok % 48'inin ailesiyle ziyaret ettiği tespit edilmiştir.

Bahçe tercihlerinde açık-yeşil alanda bulunma isteği (%35,9) önemli rol oynamıştır. Ballantyne et al. 2008; Ward et al. 2010; He ve Chen 2012; Arnberger ve Eder 2015 araştırmacıların yaptıkları çalışmalarda da görülmüştür ki ziyaretçilerin botanik bahçeleri gibi özel alanları ziyaret etmede nedeni olarak doğa ile içiçe olma isteği ilk sırada yer almaktadır. Yapılmış olan çalışmada ise kent halkının botanik bahçesini tercih etme sebeplerinin başında geniş açık yeşil alanların olması ve doğal mekan olarak değerlendirmesi gelmektedir.

Ward et al. (2010) yapmış oldukları çalışmada katılımcıların %30'unun yılda birkaç kez, %20'sinin ilk kez ziyaret ettiği, Song et al. (2015) çalışmalarında katılımcıların %47'sinin yeşil alanları sıkça ziyaret ettiği ve %12,4'ünün hergün, %35,3'ünün haftada iki defa, %37,7'sinin ayda bir, %15,2'sinin yılda bir iki defa ziyaret ettiği tespit edilmiştir. Yapılan çalışmada ise katılımcıların %5,9'u haftada bir kez, %16,6'sı haftada birkaç kez, %24,3'ü ayda bir kez, %13'ünün ayda bir kaç kez, %40,2'si yılda bir iki kez ziyaret ettikleri tespit edilmiştir.

Çizelge 1. Ata botanik bahçe ziyaretçilerinin uzaklık ile cinsiyet, yaş, eğitim ve meslek durumu arasındaki ilişkinin göre istatistiki analizi.

		Çok yakın		Yakın		Uzak		Çok uzak	
		N	%	N	%	N	%	N	%
Cinsiyet	Kadın	4	4,5	36	40,9	38	43,2	10	11,4
	Erkek	4	4,8	19	22,9	53	63,9	7	8,4
Toplam		8	4,7	55	32,2	91	53,2	17	9,9
		<b>Ki kare(<math>\chi^2</math>)=0,044</b>				<b>Önem Değeri (Sig.)=8,117<sup>a</sup></b>			
Yaş	0-18	2	15,4	3	23,1	8	61,5	0	0
	19-25	4	3,7	38	34,9	55	50,5	12	11,0
	26-40	2	5,6	10	27,8	19	52,8	5	13,9
	41-60	0	0,0	2	22,2	7	77,8	0	0,0
	61 ve üstü	0	0,0	2	50,0	2	50,0	0	0,0
	Toplam	8	4,7	55	32,2	91	53,2	17	9,9
		<b>Ki kare(<math>\chi^2</math>)=0,600</b>				<b>Önem Değeri (Sig.)=10,186<sup>a</sup></b>			
Meslek	İşçi	0	0,0	5	55,6	3	33,3	1	11,1
	Memur	0	0,0	8	29,6	17	63,0	2	7,4
	Serbest Meslek	3	6,8	9	20,5	18	40,9	14	31,8
	Ev Hanımı	0	0,0	6	37,5	10	62,5	0	0,0
	Öğrenci	5	7,1	25	35,7	40	57,1	0	0,0
	Diğer	0	0,0	2	40,0	3	60,0	0	0,0
Toplam		8	4,7	55	32,2	91	53,2	17	9,9
		<b>Ki kare(<math>\chi^2</math>)=0,000</b>				<b>Önem Değeri (Sig.)=41,302<sup>a</sup></b>			
Eğitim Durumu	İlkokul Mezun	0	0,0	7	46,7	8	53,3	0	0,0
	Lise Mezun	5	10,0	12	24,0	33	66,0	0	0,0
	Üniversite Mezun	3	2,8	36	34,0	50	47,2	17	16,0
Toplam		8	4,7	55	32,2	91	53,2	17	9,9
		<b>Ki kare(<math>\chi^2</math>)=0,004</b>				<b>Önem Değeri (Sig.)=19,314<sup>a</sup></b>			

Çalışmada ziyaretçilerin botanik bahçeyi tercih sebepleri sorulduğunda en çok %63,9'u açık yeşil alan, %41,1'i yeşili ve suyu izlemek için, %36,7'sinin kent baskından kurtulmak için, %33,1'inin arkadaşlar ile buluşup sohbet etmek için, %14,8'sinin çocukları eğlendirmek için, %8,3'ü piknik yapmak için tercih ettiği belirlenmiştir.

Ballantyne et all. (2008), Ward et all. (2010), He ve Chen (2011) ve He ve Chen (2012)'nin çalışmalarında botanik bahçe ziyaretçilerinin en çok bitkilerin ve peyzajın güzelliğinin tadını çıkarmak, doğayla vakit geçirmek için geldikleri tespit edilmiştir. Arnberger ve Eder (2015) ise çalışmasında ziyaretçilerin açık-yeşil alanları tercih etmelerinde ki en önemli nedenler sırasıyla rekreasyon, doğayı tanıma ve sessizlik olduğu tespit edilmiştir.

Kullanıcıların %31'i bahçeyi ayda birkaç kez ziyaret ettikleri, %56,4'ünün ise bahçeyi arkadaşlarından duyduktan sonra ziyaret ettikleri belirlenmiştir. Bu konuda daha önce yapılan çalışmalarda da (Ward et all. 2010; Song et all. 2015) benzer sonuçlar elde edilmiştir.

Ata Botanik Bahçe kullanımında uzaklığın önemli olmadığı, cinsiyetlere göre değişmekle beraber uzaklığın bahçe kullanımını olumsuz etkilemediği belirlenmiştir (Çizelge 1). Nitekim kadınların %43,2'si, erkeklerin ise % 63,9'u bahçeye uzak yerlerden gelmişlerdir. Katılımcıların çoğunluğunu 19-25 aralığında (%55) bulunan bireylerin oluşturduğu ve bunların da uzakta yaşadıkları tespit edilmiştir. Katılımcıların %33,3'ü işçi, %53,3'nün ise ilkökul mezunu bireylerin oluşturduğu belirlenmiştir. Bu kapsamda özellikle botanik bahçeye uzak olmasına rağmen tercih edilmesinin cinsiyete, mesleğe ve eğitim durumuna göre ( $p<0.05$ ) önem seviyesinde %95 güven aralığında önemli olduğu bulunmuştur (Çizelge 1).

Kullanıcıların Ata Botanik Bahçeyi kadınların %28,4 oranla en çok ayda bir kez ve diğer seçeneğini tercih ederek ziyaret sıklıklarını belirtirken, erkeklerin %28,9'u haftada birkaç kez ziyaret ettiklerini belirtmişlerdir. Katılımcıların çoğunluğunu oluşturan 19-25 yaş aralığındaki ziyaret sıklığı incelendiğinde %30,3 oranla haftada birkaç kez ziyaret ettikleri belirlenmiştir. Kullanıcıların botanik bahçeye geliş sıklığının mesleki duruma göre dağılımı incelendiğinde botanik bahçeyi en çok (%37,1) öğrencilerin haftada birkaç kez ziyaret ettikleri, bunu serbest meslek sahiplerinin izlediği belirlenmiştir (Çizelge 2). Bu kapsamda özellikle ziyaretçilerin botanik bahçeye geliş sıklığının mesleğe ve eğitim durumuna göre ( $p<0.05$ ) önem seviyesinde %95 güven aralığında önemli olduğu bulunmuştur.

Çizelge 2. Ata botanik bahçeye geliş sıklığı ile cinsiyet, yaş, meslek ve eğitim durumu arasındaki ilişkinin istatistiksel analizi.

		Haftada Bir Kez		Haftada Birkaç kez		Ayda Bir Kez		Ayda Birkaç kez		Diğer	
		N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
Cinsiyet	Kadın	8	9,1	19	21,6	25	28,4	11	12,5	25	28,4
	Erkek	11	13,3	24	28,9	18	21,7	8	9,6	22	26,5
	Toplam	19	11,1	4	25,1	43	25,1	19	11,1	47	27,5
Ki kare( $\chi^2$ )=0,606		Önem Değeri (Sig.)=2,716 <sup>a</sup>									
Yaş	0-18	1	7,7	3	23,1	6	46,2	0	0,0	3	23,1
	19-25	13	11,9	33	30,3	28	25,7	13	11,9	22	20,2
	26-40	4	11,1	3	8,3	7	19,4	6	16,7	16	44,4
	41-60	1	11,1	4	44,4	0	0,0	0	0,0	4	44,4
	60 ve üstü	0	0,0	0	0,0	2	50,0	0	0,0	2	50,0
	Toplam	19	11,1	43	25,1	43	25,1	19	11,1	47	27,5
Ki kare( $\chi^2$ )=0,057		Önem Değeri (Sig.)=8.117 <sup>a</sup>									
Meslek	İşçi	1	11,9	2	22,2	0	0,0	0	0,0	6	66,7
	Memur	3	11,1	5	18,5	11	40,7	5	18,5	3	11,1
	Serbest Meslek	5	11,4	14	31,8	3	6,8	4	9,1	18	40,9
	Ev Hanımı	1	6,3	2	12,5	3	18,8	0	0,0	10	62,5
	Öğrenci	9	12,9	18	25,7	26	37,1	10	14,3	7	10,0
	Diğer	0	0,0	2	40,0	0	0,0	0	0,0	3	60,0
Toplam	19	11,1	43	25,1	43	25,1	19	11,1	47	27,5	
Ki kare( $\chi^2$ )=0,000		Önem Değeri (Sig.)=52,968 <sup>a</sup>									
Eğitim Durumu	İlkökul Mezunu	0	0,0	2	13,3	5	33,3	0	0,0	8	53,3
	Lise Mezunu	7	14,0	15	30,0	16	32,0	2	4,0	10	20,0
	Üniversite Mezunu	12	11,3	26	24,5	22	20,8	17	16,0	29	27,4
Toplam	19	11,1	43	25,1	43	25,1	19	11,1	47	27,5	
Ki kare( $\chi^2$ )=0,037		Önem Değeri (Sig.)=16,434 <sup>a</sup>									

Ata Botanik Bahçenin özgün değerini kadınların %43,2'sine, erkekler ise %25,3'üne göre açık-yeşil alanlar oluşturmaktadır. Yaşa bağlı olarak cevaplar incelendiğinde ise en çok 19-25 yaş aralığında bulunan bireyler (%31,2) açık-yeşil alan cevabını vermişlerdir. Meslek ve eğitim durumuna göre verilen cevaplar incelendiğinde en çok ev hanımlarının %42,9'u, üniversite mezunu olan bireylerin ise %23,6 açık-yeşil alan cevabını verdikleri tespit edilmiştir. Bu kapsamda yaş grubu ve mesleğe göre ( $p<0.05$ ) önem seviyesinde %95 güven aralığında önemli olduğu bulunmuştur (Çizelge 3).

Çizelge 3. Ata Botanik bahçesinin cinsiyet, yaş, meslek ve eğitim durumuna göre özgün değerinin istatistiksel analizi.

		Eğitim		Dinlenme		Bitki Koleksiyonları		Açık-Yeşil Alan		Park		Diğer	
		N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
Cinsiyet	Kadın	6	6,8	15	17,0	18	20,5	38	43,2	5	5,7	6	6,8
	Erkek	11	13,3	13	15,7	19	22,9	21	25,3	7	8,4	12	14,5
Toplam		17	9,9	28	16,4	37	21,6	59	34,5	12	7,0	18	10,5
Ki kare( $\chi^2$ )=0,120		Önem Değeri (Sig.)=8,733 <sup>a</sup>											
Yaş	0-18	0	0,0	2	15,4	0	0,0	11	84,6	0	0,0	0	0,0
	19-25	17	15,6	12	11,0	27	24,8	34	31,2	6	5,5	13	11,9
	26-40	0	0,0	10	27,8	7	19,4	10	27,8	4	11,1	5	13,9
	41-60	0	0,0	4	44,4	3	33,3	2	22,2	0	0,0	0	0,0
	61 ve üstü	0	0,0	0	0,0	0	0,0	2	50,0	2	50,0	0	0,0
	Toplam		17	9,9	28	16,4	37	21,6	59	34,5	12	7,0	18
Ki kare( $\chi^2$ )=0,000		Önem Değeri (Sig.)=51,828 <sup>a</sup>											
Meslek	İşçi	0	0,0	0	0,0	0	0,0	1	11,1	3	33,3	5	55,6
	Memur	3	11,1	9	33,3	5	18,5	7	25,9	0	0,0	3	11,1
	Serbest	5	11,4	6	13,6	12	27,3	14	31,8	1	2,3	6	13,6
	Meslek	0	0,0	5	31,3	1	6,3	4	25,0	6	37,5	0	0,0
	Ev Hanımı	0	0,0	5	31,3	1	6,3	4	25,0	6	37,5	0	0,0
	Öğrenci	9	12,9	6	8,6	19	27,1	30	42,9	2	2,9	4	5,7
	Diğer	0	0,0	2	40,0	0	0,0	3	60,0	0	0,0	0	0,0
Toplam		17	9,9	28	16,4	37	21,6	59	34,5	12	7,0	18	10,5
Ki kare( $\chi^2$ )=0,000		Önem Değeri (Sig.)=84,945 <sup>a</sup>											
Eğitim Durumu	İlkokul Mezunu	0	0,0	7	46,7	0	0,0	4	26,7	4	26,7	0	0,0
	Lise Mezunu	1	2,0	4	8,0	6	12,0	30	60,0	3	6,0	6	12,0
	Üniversite Mezunu	16	15,1	17	16,0	31	29,2	25	23,6	5	4,7	12	11,3
Toplam		17	9,9	28	16,4	37	21,6	59	34,5	12	7,0	18	10,5
Ki kare( $\chi^2$ )=0,120		Önem Değeri (Sig.)=8,733 <sup>a</sup>											

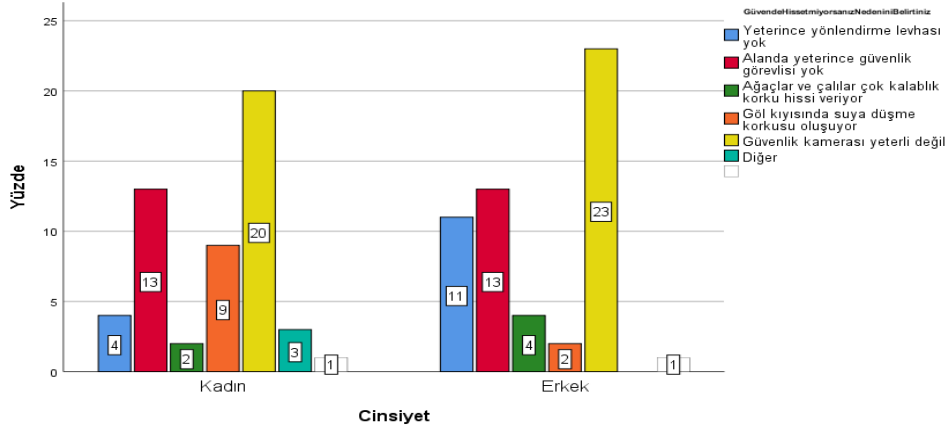
Botanik bahçe içerisinde en çok hangi alanlarda vakit geçiriyorsunuz sorusuna verilen cevaplar Çizelge 4'de belirtilmiştir. Katılımcıların görüşleri incelendiğinde en çok kadınların %33 oranlar kafeterya, piknik alanı ve çevresi, erkeklerin ise %39,8'inin göl ve çevresini tercih ettikleri belirlenmiştir. Katılımcıların en çok 19-25 aralığındaki bireylerin %31,2'si göl ve çevresini, ev hanımlarının %37,1'i kafeterya piknik alanı ve çevresini, üniversite mezunu bireylerin %38,7'si göl ve çevresini tercih ettikleri belirlenmiştir. Bu kapsamda mesleğe göre ( $p<0.05$ ) önem seviyesinde %95 güven aralığında önemli olduğu bulunmuştur (Çizelge 4).



Çizelge 4. Ata Botanik bahçe içerisinde cinsiyet, yaş, meslek ve eğitim durumuna göre en çok zaman geçirilen alanların istatistiki analizi.

		Vadi Alanı ve Çevresi		Göl ve Çevresi		Giriş Kısmı ve Çevresi		Kafeterya, Piknik Alanı ve Çevresi		Diğer	
		N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
		Cinsiyet	Kadın	21	23,9	27	30,7	9	10,2	29	33,0
	Erkek	8	9,6	33	39,8	12	14,5	25	30,1	5	6,0
	Toplam	29	17,0	60	35,1	21	12,3	54	31,6	7	4,1
Ki kare( $x^2$ )=0,081		Önem Değeri (Sig.)=8,299 <sup>a</sup>									
Yaş	0-18	0	0,0	4	30,8	2	15,4	7	53,8	0	0,0
	19-25	25	22,9	34	31,2	15	13,8	31	28,4	4	3,7
	26-40	3	8,3	16	44,4	3	8,3	13	36,1	1	2,8
	41-60	1	11,1	4	44,4	1	11,1	1	11,1	2	22,2
	61 ve Üstü	0	0,0	2	50,0	0	0,0	2	50,0	0	0,0
	Toplam	29	17,0	60	35,1	21	12,3	54	31,6	7	4,1
Ki kare( $x^2$ )=0,129		Önem Değeri (Sig.)=22,472 <sup>a</sup>									
Meslek	İşçi	2	22,2	3	33,3	3	33,3	0	0,0	1	11,1
	Memur	3	11,1	10	37,0	7	25,9	5	18,5	2	7,4
	Serbest Meslek	4	9,1	26	59,1	0	0,0	12	27,3	2	4,5
	Ev Hanımı	2	12,5	2	12,5	0	0,0	11	68,8	1	6,3
	Öğrenci	18	25,7	15	21,4	10	14,3	26	37,1	1	1,4
	Diğer	0	0,0	4	80,0	1	20,0	0	0,0	0	0,0
	Toplam	29	17,0	60	35,1	21	12,3	54	31,6	7	4,1
Ki kare( $x^2$ )=0,000		Önem Değeri (Sig.)=55,119 <sup>a</sup>									
Eğitim Durumu	İlkokul Mezunu	1	6,7	6	40,0	0	0,0	8	53,3	0	0,0
	Lise Mezunu	7	14,0	13	26,0	13	26,0	15	30,0	2	2,0
	Üniversite Mezunu	21	19,8	41	38,7	8	7,5	31	29,2	5	4,7
	Toplam	29	17,0	60	35,1	21	12,3	54	31,6	7	4,1
Ki kare( $x^2$ )=0,021		Önem Değeri (Sig.)=17,999 <sup>a</sup>									

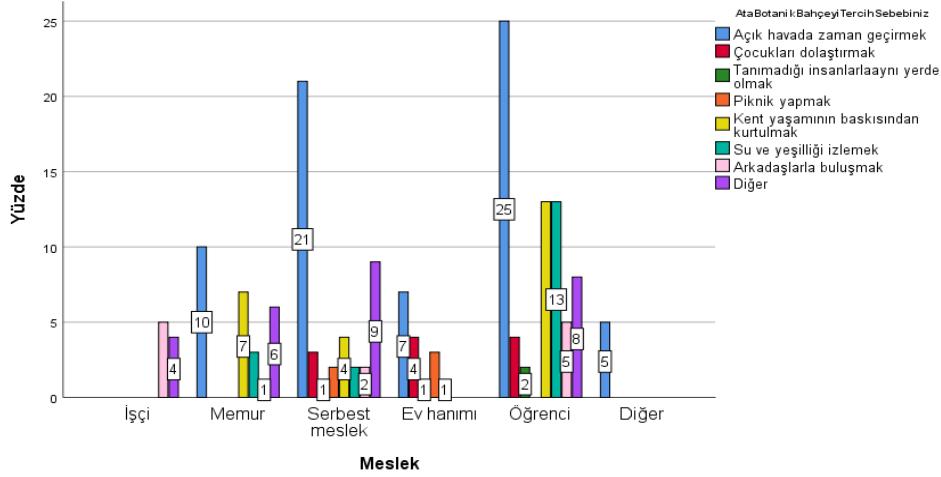
Katılımcıların Ata Botanik Bahçeyi büyük oranda güvenli buldukları sonucuna ulaşılmıştır. Ziyaretçilerin %82,8'inin güvenli, %5,3'ünün kısmen güvenli, %11,8'inin ise güvensiz gördükleri tespit edilmiştir. Güvenli olmadığını belirten kullanıcıların güvende hissetmeme sebeplerine yönelik cevapları Şekil 2'de belirtilmiştir. Bahçede güvenlik kameralarının yetersizliği kadın ve erkekler tarafından güvenlik hissini zayıflattıkları yönünde algı oluşturmıştır.



Şekil 2. Bahçede güvenlik hissini zayıflatan faktörler.

Botanik bahçe kullanıcılarına yöneltilen Ata Botanığı tercih sebebiniz nedir sorusuna verilen yanıtlar Şekil 3'de verilmiştir. Kullanıcılar tercih sebebi belirlenirken meslek grubuna göre incelendiğinde işçiler en çok arkadaşlarla buluşmak (%5), memurlar en çok açık havada zaman geçirmek (%10), serbest meslek sahibi olanlar

en çok açık havada zaman geçirmek (%21), ev hanımı olan bireyler en çok açık havada zaman geçirmek, öğrenci olan bireyler en çok açık havada zaman geçirmek (%25) ve diğer meslek gruplarına sahip bireyler en çok açık havada zaman geçirmek (%5) için Ata Botanik Bahçeyi ziyaret ettikleri belirlenmiştir (Şekil 3).



Şekil 3. Farklı meslek grupları açık havada zaman geçirmek için bahçeyi tercih etmektedir.

Kullanıcıların genel olarak %42,9'u botanik bahçeyi doğal olarak tanımlarken %37,6'sı doğala yakın, %15,9'u karışık, % 3,6'sı ise yapay ya da fikrim yok şeklinde görüş belirtmişlerdir. Çizelge 5'de görüldüğü üzere katılımcıların en çok kadınların %62,5'i, erkeklerin %62,7'si, 19-25 yaş aralığında olan bireylerin %54,1'i, öğrencilerin %70'i, üniversite mezunu olan bireylerin ise %56,6'sı bahçeyi doğal olarak tanımlamışlardır. Bu kapsamda mesleğe göre ( $p < 0.05$ ) önem seviyesinde %95 güven aralığında önemli olduğu bulunmuştur.

Çizelge 5. Ata Botanik bahçenin katılımcıların bireysel özelliklerine göre tanımlanmasının istatistiksel analizi.

		Doğal		Doğala Yakın		Yapay		Karışık		Fikrim Yok		
		N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	
Cinsiyet	Kadın	55	62,5	26	29,5	2	2,3	5	5,7	0	0,0	
	Erkek	52	62,7	17	20,5	3	3,6	8	9,6	3	3,6	
Toplam		107	62,6	43	25,1	5	2,9	13	7,6	3	1,8	
		Ki kare( $\chi^2$ )=0,221						Önem Değeri (Sig.)=5,719 <sup>a</sup>				
Yaş	0-18	13	100	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	
	19-25	59	54,1	33	30,3	5	4,6	9	8,3	3	2,8	
	26-40	22	61,1	10	27,8	0	0,0	4	11,1	0	0,0	
	41-60	9	100	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	
	61 ve Üstü	4	100	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	
Toplam		107	62,6	43	25,1	5	2,9	13	7,6	3	1,8	
		Ki kare( $\chi^2$ )=0,142						Önem Değeri (Sig.)=22,024 <sup>a</sup>				
Meslek	İşçi	3	33,3	3	33,3	0	0,0	0	0,0	0,0	33,3	
	Memur	16	59,3	9	33,3	0	0,0	2	7,4	0,0	0,0	
	Serbest Meslek	26	59,1	7	15,9	5	11,4	6	13,6	0,0	0,0	
	Ev Hanımı	10	62,5	4	25,0	0	0,0	2	12,5	0,0	0,0	
	Öğrenci	49	70,0	18	25,7	0	0,0	3	4,3	0,0	0,0	
	Diğer	3	60,0	2	40,0	0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	
Toplam		107	62,6	43	25,1	5	2,9	13	7,6	1,8	1,8	
		Ki kare( $\chi^2$ )=0,000						Önem Değeri (Sig.)=78,008 <sup>a</sup>				
Eğitim Durumu	İlkokul Mezunu	13	86,7	2	13,3	0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	
	Lise Mezunu	34	68,0	10	20,0	3	6,0	3	6,0	0,0	0,0	
	Üniversite Mezunu	60	56,6	31	29,2	2	1,9	10	9,4	2,8	2,8	
Toplam		107	62,6	43	25,1	5	2,9	13	7,6	1,8	1,8	
		Ki kare( $\chi^2$ )=0,241						Önem Değeri (Sig.)=10,361 <sup>a</sup>				

Kullanıcıların Ata Botaniğin kentte bulunan diğer açık-yeşil alanlardan ayıran üç özelliğın sırasıyla %21,9 geniş açık-yeşil alanların olması, %20,4 huzurlu, %15,3 doğala yakın mekân olması olarak tespit edildiğı Çizelge 6'da belirtilmiştir.

Çizelge 6. Ata Botanik Bahçeyi kentteki diğer açık-yeşil alanlardan ayıran özellikler.

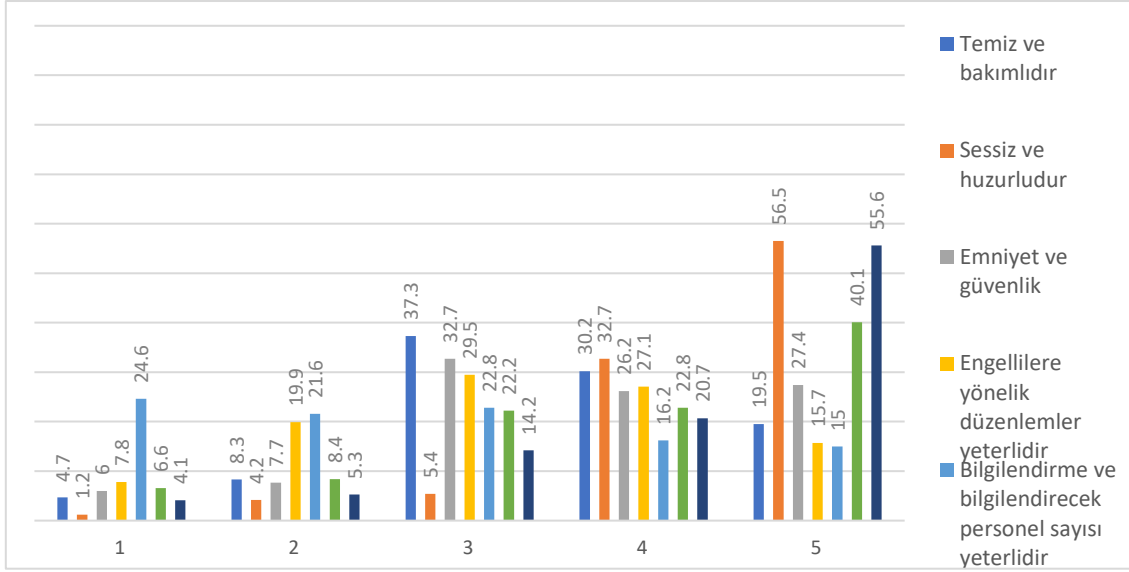
Ayrım Kriterleri	Tepkiler	
	Kişi	Yüzde
Geniş açık-yeşil alanların olması	103	%21,9
Huzurlu	96	%20,4
Doğala yakın mekân olması	72	%15,3
Seçkin bir ortam	69	%14,7
Güvenli	56	%11,9
Temiz ve bakımlı olması	36	%7,7
Uygun giriş ücreti	33	%7,0
Ulaşım kolaylığı	5	%1,1
<b>Toplam</b>	<b>470</b>	<b>%100,0</b>

Ata Botanik Bahçede kullanıcıları olumsuz etkileyen üç seçeneğı işaretlemeleri istenilmiştir. Kullanıcılar olumsuz buldukları seçenekler sırasıyla %22,1 insanlar birbirini rahatsız ediyor, %17,4 çay bahçesi, lokanta vb. servisler yetersiz, %15 wc kalitesiz, %10,3 çok kalabalık, %10,1 göl çok kirli, %5,4 bisiklet ve koşu yolu yok, %3,9 bakımsız, %3 ulaşım problemlı, %2,8 büyük çim alanlar yok, %2,1 çimlere basılmıyor, %1,9 güvenli değil, %1,7 parktaki aktivitelerin yetersiz olduğu şeklinde cevap verdiğı tespit edilmiş Çizelge 7'de belirtilmiştir.

Çizelge 7. Bahçe içerisinde karşılaşılan sorunlar.

Kriterler	Tepkiler	
	Kişi	Yüzde
İnsanlar birbirini rahatsız ediyor	103	%22,1
Çay bahçesi, lokanta vb. Servisler yetersiz	81	%17,4
Wc kalitesiz	70	%15,0
Çok kalabalık	48	%10,3
Göl çok kirli	47	%10,1
Bisiklet ve koşu yolu yok	25	%5,4
Piknik alanları yetersiz	20	%4,3
Bakımsız	18	%3,9
Ulaşım problemlı	14	%3,0
Büyük çim alanlar yok	13	%2,8
Çimlere basılmıyor	10	%2,1
Güvenli değil	9	%1,9
Parktaki aktiviteler yetersiz	8	%1,7
<b>Toplam</b>	<b>466</b>	<b>%100,0</b>

Kullanıcılara Ata Botaniğın genel durumu ile ilgili memnuniyetlerini belirtmek için sorulan soruları 1-5 arasında puanlamaları istendiğinde verdikleri puanlar Şekil 4'de belirtildiğı gibidir.



Şekil 4. Bahçe ile ilgili ziyaretçilerin genel memnuniyetleri.

## SONUÇ ve ÖNERİLER

Botanik bahçeler insanların doğayla baş başa kalma fırsatı sunan, rekreasyonel alanlar oluşturan, farklı bitki türlerinin bir araya geldiği, bitki çeşitliliğini koruma gibi birçok olumlu özelliği olan açık-yeşil alanlardır.

Yapılan çalışma sonucunda elde edilen bilgiler incelendiğinde katılımcıların bahçeyi doğal mekân olduğu için tercih ettikleri, alan içinde bulunan bitki koleksiyonlarını fark ettikleri belirlenmiştir. Üniversite mezunu olan bireylerin özellikle bazı bitki türlerini gözlemlediklerini belirtmişlerdir. Ziyaretçilerin aynı zamanda eğitim durumu, yaşı ve meslekleri botanik bahçeyi ziyaret sıklığını, tercih sebebini (açık-yeşil alan olması, güvenli ve huzurlu bir ortam olması gibi), bahçe içerisindeki bitki türlerine olan ilgili yaklaşımlarını etkilediği tespit edilmiştir.

Katılımcıların botanik bahçeyi açık havada zaman geçirmek, su ve yeşilliği izlemek, kent baskısından kurtulmak için tercih ettikleri tespit edilmiştir. En çok vakit geçirilen alanın cinsiyete ve yaş gruplarına göre farklılık gösterdiği belirlenmiştir. Kadınlar kafeterya, piknik alanı ve çevresini tercih ederken erkekler göl ve çevresinde bulunan alanları tercih ettiklerini belirtmişlerdir. Bunun yanı sıra 19-25 ve 26-40 yaş aralığında bulunan bireyler göl ve çevresinde bulunan alanları tercih ederken diğer yaş grupları kafeterya piknik alanı ve çevresinde de fazla vakit geçirdiklerini belirtmişlerdir.

Ata Botanik Bahçenin kullanıcılarının ihtiyaçlarını büyük oranda karşılandığı sonucu ortaya çıkmış olsa da aktivite alanlarının yetersizliği, temizlik, bakımsızlık ve eleman eksikliği kullanıcıları olumsuz etkilediği tespit edilmiştir. Botanik bahçenin genel olarak durumu değerlendirildiğinde ise temiz ve bakımlı olmadığı, engellilere yönelik düzenlemelerin az olduğu, bilgilendirme levhalarının yetersiz kaldığı belirlenmiştir.

Kullanıcı memnuniyet görüş ve taleplerine göre Ata Botanik bahçesinde sorun tanımlama yapılmış, sorunların ekonomik faktörler de göz önüne alınarak uygulamaya yönelik aşağıdaki önerilere yer verilmiştir.

Ata Botanik Bahçe içerisinde yeni düzenlemeler yapılabilir;

- Bahçe içerisindeki bitki türlerinin ve su yüzeyinin bakımları artırılabilir.
- İçerisinde bulunan kafeterya ve piknik alanı olarak kullanılan çim alan yeniden aktifleştirilebilir.
- Mescit ve Wc içerisinde temizliğe dikkat edilebilir.
- Botanik bahçe içerisinde oluşan eksiklikler giderilmeye başlanabilir.
- Gönüllü çalışmak isteyen insanlara ulaşılarak bitkilerin bakımı, dikimi yapılabilir.
- Bitki koleksiyonlarına daha fazla yer verilerek görsel etki artırılabilir.
- Alan içerisinde kent halkının dikkatini çekecek farklı sosyal faaliyetlere yer verilerek ziyaretçi sayısı artırılabilir.
- Ziyaretçilerin farkındalığını artırmak için sosyal konuların işleneceği toplantılar düzenlenebilir.
- Bahçe içerisinde üretimler yapılarak satış noktalarında satılabilir.
- Gösteri alanlarında farklı bitki türlerinin tanımı ve satışı yapılabilir.
- Ziyaretçiler için bahçe içerisindeki bitkilerden hediyelik eşyaları kendileri yapabilir.

• Ziyaretçilerin dikkatini çekecek şekilde birçok çekim platosu kurularak fotoğraf çekiminin yapılmasına teşvik edilerek bahçenin daha fazla kişiye duyurulması sağlanabilir.

Atatürk Üniversitesi bünyesinde yer alan botanik bahçesi kuruluşunun yaklaşık 15 yılını geride bırakmıştır. Günümüzde bahçe; konumu, sahip olduğu bitkisel ve yapısal donatıları ile kentin toplam yeşil alanına, ekolojisine, estetiğine, sosyokültürel yaşantısına, biyoçeşitliliğine, rekreasyonuna, eğitim ve araştırmalar ile üniversite ve kent prestijine katkı sağlayan çok önemli bir konuma gelmiştir. Bahçenin sürdürülebilir kullanımında ve gelişiminde başta Üniversite yönetimi olmak üzere ile ilgili paydaşlar bir araya gelerek, bahçenin korunması ve gelişimine katkı sağlanması üniversite, kent ve bölge için oldukça önemli görülmektedir.


### Teşekkür:

**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

Büşra AKSU  <http://orcid.org/0000-0001-7748-2915>

Hasan YILMAZ  <https://orcid.org/0000-0003-3768-4760>

### KAYNAKLAR

- Arnberger, A., & Eder, R. (2015). Are urban visitors' general preferences for green-spaces similar to their preferences when seeking stress relief?. *Urban Forestry & Urban Greening*, 14(4), 872-882.
- Aslan, B. G. (2017). Açık-yeşil alanlarda dış mekân süs bitkilerinin önemi ve yaşam kalitesine etkisi; Tokat kenti örneği. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 54(3), 275-284.
- Ballantyne, R., Packer, J., & Hughes, K. (2008). Environmental awareness, interests and motives of botanic gardens visitors: Implications for interpretive practice. *Tourism management*, 29(3), 439-444.
- Bennett, E. S., & Swasey, J. E. (1996). Perceived stress reduction in urban public gardens. *HortTechnology*, 6(2), 125-128.
- Chen, B., Adimo, O. A., & Bao, Z. (2009). Assessment of aesthetic quality and multiple functions of urban green space from the users' perspective: The case of Hangzhou Flower Garden, China. *Landscape and Urban planning*, 93(1), 76-82.
- He, H., Chen, J. 2011. Preliminary research on the visiting motivation and satisfaction of visitors to Chinese botanical gardens. *Biodiversity Science*, 19, 589-596.
- He, H., & Chen, J. (2012). Educational and enjoyment benefits of visitor education centers at botanical gardens. *Biological Conservation*, 149(1), 103-112.
- Lai, P. H., & Nepal, S. K. (2006). Local perspectives of ecotourism development in Tawushan Nature Reserve, Taiwan. *Tourism Management*, 27(6), 1117-1129.
- Rimlinger, A., Avana, M. L., Awono, A., Chakocho, A., Gakwavu, A., Lemoine, T., ... & Duminiel, J. (2021). Trees and their seed networks: The social dynamics of urban fruit trees and implications for genetic diversity. *PloS one*, 16(3), e0243017.
- Song, X., Lv, X., & Li, C. (2015). Willingness and motivation of residents to pay for conservation of urban green spaces in Jinan, China. *Acta Ecologica Sinica*, 35(4), 89-94.
- Şenyıl, N. N. (2021). Mimarlıkta sürdürülebilir akıllı kent kavramı ve Konya kentinin gelişim sürecinin değerlendirilmesi (Master's thesis, Konya Teknik Üniversitesi).
- Tuncel, S.G., İlerisoy, Z.Y., (2016). Bahçe-şehir kavramı ve ankara bahçelievler semti üzerinden irdelenmesi. *International Academic Research Congress*, 3-5 Kasım, Antalya-Side, S. 2828-2835.
- Tyrväinen, L., Mäkinen, K., & Schipperijn, J. (2007). Tools for mapping social values of urban woodlands and other green areas. *Landscape and urban planning*, 79(1), 5-19.
- Özer, S. (2014). Erzurum Kent Parklarındaki Gürültü Kirliliğinin Belirlenmesi: Aziziye Parkı Örneğinde. *Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 11(2), 7-11.
- Var, M., & Karaşah, B. (2010). Botanik bahçelerinin kullanıcılara sağladığı eğitsel ve rekreatif imkânlar: Türkiye ve dünyadan örnekler.

- Yazıcıoğlu, A. G. (2004). Observation of water confindent in nanometer channels of closed carbon nanotubes. ISSN-2237-2243
- Yılmaz H., (2012). <https://www.plantdergisi.com/yazi-botanik-bahcelerinin-onemi-ve-ataturk-universitesi-ata-botanik-bahcesi-9.html> Erişim Tarihi: 03.08.2023
- Yılmaz, S., Mutlu, B. E., Aksu, A., Mutlu, E., & Qaid, A. (2021). Street design scenarios using vegetation for sustainable thermal comfort in Erzurum, Turkey. Environmental Science and Pollution Research, 28, 3672-3693.
- Yılmaz, S., Vural, H. ve Yılmaz, H. (2023). Botanik bahçelerinin öğrencilerin çevre algısına etkisi. Ekolojik Bilişim , 73 , 101942.
- Ward, C. D., Parker, C. M., & Shackleton, C. M. (2010). The use and appreciation of botanical gardens as urban green spaces in South Africa. Urban Forestry & Urban Greening, 9(1), 49-55.

## EKLER

### EK-1. Anket Formu

#### A-Ankete Katılanların Bireysel Özellikleri

1. Cinsiyetiniz?  
a) Kadın b) Erkek
2. Yaşınız?  
 0-18  19-25  26-40  41-60  61 ve üstü
3. Mesleğiniz nedir?
4. Eğitim durumunuz nedir?  
 İlkokul mezunu  Lise mezunu  Üniversite mezunu  Diğer
5. Ailenizdeki fert sayısı kaçtır?  
 2-4  5-8  9- 12  13 ve üzeri
6. Yaşadığınız yer neresidir?
7. Kaç yıldır Erzurum'da yaşıyorsunuz?  
**B-Ata Botanik Bahçesi Kullanıcı Memnuniyetleri**
8. Dışarıda en çok ne tür mekânlarda oturmayı tercih ediyorsunuz?  
 Açık alan  Kapalı alan
9. Botanik Bahçeye ne kadar uzaklıkta oturuyorsunuz?  
 Çok Yakın  Yakın  Uzak  Çok Uzak
10. Ata Botanik Bahçeye ulaşımı nasıl sağlıyorsunuz?  
 Arabayla  Yürüyerek  Otobüsle  Diğer
11. Ata Botanik Bahçeye geliş sıklığınız nedir?  
 Haftada bir kez  Haftada birkaç kez  Ayda bir kez  Ayda birkaç kez  Yılda
12. Ata Botanik Bahçeyi en çok tercih ettiğiniz mevsim hangisidir?  
 Son Bahar  Kış  İlkbahar  Yaz
13. Botanik Bahçe size ne ifade ediyor?  
 Eğitim  Dinlenme  Bitki Koleksiyonları  Açık – Yeşil Alan  Park  Diğer
14. Şimdiye kadar başka bir Botanik Bahçe gezdiniz mi?  
 Evet  Hayır
15. Ata Botanik Bahçeyi nerden duydunuz?  
 Arkadaşlarımdan  Sosyal Medyadan  Haber- Radyo – TV  Diğer
16. Ata Botanik Bahçeyi tercih sebebiniz nedir?  
 Açık havada zaman geçirmek  
 Çocukları dolaştırmak  
 Tanımadığı insanlarla aynı yerde olmak  
 Piknik yapmak  
 Kent yaşamını baskısından kurtulmak  
 Parktaki hizmetlerden yararlanmak  
 Su ve yeşilliği izleyerek dinlenmek  
 Arkadaşlarla buluşmak ve sohbet etmek
17. Ata Botanik Bahçesine hangi aralıklarla ziyaret ediyorsunuz?

- Her gün  Haftada 1 kez  Haftada 2 kez  Haftada 3 kez
18. Ata Botanik Bahçede en çok vakit geçirdiğiniz mekân neresidir?
19. Ata Botanik Bahçede vakit geçirmenin güvenli olduğunu düşünüyor musunuz?  
 Evet  Hayır  Kısmen
20. Ata Botanik Bahçede en çok güvende hissettiğiniz alanlardan 3 tanesini yazınız.  
1)  
2)  
3)
21. Güvenli olmadığını düşünüyorsanız nedenini belirtir misiniz?  
 Yeterince yönlendirme levhası olmadığı için yolu kaybetme korkusu  
 Alanda yeterince güvenlik görevlisi yok  
 Ağaçlar ve çalılar çok kalabalık korku hissi veriyor  
 Göl kıyısında suya düşme korkusu oluşuyor  
 Güvenlik kamerası yeterli değil  
 Diğer.
22. Ata Botanik Bahçeyi tanımlar mısınız?  
 Doğal  Doğala yakın  Yapay  Karışık  Fikrim yok
23. Ata Botanik Bahçede bulunan bitki koleksiyonlarını fark ettiniz mi?  
 Evet  Hayır
24. Ata Botanik Bahçeye geldiğinizde özellikle gelişimini gözlemlediğiniz bitki türü var mı? varsa hangisidir?  
 Evet  Hayır  
Var ise hangisidir?
25. Ata Botanik Bahçesini kentteki diğer açık yeşil alanlardan ayıran en önemli 3 seçeneği işaretler misiniz?  
 Güvenli  
 Huzurlu  
 Uygun giriş ücreti  
 Doğala yakın mekân olması  
 Temiz ve bakımlı  
 Geniş açık-yeşil alan olması  
 Ulaşım kolaylığı  
 Seçkin bir ortam  
 Diğer
26. Ata Botanik Bahçede piknik yapmayı uygun buluyor musunuz?  
 Evet  Hayır
27. Ata Botanik Bahçede belirli dönemlerde bahçe işlerinde gönüllü çalışmak ister misiniz?  
 Evet  Hayır  Fikrim yok
28. Ata Botanik Bahçede fotoğraf çekiliyor musunuz?  
 Her zaman  Sık sık  Bazen / Ara sıra  Hiç
29. Ata Botanik Bahçede çektiğiniz fotoğrafları sosyal medyada paylaşıyor musunuz?  
 Hiçbir zaman  Bazen  Genellikle  Her zaman
30. Ata Botanik Bahçesi'nde fotoğraf çekiminde en çok hangi alanları kullanıyorsunuz?
31. 'Ata Botanik Bahçesi'nin kentte yeterince tanınıyor ve reklamları yeterince yapılıyor' fikrine katılıyor musunuz?  
 Kesinlikle katılmıyorum  Katılmıyorum  Fikrim yok  Katılıyorum  
 Kesinlikle katılıyorum
32. Ata Botanik Bahçesi ile ilgili sizi olumsuz olarak etkileyen 3 seçeneği işaretleyiniz.  
 İnsanlar birbirini rahatsız ediyor  
 Çay bahçesi, lokanta vb. servisler kalitesiz  
 Parktaki aktiviteler yetersiz  
 Ulaşım problemleri  
 Çok kalabalık  
 Fiyatlar pahalı  
 Bisiklet ve koşu yolu yok

- Büyük çim alanlar yok
- WC kalitesiz
- Piknik alanları yetersiz
- Göl çok kirli
- Güvenli değil
- Çimlere basılamıyor
- Bakımsız
- Diğer.....

33. Ata Botanik Bahçe kullanıcıların ihtiyaçlarını karşılıyor mu?

- Evet  Hayır  Kısmen

34. Cevabınızın hayır ise nedenini belirtir misiniz?

35. Ata Botanik Bahçenin ücretli oluşu hakkında fikriniz nedir?

- Uygun  Biraz pahalı  Çok pahalı  Ücretsiz olmalı

36. Ata Botanik Bahçe donatılarına (alan içindeki oturma birimi, çöp kutusu, döşeme vb) ilişkin düşüncelerinizi yorumlar mısınız?

	HIÇ MEMNUN DEĞİLİM	MEMNUN DEĞİLİM	MEMNUNUM	KISMEN MEMNUNUM	ÇOK MEMNUNUM	FİKRİM YOK
Döşeme						
Oturma grupları, Bank, Kamelya						
Çöp kutuları						
Yönlendirme levhaları						
WC						
Su ögesi						



37. Ata Botanik Bahçenin genel durumu hakkında ki bakış açınızı belirtir misiniz?

	KESİNLİKLE KATILMIYORUM	KATILMIYORUM	KATILYORUM	KISMEN KATILYORUM	KESİNLİKLE KATILYORUM
Temiz ve Bakımlıdır					
Sessiz ve Huzurludur					
Emniyet ve Güvenlik yeterlidir					
Engellilere Yönelik Düzenlemeler yeterlidir.					
Bilgilendirme ve Bilgilendirecek Personel Sayısı Yeterlidir.					
Otopark Yeterlidir.					
Yaya Yolu Yeterlidir.					

38. Ata Botanik Bahçede eksikliğini hissettiğiniz neler var?



## Effects of Different Row Spacing on the Nutritional Value of Quinoa Silage

Bilal KESKİN<sup>1\*</sup> , Abdurrahman DUMAN<sup>2</sup> 

<sup>1</sup>Iğdır University, Faculty of Agriculture, Department of Field Crops, Iğdır-Türkiye

<sup>2</sup>Kağızman District Directorate of Agriculture and Forestry, Kağızman/Kars-Türkiye

\*Sorumlu Yazar: bilalkeskin66@yahoo.com

Geliş Tarihi: 16.01.2024 Düzeltme Geliş Tarihi: 14.02.2024 Kabul Tarihi: 14.02.2024

### ABSTRACT

Climate changes in the world cause an increase in arid areas and saline soils, and at the same time, the increase in extreme climate and soil conditions restricts land use efficiency. In these areas, it becomes difficult to provide silage feed for animals. Therefore, the search for alternative forage plants is also increasing. Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) plant, which is resistant to arid, cold and salty soils, has an important alternative plant potential for silage production in extreme climate and soil conditions. For this purpose, a research was conducted on the silage nutrition values of 2 quinoa varieties (Cherry Vanilla and Red Head) grown at 4 different row spacing distances (17.5, 35.0, 52.5, 70.0 cm). In the research, it is aimed to determine raw ash content (CA), crude protein (CP), acid detergent fiber (ADF), neutral detergent fiber (NDF), dry matter digestibility (DMD), dry matter consumption (DMI) and relative feed value (RFV), which have important nutritional values for animals. As a result of the research, it was determined that sowing seeds at different row spacings had a significant effect on CP, NDF, DMI and RFV of quinoa silage. There was no significant difference in the nutritional values of quinoa silage between varieties (except CP). According to the results of the research, it was determined that sowing with wide row spacing increased the nutritional value of quinoa silage.

**Key words:** Quinoa, crude protein, raw ash, silage, relative feed value

### Farklı Sıra Aralığının Kinoa Silajının Besin Değerine Etkisi

#### ÖZ

Dünyadaki iklim değişiklikleri kurak alanların ve tuzlu toprakların artmasına neden olmakta, aynı zamanda aşırı iklim ve toprak koşullarının artması da arazi kullanım verimliliğini kısıtlamaktadır. Bu alanlarda hayvanlara kaliteli kaba yem sağlamak zorlaşmaktadır. Bu nedenle alternatif yem bitkisi arayışları artmaktadır. Bu araştırma kurak ve soğuk iklim şartları ile tuzlu topraklara toleranslı olan kinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) bitkisi silaj üretimi için önemli bir alternatif potansiyeline olarak görülmüştür. Bu amaçla 4 farklı sıra arası mesafede (17.5, 35.0, 52.5, 70.0 cm) yetiştirilen 2 kinoa çeşidinin (Cherry Vanilya ve Red Head) silaj besin değerlerinin belirlenmesi amacıyla yapılmıştır. Araştırmada hayvanlar için önemli besin değerlerini olan ham kül içeriği (HK), ham protein (HP), asit deterjan lifi (ADF), nötr deterjan lifi (NDF), kuru madde sindirilebilirliği (KMS), kuru madde tüketimi (KMT) ve nispi yem değeri (NYD)'nin belirlenmesi amaçlanmıştır. Araştırma sonucunda tohumların farklı sıra aralıklarına ekilmesinin kinoa silajında HP, NDF, KMT ve NYD üzerine önemli etkisinin olduğu tespit edilmiştir. Kinoa silajının besin değerleri açısından çeşitler arasında (HP hariç) önemli bir farklılık görülmemiştir. Araştırma sonuçlarına göre geniş sıra aralığı ile yapılan ekimlerin kinoa silajının besin değerini arttırdığı tespit edilmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Kinoa, ham protein, ham kül, silaj, nispi yem değeri

## INTRODUCTION

The most preferred plant for silage making is corn (*Zea mays* L.). On the other hand, silages of alfalfa, vetch, oats, barley, sudangrass and sorghum are also widely made. In silage making, it is preferred that plants have high carbohydrate and dry matter content. However, high quality silage feed can be obtained by adding silage additives to plants that do not have high carbohydrate and dry matter content. Increasing extreme climate and soil conditions such as climate changes in the world, increase in dry areas, salinization of soils, restrict land use efficiency. In particular, the transformation of lands into marginal areas limits the number of plants that can grow in these areas. In these areas, it becomes difficult to provide silage feed for animals. Therefore, the search for alternative forage crops that can be grown in these areas is increasing.

Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) plant, which is resistant to arid, cold and saline regions, has an important alternative potential for silage production (Geerts et al., 2009; Razzaghi, 2011; Pulvento et al., 2012; Zerrouk et al., 2020; Keskin et al., 2023). Plants traditionally used for silage purposes are grown in irrigated and non-saline areas. However, since the quinoa plant is resistant to arid and salty areas, growing quinoa in these areas and making silage of the plant can be seen as an advantage in terms of utilizing salty and arid areas and developing animal husbandry. Quinoa has been used as human food in the South American region for over 5000 years. As a result of understanding the importance of the plant, its cultivation is increasing in many parts of the world (Jacobsen, 2003; Tan and Temel, 2019). The quinoa plant, which is an annual, dicotyledonous plant and prefers the C3 photosynthesis pathway, is generally grown for its seeds. However, recently, as a result of understanding its animal feed value, research has focused on the fact that it can be used as concentrate, roughage and silage feed for animals (Van Schooten and Pinxterhuis, 2003; Tan and Temel, 2017; Podkowska et al., 2018; Önkür and Keskin, 2019a; Önkür and Keskin, 2019b; Suarez et al., 2019; Temel and Keskin, 2019a; Temel and Keskin, 2019b; Temel and Keskin, 2020; Yacout et al., 2021; Dong et al., 2022; Güner and Temel, 2022).

Studies conducted to determine the nutritional values of quinoa silage to be used in animal nutrition have shown that quinoa silage has high nutritional content, but making silage by adding additives to increase silage quality will be more beneficial in animal nutrition. It has been determined that the raw ash content of quinoa silage is between 1.6-29.1%, crude protein content is between 10.3-18.3%, NDF content is between 37.9-54.8% and ADF content is between 24.4-32.8% (Podkowska et al., 2018; Salama et al., 2021; Dong et al., 2022; Güner and Temel, 2022).

This research was carried out to determine the nutritional values of silage, which is an important resource for animals, in quinoa varieties and to reveal the effects of row spacing on nutritional values.

## MATERIALS AND METHODS

### Material

In the study, Cherry Vanilla and Read Head varieties, which were found to be highly productive in adaptation studies in Iğdir province, were used (Tan and Temel, 2017). The trial was conducted in 2021 in the trial area of Iğdir University Agricultural Application and Research Center (39° 55'43.59" K, 45° 05'42.63" D). The climate and soil characteristics of the trial area are given in Table 1 and Table 2.

Some climate data of the region during the period when the research was conducted are given in Table 1. When Table 1 is examined, it can be seen that, according to the long-term climate values of the region, the average temperature in the year the research was conducted was high, and precipitation and relative humidity were low. Compared to long years, the year in which the research was conducted was hotter and drier.

**Table 1.** Some climate data of the research area (MGM, 2021)

MONTHS	Average temperature (°C)		Average relative humidity (%)		Total amount of precipitation (mm)	
	2021	LYA*	2021	LYA*	2021	LYA*
MARCH	7.4	6.8	55.3	52.9	43.4	22.1
APRIL	17.4	13.3	44.0	51.1	15.9	36.2
MAY	21.1	17.6	46.7	53.2	39.5	49.1
JUNE	26.8	22.4	34.4	47.3	0.5	30.3
JULY	27.4	26.1	46.0	45.1	30.6	14.4
<b>Total/Avg.</b>	20.02	17.24	45.28	49.92	129.9	152.1

\*Long Year Average (1970-2021)

The properties of the soils taken in the area where the experiment was established are given in Table 2. When Table 2 was examined, it was determined that the texture of the soil of the trial area was "clay-loamy", slightly alkaline and nonsaline. It was determined that the amount of available potassium was "high", the amount of organic matter was "very low", the amount of available phosphorus was "low" and the soil was calcareous (Richards, 1954; Ülgen and Yurtsever, 1974; FAO, 1990).

**Table 2.** Some physical and chemical properties of the research area soil

Soil Properties	Value	Classification
Soil texture (Saturation %)	54	Clay loam
pH	7.49	Slightly alkaline
EC (dS m <sup>-1</sup> )	3.44	Nonsaline
Salt (%)	0.12	Nonsaline
Calcareous (%)	1.32	Calcareous
Organic matter (%)	0.61	Very little
Phosphorus (kg da <sup>-1</sup> )	3.17	Low
Potassium (kg da <sup>-1</sup> )	166	High

\*The analysis of the soil sample of the research area was carried out in the Eastern Anatolia Agricultural Research Institute Soil and Plant Nutrition Laboratory.

### Method

The experiment was set up with 3 replications according to the factorial trial design in randomized blocks. The plots were prepared with a length of 4 m and a width of 2 m. Seeds were sown in the plots at row spacings of 17.5 cm, 35.0 cm, 52.5 cm, 70.0 cm.

Before seed planting, pure 9 kg da<sup>-1</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (42% TSP) and 7.5 kg da<sup>-1</sup> N (21% Ammonium sulfate) fertilizer were applied to the trial plots. When the plants reached a height of 30-40 cm, an additional 7.5 kg da<sup>-1</sup> of N (21% Ammonium sulphate) fertilizer was given ((Temel and Şurgun, 2019). The experiment was carried out under irrigated conditions. The moisture in the soil was measured with a soil moisture measuring device and When 50% of the useful water in the soil was consumed, irrigation was carried out with the sprinkler irrigation system until the field capacity was reached again.

When the plants reached the harvest period (beginning of flowering) on June 21, 2021, they were harvested by cutting them with vine shears at a height of 5 cm from the soil surface. After the harvested plants were shredded in the herb shredding machine, approximately 500 g were taken and filled into transparent polyethylene bags. After the air was removed from the polyethylene transparent bags with a vacuum machine, the bags were closed with the same machine. After waiting 60 days for the fermentation of the silages, the bags were opened and the silage nutrition values were determined according to the following methods.

**Raw ash ratio:** Rae ash ratio was calculated on dry matter. The porcelain crucibles to be used in the determination of raw ash were kept empty in the raw ash furnace at 550 °C for 2 hours. Then, the crucibles were placed in the desiccator and allowed to cool until they reached room temperature. The cooled crucibles were tared (D) and 1 gram of silage material (A) was added into them. The crucibles were placed in the raw ash furnace and kept at 550 °C for 8 hours, then placed in the desiccator and kept for 2 hours, and then weighed together with the crucible (DA). The percent ash content of the feed material was calculated using the raw ash determination formula given below (AOAC 1990).

$$\text{Raw ash ratio (\%)} = \frac{\text{DA} - \text{D}}{\text{A}} \times 100$$

**Crude protein ratio:** Dried silage samples were ground in a grinding mill with a sieve diameter of 1 mm. Total nitrogen was determined according to the Micro Kjeldahl method, taken by weighing approximately 0.3-0.5 grams of dried and ground samples on a precision scale. By multiplying the obtained % nitrogen ratios with the coefficient of 6.25, crude protein ratios of silages were found according to the principles specified by AOAC (2003).

**NDF (neutral detergent fiber) ratio (%):** The samples, which were previously ground to pass through a sieve with a diameter of 1 mm, were weighed on a precision scale between 0.950 and 1.050 g along with the Filterbag weight, and were analyzed on the ANKOM fiber analyzer device using the method developed by Van

Soest et al., (1991). Afterwards, the samples removed from the device were washed with acetone and kept on drying papers for 30 minutes. Afterwards, it was dried in an oven at 105 °C for 12 hours and then placed in a desiccator. When the samples reached room temperature in the desiccator, their final weights were weighed with a precision scale and the %NDF ratios were determined.

**ADF (acid detergent fiber) ratio (%):** The ground samples were weighed on a precision scale between 0.950 and 1.050 g by Filterbag weight. Afterwards, ADF analysis was performed on the ANKOM fiber analyzer device (Van Soest et al., 1991). In the last stage, the feed samples removed from the device were washed with acetone, left on drying paper for approximately 30 minutes, then dried in the drying oven at 105 °C for 4 hours and left to cool in the desiccator for 2 hours. Then, the final weights of the samples were weighed and the %ADF ratios were determined.

**Relative feed value, dry matter digestibility and dry matter intake:** These parameters were calculated using the equation given below, using ADF and NDF analysis results (Sheaffer et al., 1995).

% Dry matter digestibility (%DMD) =  $88.9 - (0.779 * \%ADF)$ .

% Dry matter intake (%DMI) =  $120 \div \%NDF$

RFV =  $(DMD \times DMI) \div 1.29$

The results obtained in the study were analyzed by variance analysis in the JMP 5.0.1 statistical package program according to the factorial trial design in randomized blocks. and the comparison of the significant averages were grouped according to the LSD test in the same program.

## RESULTS AND DISCUSSION

### Raw ash ratio

While variety and row spacing had no effect on the raw ash ratio, the combined effect of variety x row spacing was significant. Raw ash ratios of quinoa varieties varied between 24.1 and 24.4% (Table 3). In a different study conducted under Bingöl conditions, Çağlayan (2021) reported the ash ratios of Cherry Vanilla and Read Head varieties as 15.32% and 16.9%, respectively. Raw ash of quinoa silage in different row spacings varied between 24.1% and 24.5% (Table 3). As a result of the combined effects of variety and row spacing, raw ash ratios varied between 23.3% and 24.9%. Raw ash ratios of the varieties differed depending on row spacing (Figure 1). Studies have found that the raw ash ratios of quinoa silage are between 1.6 and 29.1 (Podkowska et al., 2018; Erdoğan and Koca, 2020; Salama et al., 2021; Güner and Temel, 2022). While the raw ash ratio in the current study was found to be higher in some studies compared to previous studies (Podkowska et al., 2018; Erdoğan and Koca, 2020; Salama et al., 2021), it was found to be low in some studies (Güner and Temel, 2022). Plants grown in regions with different climatic characteristics affect the growth and development of the plant, such as temperature, humidity and precipitation. There may be significant changes in the yield and quality of plants with different growth and development. In addition, the different properties of the soil in which the plant is grown have significant effects on the productivity and quality of the plant. For these reasons, it can be said that the raw ash values obtained in this study are different from plants grown in other regions.

### Crude protein ratio

Silage crude protein ratios of the varieties differed significantly. Crude protein ratio was found to be 15.7% in Cherry Vanilla variety and 16.4% in Read Head variety. Genetic, morphological and physiological characteristics of plant species and varieties are different. Plant heights, leaf, stem, cluster ratios and root developments may vary among plant species. At the same time, if the varieties of the species are grown in areas with different climatic characteristics and different cultural practices are applied, plant heights, leaf, stem, cluster ratios and root developments may also differ. Due to these characteristics of the varieties, adaptation studies are carried out to determine the yield and quality of the varieties before recommending the varieties of any species to the regions. For these reasons, there may be differences in the crude protein ratios obtained in quinoa varieties. It is desirable for the crude protein ratio to be high in feed. It is expected that the nutritional value of feed with a high crude protein content will also be high. Depending on the different row spacing, the silage crude protein ratio varied between 14.7% and 17.1%. It was observed that the crude protein content of the silages increased due to the increase in row spacing (Table 3). It is thought that this situation is due to the fact that plants benefit more from the nutrient resources per unit area. The silage crude protein contents of the varieties in different row spacings varied significantly (Figure 2). Varieties showed different

responses in different row spacings. Red Head and Cherry Vanilla cultivars showed different responses to different row spacings. While the crude protein ratio of the Red Head variety increased in the 35 cm row spacing compared to the 17.5 cm row spacing, there was no significant change in the crude protein ratio of the Cherry Vanilla variety. On the other hand, compared to the 52.5 cm row spacing, there was no significant change in the crude protein ratio of the Red Head variety in the 70 cm row spacing, while the crude protein ratio of the Cherry Vanilla variety increased (Figure 2). The fact that quinoa varieties responded differently to different row spacing in terms of crude protein content caused the bilateral interaction to be significant. It has been reported that the crude protein content of quinoa silage increases due to the increase in row spacing (Güner and Temel, 2022). Podkowska et. al. (2018), Dong et. al. (2022), Salama et. al. (2021) and Güner and Temel (2022) reported the crude protein ratio of quinoa silage as 10.31%, 15.1%, 14.59% and 18.3%, respectively. The crude protein ratios obtained in the current study were found to be higher than the values determined by many researchers. It is thought that this situation is due to the different environmental conditions and genotypes used. As a matter of fact, crude protein ratio is affected by many environmental factors (temperature, irrigation, direction, day length, etc.) (Ereku et al., 2016; Koca and Monster, 2014; Koca and Turgut, 2012).

**Table 3.** Some silage nutritional values of quinoa varieties in different row spacings

Variety (V)	Row spacing (R)				Variety avg.
	17.5	35	52.5	70	
<b>Raw ash ratio</b>					
Cherry Vanilla	24.9	24.7	23.6	24.4	24.4
Red Head	23.3	24.3	24.9	24.0	24.1
<b>Row spacing Avg.</b>	24.1	24.5	24.2	24.2	
<b>F value and significance</b>	R: 0.44 ns	V: 1.16 ns	RxV: 4.24*		
<b>Crude protein ratio</b>					
Cherry Vanilla	15.6	15.4	14.9	16.9	15.7 b
Red Head	13.7	17.2	17.5	17.3	16.4 a
<b>Row spacing Avg.</b>	14.7 b	16.3 a	16.2 a	17.1 a	
<b>F value and significance</b>	R: 9.90**	V: 4.91*	RxV: 9.61**		
<b>NDF ratio</b>					
Cherry Vanilla	42.4	44.0	41.5	40.2	42.0
Red Head	42.1	45.2	40.8	40.6	42.2
<b>Row spacing Avg.</b>	42.3 ab	44.6 a	41.2 b	40.4 b	
<b>F value and significance</b>	R: 5.06*	V: 0.03 ns	RxV: 0.27 ns		
<b>ADF ratio</b>					
Cherry Vanilla	23.6	25.5	21.1	23.3	23.4
Red Head	24.9	21.6	21.7	22.8	22.7
<b>Row spacing Avg.</b>	24.3	23.5	21.4	23.0	
<b>F value and significance</b>	R: 2.38 ns	V: 0.64 ns	RxV: 2.14 ns		
<b>Dry matter digestibility</b>					
Cherry Vanilla	70.4	69.0	72.4	70.7	70.6
Red Head	69.4	72.0	72.0	71.1	71.1
<b>Row spacing Avg.</b>	69.9	70.5	72.2	70.9	
<b>F value and significance</b>	R: 2.40 ns	V: 0.68 ns	RxV: 2.13 ns		
<b>Dry matter intake</b>					
Cherry Vanilla	2.83	2.73	2.90	2.96	2.86
Red Head	2.86	2.63	2.93	2.96	2.85
<b>Row spacing Avg.</b>	2.85 ab	2.68 b	2.91 a	2.96 a	
<b>F value and significance</b>	R: 4.48*	V: 0.02 ns	RxV: 0.29 ns		
<b>Relative feed value</b>					
Cherry Vanilla	154.6	145.8	162.4	163.7	156.6
Red Head	154.2	148.2	164.0	163.3	157.4
<b>Row spacing Avg.</b>	154.4 ab	147.0 b	163.2 a	163.5 a	
<b>F value and significance</b>	R: 5.96**	V: 0.06 ns	RxV: 0.05 ns		

There is no significant difference between the averages shown with similar letters in the same column and row. \*\*p>0.01, \*p>0.05.

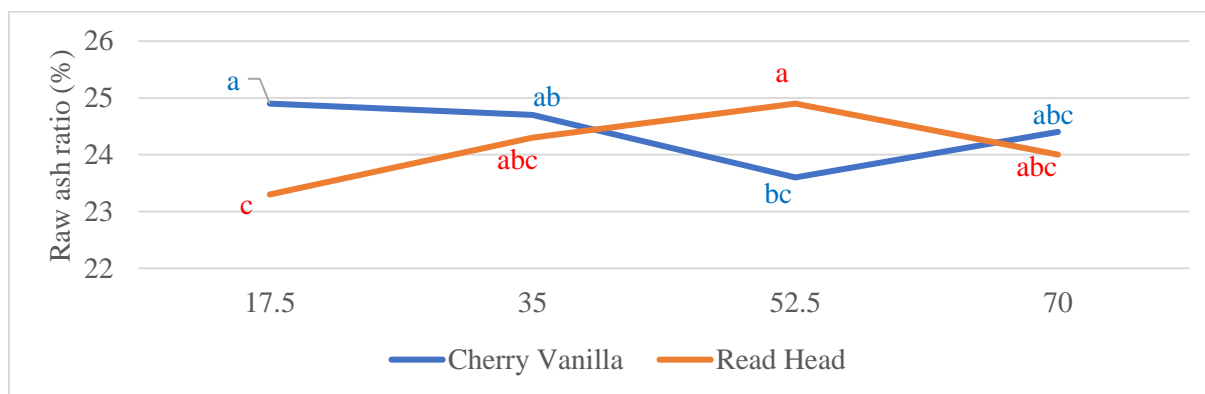


Figure 1. Effects of variety and row spacing on raw ash ratio

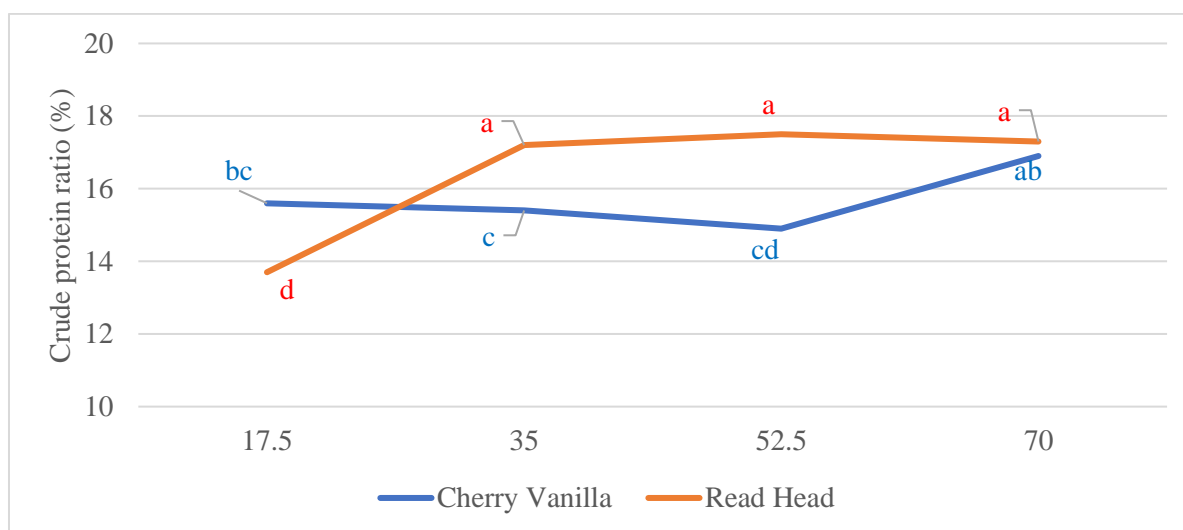


Figure 2. Effects of variety and row spacing on crude protein ratio

#### NDF ratio

While different row spacings had a significant effect on the NDF ratio of quinoa silage, the effect of quinoa varieties was insignificant (Table 3). NDF ratios were calculated as 42.0% and 42.2% in two quinoa varieties. Tan and Temel (2020), in their study examining the forage quality characteristics of quinoa grass under dry conditions, reported the NDF ratio of the Cherry Vanilla variety as 36.39% and the NDF ratio of the Read Head variety as 39.24%. NDF ratios varied between 40.4% and 44.6% depending on row spacing (Table 3). As a result of the research, it was seen that NDF ratios were higher in row spacing distances of 17.5 and 35 cm, where plant density was dense. As a result of the combined effects of variety and row spacing, the highest NDF ratio was found to be 45.2% in the Read Head variety planted in 35 cm row spacing. The lowest NDF ratio was found to be 40.2% in the Cherry Vanilla variety in the 70 cm row spacing (Table 3). NDF ratio is one of the important feed quality parameters that indicates the fiber ratio insoluble in natural solvents in feed plants. Rivera and Parish (2010) reported that the NDF ratio should be below 40% for the best forage quality. However, the data obtained in the current study were found to be above this value. In previous studies, Podkowska et. al. (2021), Salama et. al. (2022), Dong et. al. (2022) and Güner and Temel (2022) reported the NDF ratios of quinoa silage as 46.65%, 54.85%, 48.8% and 37.9%, respectively. The NDF ratio obtained in the current study was generally found to be lower than previous studies. It can be said that the different varieties used in the research, the different row spacing and the different climatic factors affecting yield and quality such as temperature, humidity and precipitation cause the NDF contents obtained to be different.

#### ADF ratio

Variety and row spacing did not cause a significant change in the ADF ratio of quinoa silage. ADF ratio is one of the important parameters that determine silage quality and expresses the amount of cellulose, lignin and insoluble protein in the cell wall. In the current study, the ADF ratios of the varieties were found to be 23.4% in the Cherry Vanilla variety and 22.7% in the Read Head variety, respectively (Table 3). As a matter of

fact, in a quality forage, this ratio is desired to be below 31% (Rivera and Parish, 2010). Van Soest et al. (1991) reported in their study that when the ADF ratio of roughage increased, the digestion ratio decreased. In plants, structural carbohydrates such as lignin are concentrated in leaves, stems, and veins (Moore and Jung, 2012; Temel and Yolcu, 2020; Temel and Keskin, 2022). Podkowska et al. (2018), Salama et al. (2021) and Dong et al. (2022) determined the ADF ratios of quinoa silage as 32.8%, 29.78% and 24.4%, respectively. In the current study, ADF ratios were found below these values. It can be said that the different varieties used in the research, the different row spacing and the different climatic factors affecting yield and quality such as temperature, humidity and precipitation cause the ADF contents obtained to be different.

#### Dry matter digestibility

Dry matter digestion ratios did not differ between varieties and row spacing. Dry matter digestibility of the varieties was 70.6% in Cherry Vanilla variety and 71.1% in Read Head variety. Depending on row spacing, dry matter digestibility varied between 69.9% and 72.2% (Table 3). Considering the dry matter digestion ratios of the determined quinoa silage, it can be said that quinoa silage is a good quality silage (Rohwender et al., 1978). As a result of the combined effect of variety and row spacing, the dry matter digestion ratio varied between 69.0 and 72.4% (Table 3).

#### Dry matter intake

There was no significant difference between the dry matter intake ratios of the varieties. The dry matter intake of the Cherry Vanilla variety was calculated as 2.86%, and the dry matter intake of the Read Head variety was calculated as 2.85%. There were differences in dry matter intake depending on the row spacing of quinoa silage. Depending on the increase in row spacing, the dry matter intake ratio also increased. As a result of the combined effects of variety and row spacing, dry matter intake ratios of quinoa silage varied between 2.63% and 2.96% (Table 3). It is in the highest quality class according to the quality classification of Rohwender et al., (1978).

#### Relative feed value

Relative feed value is a quality parameter that serves as a guide in marketing and determining the quality of forage. Although this parameter, calculated using ADF and NDF values, is a method developed for quality control in alfalfa (*Medicago sativa* L.) in the United States, it is used for all forage crops. There was no significant difference between the relative feed values of Cherry Vanilla (156.6) and Red Head (157.4) varieties. In this research, the relative feed value of quinoa silage changed significantly in different row spacings. It can be seen that the relative feed value varies between 147.0 and 163.5 depending on the row spacing. There was a significant change in the NDF and ADF ratio depending on row spacing (Table 3). NYD value is calculated using NDF and ADF ratios. The responses of NDF and ADF ratios to row spacing were also seen in the NYD value. Changes in the leaf, stem and cluster ratios of the plant depending on row spacing also cause significant differences in the nutritional content of the plant (Temel and Keskin, 2019a; Temel and Keskin, 2019b; Temel and Keskin, 2020; Güner and Temel, 2022). For these reasons, it can be said that there are significant changes in the NYD values of the plant depending on the row spacing. In the study, it was concluded that the relative feed value increased as the row spacing increased. When variety x row spacing is evaluated together, the relative feed values of quinoa silage ranged between 145.8 and 164.0 (Table 3). Considering the relative feed values of quinoa silage, it can be said that it is a good quality silage (Rohwender et al. 1978; Moore and Undersander, 2002).

## CONCLUSION

In this research, the nutritional values of Quinoa silage were determined without adding any additives. In the study where silage nutritional values were determined, there were differences in silage crude protein ratios of Cherry Vanilla and Red Head quinoa varieties. On the other hand, sowing quinoa plants in different row spacings had significant effects on the crude protein, NDF ratio, dry matter consumption ratio and relative feed values of quinoa silage. According to the results of the research, it was determined that planting with wide row spacing increased the nutritional value of quinoa silage. There were no significant differences between the nutritional contents (except crude protein) of Read head and Cherry Vanilla varieties. Therefore, it has been seen that both varieties can be grown for silage purposes.


**Acknowledgements:** Financial support was provided to the research by Iğdır University Scientific Research Projects Coordination Unit with the project number 2020-FBE-A04.

**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.

## YAZAR ORCID NUMARALARI

Bilal KESKİN  <https://orcid.org/0000-0001-6826-9768>

Abdurrahman DUMAN  <https://orcid.org/0009-0005-5327-4368>

## REFERENCES

- AOAC, (2003). Official Methods of Analysis of AOAC International. 17th ed., 2 nd Rev., Gaithersburg, MD, USA, Association of Analytical Communities.
- AOAC, (1990). Official methods of analysis association of official analytical chemists.125 p. Arlington, VA, USA
- Çağlayan, B., Kökten, K. (2021). Adaptation of Kinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) Genotypes in Bingöl Conditions. Journal of the Faculty of Agriculture, 16(2): 220-225.
- Dong, Z., Li, J., Wang, S., Zhao, J., Dong, D., Shao, T., (2022). Influence of Various Additives On The Fermentation Quality And Bacterial Community of High-Moisture Whole-Plant Quinoa Silage. Research Square. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-1231549/v1>.
- Erdoğan, H., Koca, Y. O. (2020). Effect of Quinoa-Corn Intercropping Production System on Yield and Quality of Mixture Silage. Turkish Journal of Range and Forage Science (TJRFS), 1(2): 57-65.
- Ereku, O., Yiğit, A., Koca, Y.O., & Ellmer, F., Weiß, K., (2016). Quality Potentials and Importance in Terms of Nutrition Physiology of Some Bread Wheat (*Triticum aestivum* L.) Varieties. Journal of Field Crops Central Research Institute, 25(özel sayı 1): 31-36. <https://doi.org/10.21566/tarbitderg.280110>.
- FAO, 1990. Micronutrient assessment at the country level: An international study, FAO Soil Bulletin, No: 63, Rome.
- Geerts, S., Raes, D., Garcia, M., Taboada, C., Miranda, R., Cusicanqui, J., Mhizhac, T., Vacher, J., (2009). Modeling the potential for closing quinoa yield gaps under varying water availability in the Bolivian Altiplano. Agricultural Water Management, 96(11): 1652-1658. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2009.06.020>.
- Güner, Z., Temel, S. (2022). Determination of the Silage Quality of Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) Varieties Grown with Different Row Spacing Under Dry Conditions. Journal of the Institute of Science and Technology, 12(4): 2506-2519. <https://doi.org/10.21597/jist.1175686>.
- Jacobsen, S. E. (2003). The worldwide potential for quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). Food Reviews International, 19(1–2): 167-177. <https://doi.org/10.1081/FRI-120018883>.
- Keskin, B., Temel, S., Tohumcu, S. A. 2023. Determination of forage yield performance of different *Chenopodium quinoa* cultivars in saline conditions. Zemdirbyste-Agriculture, 110(2): 149-156. <https://doi.org/10.13080/z-a.2023.110.018>.
- Koca, Y. O., Canavar, Ö., (2014). The Effect of Sowing Date on Yield and Yield Components and Seed Quality of Corn (*Zea mays* L.). Scientific Papers, Series A. Agronomy, 57: 227-231.
- Koca, Y.O., Turgut, İ. (2012). The Effect of Different Sowing date for Grain Yield, Dry Matter Accumulation, Leaf Area Index and Some Growth Parameters in Maize (*Zea mays* L.). Journal of Adnan Menderes University Agricultural Faculty, 9(1): 1-10.
- MGM, (2021). Başbakanlık DMİ Genel Müdürlüğü Ankara.
- Moore, J. E., Undersander, D. J. (2002). Relative Forage Quality: Alternative to Relative Feed Value and Quality Index. Proceedings 13th Annual Florida Ruminant Nutrition Symposium, pp.16 -32.
- Moore, K. J., Jung, H. J. G., (2001). Lignin And Fiber Digestion. Journal of Range Management, 54(4): 420-430. <https://doi.org/10.2307/4003113>.
- Norton, B.W., (2012). The Nutritive value of Tree legumes. <http://www.fao.org/ag/AGP/AGPC/doc/Publicat/Gutt-shel/x5556e0j.htm>. pp. 1-10. (Erişim: 07.11.2012).
- Önkür, H., Keskin, B. (2019a). The Effects of Row Spacing and Intra-Row Spacing Distance on Seed Yield and Some Plant Properties of Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). Journal of Agriculture and Nature, 22((Suppl 1): 51-59. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdogavi.536580>.



- Önkür, H., Keskin, B. (2019b). The Effect of Different Row Spacing and Intra-Row Spacing on Some Feed Quality Characteristics of Seeds and Stems of Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). Umteb 6th International Vocational and Technical Sciences Congress (Turkish: Umteb 6. Uluslararası Mesleki ve Teknik Bilimler Kongresi), 11-12 April 2019 Iğdır-Türkiye, İksad Publications, ISBN – 978-605-7875-36-5, pp: 271-278.
- Podkòwka, Z., Gesiński, K., Podkòwka, L. (2018). The Influence of Additives Facilitating Ensiling on the Quality of Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) Silage. Journal of Central European Agriculture, 19(3): 607-614. <https://doi.org/10.5513/JCEA01/19.3.2237>.
- Pulvento, C., Riccardi, M., Lavini, A., Iafelice, G., Marconi, E., d'Andria, R. 2012. Yield and Quality Characteristics of Quinoa Grown in Open Field Under Different Saline and Non-Saline Irrigation Regimes. Journal Agronomy and Crop Science, 198(4): 254-263. <https://doi.org/10.1111/j.1439-037X.2012.00509.x>.
- Razzaghi, F. (2011). Acclimatization and Agronomic Performance of Quinoa Exposed to Salinity, Drought and Soil-Related Abiotic Stresses. Ph.D. Thesis. Department of Agroecology Science and Technology. Aarhus University. pp:1-124.
- Rezzouk F. Z., Shahid M. A., Elouafi I. A., Zhou B., Arous J. L., Serret M. D. 2020. Agronomic performance of irrigated quinoa in desert areas: Comparing different approaches for early assessment of salinity stress. Agricultural Water Management, 240: 106205. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2020.106205>
- Richards L. A. 1954. Origin and nature of saline and alkali soil, In: Diagnosis and improvement of saline and alkali soil. Agricultural Handbook No: 60, USDA, Washington, D.C., USA, 1-6.
- Rivera, D., Parish, J., (2010). Interpreting Forage and Feed Analysis Reports. 2620, Mississippi State University Extension Service, Publication 2620.
- Rohweder, D. A., Barnes, R.F., Jorgensen, N. (1978). Proposed Hay Grading Standards Based on Laboratory Analyses for Evaluating Quality. Journal of Animal Science, 47(3): 747-759. <https://doi.org/10.2527/jas1978.473747x>.
- Salama, R., Yacout, M. H., Elgzar, M. I. T., Awad, A. A. (2021). Nutritional Evaluation of Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) Crop as Unconventional Forage Resource in Feeding Ruminants. Egyptian Journal of Nutrition and Feeds, 24(1): 77-84. <https://doi.org/10.21608/EJNF.2021.170306>.
- Schooten, H. V. and Pinxterhuis, I. (2003). Quinoa as an Alternative Forage Crop in Organic Dairy Farming. 12th EGF Symposium on "Optimal forage systems for animal production and the environment" Grassland Science in Europe, volume 8, pp. 656.
- Sheaffer, C. C., Peterson, M. A., McCaslin, M., Volenec, J. J., Cherney, J. H., Johnson, K. D., Woodward, W. T., & Viands, D. R. (1995). Acid Detergent Fiber, Neutral Detergent Fiber Concentration and Relative Feed Value. In North American Alfalfa Improvement Conference, Minneapolis.
- Suárez, N. J. P., Escobar, M. I., Molano, C. E. R. (2019). Nutritional Value of Quinoa Forage Silage (*Chenopodium quinoa* willd) with the Addition of Efficient Microorganisms. Revista CES Medicina Veterinaria y Zootecnia, 14(3): 16-28.
- Tan, M., Temel, S., (2017). Studies on the adaptation of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) to Eastern Anatolia Region of Turkey. AGROFOR International Journal, 2(2): 33-39.
- Tan, M., Temel, S., (2019). Her Yönüyle Kinoa Önemi, Kullanılması ve Yetiştiriciliği. İksad Publishing House, ISBN: 978-605-7875-88-4.
- Temel, S., Keskin, B., (2022). Determination Of Forage Quality Properties of Plant Parts in Different Amaranth Varieties Cultivated under Irrigated and Rainfed Conditions. Atatürk University Journal of Agricultural Faculty, 53(2): 122-132. <https://doi.org/10.54614/AUAF.2022.1034402>.
- Temel, I., Keskin, B. (2019a). The Effects of Different Row Spacing And Intra-Row Spacing On Hay Yield and Some Yield Components of Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). Journal of the Institute of Science and Technology, 9(1): 522-532. <https://doi.org/10.21597/jist.480917>.
- Temel, I., Keskin, B. (2019b). The Effects on Nutrient Content of Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) of Different Row Spacing and Intra-Row Spacing. International Journal of Agriculture and Wildlife Science, 5(1): 110-116. <https://doi.org/10.24180/ijaws.486327>.
- Temel, S., Keskin, B., (2020). Effect Of Morphological Components On The Herbage Yield And Quality Of Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) Grown At Different Dates. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 44: 533-542. <https://doi.org/10.3906/tar-1912-58>.
- Temel, S., Şurgun, N., (2019). Farklı Dozlarda Uygulanan Azot ve Fosforlu Gübrelemenin Kinoa'nın Ot Verimi ve Kalitesine Etkisi. Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 9(3): 1785-1796.
- Temel, S., Tan, M., (2020). Evaluation of Different Quinoa Varieties Grown in Dry Conditions in terms of Roughage Quality Properties. International Journal of Agriculture and Wildlife Science, 6(2): 347-354. <https://doi.org/10.24180/ijaws.735557>.

- Temel, S., Yolcu, S. (2020). The Effect of Different Sowing Time and Harvesting Stages on the Herbage Yield and Quality of Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). Turkish Journal of Field Crops, 25(1): 41-49, Doi: 10.17557/tjfc.737503.
- Ülgen N., Yurtsever N. 1974. Turkey fertilizer and fertilization guide (Türkiye gübre ve gübreleme rehberi). Soil and Fertilizer Research Institute Technical Publication No:28, Ankara.
- Van Soest, P.J., Robertson, J.B., Lewis, B.A., (1991). Methods for Dietary Fiber, Neutral Detergent Fiber, and Nonstarch Polysaccharides in Relation to Animal Nutrition. Journal of Dairy Science, 74(10): 3583-3597. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(91\)78551-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2).
- Yacout, M. H., Salama, R., Elgzar, M., Awad, A. A., (2021). In Vivo and in Vitro Studies to Evaluate Nutritional Value of *Chenopodium quinoa* as Unconventional Forage Resource for Feeding Ruminants. Archives of Agricultural Sciences Journal, 4(2): 135-149. <https://doi.org/10.21608/AASJ.2021.212502>.

## Domateste Bakteriyel Leke Hastalığına Neden Olan *Pseudomonas syringae* pv. *tomato*'nun Farklı Bitki Uçucu Yağları ile Kontrolü

Mesude Figen DÖNMEZ<sup>1\*</sup>, Işıl TEMEL<sup>1</sup>, Esat TEMTEK<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Iğdır Üniversitesi, Iğdır Ziraat Fakültesi

\* Corresponding Author: [sudefigen@hotmail.com](mailto:sudefigen@hotmail.com)

Geliş Tarihi: 30.01.2024 Düzeltme Geliş Tarihi: 07.03.2024 Kabul Tarihi: 07.03.2024

### ÖZ

Tohum kaynaklı *Pseudomonas syringae* pv. *tomato* (Pst 76) domateste bakteriyel leke hastalığına neden olmakta ve domates yetiştiriciliğinde verim ve kaliteyi etkileyerek ciddi ekonomik kayıplara yol açmaktadır. Bu çalışmada, *Mentha longifolia*, *Thymus migricus*, *Salvia hydrangea*, *Artemisia absinthium* ve *Achillea arabica* bitkilerinden distilasyon yoluyla elde edilen uçucu yağların *P. syringae* pv. *tomato*'nun kontrolü üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Bitki uçucu yağlarının *P. syringae* pv. *tomato*'ya karşı antibakteriyel aktiviteleri *in vitro* agar disk difüzyon yöntemi ile test edilmiştir. Ayrıca, bitki uçucu yağlarının Pst 76'nın büyümesini engellediği minimum inhibitör konsantrasyonlar belirlenmiştir. Tüm yağların hastalık etmenine karşı 4.0-30.0 mm arasında bir inhibisyon zonu oluşturduğu ve en yüksek aktivitenin *T. migricus* bitkisinin yağı ile yapılan uygulamadan elde edildiği belirlenmiştir. Kontrol grubunda *T. migricus* ve *M. longifolia* bitkilerinden elde edilen yağların metilmisine göre daha yüksek antimikrobiyal aktiviteye sahip olduğu tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlar doğrultusunda, uçucu yağlar ile hastalık kontrolü, entegre mücadele programlarına dahil edilebilecek alternatif bir yöntem olarak görülmüştür.

**Anahtar kelimeler:** Antibakteriyel aktivite, Bakteriyel leke, Uçucu yağ, *Pseudomonas syringae* pv. *tomato*

## The Control of *Pseudomonas syringae* pv. *tomato*, Causing Bacterial Spot Disease in Tomato, by Different Plant Essential Oils

### ABSTRACT

Seed-borne *Pseudomonas syringae* pv. *tomato* (Pst 76) causes bacterial spot disease in tomatoes and causes serious economic losses by affecting yield and quality in tomato cultivation. In this study, the effect of essential oils obtained by distillation from *Mentha longifolia*, *Thymus migricus*, *Salvia hydrangea* and *Artemisia absinthium* and *Achillea arabica* plants on the control of *P. syringae* pv. *tomato* was investigated. The antibacterial activities of plant essential oils against *P. syringae* pv. *tomato* were tested by the *in vitro* agar disk diffusion method. Additionally, minimum inhibitory concentrations at which plant essential oils inhibit the growth of Pst 76 were determined. It was determined that all oils created an inhibition zone between 4.0-30.0 mm against the disease agent and the highest activity was obtained from application with the oil of the *T. migricus* plant. It was determined that the oils obtained from *T. migricus* and *M. longifolia* plants had higher antimicrobial activity than methylmycin in the control group. In line with the results obtained, disease control with essential oils has been seen as an alternative method that can be included in integrated control programs.

**Key words:** Antibacterial activity, Bacterial spot, Essential oil, *Pseudomonas syringae* pv. *tomato*

### INTRODUCTION

Bacterial spot disease caused by *Pseudomonas syringae* pv. *tomato* (Okabe) is one of the most devastating diseases of tomato (*Solanum lycopersicon* L.), a food-valuable agricultural crop (Regassa et al.,

2016). *Pseudomonas syringae* pv. *tomato* (Pst 76) spreads rapidly to other plants in the field when suitable climatic conditions occur (McCarter et al., 1983) and causes significant economic damages by causing great losses in tomato production (Uppalapati et al., 2008). When the pathogen enters the plant, it exhibits a very aggressive behavior and reduces the market value of the product by infecting all above-ground organs of the plant (Xin and He, 2013).

In recent times, the use of chemicals in the control of phytopathogens has increased considerably (Farimaz et al., 2014). However, problems such as the fact that the intensive use of chemicals leads to phytotoxicity in plants, causes accumulation in the soil (Balestra et al., 2009), poses a significant risk to human health (Granata et al., 2011) and leads to resistance problem in microorganisms (Chacón-Hernández et al., 2020) have directed the producers to alternative control methods. Therefore, the study of compounds derived from plants has recently been among the popular topics. Türkiye, which has a rich flora, is home to many plants with antimicrobial properties in its geography and is an important source for the investigation of essential oils with antimicrobial activity (Nazzaro et al., 2017). The use of antimicrobial substances obtained from plant essential oils draws attention as they are easily found in nature, are inexpensive, do not emit toxic substances, do not cause soil and water pollution, do not create residues that threaten human health, and are specific to disease agents (Erler, 2000). In different studies, it was revealed that essential oil treatments affected the resistance mechanism by showing positive effects on the signaling network in plants (Kokoskova et al., 2011; Umarusman, 2018). Furthermore, it has been reported that the components such as carvacrol, thymol, menthol, camphor and linalool possessed by these essential oils have antimicrobial activity against microorganisms (Liu et al., 2019; Temtek, 2021). Various studies are showing that essential oils obtained from *Achilla*, *Artemisia*, *Thymus*, *Salvia* and *Mentha* species have antibacterial activity against different pathogens that cause disease in plants. (Mengulluoglu and Soyulu, 2012; Ghavam et al., 2020; Bozkurt et al., 2020).

In previous studies conducted by us, has been detected showed high antibacterial activity against *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis* the agent of tomato bacterial wilt and cancer (Temel et al., 2023), and three different strains of *Acidovorax citrulli* agent of the bacterial fruit spot (Temtek, 2021) of essential oils obtained from *Thymus migricus* Klovov & Des. Shost, *Salvia hydrangea* DC Ex Bentham, *Mentha longifolia* L., *Artemisia absinthium* L. and *Achillea arabica* Kotschy. This study was aimed to determine the antibacterial activities of essential oils obtained from the mentioned plants against the Pst 76, which causes problems in tomato production, under in vitro conditions and to determine the minimum inhibitory concentration (MIC) values that inhibit the development of pathogens.

## MATERIAL AND METHOD

### Pathogenic bacterial strain and plants from which essential oils are obtained

The pathogenic bacterial strain (Pst 76) was taken from the culture collection of Assoc. Prof. Mesude Figen DÖNMEZ. In this study, the oils whose antimicrobial activity was tested were obtained from *T. migricus*, *S. hydrangea*, *M longifolia* plants in the Lamiaceae family and *A. absinthium* and *A. arabica* in the Asteraceae family (Temtek, 2021). Detailed information about plant essential oils is presented in Table 1.

**Table 1.** Some information about the essential oils used in the study (Temtek, 2021; Temel et al., 2023)

Essential oils	The Essential Oils Yield (%)	Number of Components	Main Components and amount (%) Essential Oils
<i>Thymus migricus</i>	0,7	30	á-Pinene, (-) (4.96%), Ç-Terpinene (9.82%), P-Cymene (27.27%), Thymol (32.75%)
<i>Salvia hydrangea</i>	0,25	37	(-)-á-Elemene (7.01%), á-Selinene (13.38%), Camphor (13.34%), L-4-Terpineneol (8.4%), 1-Menthone (5.75%), Pulegone (12.47%), Piperitone Oxide (15.55%), Piperitenone Oxide (13.61%)
<i>Mentha longifolia</i>	0,3	40	1,8-Cineole (19.54%), Camphene (5.31%), Pulegone (7.86%), á-Thujone (34.64%)
<i>Artemisia absinthium</i>	0,7	32	(-)-á-Elemene (7.01%), á-Selinene (13.38%), Camphor (13.34%), L-4-Terpineneol (8.4%)

### Antibacterial activity assay

Pst 76 strain kept at -80°C was grown in Nutrient agar (NA) broth, and then taken with a sterile loop, transferred to Nutrient Broth (NB) and then incubated for 12 hours in a shaker set at 27°C at 150 rpm/min.

Antibacterial activities of essential oils were determined according to the method reported by Eriş (2006). For this purpose, 100 µl of the pathogen solution prepared at a density of 10<sup>8</sup> CFU/ml (turbidimeter) was taken and spread on the petri surface. Then, three empty discs were placed at equal distances from each other on the petri dishes and 10 µl of essential oil was dripped on the discs. The petri dishes were covered with parafilm and incubated for five days. At the end of the incubation, the clean zone area around the discs was measured. The experiment was carried out in three replicates. Methylmicin disc (30 mg) was used as the positive control and NB was used as negative control in the study.

#### **Determination of Minimum Inhibitory Concentrations of plant essential oils**

Serial dilutions (7.8-15.63-31.25-62.5-125-250-500-1000 µl) were prepared with 10% dimethyl sulfoxide to determine the minimum inhibition concentration values of the essential oils showing antibacterial activity against the pathogen. Pst 76 was grown in NA, then taken with a loop, transferred to NB, and incubated for 12 hours in a shaker set at 27 °C at 150 rpm/min. After incubation, the pathogen solution (10<sup>8</sup> cfu/ml) was spread on petri dishes containing NA. Then 10 µl of essential oils prepared at different concentrations were dripped into the petri dishes. The smallest concentration that inhibited pathogen growth in the petri dish was determined as the minimum inhibition concentration of the oils (Dönmez et al., 2020).

#### **Analysis of data**

The zone values obtained as a result of the antibacterial activity test were subjected to a one-way analysis of variance (ANOVA) in the SPSS (17.0) statistical package program. The values that were found to be significant were grouped at the probability level of P≤0.01 according to the Duncan's test. Depending on the differences in the major components and amounts of essential oils, a heat map was created using the "heat map.2" command in the "glots" library in the R package programme.

## **RESULTS AND DISCUSSION**

#### **Antibacterial activity assay**

All of the essential oils tested in the study showed antibacterial activity against Pst 76 and inhibited the growth of pathogens at different rates. As a result of statistical analysis, a significant difference (p≤0.01) was found between the zone values obtained due to the applications. It was determined that the application with the essential oil obtained from the *T. migricus* plant had the highest antibacterial activity (Table 2).

**Table 2.** Inhibition diameters formed by plant essential oils against Pst 76

Treatments (Essential oils)	Zone (Pathogen growth inhibition values;mm)
<i>Salvia hydrangea</i>	7.3±0.05 <sup>cd*</sup>
<i>Thymus migricus</i>	30.0±0.45 <sup>a</sup>
<i>Mentha longifolia</i>	16.0±0.36 <sup>b</sup>
<i>Achillea arabica</i>	10.3±0.15 <sup>bcd</sup>
<i>Artemisia absinthium</i>	4.0±0.34 <sup>de</sup>
Methylmicin (30 mg)	13.3±0.05 <sup>bc</sup>
Negative control	0.0±0.0 <sup>e</sup>

\*There is a statistical difference between the values shown with different letters in the same column (p≤0.01).

Considering the values in Table 2, it was observed that the highest antibacterial activity (30 mm) against Pst 76 was obtained from *T. migricus* essential oil and the lowest inhibition zone value (4 mm) was obtained from the application with *A. absinthium* essential oil. Except for the applications with *S. hydrangeae* and *A. absinthium* essential oils, all other applications suppressed pathogen growth at a higher rate than methylmicin antibiotic discs were determined.

#### **Minimum Inhibitory Concentrations (MIC)**

The minimum inhibitory concentrations of plant essential oils tested for antibacterial effect against Pst 76 were determined. The concentration values preventing the development of Pst 76 are presented in Table 3.

**Table 3.** MIC values formed by essential oils against Pst 76

<i>Pseudomonas syringae</i> pv. <i>tomato</i> strain 76 (mm)								
	1000	500	125	62.5	31.25	15.63	7.8	MIC (µl/ml)
<i>Salvia hydrangea</i>	0.8							1000
<i>Thymus migricus</i>	30.8	24.7	19.3	17.0	14.2	10.9		15.63
<i>Mentha longifolia</i>	16.9	11.2	9.3					125
<i>Achillea arabica</i>	10.4							1000
<i>Artemisia absinthium</i>	0.2							1000

\*MIC; Minimum inhibitory concentrations

Upon examining the values in Table 3, while the minimum inhibitory concentration at which *Thymus migricus* essential oil prevented the development of Pst 76 is 15.63 µl ml<sup>-1</sup>, this value was 125 µl ml<sup>-1</sup> in *Mentha longifolia* essential oil and 1000 µl ml<sup>-1</sup> in *Salvia hydrangea*, *Achillea arabica* and *Artemisia absinthium* essential oils. It was pointed out that the data from the agar disc diffusion test and the study's findings supported one another.

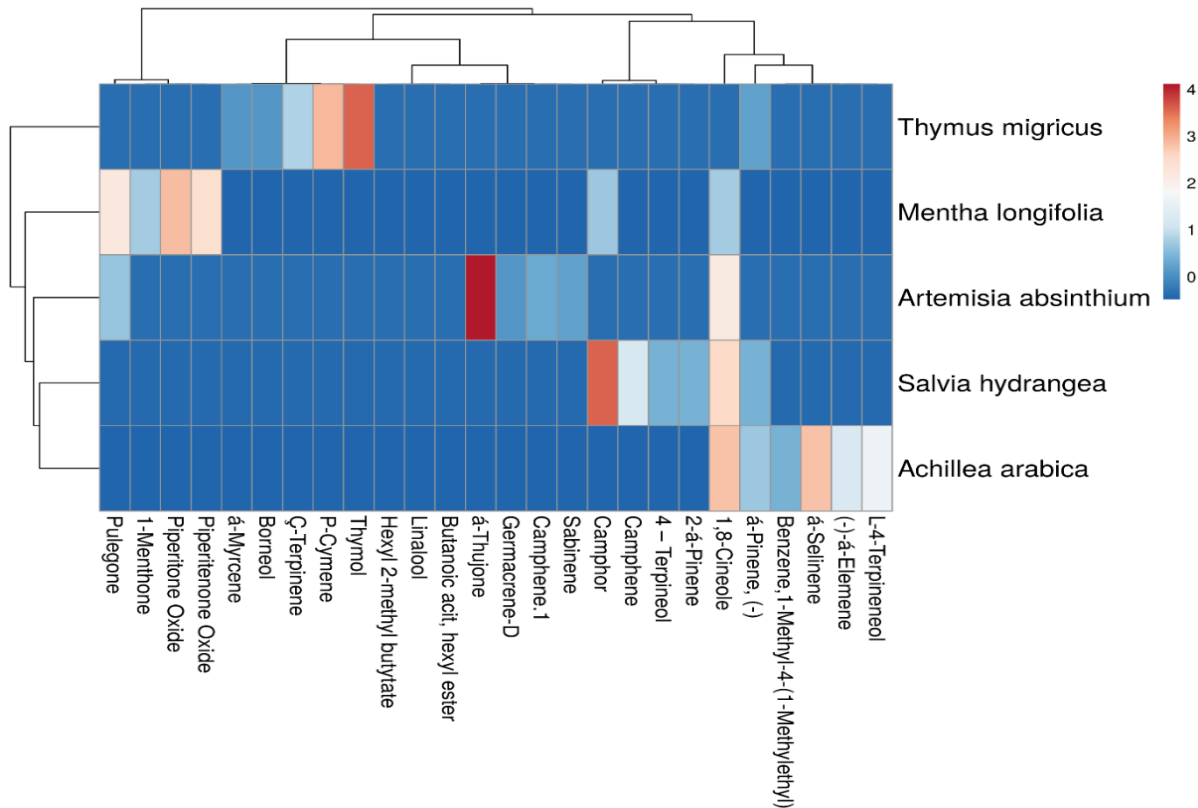


Figure 1. Heat map with classification of essential oils according to their main components

In order to visualise, clarify, cluster, and associate the parameters considered for the present study, we have constructed a heat-map. In this regard, essential oil compounds identified corresponding to the diverse plant species were used for the construction. Accordingly, two major clusters were observed for each dependent (essential oil compounds) and independent variables (plant species). Regarding plant species, *Thymus migricus* was clearly discriminated from other plant species. The other species were grouped into another major cluster. Concerning the compounds identified, two major clusters were also revealed. A clear clustering was not observed. The compounds of *Mentha longifolia* were separately grouped.

Upon examining the studies on the same species, it was observed that there were differences in the content and component amounts of essential oils. In our study, Camphene was found as the main component in *S. hydrangea* essential oil, however, in the study of Rustaiyan et al., (1997), it was observed that this component was not included in the essential oil of the same plant. In the study in which the chemical components of the essential oil obtained from the *T. migricus* plant were determined, thymol was determined as the main component in parallel with the results of this study (Başer et al., 2002). In another study, 1,8 cineole, ascaridol, isoascaridol and camphor were determined among the chemical components of essential oils of *Achillea* species collected from different cities in Türkiye (Toncer et al., 2010). It was determined that the

essential oil components of *Artemisia* species, which were determined to show a significant chemical variation within the species (Nguyen and Németh, 2016), could vary depending on the differences in environmental conditions (Bezić et al., 2003), and differ according to the soil composition and the countries where they were grown (Morteza-Semnani and Akbarzadeh, 2005).

Different studies have reported that the region where the plant grows (Sonbali et al., 2009), climate, altitude and soil characteristics (Senatore et al., 1997; Ebrahimi and Ranjbar, 2016) and hereditary characteristics of the plant (Sagnard et al., 2002) have a significant effect on the chemical components of essential oil. It has also been reported that harvest time, drying, extraction method and physiological factors cause variations in the components of essential oils (Figueiredo et al., 2008). Moreover, it was also reported that the yield and components of the essential oil changed depending on the development period and the collected part of the plant (Rahimmalek et al., 2009). In the study conducted by Loziene and Venskutonis (2005), it was reported that sudden changes in environmental factors affected essential oil components.

In this study, the essential oil obtained from *T. migricus* was found to have the highest antibacterial activity against Pst 76. In many studies conducted in the past years, it was demonstrated that essential oils had antimicrobial activity against plant pathogenic microorganisms that cause damage to the yield and quality of agricultural products (Radaellie et al., 2016). It has been determined that essential oils obtained from plants in the Lamiaceae family are rich in phenolic compounds responsible for significant herbicidal, insecticidal and antimicrobial activity (Mamadalieva et al., 2017; Kaya et al., 2018; Kachur et al., 2019; Bozkurt et al., 2020). It has been reported that Thymol, which gives thyme its scent, is a strong antibiotic (Akgül, 1993) and that thyme essential oil and its components cause cell membrane deterioration of some fungal and bacterial disease agents (da Silva et al., 2019; Liu et al., 2019; Churklam et al., 2020).

When the MIC values of essential oils were analysed, it was found that *T. migricus* was effective against Pst 76 at the lowest concentration. In a study, the effect of different essential oils and chemical compounds against Pst 76 was tested and it was reported that the oil obtained from thyme inhibited the growth of the pathogen at a concentration of 10%. (da Silva et al., 2014). Various studies have shown that the antimicrobial activity of essential oils may be due to their hydrophobic structure, which allows these compounds to easily penetrate microbial cells and cause changes in their structure and functionality (Lucas et al., 2012; Yong et al., 2015; da Silva et al., 2019). Furthermore, it has been revealed by the studies that the extraction technique of the essential oil, the amount of antimicrobial substance absorbed into the disc, the incubation time and temperature, the microorganism studied and the amount of inoculum lead to differences in the antimicrobial activity of the essential oil (Dorman and Deans 2000; Çopuroğlu, 2013; Turhan, 2015).


## CONCLUSION


The popularity of sustainability in agriculture in recent years has contributed to producers' awareness. So, the interest in alternative applications to the use of chemicals to control diseases that cause significant losses in the yield and quality of agricultural products has also increased. Considering the factors such as the fact that essential oils obtained from medicinal and aromatic plants do not have negative effects on human and environmental health, do not cause residues in agricultural products and are easy to obtain, many studies have shown that these oils can be used in the control of plant diseases. When the results obtained from the present study were evaluated, it was seen that the use of plant essential oils could be a highly effective method in the control of Pst 76. Various studies are revealing the antibacterial effect of these essential oils. However, there are significant differences in the antibacterial properties of the oils obtained from the plants collected from different localities. Therefore, it is important to investigate the components of essential oils and evaluate their antibacterial effect against pathogenic microorganisms. In this study, it was determined that the essential oils of *T. migricus* and *M. longifolia* had high antibacterial activity against Pst 76. Although promising results are obtained in this regard, the applicability of plant essential oils to tomato seeds, roots and green parts of the plant should also be tested in *in vivo* studies. In this respect, the results of the study will contribute to the development of antibacterial substances, which is an alternative method in the control of plant diseases and will constitute a step for future studies.

**Conflict of Interest Declaration:** The authors of the article declare that they do not have any conflict of interest.

**Researchers' Contribution Ratio Declaration Summary:** The authors declare that they have contributed equally to the article.

## YAZAR ORCID NUMARALARI

Mesude Figen DÖNMEZ  <https://orcid.org/0000-0002-7992-8252>

Işıl Temel  <https://orcid.org/0000-0001-5968-3609>

Esat Temtek  <https://orcid.org/0000-0002-0149-129X>

## KAYNAKLAR

- Akgül, A. 1993. Baharat bilimi ve teknolojisi. *Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları*, 15, 111-113.
- Balestra, G.M., Heydari, A., Ceccarelli, D., Ovidi, E. and Quattrucci, A. 2009. Antibacterial effect of *Allium sativum* and *Ficus carica* extracts on tomato bacterial pathogens. *Crop Protection*, 28, 807-811. doi.org/10.1016/j.cropro.2009.06.004
- Başer, H.C.K., Demirci, B., Kirimer, N., Satil, F. and Tümen, G. 2002. The essential oils of *Thymus migricus* and *T. fedtschenkoi* var. *handellii* from Turkey. *Flavour and Fragrance Journal*, 17(1), 41-45. doi.org/10.1002/ffj.1036
- Bezić, N., Skočibušić, M., Dunkić, V. and Radonić, A. 2003. Composition and antimicrobial activity of *Achillea clavennae* L. essential oil. *Phytotherapy Research: An International Journal Devoted to Pharmacological and Toxicological. Evaluation of Natural Product Derivatives*. 17(9), 1037-1040. doi.org/10.1002/ptr.1290
- Bozkurt, İ.A., Soylu, S., Kara, M. and Soylu, E.M. 2020. Chemical composition and antibacterial activity of essential oils isolated from medicinal plants against gall forming plant pathogenic bacterial disease agents. *KSU Journal of Agriculture and Nature*, 23(6), 1474-1482. doi.org/10.18016/ksutarimdoge.vi.723544
- Chacón-Hernández, J., Arredondo-Valdés, R., Reyes-Zepeda, F., Hernández-Castillo, F.D., Anguiano-Cabello, J.C., Heinz-Castro, R.T. and Mora-Ravelo, S.G. 2020. *In vitro* antibacterial activity of *Magnolia tamaulipana* against tomato phytopathogenic bacteria. *Plant Protection Science* 56, 268-274.
- Churklam, W., Chaturongakul, S., Ngamwongsatit, B. and Aunpad, R. 2020. The Mechanisms of action of carvacrol and its synergism with nisin against listeria monocytogenes on Sliced Bologna Sausage. *Food Control* 108, 106864. doi.org/10.1016/j.foodcont.2019.106864
- Çopuroğlu, Ö. 2013. Antimicrobial Activities of Some Endemic Plant Species from Niğde Region. Master's Thesis, Niğde University.
- da Silva, E.O.D., Samuel, J.M. and Eduardo, A. 2014. Essential oils for the control of bacterial speck in tomato crop. *African Journal of Agricultural Research* 9(34), 2624-2629. doi.org/10.5897/AJAR2014.8918
- da Silva, R.S., de Oliveira, M.M.G., de Melo, J.O., Blank, A.F., Corrêa, C.B., Scher, R. and Fernandes, R.P.M. 2019. Antimicrobial activity of *Lippia gracilis* essential oils on the plant pathogen *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* and their effect on membrane integrity. *Pesticide biochemistry and physiology* 160, 40-48. doi.org/10.1016/j.pestbp.2019.06.014
- Dönmez, M.F., Şahin, B.U., Bozhüyük, A.U., 2020. Satureja Türlerinden Elde Edilen Uçucu Yağ ve Ekstrelerinin Fasulyede Bakteriyel Patojenlere Karşı Antibakteriyel Etkisi. *Journal of Agriculture* 3(2), 57-70
- Dorman, H.J.D. and Deans, S.G. 2000. Antimicrobial agents from plants, antibacterial activity of plant volatile oils. *Journal of Applied Microbiology* 88(2), 308–316. doi.org/10.1046/j.1365-2672.2000.00969.x
- Ebrahimi, M. and Ranjbar, S. 2016. Essential oils of *Salvia hydrangea* DC. ex Benth. from Kiasar-Hezarjarib regions, Iran-impact of environmental factors as quality determinants. *Journal of Medicinal plants and By-product* 5(2), 159-167. doi.org/10.22092/jmpb.2016.109392
- Eriş, M. 2006. Determination of antibacterial potentials of essential oils and main constituents against bacterial disease agents of tomato. Master's Thesis, Mustafa Kemal University, Hatay.
- Erler, F. 2000. Investigations on the using potential of essential oil components the control of insects and mites. Dissertation, Akdeniz University, Türkiye.
- Farimaz, A., Horuz, S. and Aysan, Y. 2014. Çeşitli bitki aktivatörleri ve ticari gübrelere karpuz bakteriyel meyve lekeli hastalığına etkisi. *Türkiye Biyolojik Mücadele Dergisi* 5(1),31-38.
- Figueiredo, A.C., Barroso, J.G., Pedro, L.G. and Scheffer, J.J. 2008. Factors affecting secondary metabolite production in plants: volatile components and essential oils. *Flavour and Fragrance Journal* 23(4), 213-226. doi.org/10.1002/ffj.1875
- Ghavam, M., Manca, M.L., Manconi, M. and Bacchetta, G. 2020. Chemical composition and antimicrobial activity of essential oils obtained from leaves and flowers of *Salvia hydrangea* DC. ex Benth. *Scientific Reports* 10(1), 1-10. doi.org/10.1038/s41598-020-73193-y



- Granata, T., Alfa, M., Giuffrida, D., Rando, R. and Dugo, G. 2011. Contamination of the food products by lead, cadmium and copper in the area at risk of Gela (Sicily). *Epidemiologia e Prevenzione* 35(2), 94-100.
- Kachur, K. and Suntres, Z. 2019. The antibacterial properties of phenolic isomers, carvacrol and thymol. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 60(18), 3042-3053. doi.org/10.1080/10408398.2019.1675585
- Kaya, K., Sertkaya, E., Üremiş, İ. and Soylu, S. 2018. Determination of chemical composition and fumigant insecticidal activities of essential oils of some medicinal plants against the adults of cowpea weevil, *Callosobruchus maculatus*. *KSU Journal of Agriculture and Nature* 21(5), 708-714. doi.org/10.18016/ksudobil.386176
- Kokoskova, B., Pavela, R. and Pouvova, D. 2011. Effectiveness of plant essential oils against *Erwinia amylovora*, *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* and associated saprophytic bacteria on/in host plants. *Journal of Plant Pathology* 93(1), 133-139. doi.org/10.1400/169633
- Liu, Q.C., Qiao, K. and Zhang, S.A. 2019. Potential of a small molecule carvacrol in management of vegetable diseases. *Molecules* 24(10), 1932. doi.org/10.3390/molecules24101932
- Loziene, K. and Venskutonis, P.R. 2005. Influence of environmental and genetic factors on the stability of essential oil composition of *Thymus pulegioides*. *Biochemical Systematics and Ecology* 33(5), 517-525.
- Lucas, G.C., Alves, E., Pereira, R.B., Perina, F.J. and de Souza, R.M. 2012. Antibacterial activity of essential oils on *Xanthomonas vesicatoria* and control of bacterial spot in tomato. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 47(39), 351-359. doi.org/10.1590/S0100-204X2012000300006
- Mamadaliyeva, N.Z., Akramov, D.K., Ovidi, E., Tiezzi, A., Nahar, L., Azimova, S.S. and Sarker, S.D. 2017. Aromatic medicinal plants of the Lamiaceae family from Uzbekistan: Ethnopharmacology, essential oils composition, and biological activities. *Medicines (Basel)* 4(1), 8. doi.org/10.3390/medicines4010008
- Mengulluoglu, M. and Soylu, S. 2012. Antibacterial activities of essential oils extracted from medicinal plants against seedborne bacterial disease agent, *Acidovorax avenae* subsp. *citrulli*. *Research on Crops* 13(2), 641-646.
- McCarter, S.M., Jones, J.B., Gitaitis, R.D. and Smitley, D.R. 1983. Survival of *Pseudomonas syringae* pv. *tomato* in association with tomato seed, soil, host tissue and epiphytic weed hosts in Georgia. *Phytopathology* 73(10), 1393-1398.
- Morteza-Semnani, K. and Akbarzadeh, M. 2005. Essential oils composition of Iranian *Artemisia absinthium* L. and *Artemisia scoparia* Waldst. et Kit. *Journal of Essential Oil Research* 17(3), 321-322. doi.org/10.1080/10412905.2005.9698918
- Nazzaro, F., Fratianni, F., Coppola, R. and Feo, V.D. 2017. Essential oils and antifungal activity. *Pharmaceuticals* 1, 86.
- Nguyen, H.T. and Németh, Z.É. 2016. Sources of variability of wormwood (*Artemisia absinthium* L.) essential oil. *Journal Of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants* 3(4), 143-150. doi.org/10.1016/j.jarmap.2016.07.005
- Radaelli, M., Silva, B.P.D., Weidlich, L., Hoehne, L., Flach, A., Costa, L.A.M.A.D. and Ethur, E.M. 2016. Antimicrobial activities of six essential oils commonly used as condiments in Brazil against *Clostridium perfringens*. *Brazilian Journal Of Microbiology* 47, 424-430. doi.org/10.1016/j.bjm.2015.10.001
- Rahimmalek, M., Tabatabaei, B.E.S., Etemadi, N., Goli, S.A.H., Arzani, A. And Zeinali, H. 2009. Essential oil variation among and within six *Achillea* species transferred from different ecological regions in Iran to the field conditions. *Industrial Crops and Products* 29(2-3), 348-355. doi.org/10.1016/j.indcrop.2008.07.001
- Regassa, D., Tigre, W. and Shiferaw, A. 2016. Tomato (*Lycopersicon esculentum* mill.) varieties evaluation in Borana zone, Yabello district, southern Ethiopia. *Journal of Plant Breeding and Crop Science* 8(10), 206–210. <http://doi.org/10.5897/JPBCS2015.0543>
- Rustaiyan, A., Masoudi, S. and Jassbi, A.R. 1997. Essential Oil of *Salvia hydrangea* DC. ex Benth. *Journal of Essential Oil Research* 9(5), 599-600. doi.org/10.1080/10412905.1997.9700787
- Sagnard, F., Barberot, C. and Fady, B. 2002. Structure of genetic diversity in *Abies alba* Mill. from southwestern Alps: multivariate analysis of adaptive and non-adaptive traits for conservation in France. *Forest Ecology and Management* 157(1-3), 175-189. doi.org/10.1016/S0378-1127(00)00664-2
- Senatore, F., De Fusco, R. and De Feo, V. 1997. Essential oils from *Salvia* spp. (Lamiaceae). I. Chemical composition of the essential oils from *Salvia glutinosa* L. growing wild in Southern Italy. *Journal of Essential Oil Research* 9(2), 151-157. doi.org/10.1080/10412905.1997.9699452
- Sonboli, A., Kanani, M.R., Yousefzadi, M. and Mojarad, M. 2009. Chemical composition and antibacterial activity of the essential oil of *Salvia hydrangea* from two localities of Iran. *Journal of Medicinal Plants* 8(30), 20-172.

- Temel, I., Dönmez, M. F., and Temtek, E. (2023). Control of bacterial cancer and wilt agent *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis* using different plant essential oils. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 26(4), 814-829.
- Temtek, E. 2021. Control of *Acidovorax citrulli* caused bacterial fruit blotch disease on melon by some plant essential oils *in vitro* conditions. Master's Thesis, Iğdır University, Turkey.
- Toncer, O., Basbag, S., Karaman, S., Diraz, E. and Basbag, M. 2010. Chemical composition of the essential oils of some *Achillea* species growing wild in Turkey. *International Journal of Agriculture and Biology* 12(4), 527-530.
- Turhan, D. 2015. Investigation of the antimicrobial effect of some essential oils against *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli*. Master's Thesis, İstanbul Teknik University, Turkey.
- Umarusman, M.A. 2018. Investigation of the antibacterial effects of different plant extracts against pea bacterial leaf blight disease caused by *Pseudomonas syringae* pv. *pisi*. Master's Thesis, Çukurova University, Turkey.
- Uppalapati, S.R., Ishiga, Y., Wangdi, T., Urbanczyk-Wochniak, E., Ishiga, T., Mysore, K.S. and Bender, C.L. 2008. Pathogenicity of *Pseudomonas syringae* pv. *tomato* on tomato seedlings: phenotypic and gene expression analyses of the virulence function of coronatine. *Molecular Plant-Microbe* 21, 383-395.
- Xin, X.F. and He, S.Y. 2013. *Pseudomonas syringae* pv. *tomato* DC3000: a model pathogen for probing disease susceptibility and hormone signaling in plants. *Annual review of phytopathology* 51, 473-498.
- Yong, A.L., Ooh, K.F., Ong, H.C., Chai, T.T. and Wong, F.C. 2015. Investigation of antibacterial mechanism and identification of bacterial protein targets mediated by antibacterial medicinal plant extracts. *Food Chemistry* 186,32-36. doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.11.103

**Şeytan Elması (*Datura stramonium* L.) ve Sirken (*Chenopodium album* L.) Etanol Ekstraktlarının Bitki Patojeni (*Macrophomina phaseolina* ve *Rhizoctonia solani*) Fungusları Üzerine Allelopatik Etkileri**

Ayhan TAŞTAN<sup>1</sup> , Enes FİDAN<sup>1\*</sup> , İlhan KAYA TEKBUDAK<sup>1</sup> 

<sup>1</sup>Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri, Bitki Koruma Bölümü, Van

\*Sorumlu Yazar: [enesfidan@yyu.edu.tr](mailto:enesfidan@yyu.edu.tr)

Geliş Tarihi: 31.01.2024 Düzeltme Geliş Tarihi: 25.03.2024 Kabul Tarihi: 26.03.2024

**ÖZ**

Bu çalışmada şeytan elması (*Datura stramonium* L.) ve sirken (*Chenopodium album* L.)'den elde edilen etanol ekstraktlarının toprak kökenli bitki patojeni olan *Macrophomina phaseolina* ve *Rhizoctonia solani* AG3 fungusları üzerine etkileri araştırılmıştır. Bu patojenlerin mücadelesinde bitki koruma ürünlerine alternatif olabilecek bitkilerde sentezlenen doğal bileşikler ile insan ve çevreye duyarlı yöntemlerin geliştirilmesi amaçlanmıştır. Çalışmalar tesadüf parselleri deneme desenine göre beş tekrarlı olarak Patates dekstroz agar (PDA) besisi ortamında 9 cm'lik petri kaplarında in vitro koşullarda yürütülmüştür. Negatif kontrol için Captan 50 içerikli fungusit, pozitif kontrol için ise saf su kullanılmıştır. Toplanan şeytan elması ve sirken bitkilerinden elde edilen etanol ekstraktları %2, 4, 8, 16 ve 32 konsantrasyonlarında uygulanmıştır. Söz konusu test patojenlerinin ekimi gerçekleştirilmiş ve 24±1°C'ye ayarlı inkübatörlere gelişim için bırakılmıştır. Yedinci günün sonunda bu uygulamaların miseliyal gelişimleri ölçülerek değerlendirilmeye alınmıştır. Bu değerlendirmelere göre, şeytan elması ve sirkenden elde edilen etanol ekstraktlarının her iki patojenin gelişimini olumsuz etkilediği gözlenmiştir. Özellikle %8 üzerindeki etanol dozlarının her iki test patojeninde gelişimi tamamen engellediği tespit edilmiştir. Sonuç olarak, şeytan elması ve sirkenin etanol ekstraktlarının *M. phaseolina* ve *R. solani* AG3 etmenlerine karşı kimyasal ilaçlara alternatif olabilmeleri açısından ümitvar olduğu düşünülmektedir.

**Anahtar kelimeler:** Allelopati, *Datura stramonium* L., *Chenopodium album* L., bitki ekstraktları, fitopatojen fungus.

**Allelopathic Effect Of Jimson Weed (*Datura stramonium* L.) and Lamb's Quarters (*Chenopodium album* L.) Ethanol Extracts On Some Plant Pathogen (*Macrophomina phaseolina* and *Rhizoctonia solani*) Fungi**

**ABSTRACT**

In this study were investigated the effects of ethanol extracts from jimson weed (*Datura stramonium* L.) and lamb's quarters (*Chenopodium album* L.) on soilborne plant pathogens *Macrophomina phaseolina* and *Rhizoctonia solani* AG3. It is aimed to develop methods that are sensitive to humans and the environment with natural compounds synthesized in plants that can be an alternative to pesticides in the control against these pathogens. The studies were conducted in vitro conditions in 9 cm petri dishes on Potato dextrose agar (PDA) medium, with five replicates, according to the randomized plot design. While Captan 50 fungicide was used for negative control, pure water was applied for positive control. Ethanol extracts obtained from jimson weed and lamb's quarters plants were used at concentrations of 2, 4, 8, 16 and 32%. These test pathogens were placed in incubators set at 24±1°C for growth. The mycelial development of these applications was measured and evaluated at the end of the seventh day. According to these evaluations, it was observed that ethanol extracts obtained from jimson weed and lamb's quarters negatively affected the development of both pathogens. In particular, ethanol doses above 8% were found to completely inhibit the growth of both test pathogens.

Therefore, it is thought that there is potential for ethanol extracts of jimson weed and lamb's quarters to replace pesticides in the control of *M. phaseolina* and *R. solani* AG3.

**Key words:** Allelopathy, *Datura stramonium* L., *Chenopodium album* L., phytopathogenic fungus, plant extract.

## GİRİŞ

Bitkiler hayatları boyunca kalite ve verim kayıplarına neden olabilecek ve küresel gıda güvenliğini tehdit edebilecek hastalık, zararlı ve yabancı otlara maruz kalmaktadır (Strange ve Scott, 2005; Oerke, 2006). Her yıl dünya çapında tarım ürünlerinde hastalık, zararlı ve yabancı otların sebep olduğu kayıpların %31-42 arasında olduğu tahmin edilmektedir. Bu kayıpların %14,1'i hastalıklardan, %12,2'sinin yabancı otlardan, %10,2'sinin ise zararlılardan kaynaklandığı düşünülmektedir (Agrios, 2005). Bitki hastalıklarını kontrol altına almak için çeşitli yöntemler ve stratejiler kullanılmaktadır (Ghorbanpour ve ark., 2018). Yaygın olarak kullanılan yöntemlerin başında kimyasal mücadele yöntemi gelmektedir. Kimyasal mücadelede kullanılan bitki koruma ürünleri bitkilerde bulunan hastalıkların neden olduğu verim kayıplarının önlenmesinde önemli bir yere sahiptir. Son yıllarda artan bitki koruma ürünlerinin insan sağlığı üzerine yarattığı ciddi sorunların yanı sıra çevre üzerine de olumsuz etkileri bilinmektedir. Bu ürünler sadece hedef organizmaları değil aynı zamanda toprak, yeraltı ve yüzey suları da dahil olmak üzere tüm çevreyi olumsuz etkilemektedir (Taha vd., 2014; Nsibandze ve Forbes, 2016 ; Durant, 2019). Kimyasal mücadele sonucunda meydana gelen bu tür olumsuzluklar ve diğer mücadele yöntemlerinin etkin bir şekilde kullanılmamasından kaynaklı alternatif mücadele yöntemlerinin geliştirilmesi bir zorunluluk haline gelmiştir. Bu amaçla araştırmacılar insan ve çevre dostu, kalıntı problemi olmayan ve kolay bir şekilde elde edilebilen antimikrobiyal aktiviteye sahip bitkilerden elde edilen ekstraktların kullanımına başvurmuştur. Böylece hatalı uygulamalar nedeniyle kaybedilen doğal dengenin yeniden sağlanması, toprağın korunması, bitki direncinin artırılması ve sadece verimin değil, ürünün kalitesinin de iyileştirilmesi amaçlanmaktadır (Yavuz, 2010). Doğada bulunan bazı bitkilerin çeşitli bitkiler üzerinde değil aynı zamanda fungus, bakteri ve omurgalılar üzerinde de zararlı etkileri olduğu bilinmektedir. Bu olay ilk kez 1937'de "Molish" tarafından allelopati olarak isimlendirilmiş ve şu şekilde açıklanmıştır: bir bitkinin başka bir bitkinin çimlenmesi, büyümesi veya gelişmesi üzerindeki engelleyici etkisi şeklinde ifade edilmiştir (Molish, 1937). Günümüzde allelopati kavramı daha geniş bir bağlamda tartışılmakta ve bitkilerin bitkiler üzerindeki etkilerinin yanı sıra patojen salgınlarına karşı antifungal etkilerinin de olduğu ve organik tarımın amaçları arasında yer aldığı ileri sürülmektedir (Yavuz, 2010; Sivrikaya ve ark., 2021).

Floradaki bazı bitkilerin fungus, bakteri ve omurgalılar üzerinde olumsuz etkileri olduğu bilinmektedir (Yavuz, 2010). Sağlıklı bitki dokularının birçok antifungal kimyasal madde (fenolik asit, tanen, kumarin, amino asit, asetilen, lakton, tropolon, kinon ve benzoksazolinon) içerdiği rapor edilmiştir. Bu kimyasal maddelerin bitkilerde meydana gelen bazı hastalıkları baskıladığı gözlenmiştir (Fawcett ve Spencer, 1970; Çakar ve ark., 2021). Antifungal kimyasal madde içeren bitkiler içerisinde şeytan elması (*Datura stramonium* L.) ve sirken (*Chenopodium album* L.) bitkileri de yer almaktadır.

Solanaceae familyasına ait olan şeytan elmasının özellikle tohum ve çiçeklerinde hiyosiyamin, skopolamin ve atropin gibi tropan alkaloidleri bulunur. Ayrıca şeytan elmasının halüsinojen aktivitesinin yanı sıra antimikrobiyal aktiviteye de sahip olduğu rapor edilmiştir (Rajesh ve Sharma, 2002; Kaushik ve Goyal, 2008; Yorulmaz ve Özkan, 2020). Halk arasında kazayağigiller familyası olarak bilinen Chenopodiaceae familyasının birçok türünün, farklı bitki kısımlarından fitotoksik, antifungal ve genotoksik bileşikler ürettiği bilinmektedir. Bu familya içerisinde bulunan sirken (*Chenopodium album* L.) bitkisinin de önemli antimikrobiyal etkisinin olduğu belirtilmektedir. (Davis, 1970; Gadano ve ark., 2006).

Son zamanlarda kullanılan bitki koruma ürünlerinin doğal ekosisteme verdiği zararlar düşünüldüğünde hastalık ve zararlıların mücadelesinde alternatif mücadele yöntemlerin geliştirilmesine ihtiyaç duyulmuştur. Bu amaçla yapılan çalışmada bitki patojeni (*Macrophomina phaseolina* ve *Rhizoctonia solani* AG3) funguslarının mücadelesinde şeytan elması ve sirken bitkilerinden elde edilen etanol ekstraktlarının etkileri araştırılmıştır.

## MATERYAL ve METOT

### Materyal

Çalışmada kullanılan Şeytan elması (*Datura stramonium* L.) ve Sirken (*Chenopodium album* L.) bitkileri 2023 yılında Van'da toplanmıştır. Bu bitkilerden elde edilen bitki ekstraktları *Macrophomina phaseolina* ve *Rhizoctonia solani* AG-3 bitki patojeni funguslarına karşı kullanılmıştır. Söz konusu patojen funguslar Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü Mikoloji Laboratuvarı stoklarından temin

edilmiştir. Denemeler in vitro koşullarda Bitki Koruma Bölümü Herboloji ve Mikoloji laboratuvarlarında yürütülmüştür.

## Yöntem

### **Ekstraktların Elde Edilmesi**

Toplanan bitkiler önce saf suyla yıkanmış ardından oda sıcaklığında ( $\pm 24^{\circ}\text{C}$ ) kurumaya bırakılmıştır. Kuruyan bitki materyalleri öğütücü yardımıyla öğütülmüş, elde edilen materyal elekten geçirilerek ekstrakt yapımında kullanılmıştır.

Oda sıcaklığında kurutulup toz haline getirilen bitkilerden, 320 gram alındıktan sonra 1000 ml etanolle karıştırılarak oda sıcaklığında orbital çalkalayıcıda 24 saat boyunca karıştırılmıştır. Elde edilen karışım 2 katlı steril tülbenkten geçirilerek 5000 devirde 10 dakika santrifüj edilip filtre kağıdından geçirilmiştir (Türküsay ve Onoğur, 1998; Yavuz, 2010; Al-Malki, 2014). Bu karışımın içinde bulunan etanol rotary evaporatör yardımıyla ( $40^{\circ}\text{C}$ 'de) uzaklaştırıldıktan sonra kalan ekstrakt kullanılıncaya kadar  $+4^{\circ}\text{C}$ 'de muhafaza edilmiştir. Hazırlanan bu ekstraktlar 24 saat içinde kullanılmıştır.

### **Ekstraktların Patojenlere Uygulanması**

Çalışmada kullanılan funguslar PDA (patates dekstroz agar) içeren petri kaplarına aktarılarak inkübatörde  $24\pm 1^{\circ}\text{C}$ 'de 7 gün boyunca gelişmeleri sağlandıktan sonra kullanılmıştır. Fungus uygulamalarında beş doz (%2, %4, %8, %16 ve %32) ve iki kontrol olmak üzere toplam yedi uygulama yapılmıştır. Kontrollerde pozitif kontrolde saf su, negatif kontrolde ise Captan 50 (WP Stauffer) fungusiti kullanılmıştır.  $121^{\circ}\text{C}$ 'de otoklavlanmış PDA ortamları istenilen sıcaklığa düşünce hazırlanan ekstraktlar bu ortama eklenerek manyetik karıştırıcıda karıştırıldıktan sonra petrilere aktarılmıştır. Besi ortamları fungus ekimi için hazır hale geldikten sonra genç fungus kültürlerinden 5 mm'lik mantar delici (cork borer) disk yardımıyla petri ortamlarına aktarımı yapılmıştır. Negatif kontrol olarak kullanılan Captan 50 ise 3 g/l olacak şekilde otoklavlanmış PDA ortamının sıcaklığı  $60-70^{\circ}\text{C}$ 'ye düştüğünde eklenip manyetik karıştırıcıda karıştırılarak 15 ml olacak şekilde petrilere dökülmüş ve fungusların ekimi yapılmıştır. Petriler 7 gün boyunca  $24\pm 1^{\circ}\text{C}$ 'de inkübasyona bırakılmış ve süre sonunda disklerin çevresinde oluşan inhibisyon zonu çapının en geniş ve en dar çap alanları dikkate alınarak (ölçümler sırasında fungusların en uzun ve kısa radyal gelişmeleri) cetvel yardımıyla ölçülmüş ve bu ölçümlerin ortalaması alınarak gerçek zonu çapı belirlenmiştir (Al-Malki, 2014).

### **İstatistiksel Analizler**

Denemeden elde edilen verilerin analizleri SPSS istatistik paket programı kullanılarak yapılmıştır. Ortalamaların karşılaştırılması ise "Duncan çoklu karşılaştırma testi" ile belirlenmiştir (Düzgüneş vd., 1987; SPSS, 2021).

## BULGULAR ve TARTIŞMA

### **Şeytan elması etanol ekstraktlarının *Macrophomina phaseolina* ve *Rhizoctonia solani* AG-3 Patojenlerine Etkileri**

Şeytan elmasından elde edilen farklı etanol dozlarının *Macrophomina phaseolina* ve *Rhizoctonia solani* AG-3 patojenleri üzerindeki etkileri Çizelge 1 ve Şekil 1'de verilmiştir.

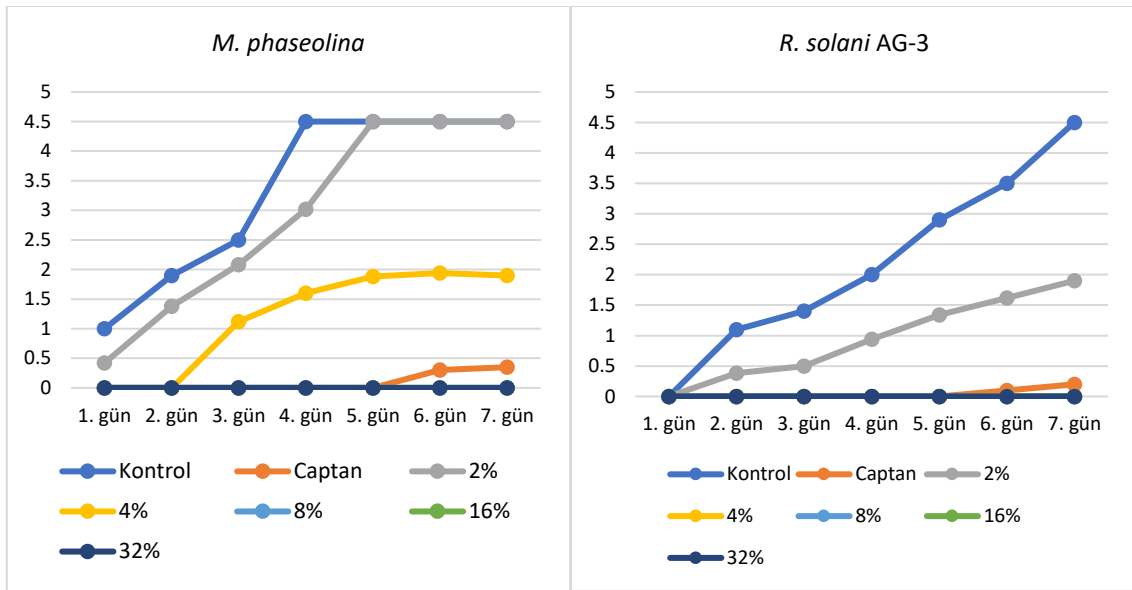
Farklı konsantrasyonlarda şeytan elmasından elde edilen etanol ekstraktlarının *M. phaseolina* ve *R. solani* AG-3 etmenleri üzerindeki etkileri uygulamalar arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $P \leq 0.01$ ). Şeytan elmasından elde edilen etanol ekstraktlarının doz uygulama gruplarında *R. solani* AG-3 etmeni üzerinde %4, %8, %16 ve %32; *M. phaseolina* etmeni üzerinde ise %8, %16 ve %32'lik konsantrasyonlarda hiç gelişim göstermediği tespit edilmiştir. Şeytan elmasının %2'lik dozu *R. solani* AG-3 ve %4'lük dozu ise *M. phaseolina* etmeni üzerinde kısmen etkili olmuştur.

Çizelge 1. Şeytan elması etanol ekstraktının *Macrophomina phaseolina* ve *Rhizoctonia solani* AG-3 patojenlerine etkileri.

Hastalık	Uygulamalar	1. gün $\bar{x} \pm SH$	2. gün $\bar{x} \pm SH$	3. gün $\bar{x} \pm SH$	4. gün $\bar{x} \pm SH$	5. gün $\bar{x} \pm SH$	6. gün $\bar{x} \pm SH$	7. gün $\bar{x} \pm SH$
<i>Macrophomina phaseolina</i>	K	1.00±0.00a	1.90±0.00a	2.50±0.00	4.50±0.00a	4.50±0.00a	4.50±0.00a	4.50±0.00a
	Captan 50	0.00±0.00c	0.00±0.00c	0.00±0.00c	0.00±0.00c	0.00±0.00c	0.30±0.00c	0.35±0.00c
	%2	0.42±0.03b	1.38±0.11b	2.08±0.07	3.02±0.09b	4.50±0.00a	4.50±0.00a	4.50±0.00a
	%4	0.00±0.00c	0.00±0.00c	1.12±0.13	1.60±0.10c	1.88±0.08b	1.94±0.04b	1.90±0.10b
	%8	0.00±0.00c	0.00±0.00c	0.00±0.00	0.00±0.00d	0.00±0.00d	0.00±0.00d	0.00±0.00d
	%16	0.00±0.00c	0.00±0.00c	0.00±0.00	0.00±0.00d	0.00±0.00d	0.00±0.00d	0.00±0.00d
	%32	0.00±0.00c	0.00±0.00c	0.00±0.00	0.00±0.00d	0.00±0.00d	0.00±0.00d	0.00±0.00d
<i>Rhizoctonia solani</i> AG-3	K	0.00±0.00	1.10±0.00a	1.40±0.00a	2.00±0.00a	2.90±0.00a	3.50±0.00a	4.50±0.00a
	Captan 50	0.00±0.00	0.00±0.00c	0.00±0.00c	0.00±0.00c	0.00±0.00c	0.10±0.00c	0.20±0.00c
	%2	0.00±0.00	0.38±0.02b	0.50±0.00b	0.94±0.06b	1.34±0.05b	1.62±0.05b	1.90±0.06b
	%4	0.00±0.00	0.00±0.00c	0.00±0.00c	0.00±0.00c	0.00±0.00d	0.00±0.00d	0.00±0.00d
	%8	0.00±0.00	0.00±0.00c	0.00±0.00c	0.00±0.00c	0.00±0.00d	0.00±0.00d	0.00±0.00d
	%16	0.00±0.00	0.00±0.00c	0.00±0.00c	0.00±0.00c	0.00±0.00d	0.00±0.00d	0.00±0.00d
	%32	0.00±0.00	0.00±0.00c	0.00±0.00c	0.00±0.00c	0.00±0.00d	0.00±0.00d	0.00±0.00d

a, b, c : Aynı sütunda farklı harf ile gösterilen ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ( $p < 0.01$ ).

$\bar{x}$ : Ortalama, SH: Standart hata



Şekil 1. Şeytan etanol ekstraktının *Macrophomina phaseolina* ve *Rhizoctonia solani* AG-3 patojenlerine etkileri.

Farklı *Datura* türlerinin yapraklarından elde edilen farklı su ekstraktları dozlarının *R. solani* AG-3, *Fusarium oxysporum* f.sp. *udum* ve *A. solani* funguslarının gelişimini azaltmada etkili olduğu bildirilmiştir (Jalander ve Gachande, 2012; Karakeçili, 2019). Şeytan elmasından elde edilen metanol özütünün *R. solani* patojen gelişimini olumsuz etkilediği rapor edilmiştir (Shivpuri ve ark., 1997). Yapılan bu çalışmaya benzer olarak araştırmacılar *Datura* türlerinin farklı patojenik funguslara karşı antifungal etki gösterdiğini bildirmişlerdir (Hussain ve ark., 1992; Shahnaz ve ark., 2010; Shinde ve Dhale, 2011).

#### Sirkent etanol ekstraktlarının *Macrophomina phaseolina* ve *Rhizoctonia solani* AG-3 Patojenine Etkileri

Sirkenden elde edilen farklı etanol dozlarının *Macrophomina phaseolina* ve *Rhizoctonia solani* AG-3 patojenleri üzerindeki etkileri Çizelge 2 ve Şekil 2'de verilmiştir.

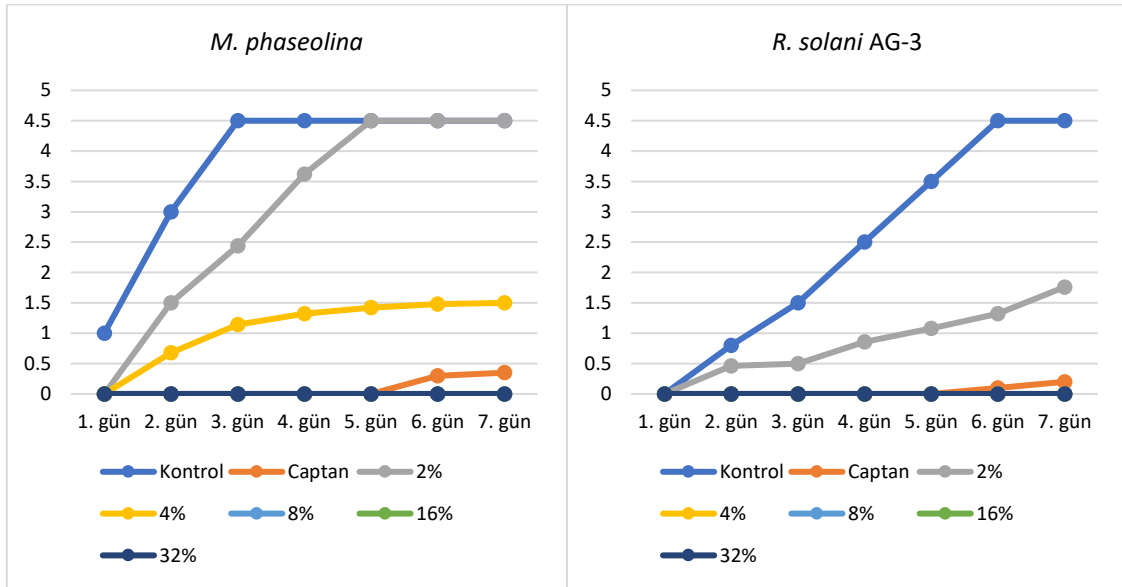
Çizelge 2. Sirken etanol ekstraktının *Macrophomina phaseolina* ve *Rhizoctonia solani* AG-3 patojenlerine etkileri.

Hastalık	Uygulamalar	1. gün $\bar{x}\pm SH$	2. gün $\bar{x}\pm SH$	3. gün $\bar{x}\pm SH$	4. gün $\bar{x}\pm SH$	5. gün $\bar{x}\pm SH$	6. gün $\bar{x}\pm SH$	7. gün $\bar{x}\pm SH$
<i>Macrophomina phaseolina</i>	K	1.00±0.00	3.00±0.00a	4.50±0.00a	4.50±0.00a	4.50±0.00a	4.50±0.00a	4.50±0.00a
	Captan 50	0.00±0.00	0.00±0.00c	0.00±0.00c	0.00±0.00c	0.00±0.00c	0.30±0.00c	0.35±0.00c
	%2	0.00±0.00	1.50±0.03b	2.44±0.04b	3.62±0.07b	4.50±0.00a	4.50±0.00a	4.50±0.00a
	%4	0.00±0.00	0.68±0.03c	1.14±0.04c	1.32±0.09c	1.42±0.03b	1.48±0.02b	1.50±0.00b
	%8	0.00±0.00	0.00±0.00d	0.00±0.00d	0.00±0.00d	0.00±0.00c	0.00±0.00d	0.00±0.00d
	%16	0.00±0.00	0.00±0.00d	0.00±0.00d	0.00±0.00d	0.00±0.00c	0.00±0.00d	0.00±0.00d
	%32	0.00±0.00	0.00±0.00d	0.00±0.00d	0.00±0.00d	0.00±0.00c	0.00±0.00d	0.00±0.00d
<i>Rhizoctonia solani</i> AG-3	K	0.00±0.00	0.80±0.00a	1.50±0.00a	2.50±0.00a	3.50±0.00a	4.50±0.00a	4.50±0.00a
	Captan 50	0.00±0.00	0.00±0.00c	0.00±0.00c	0.00±0.00c	0.00±0.00c	0.10±0.00c	0.20±0.00c
	%2	0.00±0.00	0.46±0.02b	0.50±0.00b	0.86±0.05b	1.08±0.03b	1.32±0.03b	1.76±0.04b
	%4	0.00±0.00	0.00±0.00c	0.00±0.00c	0.00±0.00c	0.00±0.00c	0.00±0.00c	0.00±0.00c
	%8	0.00±0.00	0.00±0.00c	0.00±0.00c	0.00±0.00c	0.00±0.00c	0.00±0.00c	0.00±0.00c
	%16	0.00±0.00	0.00±0.00c	0.00±0.00c	0.00±0.00c	0.0±0.00c	0.00±0.00c	0.00±0.00c
	%32	0.00±0.00	0.00±0.00c	0.00±0.00c	0.00±0.00c	0.0±0.00c	0.00±0.00c	0.00±0.00c

a, b, c : Aynı sütunda farklı harf ile gösterilen ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir (p<0.01).

$\bar{x}$ : Ortalama, SH: Standart hata

Farklı dozlarda sirkenen elde edilen etanol ekstraktlarının *Macrophomina phaseolina* ve *Rhizoctonia solani* AG-3 etmeni üzerindeki etkileri uygulamalar arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (P<0.01). Sirkenen elde edilen etanol ekstraktlarının doz uygulama gruplarında *M. phaseolina* etmeni üzerinde %8, %16 ve %32; *R. solani* AG-3 etmeni üzerinde ise %4, %8, %16 ve %32'lik konsantrasyonlarda hiç gelişim göstermediği gözlenmiştir. Sirkenin %2'lik dozunda *R. solani* AG-3 ve %4'lük dozunda ise *M. phaseolina* etmeni üzerinde kısmen etkili olduğu görülmüştür.



Şekil 2. Sirken etanol ekstraktlarının *Macrophomina phaseolina* ve *Rhizoctonia solani* AG-3 patojenlerine etkileri.

Javaid ve Amin (2009) tarafından yapılan çalışmada, üç farklı *Chenopodium* türünün (*C. album*, *C. murale* ve *C. ambrosioides*) farklı kısımlarından elde edilen metanol ekstraktlarının *M. phaseolina*'nın gelişimini önemli ölçüde baskıladığı bildirilmiştir. Sherazi ve ark. (2016), nohut yanıklığına neden olan *Ascochyta rabiei*'ye karşı *C. album*'un yaprak ekstraktının önemli bir antifungal aktivitesinin olduğunu rapor etmişlerdir. *C. album*'un kök ve yaprak su ekstraktlarının farklı patojenik funguslara karşı misel gelişimini önemli ölçüde engellediği anlaşılmıştır (Alkoorane ve ark., 2020). Yapılan bir çalışmada, *C. album*'un metanolik kök ekstraktının


*Sclerotium rolfsii*'ye karşı antifungal etki gösterdiği ve bu etkinin çeşitli yağ asidi metil esterleri ve 1.2-benzendikarboksilik asit ve mono(2-etilheksil) esterden kaynaklanabileceği bildirilmiştir (Ali ve ark., 2017).

Yüksek bitkilerde antifungal bileşiklerin varlığı uzun zamandır hastalık direncinde önemli bir faktör olarak kabul edilmektedir. Biyolojik olarak parçalanabilen ve toksisite açısından seçici olan bu tür bileşiklerin bazı bitki hastalıklarının kontrolünde kullanılabileceği düşünülmektedir (Mahadevan, 1982; Singh ve Dwivedi, 1987; Mohana ve ark., 2011; Matias ve ark., 2020). Bitki ekstraktlarının, fungusitlere benzer şekilde hedef organizmalar üzerinde spesifik bir etki şekline sahip olduğu belirtilmektedir. Bitkilerden elde edilen özütlerin etki mekanizması kimi zaman etkili maddenin çeşidine, kimi zaman da hedef organizmaya göre farklı olabilmektedir. Bitki özütlerinin etkinliği kültür bitkilerinde dayanıklılığı teşvik etme veya patojen etmeni üzerinde direkt olarak toksik etki şeklinde olduğu rapor edilmiştir (Schmitt, 1996).


## SONUÇ ve ÖNERİLER

Yürütülen bu çalışmada şeytan elması (*Datura stramonium* L.) ve sirken (*Chenopodium album* L.) bitkilerinden elde edilen etanol ekstraktlarının bitki patojeni olan *Macrophomina phaseolina* ve *Rhizoctonia solani* AG3 funguslarına karşı etkili sonuçlar verdiği tespit edilmiştir. Şeytan elması ve sirken ekstraktlarından elde edilen %4, %8, %16 ve %32 etanol konsantrasyonlarının *R. solani* AG3 fungusunun gelişimini tamamen engellediği gözlenmiştir. Yine aynı ekstraktların %8, %16 ve %32 konsantrasyonları *M. phaseolina* fungusunun gelişimini tamamen engellediği tespit edilmiştir. Bu sonuçlara göre şeytan elması ve sirken bitkilerinin antimikrobiyal özelliklerinden dolayı söz konusu bitki patojeni fungusların mücadelesinde alternatif olabilecek bir yaklaşım olacağı düşünülmektedir. Bu veriler ışığında söz konusu bitkilerden elde edilen etanol ekstraktlarının kimyasal mücadeleye alternatif olarak kullanılabileceği öngörülerek sera veya tarla koşullarında da araştırılması faydalı olacaktır.

## YAZAR ORCID NUMARALARI

Ayhan TAŞTAN  <http://orcid.org/0009-0009-2311-1209>

Enes FİDAN  <http://orcid.org/0000-0002-4567-2375>

İlhan KAYA TEKBUDAK  <https://orcid.org/0000-0002-2754-2489>

## KAYNAKLAR

- Agrios, G.N. 2005. Plant pathology. Elsevier.
- Ali, A., Javaid, A. ve Shoaib, A. 2017. GC-MS analysis and antifungal activity of methanolic root extract of *Chenopodium album* against *Sclerotium rolfsii*. Planta Daninha. 35.
- Alkooranee, J.T., Al-khshemawee, H.H., Al-badri, M.A.K., Al-srai, M.S. ve Daweri, H.H. 2020. Antifungal activity and GC-MS detection of leaves and roots parts of *Chenopodium album* extract against some phytopathogenic fungi. Indian Journal of Agricultural Research. 54(1). 117-121.
- Al-Malki, A.A.T. 2014. Effect aqueous extract of *Xanthium strumarium* L. and *Trichoderma viride* against *Rhizctonia solani*. International Journal of Botany and Research. 4(6): 1-6
- Çakar, G., Sivrikaya, I.S., Karakaya, E. ve Güller, A. 2021. Evaluation of the In Vitro Fungicidal Activity of Summer Savory and Lavender Essential Oils Against *Fusarium solani*. ISPEC Journal of Agricultural Sciences, 5(4), 795-805.
- Davis, P.H. 1970. Flora of Turkey and the East Aegean Islands. Vol. 3. Flora of Turkey and the East Aegean Islands. Vol. 3.
- Durant, J.L. 2019. Where have all the flowers gone? Honey bee declines and exclusions from floral resources. Journal of Rural Studies, 65, 161-171.
- Düzgüneş, O., Kesici, T., Kavuncu, O., Gürbüz, F, 1987. Araştırma ve Deneme Metotları. Ankara Üniversitesi. Ziraat Fakültesi Yayınları 1021. Ankara. 381.
- Fawcett, C.H. ve Spencer, D.M. 1970. Plant chemotherapy with natural products. Annual Review of Phytopathology. 8(1). 403-418.
- Gadano, A.B., Gurni, A.A. ve Carballo, M.A. 2006. Argentine folk medicine: genotoxic effects of Chenopodiaceae family. Journal of Ethnopharmacology. 103(2). 246-251.
- Ghorbanpour, M., Omidvari, M., Abbaszadeh-Dahaji, P., Omidvar, R. ve Kariman, K. 2018. Mechanisms underlying the protective effects of beneficial fungi against plant diseases. Biological Control. 117. 147-157.



- Hussain, I., Nasir, M.A. ve Haque, M.R. 1992. Effect of different plant extract on brown rust and yield of wheat. *Journal of Agriculture Research* 30.127-131.
- Sherazi, A.Z., Jabeen, K., Iqbal, S., Yousaf, Z. 2016. Management of *Ascochyta rabiei* by *Chenopodium album* extracts. *Planta Daninha*, 34, 675-680.
- Jalander, V. ve Gachande, B.D. 2012. Effect of aqueous leaf extracts of *Datura* spp. against two plant pathogenic fungi. *International Journal of Food, Agriculture and Veterinary Sciences*. 2(3). 131-134.
- Javaid, A. ve Amin, M. 2009. Antifungal activity of methanol and n-hexane extracts of three *Chenopodium* species against *Macrophomina phaseolina*. *Natural product research*. 23(12). 1120-1127.
- Kaushik, P. ve Goyal, P. 2008. In vitro evaluation of *Datura innoxia* (thorn-apple) for potential antibacterial activity. *Indian Journal of Microbiology*. 48. 353-357.
- Karakeçili, P., 2019. Şeytan Elması (*Datura stramonium* L.) Ekstraktlarının Bazı Bitki Patojeni Fungus ve Bakteriler Üzerine Etkisi (yüksek lisans tezi, basılmamış). YYÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Van.
- Shivpuri, A., Sharma, O.P. ve Jhamaria, S.L. 1997. Fungitoxic properties of plant extracts against pathogenic fungi. *Journal of Mycology and Plant Pathology*, 27 (1): 29-31.
- Mahadevan, A. 1982. Biochemical aspects of plant disease resistance. Part I. performed inhibitory substances. New Delhi: Today and tomorrow's Printers and Publication 425-431.
- Matias, R., Fernandes, V., Corrêa, B.O., Pereira, S.R., Oliveira, A.K.M. 2020. Phytochemistry and antifungal potential of *Datura innoxia* Mill. on soil phytopathogen control. *Bioscience Journal* 36 (3): 691-701.
- Mohana, D., Prasad, P., Vijaykumar, V., ve Raveesha, K. 2011. Plant extract effect on seed-borne pathogenic fungi from seeds of paddy grown in Southern India. *Journal of Plant Protection Research*. 51(2).
- Molish, H. 1937. Der Einfluss einer Pflanze auf die Andere. Allelopathie. Fischer: Jena.
- Nsiband, S., Forbes, P. 2016. Fluorescence detection of pesticides using quantum dot materials—a review. *Analytica Chimica Acta*, 945, 9-22.
- Oerke, E.C. 2006. Crop losses to pests. *The Journal of Agricultural Science*. 144(1). 31-43.
- Rajesh. A. & Sharma. G. L. 2002. Studies on antimycotic properties of *Datura metel*. *Journal of Ethno pharmacology* 80(2-3) 193-197.
- Schmitt, A. (1996). Plant extracts as pest and disease control agents.
- Shahnaz, D., Sadia, K. ve Mariam, T. 2010. Comparative effect of plant extracts of *Datura alba* Ness and *Cynodon dactylon* (L.) Pers.. alone or in combination with microbial antagonists for the control of root disease of cowpea and okra. *Pakistan Journal of Botany*. 42(2) 1273-1279.
- Shinde, V. ve Dhale, D.A. 2011. Antifungal properties of extracts of *Ocimum tenuiflorum* and *Datura stramonium* against some vegetable pathogenic fungi. *Journal of Phytology* 3(12) 41-44.
- Singh, R.K. ve Dwivedi, R.S. 1987. Effect of oils on *Sclerotium rolfsii* causing root rot of barley. *Indian Journal of Phytopathology*. 40. 531-533.
- Sivrikaya, I.S., Tosun, B. ve Karakaya, E. 2021. *Origanum onites* L. ve *Rosmarinus officinalis* L. Uçucu Yağlarının Kimyasal İçerikleri ve *Fusarium solani*'ye Karşı Antifungal Aktivitelerinin Belirlenmesi. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 8(2), 329-335.
- SPSS. 2021. IBM SPSS Statistics 21.0 for Windows.
- Strange, R.N. ve Scott, P.R. 2005. Plant disease: a threat to global food security. *Annu. Rev. Phytopathol.*. 43. 83-116.
- Taha, S.M., Amer, M.E., Elmarsafy, A.E., Elkady, M.Y. 2014. Adsorption of 15 different pesticides on untreated and phosphoric acid treated biochar and charcoal from water. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 2, 2013-2025.
- Türküsay, H. ve Onoğur. E. 1998. Studies on antifungal effects of some plant extracts in vitro. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*. 22(3). 267-272.
- Yavuz, N., 2010. Bazı Bitki Ekstraktlarının Fitopatojen Funguslara Karşı Antifungal Etkisi (Yayınlanmamış yüksek lisans tezi). Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Bursa.
- Yorulmaz, M. ve Özkan, R.Y. 2020. Allelopathic Effect of Jimson Weed (*Datura stramonium* L.) on Seed Germination. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*. 7(3). 793-797.

## Gıda Atığı Kompostu ile Kimyasal Gübre Uygulamasının Marul ve Ispanak Yetiştirilen Vertisol Grubu Toprakların Verimliliğine Etkileri

Serhat GÜREL<sup>1\*</sup> 

<sup>1</sup>Bursa Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Bursa

\*Sorumlu Yazar: [sgurel@uludag.edu.tr](mailto:sgurel@uludag.edu.tr)

Geliş Tarihi: 08.02.2024 Düzeltme Geliş Tarihi: 25.03.2024 Kabul Tarihi: 25.03.2024

### ÖZ

Bu çalışma, gıda atığı kompostunun (GAK) kimyasal gübreyle beraber ve ayrı uygulanmasının toprak verimliliği üzerindeki etkilerini araştırmak amacıyla yürütülmüştür. Deneme tesadüf parselleri deneme desenine göre sera koşullarında, 2 kimyasal gübre uygulaması (kimyasal gübreli ve gübresiz), 1 kompost materyali (gıda atığı kompostu), 4 farklı doz (0, 8, 16, 24, 32 gr kg<sup>-1</sup>) ve 3 tekerrürlü olacak şekilde yürütülmüştür. Kimyasal gübre olarak 15 kg saf azot (N) da<sup>-1</sup> için 15-15-15 NPK (N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O) gübresi uygulanmıştır. Genel olarak, GAK uygulamaları toprakların verimlilik parametrelerini ve bitki besin elementi içeriklerini artırmıştır. Hem marul hem de ıspanak deneme sonuçlarının ortalamaları birlikte değerlendirildiğinde; toprağın elektriksel iletkenliğini (EC) %57.21, organik maddeyi (OM) %61.23, toplam N'yi %48.35 oranında artırdığı ve toprak reaksiyonunu (pH) %3.29 oranında düşürdüğü belirlenmiştir. Toprağa GAK + NPK eklendiğinde ise, toprağın EC'sini %76.85, OM'yi %72.35, toplam N'yi %56.25 ve alınabilir çinkoyu (Zn) %29.19 oranında artırdığı, toprak pH'ını da %4.66 oranında azalttığı belirlenmiştir. Bu sonuçlardan farklı olarak; GAK tek başına uygulandığında marul bitkisinin bulunduğu topraklarda alınabilir fosfordaki (P) artış %67.63, GAK+NPK uygulamasında P artışı %47.14 olarak belirlenmiştir. Bu parametrelerin en yüksek değerleri GAK ilavesinin 32 g kg<sup>-1</sup> dozunda elde edilmiştir. GAK'nin toprağa uygulanması, toprağın pH'ını düşürmüştür ve EC'yi artırmıştır. GAK uygulamasıyla birlikte toprağın OM içeriği olmak üzere toplam N, ve yararlı P ile çinko (Zn), bakır (Cu) ve mangan (Mn) gibi bazı mikro element içeriğinde artış görülmüştür.

**Anahtar kelimeler:** kompost, gıda atığı, vertisol, toprak verimliliği, marul, ıspanak.

### Effects of Food Waste Compost and Chemical Fertilizer Application on the Fertility of Vertisol Group Soils Growing Lettuce and Spinach

### ABSTRACT

The study was carried out to investigate the effects of applying food waste compost (FWC) on soil fertility. The experiment was carried out according to the random plot design in greenhouse conditions, with 2 chemical fertilizer applications (with and without chemical fertilizer), 1 compost material, 5 different doses (0, 8, 16, 24, 32 g kg<sup>-1</sup>) and 3 replications was carried out in such a way that. As chemical fertilizer, 15-15-15 NPK (N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O) fertilizer was applied at 2 t da<sup>-1</sup>. In general, applications increased the fertility parameters and plant nutrient contents of soils. When the averages of both lettuce and spinach trial results are evaluated together; it was determined that it increased the EC of the soil by 57.21%, OM by 61.23%, total N by 48.35% and decreased pH by 3.29%. It was determined that when FWC + NPK was added to the soil, it increased the soil EC by 76.85%, OM by 72.35%, total N by 56.25% and available Zn by 29.19%, and decreased pH by 4.66%. Unlike these results; When FWC was applied alone, the increase in available P in the soil where lettuce plants were located was 67.63%, and in GAK + NPK application, the increase was 47.14%. The highest values of these parameters were obtained at the dose of 32 g kg<sup>-1</sup> of FWC supplementation. Application of FWC to soil decreased soil pH and increased EC.

**Key words:** compost, food waste, vertisol, soil fertility, lettuce, spinach.

## GİRİŞ

Ekonomik gelişme ve nüfus artışı, son yıllarda gıda tüketimini ve dolayısıyla gıda atıklarının oluşumunu önemli ölçüde artırmıştır (Hafid ve ark., 2017). Her yıl küresel olarak üretilen gıdanın yaklaşık dörtte biri (1.3 milyar ton) israf edilmektedir (Gustavsson ve ark., 2011; Kummu ve ark., 2012). Nüfus artışı ve tarımın talebi karşılamak için genişlemesi nedeniyle 2025 yılına kadar 2.2 milyar ton kadar küresel gıda üretiminin israf edileceği tahmin edilmektedir (Gustavsson ve ark., 2011; Kummu ve ark., 2012). Gıda tedarik zincirindeki gıda israfının dağılımı ülkeler arasında farklılık göstermekle birlikte, küresel anlamda atıklara en fazla katkıda bulunan kaynak yaklaşık %33 ile tüketimdir, bunu tarım (%28), hasat sonrası (%22), dağıtım (%11) ve işleme (%6) takip etmektedir (Kummu ve ark., 2012). Avrupa'da kentsel katı atıkların ana fraksiyonu %45 oranında gıda atığıdır (Cerde ve ark., 2018; Ghinea ve Leahu, 2020). Gıda atıkları geleneksel olarak çöplüklere atılmakta veya enerji üretmek için yakılmaktadır (Melikoğlu ve ark., 2013). Gıda atıklarının depolanması çevresel ve ekonomik sorunlar doğurmaktadır (Nasreen ve Qazi, 2012). Örneğin, gıda atığı, metan (CH<sub>4</sub>), nitroz oksit (N<sub>2</sub>O) ve karbondioksit (CO<sub>2</sub>) dahil olmak üzere toplam küresel sera gazı üretiminin %20'sinden fazlasını yaymaktadır (Munesue ve ark., 2015). Gıda atıklarının ayrıca ötrofikasyon, tarımsal kullanım nedeniyle su kaynaklarının azalması, depolama sahası sızıntı sularının çevredeki yüzey sularını ve yeraltı sularını kirletmesi ve küresel çölleşme gibi birçok dolaylı sonucu da vardır (Bolan ve ark., 2014; Poore ve Nemecek, 2018). Bu durum, bu atıkların bertarafı için sürdürülebilir ve çevre dostu çözümler bulma ihtiyacını artırmıştır (Gill ve ark., 2014).

Kompostlama, gıda atıklarını katma değerli ürünlere dönüştüren düşük maliyetli ve sürdürülebilir bir tekniktir (Thi ve ark., 2015; Mak ve ark., 2020; O'Connor ve ark., 2021). Tarımda kompostun sürdürülebilir kullanımı, ürün verimini en üst düzeye çıkarmak, geri dönüştürülen besin kütesini artırmak ve çevreye besin kaybını en aza indirmek için bir fırsat sunar (Shetha ve ark., 2020). Çürütülmüş organik maddeler, bitki büyümesini teşvik eden mikroorganizmalar, değişken (yavaş ve hızlı) besin salınımı, sızıntıda azalma, artan su tutma ve toprak yapısında iyileşme nedeniyle iyi bir toprak düzenleyici olduklarını göstermektedir (Gill ve ark., 2014; Tampio ve ark., 2015; Sogn ve ark., 2018). Kompostun toprağa uygulanması, toprakta katyon değişim kapasitesini, bitki besin elementi içeriğini ve su tutma kapasitesini artırması nedeniyle ürün verimini de artırır (Nasreen ve Qazi, 2012). Kompostlama, birçok zararlı mikroorganizmayı öldürerek patojenlerin yayılmasını azaltır, toprak kaynaklı hastalıklara karşı direnci ve antioksidan kapasiteyi artırabilir (Giménez ve ark., 2021). Ayrıca kompost, faaliyetleri toprak sistemlerini destekleyen ve düzenleyen birçok faydalı bakteri ve mantarı toprağa aşılabilir (Lodha ve ark., 2002). Kompostun toprak özellikleri üzerinde yaptığı etkiler bitki verimini ve toprak verimliliğini artırmaktadır (Barzee ve ark., 2019; Machado ve ark., 2020). Kompost, bitkilerin besin maddesi ihtiyacını karşılayabilir ve kimyasal gübre kullanımını önemli ölçüde azaltabilir (Hernández ve ark., 2010; Jakhro ve ark., 2017). Gıda atıklarının aerobik katı kompostlaması miktarlarının büyük olması, seri ölçekli ve düşük maliyetli üretim imkanı nedeniyle üre ve diamonyum fosfat gibi ticari inorganik gübre kaynaklarına kıyasla nispeten ucuz bir besin kaynağı olabilir (Waqas ve ark., 2018; Cheong ve ark., 2020). Mineral gübre ile birlikte kompost gibi bazı doğal toprak düzenleyicilerin uygulanması verim ve beslenmeyi olumlu yönde etkilemektedir (Yağmur ve Okur, 2018).

Gıda atıklarının gübre sanayisinin bir ürünü olarak değerlendirilmesindeki en büyük sınırlama yetersiz mevzuat ve altyapıdır (Cecilia ve ark., 2019). Gıda atıkları genellikle kanalizasyon-çamur ve hayvan gübresi çürütme tesislerinde birlikte çürütülmekte olup, bu tesislerin kapasitesi düşüktür. Bu nedenle bu durum, tarımda kullanılmak üzere gıda atığı gübrelerinin arzını azaltmıştır (Xu ve ark., 2018; Pathak ve Christopher, 2019). Sotamenoua ve Parrot (2013), gelecekte organik maddeyi komposta dönüştüren tarımsal atık geri dönüşümü ticaret zincirinin bir fırsat yaratacağını bildirmiştir. Son zamanlarda gıda atıklarının sürdürülebilir yönetimi için değerlendirilmesine yönelik çalışmalar artmaktadır (Yang ve ark., 2019). O'Connor ve ark. (2021); gıda atıklarından elde edilen ürünlerin toprak özelliklerini ve ürün verimini iyileştirmedeki değerini incelemek için arazi denemeleri yapılması gerektiğini bildirmiştir. Ayrıca gıda atıklarından elde edilen biyogübrelerin tutarlılığını ve kalitesini test etmek için protokoller geliştirmek üzere tasarlanmış çalışmalara ihtiyaç olduğunu bildirmiştir. Gıda atığı gübreleriyle ilgili temel sorunları ele almak ve potansiyel çözümler sunmak için daha fazla araştırma yapılması gerektiğini bildirmiştir. Bu çalışmada evsel mutfak gıda atığı kompostunun marul ile ispanak bitkisi ekilen toprak özellikleri üzerine etkisinin araştırılması amaçlanmıştır. Tarımsal üretimde kimyasal gübre girdisini azaltmaya yönelik katkı sağlanması hedeflenmiştir.

## MATERYAL ve METOT

### Materyal

#### Araştırmada kullanılan toprağın özellikleri

Saksı denemesi 2021 yılı güz döneminde Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi (40° 13' 36" K enlem, 28° 51' 35" D Boylam), Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü serasında yürütülmüştür. Denemede kullanılan toprak Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Uygulama ve Araştırma Merkezi (TUAM) arazisinden 0-20 cm derinlikten alınmıştır. Denemede kullanılan toprak, toprak sınıflandırma sistemine göre Vertisol (Tipik Haploxerert) ve FAO/Unesco sınıflandırma sistemine göre Eutric Vertisol sınıfındadır (Aksoy ve ark., 2001). Kumlu killi tın bünyeli, hafif alkali, tuzsuz ve organik madde içeriği bakımından düşük sınıftadır. Toplam N bakımından düşük, alınabilir P ve K orta düzeydedir (Özsoy, 2001; Tümsavaş, 2003).

#### Gıda atığı kompostu (GAK):

Organik madde kaynağı olarak GAK; sonbahar-kış mevsiminde dört kişilik bir ailenin mutfağından çıkan meyve ve sebze atıklarının kısa sürede toplanarak karbon kaynağı olarak kullanılan ince hızar talaşı ile karıştırılmasıyla kompostlama süreci başlatılmıştır (Şekil 1). Daha sonra 121 gün boyunca küçük ölçekli bir ev kompost ünitesinde sera koşullarında gerçekleşen kompostlama sürecinden sonra uygun özellikte kompost elde edilmiştir (Voběrková ve ark., 2020). Denemede kullanılan kompost materyalini tanımlamak için bazı temel fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları Çizelge 1'de verilmiştir.



Şekil 1. (a) Gıda atıklarının toplanması; (b) kompostlama süreci; (c) kompostun elde edilmesi

Çizelge 1. Araştırmada kullanılan GAK'nin bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri

1:10,w:v (kompost : su)		Konsantrasyon (%)								
mS cm <sup>-1</sup>		Konsantrasyon (mg kg <sup>-1</sup> )								
pH	EC	Kuru madde	Humik madde	Humik asit	OM	OC	C/N	NH <sub>4</sub> -N	NO <sub>3</sub> -N	
6.05	5.81	45.65	9.25	3.16	83.63	48.51	8.61	0.20	0.29	
		Konsantrasyon (%)				Konsantrasyon (mg kg <sup>-1</sup> )				
N	P	K	Ca	Mg	Na	Fe	Cu	Zn	Mn	
5.64	0.15	1.37	0.44	0.16	0.11	165	17	26	125	

Denemede kullanılan İnorganik gübre: İnorganik azot, fosfor ve potasyum kaynağı olarak 15-15-15 NPK [15 % (ww<sup>-1</sup>) N- 15 % (ww<sup>-1</sup>) P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> - 15 % (ww<sup>-1</sup>) K<sub>2</sub>O] kimyasal gübresi kullanılmıştır.

Denemede kullanılan bitki çeşidi: Marul tohumu olarak *Asteraceae* familyasından Crispa çeşidi seçilmiştir. Ispanak tohumu olarak da *Amaranthaceae* familyasından Matador çeşidi seçilmiştir.

### Yöntem

#### Denemenin kurulması:

Deneme, tesadüf parselleri deneme desenine göre yürütülmüştür. Bir adet marul ve bir adet de ispanak bitkisi için olmak üzere toplam iki adet deneme tertip edilmiştir. Her bir deneme için ayrı ayrı şu işlemler yapılmıştır: iki gübre uygulaması (kimyasal gübre uygulanmış, kimyasal gübre uygulanmamış), bir kompost malzemesi (GAK), beş farklı karışım oranı (0, 8, 16, 24, 32 g GAK kg<sup>-1</sup>) ve üç tekerrürlü (toplam 30 saksı)

kurulmuştur (Çizelge 2). Toprağa karıştırılacak oranlar belirlenirken 1 dekar toprağa 2 ton organik madde ilavesi dikkate alınmıştır. 1 dekar alanda yaklaşık 250.000,00 kg toprak kabul edilerek hesaplamalar yapılmış ve dozlar belirlenmiştir. Toprak ve kompost malzemeleri ayrı ayrı 4 mm'lik elekten elenerek belirlenen oranlarda karıştırılarak hazırlanan ortamlar 16 cm x 21 cm x 20 cm'lik polietilen saksılara doldurulmuş ve her uygulama için gruplandırılmıştır. Saksı başına 2.5 kg toprak terazi ile tartılmıştır. Daha sonra GAK belirlenen oranlarda ayrı ayrı hazırlanıp saksılara doldurulmuştur. Kimyasal gübre uygulaması yapılacak gruptaki saksılara 15-15-15 NPK kimyasal gübreden dekarara 15 kg azot, fosfor ve potasyum gübresi uygulamasına göre hesaplanmış ve uygulanmıştır. Böylece 15-15-15 kompoze gübresi 15 saksıya ekimden önce verilerek kimyasal gübreleme işlemleri tamamlanmıştır. Marul ve ıspanak tohumları 2-3 cm aralıklarla saksılara ekilmiş ve saksılar tarla kapasitesinin %40'ına kadar saf su ile sulanmıştır. En iyi çıkış ve çimlenme gösteren 3'er bitki saksılara bırakılmış ve seyreltilmiştir. Marul ve ıspanak denemesi yaklaşık 90 gün sonra hasat edilmiştir. Deneme sonunda elde edilen veriler "JUMP" paket programında tesadüf parselleri deneme desenine göre varyans analizi ile analiz edilmiş ve aralarındaki farkın belirlenmesi için %5 anlamlılık düzeyinde LSD çoklu karşılaştırma testi uygulanmıştır.

#### **GAK için yapılan analizler:**

Örnekler 65°C'de 48 saat fırında kurutulmuştur (Kacar ve Kütük, 2010). Kompostlar kurutulduktan sonra kuru ağırlıkları tartılmıştır. Kompost örnekleri paslanmaz çelik değirmende 0.5 mm'lik elekten geçecek şekilde öğütülmüştür (Kacar ve Kütük, 2010). GAK örnekleri 2 ml H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (%30) ve 8 ml HNO<sub>3</sub> (%65) ile kapalı basınçlı kaplarda mikrodalga fırında yaş yakılmıştır (Anonim, 1994). Hümik asit ve hümik madde Swift ve ark. (1996) göre belirlenmiş, pH ve EC, 1:10 (w:v) kompost:su oranı süspansiyonunda belirlenmiştir (Kacar ve Kütük, 2010). Organik karbon miktarı modifiye Walkley-Black yöntemine göre belirlenmiş, organik karbon miktarı Van Bemmelen faktörü ile çarpılarak organik madde içeriği belirlenmiştir (Kacar ve Kütük, 2010).

Çizelge 2. Deneme konuları

Gübre Uygulaması	GAK dozları (g kg <sup>-1</sup> )
	0 (Kontrol)
15-15-15 NPK + GAK	8
	16
	24
	32
	0 (Kontrol)
GAK	8
	16
	24
	32

Amonyum (NH<sub>4</sub>-N), İndofenol Mavisi Yöntemi (Solorzano, 1969) ile, nitrat (NO<sub>3</sub>-N) ise salisilik asidin sülfürik asit varlığında nitrasyonuna göre kolorimetrik olarak belirlenmiştir (Robarge, Edwards ve Johnson, 1983). Toplam N, Bremner (1965) tarafından bildirilen Kjeldahl yöntemiyle, toplam P içeriği ise Vanadomolibdofosforik sarı renk yöntemine göre belirlenmiştir (Kacar ve İnal, 2008). GAK örneklerinin toplam Na, K ve Ca miktarları alevfotometre cihazı ile, toplam Mg, Fe, Cu, Zn ve Mn konsantrasyonları ICP-OES cihazı ile belirlenmiştir (Kacar ve İnal, 2008).

#### **Deneme toprağında yapılan analizler:**

Toprağın bünyesi, hidrometre yöntemi (Bouyoucos, 1951) kullanılarak belirlenmiş ve ABD Tarım Bakanlığı toprak taksonomisi (USDA, 2013) kullanılarak tanımlanmıştır. Reaksiyon (pH), 1:2.5 toprak:su oranı karışımındaki süspansiyonda (Jackson, 1958), WTW marka, 3110 model pH/iyon metresi ile belirlenmiştir (Kacar ve Kütük, 2010). Elektriksel iletkenlik (EC), 1:2.5 toprak:su oranındaki süspansiyonunda (Jackson, 1958). WTW marka, EC 3310 model kondaktivitimetre ile ölçülerek belirlenmiştir (Kacar ve Kütük, 2010). Toprağın organik karbonu, Walkley-Black'in (1934) ıslak oksidasyon yöntemiyle belirlenmiş ve organik karbon miktarının Van Bemmelen faktörü ile çarpılması ile organik madde miktarı belirlenmiştir (Kacar ve Kütük, 2010). Toplam azot (N), Bremner (1965) tarafından bildirildiği şekilde Kjeldahl yöntemi ile belirlenmiştir. Toplam azot analizi için Buchi marka K-437/K-350 model yakma ve damıtma cihazları kullanılmıştır. Alınabilir fosfor (P), pH 8.5'te (Olsen ve Dean, 1965) 0.5 M sodyum bikarbonat (NaHCO<sub>3</sub>) ile ekstrakte edilmiş ve askorbik asit ile mavi renk oluştuktan sonra konsantrasyon kolorimetrik olarak Spectronic 20 model spektrofotometresi ile belirlenmiştir.

(Kacar ve İnal, 2008). Alınabilir katyonlar [potasyum (K), kalsiyum (Ca), magnezyum (Mg) ve sodyum (Na)]: pH 7.0'da 1 M amonyum asetat ( $\text{NH}_4\text{OAc}$ ) ile ekstraksiyondan sonra belirlenmiştir (Kacar, 2009). Ekstrakt K, Ca ve Na için Eppendorf Elex 6361 model alev fotometresi ile ve Mg ise PE Optima 8300 ICP-OES ile analiz edilmiştir. Bitki tarafından alınabilir mikro elementler [demir (Fe), bakır (Cu), çinko (Zn) ve mangan (Mn)]: Toprakların alınabilir Fe, Zn, Cu ve Mn içerikleri 0.005 M dietilen triamin penta asetik asit (DTPA) yöntemi ile ekstre edilerek belirlenmiştir (Lindsay ve Norvell, 1978). Konsantrasyon, PE Optima 8300 ICP-OES ile ölçülmüştür. Deneme topraklarının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri Çizelge 3'te verilmiştir.

## BULGULAR ve TARTIŞMA

### Toprak Analizi Sonuçları

#### Reaksiyon (pH)

Deneme toprağı nötr ve hafif alkali reaksiyonludur (Özsoy, 2001; Tümsavaş, 2003). GAK doğal olarak asidiktir (Ok ve ark., 2015; Reyes-Torres ve ark., 2018; O'Connor ve ark. 2021). Topraktaki GAK miktarı arttıkça da pH değerinin düştüğü belirlenmiştir. Çizelge 3'te sunulan veriler, en düşük pH düzeyinin GAK'nin 32 g  $\text{kg}^{-1}$  dozda uygulanmasıyla elde edildiğini göstermiştir. Marul denemesinde GAK+NPK uygulamasında, kontrol grubundaki saksılarda toprağın pH'ını %4.54 azaltarak, 7.48'den 7.14'e ve GAK uygulamasında ise kontrol grubunda 8.02 olarak belirlenen pH'ı %4.23 azaltarak 7.68'e düşürmüştür. Ispanak denemesinde; toprağın pH'ı GAK+NPK uygulamasında kontrol grubundaki saksılarda %4.78 azaltarak 7.74'ten 7.37'ye ve GAK uygulamasında ise %2.36 oranında düşürerek 8.03'ten 7.84'e indirdiği belirlenmiştir. Her iki denemede de uygulamalar arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli ( $p < 0.05$ ) bulunmuştur. Toprak pH'ındaki azalma, eklenen organik materyallerin ayrışmasıyla açıklanabilir; Toprak pH'sındaki azalma, GAK'ın ayrışması sırasında üretilen organik asitlerden, mikrobiyal solunum sonucu oluşan karbonik asitten ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ) kaynaklanmaktadır. Diğer bir açıklama ise muhtemelen  $\text{NH}_4\text{-N}$ 'un nitrifikasyonuna bağlı olarak toprak pH'ındaki azalmadır (Karaman ve ark., 2012).

Çizelge 3. Toprak örneklerinin bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri

Gübre Uygulaması	(g $\text{kg}^{-1}$ )			Konsantrasyon (%)			(mg $\text{kg}^{-1}$ )	
	GAK Dozu	1 : 2.5 w:v (toprak:su) pH	EC (mS $\text{cm}^{-1}$ )	CaCO <sub>3</sub>	OM	N	P	K
<b>Marul</b>								
GAK + NPK	0	7.48 d	0.154 cd	1.52	0.50 g	0.07 f	6.29 b	0.32
	8	7.56 d	0.657 a	1.52	1.66 ef	0.10 e	8.31 b	0.34
	16	7.55 d	0.598 a	1.65	2.29 d	0.13 c	12.40 ab	0.53
	24	7.58 cd	0.628 a	1.38	2.81 bc	0.15 b	6.82 b	0.47
	32	7.14 e	0.684 a	1.52	3.07 b	0.16 ab	11.90 ab	0.77
GAK	0	8.02 ab	0.135 cd	1.38	1.46 f	0.08 f	5.58 b	0.32
	8	8.05 ab	0.123 d	1.52	1.89 e	0.11de	5.58 b	0.48
	16	8.11 a	0.124 d	1.24	2.47 cd	0.12 cd	10.91 ab	0.56
	24	7.82 bc	0.238 c	1.38	2.74 bc	0.15 b	19.72 a	0.48
	32	7.68 cd	0.363 b	1.52	3.43 a	0.17 a	17.24 a	0.75
				öd				öd
<b>Ispanak</b>								
GAK + NPK	0	7.74 de	0.162 de	1.66	1.01e	0.07 f	7.56	0.29
	8	7.77 cd	0.432 b	1.52	1.43 d	0.09 e	7.81	0.22
	16	7.72 de	0.421 bc	1.73	2.06 c	0.12 cd	4.21	0.29
	24	7.59 e	0.530 ab	1.86	2.45ab	0.13 bc	4.46	0.35
	32	7.37 f	0.681a	1.65	2.59 a	0.16a	9.55	0.32
GAK	0	8.03 b	0.134 de	1.38	0.86 e	0.09 e	6.82	0.29
	8	8.21 a	0.103 e	1.38	1.37 d	0.11 de	5.58	0.27
	16	7.90 bcd	0.168de	1.45	1.86 c	0.12 cd	9.92	0.31
	24	7.93 bc	0.236 de	1.65	2.19 bc	0.14ab	10.42	0.34
	32	7.84 cd	0.277 cd	1.66	2.46 ab	0.16a	11.03	0.46
				öd			öd	öd

Farklı harflerle gösterilen ortalamalar, asgari önemli fark (LSD) testine göre istatistiksel olarak anlamlı sonuçları temsil etmektedir ( $p < 0.05$ ), öd: önemli değil.

Hem ispanak hem de marul ekilen saksı topraklarının pH değerleri GAK'nin kimyasal gübreyle birlikte uygulanmasında daha iyi sonuç vermiştir. Mahmood ve ark. (2017), çeşidine bakılmaksızın organik gübre ilavesinin toprağın pH'ını düşürdüğünü, Mahmoud ve ark. (2007) ise kompostların toprağa uygulanmasının toprak pH'ında bir miktar düşüşe neden olduğunu bildirmişlerdir. Çerçioğlu ve ark. (2012), tütün atığı (9.17) ve çiftlik gübresinin (8.70) yüksek pH değerlerine sahip olması nedeniyle toprak pH değerlerinde minimum düzeyde artış olduğunu bildirmiştir. Çeşitli organik materyallerin, uygulandıkları toprakların pH'sını yükselttiğini ya da düşürdüğünü bildiren araştırma sonuçlarından bazıları Çizelge 4'te verilmiştir.

### Elektriksel iletkenlik (EC)

Araştırma topraklarının tuzluluk sorunu bulunmamaktadır (Özsoy, 2001; Tümsavaş, 2003). Toprağa ilave edilen GAK miktarı arttıkça EC değerinin arttığı belirlenmiştir (Çizelge 3). En yüksek EC değeri, 32 g kg<sup>-1</sup> GAK uygulanan saksılarda ölçülmüştür. Kontrol ile karşılaştırıldığında EC değerini marul ekilen saksılarda 2.7 kat, ispanak ekilen saksılarda ise 2.1 kat artırdığı hesaplanmıştır. GAK+NPK birlikte uygulandığında ise EC değerini marul ekilen saksılarda 4.4 kat, ispanak ekilen saksılarda ise 4.2 kat artırdığı ölçülmüştür. Her iki denemede de bu uygulamalar ile kontrol arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli ( $p < 0.05$ ) bulunmuştur. Kompost uygulamasına bağlı olarak toprakta EC değerinin arttığını bildiren çeşitli araştırma sonuçları Çizelge 4'te bildirilmiştir.

Çizelge 4. Çeşitli organik materyallerin, uygulandıkları toprak özellikleri üzerine etkilerinin bildirildiği kimi çalışmalar.

Araştırmalar	Bitki	Madde	pH	EC	CaCO <sub>3</sub>	OM	N	P	K	Ca	Mg	Na	Fe	Cu	Zn	Mn
Eghball ve ark., 2004	Mısır	ÇGK	+	+				+								
Maftoun ve ark., 2004	Ispanak	AÇK		+		+	+	+								
Nathan ve ark., 2005	Kavun	GAK	0	0	0	+	+	+	0	0						
Mahmoud ve ark.,2007	Ispanak	ÇGK	-	+			+	+								
Aziz ve ark., 2010	Mısır	ÇG	0	+		+	+	+	+							
Çitak ve ark., 2011	Ispanak	ÇG	+	+		+	+	+	+							
Cercioglu ve ark., 2012	Marul	TAK	+	+	0	+	0	0	0							
Leogrande ve ark., 2013	Marul	AÇ		+		0	+	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ngwira ve ark., 2013	Mısır	BK	+			+	+	+	+							
Giannakis ve ark., 2014	Marul	AÇK	+													
Liu ve ark., 2014	Marul	YGK	-	+		+	+									
Reis ve ark., 2014	Marul	ÇGK	+	+		+	-	0	+							
Özkan ve ark., 2016	Ispanak	SGK	+	0	0	0		+	0							
Kovács ve ark., 2016	Ispanak	GAK					+	+								
Kumar ve ark., 2016	Ispanak	AÇ												+	+	+
Rajaie ve Tavakoly,2016	Domates	AÇK	0	+		+							+	+	+	+
Tamer ve ark., 2016	Ayçiçeği	LEO	0	0	0	+	0	0	-							
AGawad ve Morsy,2017	Mısır	KGK	-	+		+										
Hossain ve Ryu, 2017	Marul	ÇG	+	-		+	+								+	
Mahmood ve ark., 2017	Mısır	ÇG	-			+	+	+	+							
Bıyıklı ve ark., 2020	Mısır	GAÇ	-	+		+	+	+	+						+	
Majaule ve ark., 2020	Ispanak	AÇ	-			+							+	+	+	
Hashimi ve Habibi, 2021	Domates	ÇG	0	0				+	+							
Gezahegn, 2021	Mısır	YG	+			+	+									
Machado ve ark., 2021	Ispanak	AÇK	+		+			+	+							
De Nobile ve ark., 2021	Marul	AÇK	+					+		+	+					
Kelley ve ark., 2022	Ispanak	GAK					+	+	+							
Kebede ve ark., 2023	Pazı	GAK	+	-			+	+								
<b>Araştırmamızda</b>	<b>Marul</b>	<b>GAK</b>	-	+	0	+	+	+	0	0	0	0	0	-	+	0
<b>Araştırmamızda</b>	<b>Ispanak</b>	<b>GAK</b>	-	+	0	+	+	0	0	0	0	0	0	0	+	+
AÇ: Aritma çamuru		GAÇ: Gıda endüstrisi arıtma çamuru					TAK: Tütün atığı kompostu									
AÇK: Aritma çamuru kompostu		GAK: Gıda atığı kompostu					SGK: Solucan gübresi kompostu									
BK: Bokashi kompost		KGK: Koyun gübresi kompostu					YG: Yeşil gübre									
ÇK: Çiftlik gübresi		LEO: Leonardit					YGK: Yeşil gübre kompostu									
ÇGK: Çiftlik gübresi kompostu		(+) Artmış					(-): Azalmış					(0): Değişmemiş				

Araştırmada kullanılan GAK'nin EC değeri  $5.81 \text{ mS cm}^{-1}$  dir (Çizelge 2). Gondek ve ark., (2020);  $EC > 5 \text{ mS cm}^{-1}$ 'ye sahip bir kompostun yüksek  $\text{Na}^+$  veya diğer iyon konsantrasyonlarının bitkilere zarar verebilecek durumda olabileceğini, bu nedenle kompostlarda çözünebilir tuzların, özellikle de  $\text{Na}^+$  ve  $\text{Cl}^-$ 'nin azaltılmasının büyük önem taşıdığını bildirmiştir. Yüksek EC'li kaliteli kompostta bulunan diğer çözünebilir tuzlar uygun oranlarda bulunduğu takdirde kompostun toprak veya yetiştirme ortamıyla karıştırılması durumunda bitki büyümesini ve verimini artırabilir (Gondek ve ark., 2020). Ayrıca yüksek EC'ye sahip kompostların, toprak parçacıklarının agregatlaşmasını kolaylaştırarak,  $\text{Na}^+$ 'nın toprak profiline daha derinlemesine sızmasına yardımcı olduğu, bunun yanında toprağın katyon değişim kapasitesini yükseltip toprağın verimlilik kapasitesinin artırmasına yardımcı olduğu bildirilmiştir (Gondek ve ark., 2020). Dolayısıyla kompostlar için uygun uygulama yöntemlerinin geliştirilmesi,  $EC > 5 \text{ mS cm}^{-1}$  olan kompostlarla ilgili kaygıları giderebileceği, kompost kullanımını ve sürdürülebilir tarım uygulamalarını teşvik edebileceği bildirilmiştir (Gondek ve ark., 2020). Anonim (1988)'e göre EC değeri  $0-4 \text{ mS cm}^{-1}$  arasında değişen topraklar “tuzsuz” olarak sınıflandırılmaktadır. Elde edilen sonuçlara göre (Çizelge 3); GAK tek başına veya kimyasal gübreye beraber uygulanmasının toprakta tuzluluk sorununa yol açmadığı dolayısıyla bitkisel üretimi tehdit etmediği belirlenmiştir. Zhang ve ark. (2011) mutlak gerekli olmayan Na elementi, gıda atığı kaynakları arasında değişiklik gösterdiğini ve çok düşük düzeylerden yüksek düzeylere kadar değiştiğini bildirmiştir.

### **Organik madde (%OM)**

Araştırma toprakları organik madde yönünden yetersizdir (Özsoy, 2001; Tümsavaş, 2003). Her iki denemede de toprağa GAK uygulanmasının toprakların organik madde içeriğini kontrol saksılarına göre önemli ölçüde artırdığı, bu artışın istatistiksel olarak önemli ( $p < 0.05$ ) olduğu belirlenmiştir (Çizelge 3). Marul yetiştirilen toprakların organik madde içeriğinin GAK+NPK uygulamalarında kontrole göre en çok 6.14 kat artarken sadece GAK uygulamalarında kontrole göre en fazla 2.35 kat arttığı belirlenmiştir (Çizelge 3). Ispanak yetiştirilen topraklarda ise organik madde içeriği, GAK+NPK uygulamalarında kontrole göre en çok 2.56 kat artarken sadece GAK uygulanmasında kontrole göre en fazla 2.86 kat artış kaydetmiştir (Çizelge 3). Kontrol grubundaki saksı topraklarının organik madde içeriği Anonim'e (1988) göre “çok az” ( $\%1 <$ ) ve “az” ( $\%1-2$ ) olarak değerlendirilmektedir. GAK uygulamasından sonra toprakların organik madde içeriği “az” ve “orta” ( $\%2-3$ ) sınıfına yükseldiği belirlenmiştir. Reynolds ve ark. (2015), GAK'ın killi-tın bünyeli toprağın üst 10 cm'lik kısmına uygulandıktan sonraki 11 yıl boyunca toprak organik madde içeriklerinin hala optimum aralıkta bulunduğunu bildirmişlerdir. Bununla birlikte toprakların hava kapasitesi, hidrolik iletkenlik, mevcut su kapasitesi ve kütle yoğunluğu gibi toprağın bazı fiziksel özelliklerini de optimum değerlerde kalmasını sağladığını bildirmiştir. Benzer birçok araştırmada toprağa ilave edilen kompostların toprağın organik madde miktarını arttırdığı bildirilmiştir (Çizelge 4).

### **Toplam azot (N)**

Azot bitkisel üretimde eksikliği en çok hissedilen bitki besin maddesidir ve toprakların N içerikleri genel olarak  $\% 0.02$ 'den düşüktür (Güneş ve ark., 2013). Gıda atıklarında büyük miktarlarda makro besin elementleri bulunur (Facchin ve ark., 2013). Gıda atıkları yüksek düzeyde C, N, P, K, Ca ve Mg içeren organik ürünlerdir (Jara-Samaniego ve ark., 2017; Sall ve ark., 2019). Kelley ve ark. (2022), gıda bazlı kompostların gübre bazlı kompostlara göre toprak N'sini artırabildiğini gösterdiğini bildirmiştir. Araştırmada marul yetiştirilen toprakların toplam N içeriği  $\%0.07-0.17$  arasında değişmektedir (Çizelge 3). Ispanak yetiştirilen topraklarda ise toplam N içeriğinin ise  $\%0.07-0.16$  arasında değiştiği belirlenmiştir (Çizelge 3). Hem marul hem de ispanak denemelerinde toprağa GAK uygulanması toprağın toplam N konsantrasyonunu kontrol saksılarına göre istatistiksel olarak önemli ( $p < 0.05$ ) ölçüde artırdığı belirlenmiştir (Çizelge 3). Marul yetiştirilen toprakların toplam N içeriği GAK+NPK uygulamalarında kontrole göre en çok 2.28 kat artmıştır. GAK tek başına uygulandığında toplam N'un kontrole göre en fazla 2.12 kat arttığı belirlenmiştir (Çizelge 3). Ispanak yetiştirilen topraklarda ise toplam N konsantrasyonu, GAK+NPK uygulamalarında marulda olduğu gibi kontrole göre en çok 2.28 kat artarken sadece GAK uygulamalarında kontrole göre en fazla 1.77 kat arttığı belirlenmiştir (Çizelge 3). Kontrol grubundaki saksı topraklarının toplam N içeriği Anonim'e (1988) göre “az” ( $\%0.045-0.09$ ) olarak değerlendirilmiştir. GAK uygulamasından sonra toprakların toplam N içeriğinin “yeterli” ( $\%0.09-0.17$ ) sınıfına yükseldiği belirlenmiştir. Kovács ve ark., (2016) daha yüksek dozlarda GAK, toprakta N miktarının artmasına neden olduğunu, ancak daha düşük ve daha yüksek dozların değerleri arasındaki farkların anlamlı olmadığını bildirmişlerdir. Çizelge 4 'te verilen bazı araştırmalarda toprağa ilave edilen kompostların toprağın toplam N miktarını arttırdığı bildirilmiştir.

### **Alınabilir fosfor (P)**

Türkiye topraklarının kireç, pH ve organik madde yönünden sahip olduğu özellikler P yarıyıllılığını ciddi şekilde sınırlayabilecek durumdadır (Güneş ve ark., 2013). Marul yetiştirilen deneme saksılarına ait toprakların



alınabilir P içeriği 5.58-19.72 mg kg<sup>-1</sup> arasında değişmektedir (Çizelge 3). Ispanak yetiştirilen topraklarda ise alınabilir P içeriğinin 4.21-11.03 mg kg<sup>-1</sup> arasında değiştiği belirlenmiştir (Çizelge 3). Marul denemesinde toprağa GAK uygulanması toprağın alınabilir P konsantrasyonunu kontrol saksılarına göre önemli oranda artırdığı belirlenmiştir (p<0.05). Marul yetiştirilen toprakların alınabilir P içeriği GAK+NPK uygulamalarında kontrole göre en çok 1.89 kat artmış, sadece GAK uygulamalarında kontrole göre en fazla 3.53 kat arttığı belirlenmiştir (Çizelge 3). Her ne kadar ıspanak denemesinde toprağa GAK uygulanması alınabilir P miktarında artış gerçekleştirmiş olsa bile bu artışın istatistiksel olarak önemli düzeyde olmadığı belirlenmiştir. Olsen ve Dean (1965) tarafından bildirilen sınır değerlere göre toprakların alınabilir P konsantrasyonları değerlendirildiğinde GAK uygulaması ile “orta” (5-10 mg kg<sup>-1</sup>) düzeydeki P içeriğinin “yeterli” (>10 mg kg<sup>-1</sup>) seviyeye yükseldiği değerlendirilmektedir. Kovács ve ark. (2016), GAK'nın daha düşük dozda uygulanması toprakta çözünebilir PO<sub>3</sub>-P'yi değiştirmemiş, daha yüksek miktar (60 t ha<sup>-1</sup>) ise değer artmasına neden olduğunu bildirmiştir. Kelley ve ark. (2022) gıda atığı kompostunun ıspanaktaki P ve K konsantrasyonlarını arttırdığını bildirmişlerdir (Çizelge 4).

#### **Alınabilir mikroelementler (Fe, Cu, Zn ve Mn)**

Denemede analiz sonuçlarına göre istatistiksel olarak önemli çıkan alınabilir mikroelement konsantrasyonları değerlendirildiğinde; marul yetiştirilen toprakların alınabilir Cu içeriği 1.05-1.40 mg kg<sup>-1</sup> arasında belirlenmiştir. Denemede uygulamalar arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli (p<0.05) bulunmuştur (Çizelge 5). Marul yetiştirilen toprakların alınabilir Cu içeriğinin GAK+NPK uygulamalarında kontrole göre en çok %18.25 azaldığı belirlenmiştir. GAK uygulamalarında kontrole göre en fazla %22.9 azaldığı belirlenmiştir (Çizelge 5). Ispanak ekilen toprakların alınabilir Cu içeriği değerlendirildiğinde uygulamalar arasındaki farklar istatistiksel olarak önemsiz çıkmıştır (Çizelge 5). Toprakların alınabilir Cu konsantrasyonları, hem marul hem de ıspanak ekilen topraklarda, FAO (2008) tarafından bildirilen ve yüksek (0.8-3 mg kg<sup>-1</sup>) olarak kabul edilen sınır değerlerin arasında olduğu belirlenmiştir.

Marul yetiştirilen toprakların alınabilir Zn içeriği 0.22-0.63 mg kg<sup>-1</sup> arasında belirlenmiştir (Çizelge 5). Ispanak yetiştirilen topraklarda 0.41-1.36 mg kg<sup>-1</sup> arasında değiştiği belirlenmiştir (Çizelge 5). Her iki denemede de uygulamalar arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli (p<0.05) bulunmuştur. Marul yetiştirilen topraklarda GAK+NPK uygulamasının toprakların alınabilir Zn içeriğini %27.27 artırmış ve GAK'nin tek başına uygulandığı konularda ise alınabilir Zn içeriğinde artış olmamıştır. FAO (2008) tarafından bildirilen ve çok düşük (0-0.5 mg kg<sup>-1</sup>) olarak kabul edilen sınır değerlerde olduğu belirlenmiştir. Ispanak ekilen topraklarda ise GAK+NPK beraber ve GAK'nin tek başına uygulandığı toprakların alınabilir Zn içeriğinin kontrole göre sırasıyla %31.11 ve %59.40 arttığı belirlenmiştir. GAK+NPK uygulamalarından 24 ve 32 g kg<sup>-1</sup> uygulama konularında dışında toprakların Zn içerikleri FAO (2008) tarafından bildirilen sınır değerlerine göre düşük (0.5-1 mg kg<sup>-1</sup>) seviyededir.

Toprakların alınabilir Mn içerikleri incelendiğinde; ıspanak yetiştirilen toprakların alınabilir Mn içeriği 2.92-6.79 mg kg<sup>-1</sup> arasında belirlenmiştir. Ispanak ekilen topraklarda GAK+NPK beraber ve GAK'nin tek başına uygulandığı toprakların alınabilir Mn içeriğinin kontrole göre sırasıyla %39.52 ve %56.99 arttığı belirlenmiştir. 16, 24 ve 32 g kg<sup>-1</sup> GAK uygulanan toprakların Mn konsantrasyonu, FAO (2008) tarafından bildirilen ve yüksek (3.5-6 mg kg<sup>-1</sup>) ve çok yüksek (>6mg kg<sup>-1</sup>) olarak kabul edilen sınır değerde oldukları belirlenmiştir (Çizelge 5). Denemede uygulamalar arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli (p<0.05) bulunmuştur. Ancak marul ekilen toprakların alınabilir Mn konsantrasyonları değerlendirildiğinde; uygulamalar arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Gıda atıklarında mikroelement konsantrasyonları düşüktür (Facchin ve ark., 2013). Çalışmalar gıda atıklarında Co ve Se'nin tespit edilmediğini ve Fe, Ni ve Mo düzeylerinin düşük olduğunu göstermiştir (Voelklein ve ark., 2017; Zhang ve ark., 2007). Temel mikroelementlerden Mn, Zn ve Cu ise bulunduğu bildirilmiştir (Zhang ve ark., 2011). Hatta organik gübre seviyesinin artmasıyla Zn içeriği de arttığı bildirilmiştir (Hossain ve Ryu, 2017). Çizelge 4'te artan dozlarda gıda endüstrisi arıtma çamuru uygulamasının toprakta Fe, Zn, Mn ve Cu içeriğini artırdığı bildirilmiştir (Bıyıklı ve ark., 2019).

## **SONUÇ ve ÖNERİLER**

Denemede saksı topraklarına kompostlaştırılmış evsel gıda atığı uygulanmasının olumlu etki gösterdiği belirlenmiştir. Gıda atıkları kompostu (GAK) organik gübre olarak ve/veya toprak düzenleyici olarak kullanılabilir. GAK tek başına ya da 15-15-15 NPK gübresi gibi ticari bir kaynak birlikte kullanılarak toprakta birbirinden farklı etkide bulunmuştur. GAK, toprağa en yüksek uygulama oranı olan 32 g kg<sup>-1</sup> (8 t da<sup>-1</sup>) eklendiğinde elde edilen sonuçlar ile hiç gübreleme yapılmayan kontrol saksılarının sonuçları karşılaştırılmıştır. Hem marul hem de ıspanak yetiştirilen denemede elde edilen sonuçların ortalamaları birlikte değerlendirildiğinde; toprağın EC'sini %57.21, organik maddeyi %61.23, toplam N'yi %48.35 oranında artırdığı ve toprak pH'ını %3.29 oranında düşürdüğü belirlenmiştir. Toprağa GAK + NPK uygulandığında ise, toprağın


EC'sini %76.85, organik maddeyi %72.35, toplam N'yi %56.25 ve alınabilir Zn'yi %29.19 oranında artırdığı, toprak pH'ını da %4.66 oranında azalttığı belirlenmiştir. Bu sonuçlarda farklı olarak; GAK tek başına uygulandığında marul bitkisinin bulunduğu topraklarda alınabilir P miktarındaki artış %67.63, GAK+NPK uygulamasında %47.14 artış gerçekleştirmiştir. Sonuçlar, gıda atığı kompostunun, organik atıkları çöplüklerden uzaklaştırarak gıda sistemlerinin döngüselliğini ve sürdürülebilirliğini artırmaya yardımcı olmak adına değerlendirilmesi gereken kaynaklar olduğunu ve uygun bir gübreleme ile vertisol toprakta marul ve ispanak bitkisinin büyümesinde ve verimliliğinde artışlar sağladığını göstermiştir.

**Teşekkür:** Bu çalışma, Bursa Uludağ Üniversitesi Bilimsel Araştırma Fonu tarafından desteklenmiştir, Proje No: FHIZ-2022/835.

**Çıkar Çatışması Beyanı:** Makale yazarı hiçbir kimseyle arasında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

**Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti:** Yazar makaleye tek başına katkı sağlamış olduğunu beyan eder.

## YAZAR ORCID NUMARALARI

Serhat GÜREL  <http://orcid.org/0000-0002-2971-8353>

## KAYNAKLAR

- Abd El-Gawad, A.M., Morsy, A.S.M. 2017. Integrated impact of organic and inorganic fertilizers on growth, yield of maize (*Zea mays* L.) and soil properties under upper Egypt conditions. *J. Plant Production*, Mansoura Univ., 8(11): 1103-1112. <https://doi.org/10.21608/jpp.2017.41121>
- Aksoy, E., Dirim, M.S., Tümsavaş, Z., Özsoy, G. 2001. Formation of Uludag University Campus Area Soils, Important Physical, Chemical Properties and Classification. Research Fund of the University of Uludag, Project No:98/32, Bursa, Turkey, 118p.
- 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. 1994. Method EPA 3051, Microwave assisted acid digestion of sediments, sludges, soils and oils. U.S. Environmental Protection Agency, Office of Solid Waste and Emergency Response, 1–14. Washington, DC: U.S. Government Printing Office
- Aziz, T., Ullah, S., Sattar, A., Nasim, M., Farooq, M., Khan, M. 2010. Nutrient Availability and Maize (*Zea mays*) Growth in Soil Amended with Organic Manures. *International Journal of Agriculture & Biology*, 12(4): 621-624. 10-070/RAS/2010/12-4-621-624
- Barzee, T.J., Edalati, A., El-Mashad, H., Wang, D., Scow, K., Zhang, R. 2019. Digestate Biofertilizers Support Similar or Higher Tomato Yields and Quality Than Mineral Fertilizer in a Subsurface Drip Fertigation System. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 58(3): 1-13; doi: 10.3389/fsufs.2019.00058
- Bıyıklı, M., Dorak, S., Aşık, B.B. 2020. Effects of Food Industry Wastewater Treatment Sludge on Corn Plant Development and Soil Properties. *Pol. J. Environ. Stud.*, 29(4): 2565-2578; doi: 10.15244/pjoes/112897
- Bolan, N., Kunhikrishnan, A., Thangarajan, R., Kumpiene, J., Park, J., Makino, T., Kirkham, M.B., Scheckel, K. 2014. Remediation of heavy metal(loid)s contaminated soils – To mobilize or to immobilize? *Journal of Hazardous Materials*, 266(1):141-166. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2013.12.018>
- Bouyoucos, G.H. 1951. A recalibration of the hydrometer for making mechanical analysis of soils. *Journal of Agronomy*, 43(1): 434-438.
- Bremner, J.M. 1965. *Total nitrogen*. C.A. Black (Ed) Methods of soil analysis, Part 2. American Soc. Ag. Inc. Pub. Agronomy Series, No.9, Madison, Wisconsin, pp 1149-1178.
- Cecilia, J.A., Garcia-Sancho, C., Maireles-Torres, P. J., R., Luque. 2019. Industrial food waste valorization: a general overview. Biorefinery. Springer, pp. 253-277. <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-030-10961-5-11>
- Cerda, A., Artola, A., Font, X., Barrera, R., Gea, T., Sánchez, A. (2018). Composting of food wastes: Status and challenges. *Bioresour Technol*, 248: 57–67. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2017.06.133>
- Cheong, J.C., Lee, J.T., Lim, J.M., Song, S., Tan, J.K., Chiam, Z.Y., Yap, K.Y., Lim, E.Y., Zhang, J., Tan, H.T. 2020. Closing the food waste loop: Food waste anaerobic digestate as fertilizer for the cultivation of the leafy vegetable, xiao bai cai (*Brassica rapa*). *Science of The Total Environment*, 715: 136789; doi:10.1016/j.scitotenv.2020.136789






- Çerçioğlu, M., Okur, B., Delibacak, S., Ogun, A.R. 2012. Effects of Tobacco Waste and Farmyard Manure on Soil Properties and Yield of Lettuce (*Lactuca sativa* L. var. *capitata*). *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 43:875–886; doi: 10.1080/00103624.2012.653023
- Çıtak, S., Sönmez, S., Koçak, F., Yasin, S. 2011. The effect of vermicompost and barnyard manure applications on the development of spinach plant and soil fertility. West Mediterranean Agricultural Research Institute. *Derim Journal*, 28(1): 56-59.
- De Nobile, F.O., Hurtado, A.C., Prado, R.de M., de Souza, H.A., Anunciação, M.G., Palaretti, L.F., Dezem, L.A.S.N. 2021. A novel technology for processing urban waste compost as a fast releasing nitrogen source to improve soil properties and broccoli and lettuce production. *Waste and Biomass Valorization*, 12(1):6191–6203; <https://doi.org/10.1007/s12649-021-01415-z>
- Eghball, B., Ginting, D., Gilley, J.E. 2004. Residual Effects of Manure and Compost Applications on Corn Production and Soil Properties. *Agron. J.*, 96:442–447. <http://digitalcommons.unl.edu/biosysengfacpub/14>
- Facchin, V., Cavinato, C., Fatone, F., Pavan, P., Cecchi, F., Bolzonella, D. 2013. Effect of trace element supplementation on the mesophilic anaerobic digestion of foodwaste in batch trials: The influence of inoculum origin. *Biochemical Engineering Journal*, 70: 71-77. <https://doi.org/10.1016/j.bej.2012.10.004>
- FAO, 2008. Guide to Laboratory Establishment for Plant Nutrient Analysis. FAO Fertilizer and Plant Nutrition Bulletin 19 (Eds. M. R. Motsara, R. N. Roy), Rome. ISBN 978–92–5–10598. <https://jardindemaud.fr/pdf/MotsaraMRetal.pdf>
- Gezahegn, A.M. 2021. Effect of organic fertilizers on maize (*Zea mays* L.) production and soil physical and chemical properties. *World Applied Sciences Journal*, 39 (1): 11-19; doi: 10.5829/idosi.wasj.2021.11.19
- Giannakis, G.V., Kourgiyalas, N., Paranychianakis, N.V., Nikolaidis, N.P., Kalogerakis, N. 2014. Effects of Municipal Solid Waste Compost on Soil Properties and Vegetables Growth. *Compost Science & Utilization*, 22(3):116-131, doi: 10.1080/1065657X.2014.899938
- Gill, S.S., Jana, A.M., A., Shrivastav. 2014. Aerobic Bacterial Degradation of Kitchen waste: A review. *J Microbiol Biotechnol Food Sci.*, 3(6): 477-483. <https://doi.org/10.15414/jmbfs.2014.3.6.477-483>
- Giménez, A., Gómez, P. Á., Bustamante, M. A., Pérez-Murcia, M. D., Martínez-Sabater, E., Ros, M., Pascual, J.A., Egea-Gilabert, C., Fernández, J. A. 2021. Effect of Compost Extract Addition to Different Types of Fertilizers on Quality at Harvest and Shelf Life of Spinach. *Agronomy*, 11(4): 632; doi:10.3390/agronomy11040632
- Ghinea, C., Leahu, A. 2020. Monitoring of Fruit and Vegetable Waste Composting Process: Relationship between Microorganisms and Physico-Chemical Parameters. *Processes*, 8(3): 302. <https://doi.org/10.3390/pr8030302>
- Gondek, M., Weindorf, D. C., Thiel, C., Kleinheinz, G. 2020. Soluble Salts in Compost and Their Effects on Soil and Plants: A Review. *Compost Science and Utilization*. 28 (2): 59-75. <https://doi.org/10.1080/1065657X.2020.1772906>
- Gustavsson, J., Cederberg, C., Sonesson, U., van Otterdijk, R., Meybek, A. 2011. Global food losses and food waste. The Swedish Institute for Food and Biotechnology Save Food Congress, Düsseldorf 16 May 2011.
- Güneş, A., Alpaslan, M., İnal, A. 2013. *Bitki Besleme ve Gübreleme*. 6. Baskı, Ders Kitabı No: 533, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, No: 158, Ankara, ISBN 978-975-482-878-8
- Hafid, H. S., Rahman, N. A. A., Shah, U. K. M., Baharuddin, A. S., Ariff, A.B. 2017. Feasibility of using kitchen waste as future substrate for bioethanol production: a review. *Renew. Sust. Energ. Rev.*, 74 (2): 671–686; doi: 10.1016/j.rser.2017.02.071
- Hashimi, R., Habibi, H.K. 2021. Effects of organic and inorganic fertilizers Applications levels on greenhouse tomato (*Solanum lycopersicum*) yield and soil quality in Khost Province. *Asian Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 7(4): 1-10; doi: 10.9734/AJSSPN/2021/v7i430117
- Hernández, A., Castillo, H., Ojeda, D., Arras, A., López, J., Sánchez, E. 2010. Effect of Vermicompost and Compost on Lettuce Production. *Chilean Journal of Agricultural Research*, 70 (4): 583-589. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-58392010000400008>
- Hossain, M. B., Ryu, K. S. 2017. Effects of Organic and Inorganic Fertilizers on Lettuce (*Lactuca Sativa* L.) and Soil Properties. *SAARC J. Agri.*, 15(2): 93-102. <http://dx.doi.org/10.3329/sja.v15i2.35158>
- Jackson, M. L. 1958. *Soil chemical analysis*, 38–226. New Jersey, USA: Prentice Hall Inc.
- Jakhro, M. I., Shah, S. I., Zehri, M. Y., Rahujo, Z. A., Ahmed, S., Ahmed, S., Jakhro, M. A. 2017. Growth and Yield of Spinach (*Spinacia oleracea* L.) Under Fluctuating Levels of Organic and Inorganic Fertilizers. *International Journal of Development Research*, 7(2):11454-11460. Issn: 2230-9926, <http://www.journalijdr.com>.
- Jara-Samaniego, J., Pérez-Murcia, M.D., Bustamante, M.A., Paredes, C., Pérez-Espinosa, A., Gavilanes-Terán, I., López, M., Marhuenda-Egea, F.C., Brito, H., Moral, R. 2017. Development of organic fertilizers from food

- market waste and urban gardening by composting in Ecuador. *Plos One*, 12(7): 1-17; doi: 10.1371/journal.pone.0181621
- Kacar, B., ve İnal. A. 2008. *Bitki analizleri* (1. Baskı). Nobel Akademi Yayıncılık. No.1241 Ankara, 892s.
- Kacar, B. 2009. *Toprak Analizleri* (3. Baskı). Nobel Akademi Yayıncılık, No. 1387. Ankara, 466 s.
- Kacar, B., ve Kütük, C. 2010. *Gübre Analizleri* (1. Baskı). Nobel Akademi Yayıncılık, No.1497, Ankara. 400 s.
- Karaman, M.R., Brohi, A.R., Müftüoğlu, N.M., Öztaş, T., Zengin, M. 2012. Sürdürülebilir Toprak Verimliliği, 3. Baskı, Koyulhisar Ziraat Odası Kültür yayınları No:1, Pelin Matbaacılık, 391s. ISBN 978-605-86684-0-9
- Kebede, T., Diriba, D., Boki, A. 2023. The effect of organic solid waste compost on soil properties, growth, and yield of swiss chard crop (*Beta vulgaris* L.). Hindavi, *The Scientific World Journal*, Vol. 2023, Article ID 6175746, 10p; doi:10.1155/2023/6175746
- Kelley, A. J., Campbell, D. N., Wilkie, A. C., Maltais-Landry, G. 2022. Compost Composition and Application Rate Have a Greater Impact on Spinach Yield and Soil Fertility Benefits Than Feedstock Origin. *Horticulturae*, 8(8): 688. <https://doi.org/10.3390/horticulturae8080688>
- Kovács, A.B., Kremper, R., Kincses, I., Leviczky, Á. 2016. Influences of different organic fertilizers on nutrients of humic sandy soil and on the growth of Spinach (*Spinacia oleracea* L.). *Agraria Debreceniensis*, 70: 23-28; doi:10.34101/actaagrar/70/1812
- Kumar, V., Chopra, A.K., Srivastava, S. 2016. Assessment of Heavy Metals in Spinach (*Spinacia oleracea* L.) Grown in Sewage Sludge Amended Soil. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 47(2): 221-236, 10.1080/00103624.2015.1122799
- Kummu, M., de Moel, H., Porkka, M., Siebert, S., Varis, O., Ward, P.J. 2012. Lost food, wasted resources: Global food supply chain losses and their impacts on freshwater, cropland, and fertiliser use. *Science of The Total Environment*. 438:477-489. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2012.08.092>
- Leogrande, R., Lopodota, O., Fiore, A., Vitti, C., Ventrella, D., Montemurro, F. 2013. Previous crops and organic fertilizers in lettuce: effects on yields and soil properties. *Journal of Plant Nutrition*, 36(13):1945–1962; doi: 10.1080/01904167.2012.754042
- Lindsay, W. L., ve 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
- Liu, C.W., Sung, Y., Chen, B.C., Lai, H.Y. 2014. Effects of Nitrogen Fertilizers on the Growth and Nitrate Content of Lettuce (*Lactuca sativa* L.). *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 11: 4427-4440; doi:10.3390/ijerph110404427
- Lodha, S., Sharma, S.K., Aggrawal, R.K. 2002. Inactivation of *Macrophomina phaseolina* propagules during composting and effect of composts on dry root rot severity and on seed yield of clusterbean. *Eur J Plant Pathol*, 108(3): 253-361. <http://dx.doi.org/10.1023/A:1015103315068>
- Machado, R. M. A., Alves-Pereira, I., Lourenço, D., Ferreira, R.M.A. 2020. Effect of organic compost and inorganic nitrogen fertigation on spinach growth, phytochemical accumulation and antioxidant activity. *Heliyon*, 6(9): e05085. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e05085>
- Maftoun, M., Moshiri, F., Karimian, N., Ronaghi, A.M. 2004. Effects of Two Organic Wastes in Combination with Phosphorus on Growth and Chemical Composition of Spinach and Soil Properties. *Journal of Plant Nutrition*, 27 (9): 1635-1651. <http://dx.doi.org/10.1081/PLN-200026005>
- Mahmoud, E., Abd El-Kader, N., Elbaroudy, A., Lamyaa, A.R. 2007. Residual effects of different organic and inorganic fertilizers on spinach (*Spinacia Oleracea* L.) plant grown on clay and sandy soils. *J.Agric.&Env.Sci.Alex.Univ.*, Egypt, 6 (3): 49-65.
- Mahmoud, F., Khan, I., Ashraf, U., Shahzad, T., Hussain, S., Shahid, M., Abid, M., Ullah, S. 2017. Effects of organic and inorganic manures on maize and their residual impact on soil physico-chemical properties. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 17(1): 22-32. doi:10.4067/S0718-95162017005000002
- Majaule, U., Dikinya, O., Glaser, B. 2020. Interactive effects of biochar and sewage sludge on bioavailability and plant uptake of Cu, Fe, and Zn, and spinach (*Spinacia oleracea* L.) yields under wastewater irrigation. *Agronomy*, 10(1901):7-15; doi:10.3390/agronomy10121901
- Mak, T. M. W., Xiong, X., Tsang, D. C. W., Yu, I. K. M., C. S. Poon. 2020. Sustainable food waste management towards circular bioeconomy: Policy review, limitations and opportunities. *Bioresourcetechnology*, 297(2020):122497;doi:10.1016/j.biortech.2019.122497
- Melikoğlu, M., Lin, C.S.K., Webb, C. 2013. Analysing global food waste problem: pinpointing the facts and estimating the energy content. *Central European Journal of Engineering*, 3(2):157-164. <https://doi.org/10.2478/s13531-012-0058-5>
- Munesue, Y., Masui, T., Fushima, T. 2015. The effects of reducing food losses and food waste on global food insecurity, natural resources, and greenhouse gas emissions. *Environmental Economics and Policy Studies*, 17:43–77; doi 10.1007/s10018-014-0083-0

- Nasreen, Z., Qazi, J.I. 2012. Lab scale composting of fruits and vegetable waste at elevated temperature and forced aeration. *Pak J Zool.*, 44(5):1285-1290; doi: 0030-9923/2012/0005-1185 \$ 8.00/0
- Nathan, E.M., Starbuck, C.J., Kremer, R.J., Jett, L.W. 2005. Effects of a Food Waste-Based Soil Conditioner on Soil Properties and Plant Growth. *Compost Science & Utilization*, 13 (2): 116-121; doi: 10.1080/1065657X.2005.10702227
- Ngwira, A.R., Nyirenda, M., Taylor, D. 2013. Toward Sustainable Agriculture: An Evaluation of Compost and Inorganic Fertilizer on Soil Nutrient Status and Productivity of Three Maize Varieties Across Multiple Sites in Malawi. *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 37(8):859-881; doi: 10.1080/21683565.2013.763889
- O'Connor, J., Hoang, S.A., Bradley, L., Dutta, S., Xiong, X., Tsang, D.C.W., Ramadass, K., Vinu, A., Kirkham, M.B., Bolan, N.S. 2021. A review on the valorisation of food waste as a nutrient source and soil amendment. *Environmental Pollution*, 272: 115985. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.115985>
- Olsen, S. R., Dean, L. A. 1965. *Phosphorus*. In Methods of soil analysis. Part II, ed. C. A. Black, 1035–49. Madison, Wisconsin: American Society of Agronomy Inc.
- Ok, Y.S., Uchimiya, S.M., Chang, S.X., Bolan, N. 2015. *Biochar*: Production, characterization, and applications. CRC Press, Florida, USA, 408p.
- Özkan, N., Dağlıoğlu, M., Ünser, E., Müftüoğlu, N.M. 2016. Vermikompostun ıspanak (*Spinacia oleracea* L.) verimi ve bazı toprak özellikleri üzerine etkisi. *ÇOMÜ Zir. Fak. Derg.*, 4 (1): 1-5, [www.researchgate.net/publication/311845432](http://www.researchgate.net/publication/311845432)
- Özsoy, G. 2001. Uludağ Üniversitesi Kampüs Alanı Topraklarının Genesisi ve Sınıflandırılması. Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Anabilim Dalı (Yüksek Lisans Tezi), Bursa. 120s.
- Pathak, A.K., ve Christopher, K. 2019. Study of socio-economic condition and constraints faced by the farmers in adoption of Bio fertilizer in Bhadohi district (Uttar Pradesh). *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 8 (2): 1916-1917. e-issn: 2278-4136
- Poore, J., ve Nemecek, T., 2018. Reducing food's environmental impacts through producers and consumers. *Science*, 360(6392): 987-992. <https://doi.org/10.1126/science.aag0216>
- Rajaie, M., ve Tavakoly, A.R. 2016. Effects of municipal waste compost and nitrogen fertilizer on growth and mineral composition of tomato. *Int J Recycl Org Waste Agricult*, 5:339–347; doi: 10.1007/s40093-016-0144-4
- Reis, M., Coelho, L., Beltrão, J., Domingos, I., Moura, M. 2014. Comparative effects of inorganic and organic compost fertilization on lettuce (*Lactuca sativa* L.). *International Journal of Energy and Environment*, 8 (1): 137-146. <https://www.researchgate.net/publication/263854351>
- Reyes-Torres, M., Oviedo-Ocaña, E., Dominguez, L., Komilis, D., Sánchez, A. 2018. A systematic review on the composting of green waste: Feedstock quality and optimization strategies. *Waste Management*, 77(1): 486-499, <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.04.037>
- Reynolds, W.D., Drury, C.F., Tan, S., Yang, M. 2015. Temporal effects of food waste compost on soil physical quality and productivity. *Can. J. Soil Sci.*, 95(1): 251-268; doi:10.4141/CJSS-2014-114
- Robarge, W. P., Edwards, A., Johnson, B. 1983. Water and waste water analysis for nitrate via nitration of salicylic acid. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 14 (12):1207–15. doi: 10.1080/00103628309367444
- Sall, P.M., Antoun, H., Chalifour, F.P., Beauchamp, C.J. 2019. Potential use of leachate from composted fruit and vegetable waste as fertilizer for corn. *Cogent Food & Agriculture*, 5: 1580180, <https://doi.org/10.1080/23311932.2019.1580180>
- Shetha, P., Small G. E., Kay, A. 2020. Quantifying nutrient recovery efficiency and loss from compost-based urban agriculture. *Plos One*, 15(4):1-15. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0230996>
- Sogn, T. A., Dragicevic, I., Linjordet, R., Krogstad, T., Eijsink, V.G., Eich-Greatorex, S. 2018. Recycling of biogas digestates in plant production: NPK fertilizer value and risk of leaching. *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture*, 7:49–58. <https://doi.org/10.1007/s40093-017-0188-0>
- Solorzano, L. 1969. Determination of ammonia in natural waters by phenol hypochlorite method. *Limnology and Oceanography*, 14 (5):799–801. doi: 10.4319/lo.1969.14.5.07
- Sotamenoua, J., ve Parrot, L. 2013. Sustainable urban agriculture and the adoption of composts in Cameroon. *Int J Agric Sustain.*, 11 (3): 282-295. <http://dx.doi.org/10.1080/14735903.2013.811858>
- Swift, R. S., Sparks, D. L., Page, A. L., Helmke, P. A., Loeppert, R. H., Soltanpour, P. N., Sumner, M. E. 1996. *Organic matter characterization*. In Methods of soil analysis. Part 3: Chemical methods. Madison, USA: Soil Science Society America Inc, 1011–69.

- Tamer, N., Başalma, D., Türkmen, C., Namlı, A. 2016. Organik toprak düzenleyicilerin toprak parametreleri ve ayçiçeği (*Helianthus annuus* L.) bitkisinin verim ve verim öğeleri üzerine etkileri. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*, 4 (1): 11-21, e-ISSN: 2146-8141
- Tampio, E., Ervasti, S., Rintala, J. 2015. Characteristics and agronomic usability of digestates from laboratory digesters treating food waste and autoclaved food waste. *Journal of Cleaner Production*, 94: 86-92; doi: 10.1016/j.jclepro.2015.01.086
- Thi, N.B.D., Kumar, G., Lin, C.Y. 2015. An overview of food waste management in developing countries: Current status and future perspective. *J Environ Manage*, 157: 220-229. doi:10.1016/j.jenvman.2015.04.022
- Tümsavaş, Z. 2003. Bursa ili vertisol büyük toprak grubu topraklarının verimlilik durumlarının toprak analizleriyle belirlenmesi. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 17(2): 9-21. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/153982>
- USDA. 2013. U.S. dept. of agriculture soil taxonomy. Accessed November 14, 2013. Erişim adresi: <http://www.soils.usda.gov/technical/classification/osd/index.html>
- Voběrková, S., Maxianová, A., Schlosserová, N., Adamcová, D., Vršanská, M., Richtera, L., Gagić, M., Zloch, J., ve Vaverková, M. D. 2020. Food waste composting - Is it really so simple as stated in scientific literature? – A case study. *Science of the Total Environment*, 723 (1):1-14. doi:10.1016/j.scitotenv.2020.138202
- Voelklein, M.A., O’Shea, R., Jakob, A., Murphy, J.D. 2017. Role of trace elements in single and two-stage digestion of food waste at high organic loading rates. *Energy*, 121(1): 185-192, <https://doi.org/10.1016/j.energy.2017.01.009>
- Walkley, A., ve Black, L. A. 1934. An examination of the Degtjareff method for determining soils organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science*, 37:29–38.
- Waqas, M., Nizami, A.S., Aburiazza, A.S., Barakat, M.A., Rashid, M.I., Ismail, I.M.I. 2018. Optimization of food waste compost with the use of biochar. *Journal of Environmental Management*, 216(1): 70-81; doi:10.1016/j.jenvman.2017.06.015
- Xu, F., Li, Y., Ge, X., Yang, L., Li, Y. 2018. Anaerobic digestion of food waste – Challenges and opportunities. *Bioresource Technology*, 247 (1) :1047-1058, <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2017.09.020>
- Yağmur, B., ve Okur, B. 2018. Bazı Doğal Toprak Düzenleyicilerin Mısır (*Zea Mays* L.) Bitkisinin Verim Parametreleri Üzerine Etkileri. *Ege Üniv. Ziraat Fakültesi Dergisi*, 55(4): 471-477. Doi: 10.20289/zfdergi.419225
- Yang, F., Li, Y., Han, Y., Qian, W., Li, G., Lua, W. 2019. Performance of mature compost to control gaseous emissions in kitchen waste composting. *Science of the Total Environment*, 657(1): 262-269. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.12.030>
- Zhang, L., Lee, Y.W., Jahng, G. 2011. Anaerobic co-digestion of food waste and piggery wastewater: Focusing on the role of trace elements. *Bioresource Technology*, 102(8): 5048-5059. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2011.01.082>
- Zhang, R., El-Mashad, H.M., Hartman, K., Wang, F., Liu, G., Choate, C., Gamble, P. 2007. Characterization of food waste as feedstock for anaerobic digestion. *Bioresource Technology*, 98(4): 929-935. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2006.02.039>

**Pathogenicity of the *Steinernema feltiae* TUR-S3 (Rhabditida: Steinernematidae) Isolate on *Oryzaephilus surinamensis* (Coleoptera: Silvanidae) and *Tribolium confusum* (Coleoptera: Tenebrionidae)**

Osman Nuri YARAŞIR<sup>1</sup> , Eren ERGENE<sup>1</sup> , Alperen Kaan BÜTÜNER<sup>1</sup> , Hilal SUSURLUK<sup>1</sup> , İsmail Alper SUSURLUK<sup>1</sup> 

<sup>1</sup>Bursa Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Bursa

\*Sorumlu Yazar: [susurluk@uludag.edu.tr](mailto:susurluk@uludag.edu.tr)

Geliş Tarihi: 12.02.2024 Düzeltme Geliş Tarihi: 20.02.2024 Kabul Tarihi: 20.02.2024

**ABSTRACT**

For many years, pesticides have been employed to manage pests that cause losses in agricultural yield and quality during storage. However, as the harmful effects of pesticides on non-target organisms became apparent, alternative approaches gained traction. Entomopathogenic Nematodes (EPNs), commonly used in biological control, are now being considered for controlling *Oryzaephilus surinamensis* (L.) (Coleoptera: Silvanidae) and *Tribolium confusum* du Val (Coleoptera: Tenebrionidae). This study evaluated the efficacy of *Steinernema feltiae* TUR-S3 (Rhabditida: Steinernema) isolate at five different concentrations (3 Infective Juveniles (IJs)/cm<sup>2</sup> (8 IJs/adult), 6 IJs/cm<sup>2</sup> (17 IJs/adult), 9 IJs/cm<sup>2</sup> (25 IJs/adult), 18 IJs/cm<sup>2</sup> (50 IJs/adult), 27 IJs/cm<sup>2</sup> (75 IJs/adult)) against adult *O. surinamensis* and *T. confusum*. The results indicated the highest mortality rate, reaching 83.33%, was achieved in both pests at a concentration of 27 IJs/cm<sup>2</sup> (75 IJs/adult). This suggests promising potential for controlling *O. surinamensis* and *T. confusum* using this approach.

**Key words:** *Oryzaephilus surinamensis*, *Steinernema feltiae*, *Tribolium confusum*, biological control

***Steinernema feltiae* TUR-S3 (Rhabditida: Steinernematidae) izolatının *Oryzaephilus surinamensis* (Coleoptera: Silvanidae) ve *Tribolium confusum* (Coleoptera: Tenebrionidae) Üzerinde Patojenisitesi**

**ÖZ**

Depolama koşullarında tarımsal ürünlerde verim ve kalite kaybına neden olan zararlıların kontrolünde uzun yıllardır pestisitler kullanılmaktadır. Ancak pestisitlerin hedef dışı organizmalar üzerindeki toksik etkilerinin belirlenmesi ile birlikte pestisit kullanımına alternatif diğer yöntemler ön plana çıkmıştır. Bu nedenle biyolojik mücadele kapsamında yaygınla kullanılan Entomopatojen Nematodların (EPNs), *Oryzaephilus surinamensis* (L.) (Coleoptera: Silvanidae) ve *Tribolium confusum* du Val (Coleoptera: Tenebrionidae)'un potansiyel mücadelesinde kullanılabileceği düşünülmektedir. Bu çalışmada *Steinernema feltiae* TUR-S3 (Rhabditida: Steinernema) izolatının *O. surinamensis* ve *T.confusum* erginleri üzerindeki potansiyel mücadelesinde 5 farklı konsantrasyon (3 IJs/cm<sup>2</sup> (8 IJs/ergin), 6 IJs/cm<sup>2</sup> (17 IJs/ergin), 9 IJs/cm<sup>2</sup> (25 IJs/ergin), 18 IJs/cm<sup>2</sup> (50 IJs/ergin), 27 IJs/cm<sup>2</sup> (75 IJs/ergin) kullanılarak değerlendirilmiştir. Sonuçlara göre en yüksek ölüm oranı *O. surinamensis* ve *T.confusum*' da 27 IJs/cm<sup>2</sup> (75 IJs/ergin) konsantrasyonda 83.33% olarak belirlenmiştir. Bu yönüyle çalışma *O. surinamensis* ve *T.confusum* mücadelesinde umut vaad etmektedir.

**Anahtar kelimeler:** *Oryzaephilus surinamensis*, *Steinernema feltiae*, *Tribolium confusum*, biyolojik mücadele

## INTRODUCTION

Agricultural production plays a significant role in sustaining the human population. With the increasing world population, the demand for food continues to rise (Grafton et al., 2015; Singh et al., 2021; Oh and Lu, 2023; Bjørndal et al., 2024). Preserving and safeguarding agricultural products is of great importance in this context in today's world (Kumar and Kalita, 2017; Kumar et al., 2021; Kusuma et al., 2024). Various factors in post-harvest storage can lead to a loss in product quality (Galstyan et al., 2019; Olorunfemi and Kayode, 2021), with storage pests being a major contributing factor to yield loss. Therefore, controlling storage pests holds significance for food supply (Hassan et al., 2023; Mantzoukas et al., 2023).

Pesticides have been widely used for many years in plant protection. However, recent studies have led to an increased understanding of the toxic effects of pesticides on human health, the environment, and non-target organisms. Consequently, there is a growing need for alternative methods of pest control (Van der Werf, 1996; Hernández et al., 2013; Kumar et al., 2023; Tan et al., 2023; Bütüner et al., 2024). One of the most important alternatives is biological control. Entomopathogenic Nematodes (EPNs) are commonly used in biological control to manage various types of insect pests (Jansson et al., 1993; Gözel and Güneş, 2013; Şahin and Gözel, 2019; Dede et al., 2022; Bütüner et al., 2023; Ulu and Susurluk, 2024).

Entomopathogenic nematodes are endoparasitic organisms that require a host tissue to complete their life cycles. These organisms belong to the Rhabditida order, Steinernematidae, and Heterorhabditidae families (Ehlers, 2001; Grewal et al., 2006; Susurluk and Ehlers, 2008; Ulu and Susurluk, 2014; Bütüner and Susurluk, 2023a). The EPNs can infect hosts only during the Juvenile 3 (Infective Juvenile) stage of their life cycles. This infective function is carried out in symbiosis with gram-negative bacteria belonging to the Enterobacteriaceae family, residing inside their bodies. In Heterorhabditidae family members, this bacterium is *Photorhabdus* spp., while in Steinernematidae family members, it is *Xenorhabdus* spp. (Peters, 1996; Shapiro-Ilan et al., 2005; Ciche et al., 2006; Stevens et al., 2023; Bütüner and Susurluk, 2023a).

*Oryzaephilus surinamensis* (L.) (Coleoptera: Silvanidae) is a polyphagous pest that holds significant importance among stored product pests worldwide, causing quality and yield losses in more than thirty food items (Eldeghidy et al., 2022; Gourgouta et al., 2023). The organism is known to thrive optimally at 28±2°C and 30-70% relative humidity (Arbogast, 1976; Beckett and Evans, 1994; Nika et al., 2020). Typically, this species, both in its larval and adult stages, feeds on the kernels of grains, leading to yield losses. Under favorable conditions, an adult female can lay 6-10 eggs per day and 200-375 eggs per month (Howe, 1956; Arbogast, 1976; Tremetra et al., 2000).

*Tribolium confusum* du Val (Coleoptera: Tenebrionidae) is a pest that, like many other stored product pests, can feed on various agricultural products in storage. Among the items it feeds on are barley, wheat, rice, sorghum, and corn flour (Estay et al., 2011; Naseri, 2017; Kavallieratos et al., 2020). Optimal conditions for its development are known to be 27±1°C and 65±5% relative humidity (Athanasios, 2004; Stamopoulos et al., 2007; Kavallieratos et al., 2020). Similar to other storage pests, this species causes yield losses by feeding on the kernels of grains in both its larval and adult stages (Howe, 1956; Arbogast, 1976; Tremetra et al., 2000; Stamopoulos et al., 2007; Atta et al., 2020).

This study aims to determine the effectiveness of the *S. feltiae* TUR-S3 isolate on *O. surinamensis* and *T. confusum* under laboratory conditions. In this research, the TUR-S3 isolate was applied to these storage pests in five different doses to determine its efficacy.

## MATERIALS AND METHODS

### Entomopathogenic Nematode Species:

In this study, the entomopathogenic nematode species *S. feltiae* was utilized, specifically the TUR-S3 isolate. This isolate has been preferred due to its adaptation to the climatic conditions of our country, high virulence, ease of production, and a broad range of host compatibility (Unlu et al., 2007; Susurluk, 2008; Ulu et al., 2016; Bütüner et al., 2023).

### *Oryzaephilus surinamensis* and *Tribolium confusum*:

Adults of *T. confusum* used in this study were cultured in the Nematology laboratory of the Plant Protection Department at Bursa Uludağ University. The insects were reared at 27±1°C temperature with a 16-8 (light/dark) photoperiod (Athanasios, 2004; Stamopoulos et al., 2007; Kavallieratos et al., 2020). Another pest species used in the study, adults of *O. surinamensis*, were cultured in the Nematology laboratory of the Plant Protection Department at Bursa Uludağ University. The culture was maintained at 28±2°C temperature with a 16-8 (light/dark) photoperiod (Beckett and Evans, 1994; Nika et al., 2020). Both insect cultures were maintained



in separate environmental chambers, ensuring constant temperature and light conditions throughout the production.

#### Experimental Design:

Firstly, filter papers cut to fit the dimensions of 6 cm diameter Petri dishes were placed at the bottom of the Petri dishes. Ten individuals from the adult *T. confusum* culture were placed in each Petri dish, and similarly, 10 individuals of adult *O. surinamensis* were placed. Five wheat grains were positioned in the middle of each Petri dish. Infective Juveniles (IJs), concentrations for *T. confusum* adults were applied as follows: 3 IJs/cm<sup>2</sup> (8 IJs/adult), 6 IJs/cm<sup>2</sup> (17 IJs/adult), 9 IJs/cm<sup>2</sup> (25 IJs/adult), 18 IJs/cm<sup>2</sup> (50 IJs/adult), 27 IJs/cm<sup>2</sup> (75 IJs/adult). For *O. surinamensis* adults, the concentrations were applied as 3 IJs/cm<sup>2</sup> (8 IJs/adult), 6 IJs/cm<sup>2</sup> (17 IJs/adult), 9 IJs/cm<sup>2</sup> (25 IJs/adult), 18 IJs/cm<sup>2</sup> (50 IJs/adult), 27 IJs/cm<sup>2</sup> (75 IJs/adult). These prepared concentrations were individually applied to each Petri dish along with 200 microliters of Ringer's solution. In this study, different doses were prepared for each insect species and applied with three replicates. After the inoculation process, each Petri dish was incubated at 25°C for 4 days. Infected hosts were dissected to confirm that their deaths were IJ-induced. Additionally, only Ringer's solution was applied to Petri dishes with the control group.

#### Statistical analysis:

JMP®16 software was used for analyzing variance (ANOVA) on the mortality rate results observed in the experiment with the insects. Additionally, the Least Significant Difference (LSD) test ( $p < 0.05$ ) was employed to determine the differences between the means.

## RESULTS

The highest mortality rate of 83.33% was achieved with a concentration of 27 IJs/cm<sup>2</sup> of the TUR-S3 isolate applied to adult *T. confusum*. Other concentrations used in the study, namely 3 IJs/cm<sup>2</sup>, 6 IJs/cm<sup>2</sup>, 9 IJs/cm<sup>2</sup>, and 18 IJs/cm<sup>2</sup>, resulted in mortality rates of 16.67, 26.67, 46.67, and 63.33%, respectively. No dead adult individuals were found in the control group. Statistically significant differences were observed in the obtained results (Table 1) ( $F = 36.92$ ;  $df = 5, 12$ ;  $p < 0.0001$ ).

Table 1. Percentage of mortality rates of *T. confusum*. Means in each isolate followed by the same letters are not significantly different ( $p < 0.05$ ).

EPN Species	Host	Applied Dose (IJs/cm <sup>2</sup> )	Mortality Rates (%) ± SE	F (df); P
		Control	0 ± 0 e	
<i>S. feltiae</i> TUR-S3	<i>T. confusum</i>	3	16.67 ± 3.33 d	F (5, 12) = 36.92; $p < 0.0001$
		6	26.67 ± 8.82 c	
		9	46.67 ± 6.67 c	
		18	63.33 ± 3.33 b	
		27	83.33 ± 3.33 a	

The highest mortality rate of 83.33% in *O. surinamensis* adults infected with the TUR-S3 isolate was obtained at a concentration of 27 IJs/cm<sup>2</sup>. Other concentrations used in the study, namely 3 IJs/cm<sup>2</sup>, 6 IJs/cm<sup>2</sup>, 9 IJs/cm<sup>2</sup>, and 18 IJs/cm<sup>2</sup>, resulted in mortality rates of 20, 26.67, 36.67, and 73.33%, respectively. No dead adult individuals were found in the control group. Statistically significant differences were observed in the mortality rates of *O. surinamensis* adults infected with the TUR-S3 isolate (Table 2) ( $F = 55.92$ ;  $df = 5, 12$ ;  $p < 0.0001$ ).

Table 2. Percentage of mortality rates of *O. surinamensis*. Means in each isolate followed by the same letters are not significantly different ( $p < 0.05$ ).

EPN Species	Host	Applied Dose (IJs/cm <sup>2</sup> )	Mortality Rates (%) ± SE	F (df); P
<i>S. feltiae</i> TUR-S3	<i>O. surinamensis</i>	Control	0 ± 0 d	F (5, 12)= 55.92; p < 0.0001
		3	20.00 ± 5.77 c	
		6	26.67 ± 6.67 bc	
		9	36.67 ± 3.33 b	
		18	73.33 ± 3.33 a	
		27	83.33 ± 3.33 a	

## DISCUSSION

The pathogenicity of EPNs, particularly the TUR-S3 isolate of *S. feltiae*, has been investigated for its efficacy in controlling adult *T. confusum* and *O. surinamensis*. The study revealed that the TUR-S3 isolate exhibited varying mortality rates at different concentrations. For adult *T. confusum*, the highest mortality rate of 83.33% was achieved at a concentration of 27 IJs/cm<sup>2</sup>, with lower concentrations resulting in lower mortality rates. Similarly, for *O. surinamensis* adults infected with the same isolate, the highest mortality rate of 83.33% was obtained at a concentration of 27 IJs/cm<sup>2</sup>, with other concentrations yielding different mortality rates. Notably, statistically significant differences were observed in the obtained results for both *T. confusum* and *O. surinamensis* adults infected with the isolate.

*Steinernema feltiae* has been evaluated against various stored product pests, including *T. confusum* and *Ephesia kuehniella* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae), demonstrating its insecticidal effect (Athanasios et al., 2008; Athanasios et al., 2010; Guru et al., 2022). Javed et al. (2020) investigated the efficacy of isolates from different species of the Steinernematidae family at three different doses on adult *T. confusum* and *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera: Bostrychidae). The results indicated an increase in the mortality rate of adults with the application of higher concentrations of IJs. Similarly, Canhilal and Yüksel (2020) conducted a study examining the effectiveness of different isolates of *S. feltiae* species on *Sitophilus oryzae* (Coleoptera: Curculionidae) using various concentrations. The results from this study also revealed an increase in the mortality rate of adults with the application of higher concentrations of IJs. These findings are consistent with the results of the current study.

Similarly, Bütüner and Susurluk (2023b) conducted a study in which isolates belonging to different species of *S. feltiae* and *Steinernema carpocapsae* (Rhabditida: Steinernematidae) were applied at various doses on *S. oryzae*. The study revealed a proportional increase in the mortality rate of adults with an increase in the applied concentration of IJs. Laznik et al. (2010) utilized different isolates of *S. feltiae* to determine their effectiveness on adult *S. oryzae* at different temperature values. The study concluded that an increase in IJ concentration resulted in a higher mortality rate among adults. Similarly, Trdan et al. (2006) conducted a study to determine the effectiveness of different isolates of *S. feltiae*, *S. carpocapsae*, *Heterorhabditis bacteriophora*, and *H. megidis* (Rhabditida: Heterorhabditidae) on *Sitophilus granarius* (Coleoptera: Curculionidae) and *O. surinamensis*. The results indicated that an increase in the concentration of IJs in the applied dosage led to a proportional increase in the mortality rate of pests. Overall, the findings suggest a direct relationship between the increase in the applied dosage of IJs per adult and the observed increase in pest mortality rates.

## CONCLUSION

In recent years, alternative methods to pesticide usage have gained popularity due to a better understanding of the toxic effects of pesticides on non-target organisms, particularly the residue problems they create on food products. Pesticides used in storage conditions, which represent the final stage of the food chain accessible to humans, have the potential to induce toxic effects on humans through residues left on products. In this regard, the utilization of EPNs as an alternative to pesticide usage holds promising results for pest control under storage conditions. This study demonstrates highly effective results in the potential control of *T. confusum* and *O. surinamensis* using low IJ concentrations of an isolate (TUR-S3) of *S. feltiae* species, under laboratory conditions. The concentration of EPNs can significantly influence their effectiveness in controlling pest


populations, highlighting the need for precise application strategies in integrated pest management programs. However, there are some limitations to the application of EPNs in storage conditions. With regulations and adjustments in this field, the use of EPNs in storage conditions is believed to be highly effective in pest control.


**Acknowledgement:** This study was financially supported by the TUBITAK (The Scientific and Technological Research Council of Türkiye), Project number: 2190370.

**Conflict of Interest Statement:** The authors declare no conflict of interest.


**Authors' Contribution Statements:** The contribution of the authors is equal.

## YAZAR ORCID NUMARALARI

Osman Nuri YARAŞIR  <https://orcid.org/0009-0000-5502-2205>

Eren ERGENE  <https://orcid.org/0009-0002-0392-6215>

Alperen Kaan BÜTÜNER  <https://orcid.org/0000-0002-2121-3529>

Hilal SUSURLUK  <https://orcid.org/0000-0002-8329-8855>

İsmail Alper SUSURLUK  <https://orcid.org/0000-0002-0699-1752>

## REFERENCES

- Arbogast, R. T. 1976. Population parameters for *Oryzaephilus surinamensis* and *O. mercator*: effect of relative humidity. *Environmental Entomology*, 5 (4): 738-742.
- Athanassiou, C. G., Kavallieratos, N. G. and Andris, N. S. 2004. Insecticidal effect of three diatomaceous earth formulations against adults of *Sitophilus oryzae* (Coleoptera: Curculionidae) and *Tribolium confusum* (Coleoptera: Tenebrionidae) on oat, rye, and triticale. *Journal of Economic Entomology*, 97 (6): 2160-2167.
- Athanassiou, C. G., Palyvos, N. E. and Kakouli-Duarte, T. 2008. Insecticidal effect of *Steinernema feltiae* (Filipjev) (Nematoda: Steinernematidae) against *Tribolium confusum* du Val (Coleoptera: Tenebrionidae) and *Ephestia kuehniella* (Zeller) (Lepidoptera: Pyralidae) in stored wheat. *Journal of Stored Products Research*, 44 (1): 52-57.
- Athanassiou, C. G., Kavallieratos, N. G., Menti, H. and Karanastasi, E. 2010. Mortality of four stored product pests in stored wheat when exposed to doses of three entomopathogenic nematodes. *Journal of Economic Entomology*, 103 (3): 977-984.
- Atta, B., Rizwan, M., Sabir, A. M., Gogi, M. D. and Ali, K. 2020. Damage potential of *Tribolium castaneum* (Herbst)(Coleoptera: Tenebrionidae) on wheat grains stored in hermetic and non-hermetic storage bags. *International Journal of Tropical Insect Science*, 40: 27-37.
- Beckett, S. J. and Evans, D. E. 1994. The demography of *Oryzaephilus surinamensis* (L.)(Coleoptera: Silvanidae) on kibbled wheat. *Journal of Stored Products Research*, 30 (2): 121-137.
- Bjørndal, T., Dey, M. and Tusvik, A. 2024. Economic analysis of the contributions of aquaculture to future food security. *Aquaculture*, 578: 740071.
- Bütüner, A. K. and Susurluk, A. 2023a. Efficiency of temperature and storage duration on some morphological measurements and reproductive capacity of the entomopathogenic nematode *Heterorhabditis bacteriophora* Poinar, 1976 (Rhabditida: Heterorhabditidae)'s Turkish HBH hybrid strain. *Turkish Journal of Entomology*, 47 (4): 469-476.
- Bütüner, A. K., and Susurluk, A. 2023b. Türk Entomopatojen Nematodların, *Steinernema feltiae* ve *Steinernema carpocapsae* (Rhabditida: Steinernematidae) Pirinç Biti *Sitophilus oryzae* (Coleoptera: Curculionidae) Üzerinde Patojenisitesi. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 10(3), 541-547.
- Bütüner, A. K., İltan, M. and Susurluk, A. 2023. Effects of storage temperature on viability and virulence of entomopathogenic nematodes *Heterorhabditis bacteriophora* Poinar, 1976 (Rhabditida:

- Heterorhabditidae), *Steinernema carpocapsae* Weiser, 1955 and *Steinernema feltiae* Filipjev, 1934 (Rhabditida: Steinernematidae). *Turkish Journal of Entomology*, 47 (3): 247-257.
- Bütüner, A. K., Şahin, Y. S., Erdiñç, A., Erdoğan, H. and Lewis, E. 2024. Enhancing Pest Detection: Assessing *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) Damage Intensity in Field Images through Advanced Machine Learning. *Journal of Agricultural Sciences*, 30 (1): 99-107.
- Canhilal, R., and Yüksel, 2020. E. Laboratory evaluation of some native isolates of *Steinernema feltiae* against the Rice Weevil, *Sitophilus oryzae* (L.), (Curculionidae: Coleoptera). *Türkiye Biyolojik Mücadele Dergisi*, 11 (1): 65-69.
- Ciche, T. A., Darby, C., Ehlers, R. U., Forst, S. and Goodrich-Blair, H. 2006. Dangerous liaisons: the symbiosis of entomopathogenic nematodes and bacteria. *Biological Control*, 38 (1): 22-46.
- Dede, E., Bütüner, A. K. and Susurluk, A. 2022. Biocontrol potential of *Heterorhabditis bacteriophora* Poinar, 1976 (Rhabditida: Heterorhabditidae) HBH hybrid strain against the beet webworm, *Loxostege sticticalis* L., 1761 (Lepidoptera: Pyralidae). *Turkish Journal of Entomology*, 46 (4): 399-405.
- Ehlers, R. U. 2001. Mass production of entomopathogenic nematodes for plant protection. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 56 (5-6): 623-633.
- Eldeghidly, E. S., Omara, S. M., Hassanein, S. S. M. and Helaly, S. M. 2022. Growth and development of *Oryzaephilus surinamensis* (L.)(Coleoptera: Silvanidae) immature stages on some food kinds. *Zagazig Journal of Agricultural Research*, 49 (2): 237-249.
- Estay, S. A., Clavijo-Baquet, S., Lima, M. and Bozinovic, F. 2011. Beyond average: an experimental test of temperature variability on the population dynamics of *Tribolium confusum*. *Population Ecology*, 53: 53-58.
- Galstyan, A. G., Aksyonova, L. M., Lisitsyn, A. B., Oganesyants, L. A. and Petrov, A. N. 2019. Modern approaches to storage and effective processing of agricultural products for obtaining high quality food products. *Herald of the Russian academy of sciences*, 89: 211-213.
- Gourgouta, M., Morrison III, W. R., Hagstrum, D. W. and Athanassiou, C. G. 2023. Saw-toothed grain beetle, *Oryzaephilus surinamensis*, an internationally important stored product pest. *Journal of Stored Products Research*, 104: 102165.
- Gözel, U. and Güneş, Ç. 2013. Effect of entomopathogenic nematode species on the corn stalk borer (*Sesamia cretica* Led. Lepidoptera: Noctuidae) at different temperatures. *Türkiye Entomoloji Dergisi*, 37 (1): 65-72.
- Grafton, R.Q., Daugbjerg, C. and Qureshi, M.E. 2015. Towards food security by 2050. *Food Security*, 7: 179–183.
- Grewal, P. S., Bornstein-Forst, S., Burnell, A. M., Glazer, I. and Jagdale, G. B. 2006. Physiological, genetic, and molecular mechanisms of chemoreception, thermobiosis, and anhydrobiosis in entomopathogenic nematodes. *Biological Control*, 38 (1): 54-65.
- Guru, P. N., Mridula, D., Dukare, A., Ghodki, B. M., Paschapur, A. U., Samal, I., Raj, M. N., Padala, V. K., Rajashekhar, M. and Subbanna, A. R. N. S. 2022. A comprehensive review on advances in storage pest management: current scenario and future prospects. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 6.
- Hassan, M. W., Hashmi, M. A., Sarwar, G., Mehmood, Z., Saleem, W. and Farooqi, M. A. 2023. Damage assessment of stored grain pests against rice grains types and wheat. *International Journal of Tropical Insect Science*, 43 (1): 35-41.
- Hernández, A. F., Parrón, T., Tsatsakis, A. M., Requena, M., Alarcón, R. and López-Guarnido, O. 2013. Toxic effects of pesticide mixtures at a molecular level: their relevance to human health. *Toxicology*, 307: 136-145.
- Howe, R. W. 1956. The biology of the two common storage species of *Oryzaephilus* (Coleoptera, Cucujidae). *Annals of Applied Biology*, 44 (2): 341-355.
- Jansson, R. K., Lecrone, S. H. and Gaugler, R. 1993. Field efficacy and persistence of entomopathogenic nematodes (Rhabditida: Steinernematidae, Heterorhabditidae) for control of sweetpotato weevil (Coleoptera: Apionidae) in southern Florida. *Journal of economic entomology*, 86 (4): 1055-1063.
- Javed, S., Khanum, T.A. and Khan, S. 2020. Biocontrol potential of entomopathogenic nematode species against *Tribolium confusum* (Jac.)(Coleoptera: Tenebrionidae) and *Rhyzopertha dominica* (Fab.)(Coleoptera: Bostrichidae) under laboratory conditions. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 30: 1-6.
- Kavallieratos, N. G., Andrić, G., Pražić Golić, M., Nika, E. P., Skourti, A., Kljajić, P. and Papanikolaou, N. E. 2020. Biological features and population growth of two Southeastern European *Tribolium confusum* Jacquelin du Val (Coleoptera: Tenebrionidae) strains. *Insects*, 11 (4): 218.
- Kumar, C., Ram, C. L., Jha, S. N. and Vishwakarma, R. K. 2021. Warehouse storage management of wheat and their role in food security. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 5: 675626.
- Kumar, D. and Kalita, P. 2017. Reducing postharvest losses during storage of grain crops to strengthen food security in developing countries. *Foods*, 6 (1): 8-29.

- Kumar, V., Sharma, N., Sharma, P., Pasrija, R., Kaur, K., Umesh, M. and Thazeem, B. 2023. Toxicity analysis of endocrine disrupting pesticides on non-target organisms: A critical analysis on toxicity mechanisms. *Toxicology and Applied Pharmacology*, 474: 116623.
- Kusuma, H. S., Yugiani, P., Himana, A. I., Aziz, A. and Putra, D. A. W. 2024. Reflections on food security and smart packaging. *Polymer Bulletin*, 81 (1): 87-133.
- Laznik, Ž., Tóth, T., Lakatos, T., Vidrih, M. and Trdan, S. 2010. The activity of three new strains of *Steinernema feltiae* against adults of *Sitophilus oryzae* under laboratory conditions. *Journal of Food, Agriculture and Environment*, 8 (1): 150-154
- Mantzoukas, S., Lagogiannis, I., Kitsiou, F. and Eliopoulos, P. A. 2023. Entomopathogenic action of wild fungal strains against stored product beetle pests. *Insects*, 14 (1): 91.
- Naseri, B., Borzoui, E., Majd, S. and Mozaffar Mansouri, S. 2017. Influence of different food commodities on life history, feeding efficiency, and digestive enzymatic activity of *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae). *Journal of Economic Entomology*, 110 (5): 2263-2268.
- Nika, E. P., Kavallieratos, N. G. and Papanikolaou, N. E. 2020. Developmental and reproductive biology of *Oryzaephilus surinamensis* (L.)(Coleoptera: Silvanidae) on seven commodities. *Journal of stored products research*, 87: 101612.
- Oh, S. and Lu, C. 2023. Vertical farming-smart urban agriculture for enhancing resilience and sustainability in food security. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 98 (2): 133-140.
- Olorunfemi, B. J. and Kayode, S. E. 2021. Post-harvest loss and grain storage technology-a review. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 9 (1): 75-83.
- Peters, A. 1996. The natural host range of *Steinernema* and *Heterorhabditis* spp. and their impact on insect populations. *Biocontrol science and technology*, 6 (3): 389-402.
- Shapiro-Ilan, D. I., Fuxa, J. R., Lacey, L. A., Onstad, D. W. and Kaya, H. K. 2005. Definitions of pathogenicity and virulence in invertebrate pathology. *Journal of invertebrate pathology*, 88 (1): 1-7.
- Singh, K. D., Mobolade, A. J., Bharali, R., Sahoo, D. and Rajashekar, Y. 2021. Main plant volatiles as stored grain pest management approach: A review. *Journal of Agriculture and Food Research*, 4: 100127.
- Stamopoulos, D. C., Damos, P. and Karagianidou, G. 2007. Bioactivity of five monoterpenoid vapours to *Tribolium confusum* (du Val)(Coleoptera: Tenebrionidae). *Journal of stored products research*, 43 (4): 571-577.
- Stevens, G., Erdogan, H., Pimentel, E., Dotson, J., Stevens, A., Shapiro-Ilan, D., Kaplan, F., Schliekelman, P. and Lewis, E. 2023. Group joining behaviours in the entomopathogenic nematode *Steinernema glaseri*. *Biological Control*, 181: 105220.
- Susurluk, A. and Ehlers, R. U. 2008. Field persistence of the entomopathogenic nematode *Heterorhabditis bacteriophora* in different crops. *BioControl*, 53 (4): 627-641.
- Susurluk, I. A. 2008. Influence of temperature on the vertical movement of the entomopathogenic nematodes *Steinernema feltiae* (TUR-S3) and *Heterorhabditis bacteriophora* (TUR-H2), and infectivity of the moving nematodes. *Nematology*, 10 (1): 137-141.
- Şahin, Ç. and Gözel, U. 2019. Efficacy of entomopathogenic nematodes against neonate larvae of *Capnodis tenebrionis* (L., 1758)(Coleoptera: Buprestidae). *Turkish Journal of Entomology*, 43 (3): 279-285.
- Tan, H., Wu, Q., Hao, R., Wang, C., Zhai, J., Li, Q., Cui, Y. and Wu, C. 2023. Occurrence, distribution, and driving factors of current-use pesticides in commonly cultivated crops and their potential risks to non-target organisms: A case study in Hainan, China. *Science of The Total Environment*, 854: 158640.
- Trdan, S., Vidrih, M. and Valič, N. 2006. Activity of four entomopathogenic nematode species against young adults of *Sitophilus granarius* (Coleoptera: Curculionidae) and *Oryzaephilus surinamensis* (Coleoptera: Silvanidae) under laboratory conditions/Wirkung von vier entomopathogenen Nematodenarten gegenüber *Sitophilus granarius* (Coleoptera: Curculionidae) und *Oryzaephilus surinamensis* (Coleoptera: Silvanidae) unter Laborbedingungen. *Journal of plant diseases and protection*, 2006: 168-173.
- Trematerra, P., Sciarreta, A. and Tamasi, E. 2000. Behavioural responses of *Oryzaephilus surinamensis*, *Tribolium castaneum* and *Tribolium confusum* to naturally and artificially damaged durum wheat kernels. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 94 (2): 195-200.
- Ulu, T. C. and Susurluk, I. A. 2014. Heat and desiccation tolerances of *Heterorhabditis bacteriophora* strains and relationships between their tolerances and some bioecological characteristics. *Invertebrate Survival Journal*, 11 (1): 4-10.
- Ulu, T. C. and Susurluk, I. A. 2024. In vitro liquid culture production and post-production pathogenicity of the hybrid *Heterorhabditis bacteriophora* HBH strain. *Crop Protection*, 175: 106443.
- Ulu, T. C., Sadiç, B. and Susurluk, A. 2016. Effects of some pesticides on the entomopathogenic nematode *Steinernema feltiae* TUR-S3. *Türkiye Biyolojik Mücadele Dergisi*, 7 (1): 55-63.

- Unlu, I. O., Ehlers, R. U. and Susurluk, A. 2007. Additional data and first record of the entomopathogenic nematode *Steinernema weiseri* from Turkey. *Nematology*, 9 (5): 739-741.
- van der Werf, H. M. 1996. Assessing the impact of pesticides on the environment. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 60 (2-3): 81-96.

## Bazı Üzüm Çeşitlerinde Salkım Teşekkül Pozisyonlarının Belirlenmesiyle Göz Verimliliğinin Saptanması

Mehmet İlhan ODABAŞIOĞLU<sup>1\*</sup> 

<sup>1</sup>Adıyaman Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Adıyaman-Türkiye

\*Sorumlu Yazar: [milhanodabasioglu@gmail.com](mailto:milhanodabasioglu@gmail.com) ; [modabasioglu@adiyaman.edu.tr](mailto:modabasioglu@adiyaman.edu.tr)

Geliş Tarihi: 14.02.2024 Düzeltme Geliş Tarihi: 29.02.2024 Kabul Tarihi: 29.02.2024

### ÖZ

Bağcılıkta en önemli hedeflerden biri omcalardan yüksek verim elde etmek ve dolayısıyla birim alanda üretilen yaş üzüm miktarını arttırmaktır. Bu amaca yönelik bağlarda pek çok kültürel uygulama yapılmakta ise de omcalara uygulanacak optimum budama düzeyinin belirlenmesi özel bir öneme sahiptir. Çünkü asmaların bir yaşlı dalları üzerinde yer alan kışlık gözleri, salkımları oluşturacak olan yazlık sürgünlerini taslak halinde taşımakta ve üzüm çeşitlerinin yüksek verimliliğe sahip göz düzeyleri birbirlerinden farklılık gösterebilmektedir. Bu çalışma, *Vitis vinifera* L. türüne ait on iki üzüm çeşidinin göz verimliliklerinin salkım teşekkül pozisyonları dikkate alınarak belirlenmesi amacıyla 2022-2023 yıllarında yürütülmüştür. İncelenen tüm üzüm çeşitlerinde, sürgünler üzerinde yer alan ilk 10 gözün verimlilikleri birbirlerinden farklı bulunmuştur. Bununla birlikte, belirli bir göz pozisyonunun verimliliği bakımından üzüm çeşitlerinin birbirlerinden farklılık gösterdiği belirlenmiştir. Dahası, salkım teşekkül pozisyonları incelenerek bir üzüm çeşidinin göz verimliliğinin belirlenebileceği saptanmış ve bu yöntemin pratikte uygulama kolaylığı sayesinde üreticilere tavsiye edilebileceği kanaatine varılmıştır. Elde edilen bulgular ışığında; Şiraz üzüm çeşidinin 4. göz üzerinden, Trakya İlkeren, Yalova İncisi, Alphonse Lavallée ve Boğazkere üzüm çeşitlerinin 4. veya 5. göz üzerinden, Perlette, Red Globe, Banazı Karası ve Öküzgözü üzüm çeşitlerinin 5. göz üzerinden, Flame Seedless, Royal ve Italia üzüm çeşitlerinin ise 5. veya 6. göz üzerinden budanması gerektiği sonucuna varılmıştır.

**Anahtar kelimeler:** Boğum, Budama, Kış gözü, Salkım sayısı, Verimlilik, *Vitis vinifera* L.

### Determination of Bud Fertility in Some Grape Varieties by Determining Cluster Formation Positions

### ABSTRACT

One of the most important goals in viticulture is to obtain high yields from grapevines and therefore increase the amount of fresh grapes produced per unit vineyard area. Although many cultural practices are carried out in vineyards for this purpose, determining the optimum pruning level to be applied to grapevines has particular importance. Because the winter buds located on the one-year-old canes of the grapevines carry the green shoots' primordia that will form the clusters, and the high productivity bud levels of grape varieties may differ from each other. This study was conducted in 2022-2023 to determine the bud fertility of twelve grape varieties belonging to the *Vitis vinifera* L. species, taking into account their cluster formation positions. In all grape varieties examined, the fertility levels of the first 10 buds on the shoots were found to be different from each other. In addition, it has been determined that grape varieties differ from each other in terms of the fertility level of a certain bud position. Moreover, it has been determined that the bud fertility levels of a grape variety can be determined by examining the cluster formation positions, and it has been concluded that this method can be recommended to producers thanks to its ease of application in practice. In light of the findings obtained; it was concluded that the Şiraz grape variety should be pruned from the 4th bud while Trakya İlkeren, Yalova İncisi, Alphonse Lavallée, Boğazkere grape varieties from the 4th or 5th bud,

Perlette, Red Globe, Banazı Karası, Öküzgözü grape varieties from the 5th bud, Flame Seedless, Royal, Italia grape varieties from the 5th or 6th bud.

**Key words:** Node, Pruning, Winter bud, Cluster number, Fruitfulness, *Vitis vinifera* L.

## GİRİŞ

Günümüzde dünyada pek çok bitki türünün kültürü yapılmaktadır. Bununla birlikte insanoğlunun ilk kültüre aldığı ve halen yetiştirmekte olduğu buğday, bezelye, mercimek, asma, zeytin ve benzeri bitkiler günlük diyetdeki yerlerini ve ekonomik önemlerini kaybetmemiştir (Zohary ve ark., 2012). Kültürü devam eden bu türler arasında ekonomik değeri her geçen gün artan, oldukça geniş değerlendirilme alanı ve potansiyeli olan asmanın gelecekte de önemini koruyacağı öngörülmektedir (Odabaşoğlu ve Gürsöz, 2020). 2022 yılı itibarıyla dünyada toplam 6 730 179 ha alanda yıllık 74 942 573 ton üretimi yapılan üzümün en yüksek gelir, şarap endüstrisiyle elde edilmektedir (FAOSTAT, 2023). Sofralık üzüm ve kuru üzüm ticaretleri bunu takip etmektedir (ITC, 2023; OIV, 2023).

Çoğu üzüm yetiştiricisinin asıl amacı; değerlendirme şekli ve yetiştirilen üzüm çeşidi ne olursa olsun, yüksek kalitede ve bol ürün elde etmektir. Bu hedefe ulaşmak için, bağlarda çeşitli kültürel teknikler ve önlemler uygulanmaktadır (Howell, 2001). Bu bağlamda üzüm çeşitlerine etkileri üzerinde en çok yoğunlaşılacak konulardan bazıları şunlardır; gübreler ve gübreleme uygulamaları, sulama sistemleri ve etkin sulama, tarımsal savaşım yöntemleri, terbiye sistemleri ve budama uygulamaları (Rives, 2000; Reynolds ve Heuvel, 2009; Poni ve ark., 2018; Miras-Avalos ve Araujo, 2021; Verdenal ve ark., 2021; James ve ark., 2023; Del Zozzo ve Poni, 2024). Bu uygulamaların her biri asmaların verimliliğini ve ürün kalitesini sınırlayan farklı bir stres faktörünün etkilerini ortadan kaldırmak ya da asgari düzeye çekerek, bağıcılığın sürdürülebilir bir tarımsal üretim kolu olarak kalmasını sağlamak amacıyla yapılmaktadır (Goldammer, 2013; Keller, 2020). Çok yıllık odunsu yapıdaki bitkilerin yetiştiriciliğinde her yıl düzenli olarak uygulanması gereken kış budaması işlemi, asmaların da odunsu yapıda olmaları ve her yıl düzenli verim elde edebilmek için bu işleme gereksinim duymaları nedeniyle özel bir öneme sahiptir (Winkler ve ark., 1974).

Daha önce birçok araştırmacı asmaların salkım teşekkülünün ve dolayısıyla mahsuldarlığının, bir yaşlı dallar üzerinde yer alan kışlık gözler ile ilişkili olduğunu bildirmiştir (Khanduja ve Balasubrahmanyam, 1972; Karataş ve Ağaoğlu, 2005; Ferrara ve Mazzeo, 2021). Nitekim bağlarda budama yapılırken özellikle bu hususa dikkat edilmektedir (Çelik ve ark., 2023). Ne var ki her üzüm çeşidi, omcalarına uygulanan aynı kış budaması işlemine aynı tepkiyi vermemektedir (Fidan, 1966; Çelik ve ark., 1998; Uzun, 2011). Birçok araştırmacı bu durumun nedenlerini daha detaylı incelemek ve konu ile ilgili somut veriler sunmak amacıyla; farklı üzüm çeşitlerinde, omca üzerinde bırakılacak bir yaşlı dal sayısı ya da toplam kış gözü sayısı üzerinde çeşitli araştırmalar yürütmüştür (Cus, 2004; Akın ve ark., 2012; Fawzi ve ark., 2015; Dobrei ve ark., 2016; Popovic ve ark., 2020; Odabaşoğlu, 2021; Teke ve Altindisli, 2021). Bir başka grup araştırmacı ise asmalarda kış gözünün, verimliliği yani salkım teşekkülünü doğrudan etkilediğini bildirmekte ancak bu durumun kış gözünün bir yaşlı dal üzerindeki konumu ile doğrudan alakalı olduğunu savunmaktadır. Bu bildiri yapan araştırmacılar; kuru açma, sürdürme ve benzeri metotları kullanarak, omcalardan kış dinlenme döneminde alınan yıllık dalların ya histolojik yapısını mikroskop altında incelemiş ya da tek/çok gözlü çelikler oluşturarak bunların sürgün oluşumu sonrasında üzerlerinde yer alan somakları belirlemiş ve nihayetinde inceledikleri üzüm çeşitlerine özgü budama düzeylerini önermişlerdir (Odabaş, 1976; Ağaoğlu, 2002; Akın ve ark., 2011; Dölek, 2017; Uyak ve Doğan, 2018; Şen ve Atak, 2020; Özgür ve ark., 2021; Uyak ve Doğan, 2023). Bu araştırmacıardan Ağaoğlu (1999) üzüm çeşidinin karakteristiğine göre değişmekle birlikte bir ana sürgün yatağında (primer tomurcuk) 1-4 adet arasında değişen sayıda salkım taslağının yer aldığını bildirmiştir. Sanchez ve Dokoozlian (2005) bir yıllık dal üzerinde yer alan bazal (dip) gözlerin, distal gözlere göre daha düşük salkım oluşturma potansiyeline sahip olduğunu saptamıştır. Çelik (2011) ise çeşide göre verimli gözlerin konumunun değişebildiğini ancak çoğunlukla yıllık dalların orta bölümlerinde yer alan gözlerin hem dip hem de apikal gözlere göre daha yüksek salkım oluşturma potansiyeline sahip olduğunu bildirmiştir. Bir başka araştırmacı grubu ise hem kış gözü verimlilik potansiyelini belirlemek hem de buradan elde ettikleri bulguları bağlardan elde edilecek ürün miktarının erken dönemde hesaplanmasında kullanmak amacıyla; omcalar üzerinde uzun budanmış (10-15 göze sahip) bir veya daha fazla yıllık dal bırakmış ve bunlar üzerinde oluşan yazlık sürgünlerin salkım teşekküllerini incelemişlerdir (Çelik, 1999; Dardeniz ve Kısmalı, 2005; Çelik, 2022; Tangolar ve ark., 2023). Araştırmacıların yöntemleri birbirlerinden farklılık göstermekte ise de genel olarak hem fikir oldukları husus; üzüm çeşitlerinin verimli gözlerinin birbirlerinden farklılık gösterebildiğidir. Ayrıca yetiştirme koşullarının ve çevresel etkilerin de göz



verimliliği üzerinde etkili olabileceği ekseriyetle kabul görmektedir (Karataş ve Ağaoğlu, 2005; Monteiro ve ark., 2021).

Önceki çalışmalarda araştırmacılar her ne kadar kış gözü verimliliği üzerinde yaptıkları saptamalardan yola çıkarak inceledikleri üzüm çeşitleri için belirli bir budama düzeyi önerisinde bulunmuşlar da doğrudan bağdan elde edilen bulgular dışındaki bulgular, çoğunlukla kış gözü verimlilik potansiyelini ortaya koymaktadır. Bu gözlerin bağ koşullarında salkım oluşturup oluşturmayacakları üzerinde içsel ve çevresel faktörlerin sınırlayıcı etkileri göz ardı edilmektedir. Nitekim asmalarda sülük ve salkım yapıları henüz kış gözünün içerisinde primer tomurcuğun büyüme konisi üzerinde kararsız protoplazmik bir kütle halinde iken birbirlerine oldukça benzemektedirler. Ancak bu kararsız taslaklar, asmalardaki hormonal aktiviteler ve çeşitli çevresel faktörlerin etkisi ile dönüşüm geçirip oluşturacakları nihai organın morfolojik özelliklerini alırlar (Ağaoğlu, 1999; Ağaoğlu, 2002; Keller, 2020). Bu dönüşüm süreci bir önceki vejetasyon periyodunda kış gözünü oluşturacak genç göz (tomurcuk) yapısının oluşumuyla başlar ve yetiştiricilik yapılan vejetasyon periyodunda yazlık sürgün üzerinde salkım/sülük oluşana kadar devam eder (Carmona ve ark., 2008; Vasconcelos ve ark., 2009). Nitekim Boss ve ark. (2003), ilkbaharda gözlerin uyanmasından sonra dahi salkım taslaklarının, çiçek organlarını oluşturmak üzere farklılaşmaya devam ettiğini bildirmiştir. Yapılan araştırmalar, giberellin ve sitokinin sentezlenme durumu, zamanı ve miktarının (giberellin-sitokinin dengesinin) primer tomurcuktaki büyüme konisinin salkım/sülük taslağına dönüşümü üzerinde etkili olduğunu ortaya koymuştur (Srinivasan ve Mullins, 1981). Costantini ve ark. (2007), göz verimliliğinin oksin üretimi ile ilişkili olabileceğini ileri sürmüştür. Vilar ve ark. (2017) ise göz verimliliğinin, sürgündeki oksin-sitokinin dengesine bağlı olarak değişebileceğini aktarmıştır. Ağaoğlu (2002) ve Keller (2020), ışık yoğunluğu, sıcaklık, besin maddesi düzeyi, sürgün büyüme yönü ve benzeri etkenlerin göz verimliliğini etkilediğini bildirmişlerdir. Görüldüğü üzere yazlık sürgün üzerinde salkım taslakları henüz görülmeden yapılan histolojik incelemeler, net bir sonuca varmaktan ziyade salkım oluşturma olasılığı dahilindedir. Tek göze sahip boğumların sürdürülmesi ile elde edilen bulgular ise omcaların beslenme, hormonal değişim ve benzeri diğer özelliklerinin göz ardı edilmesi nedeniyle doğruluğu tartışılacak verileri kapsamaktadır. Ayrıca Mullins (1966)'a göre odun çeliklerinde köklenmeden önce sürgün gelişimi uyarıldığında, salkım primordiumları kuruyarak ölmekte ancak köklenmeden sonra sürgün gelişimi uyarıldığında normal somak gelişimi sağlanmaktadır. Bu nedenle, daha önceki araştırmalardan farklı olarak bu çalışmada; doğrudan bağ koşullarında sürgünler üzerinde oluşmuş salkımların ve bunların yazlık sürgün üzerindeki pozisyonlarının saptanması ile göz verimliliği belirlenmeye çalışılmıştır. Çalışma iki yıl süre ile yürütülmüş ve 12 farklı üzüm çeşidi incelenerek bu çeşitlerin göz verimlilikleri ve buna dayalı en uygun budama düzeyleri ortaya konulmuştur.

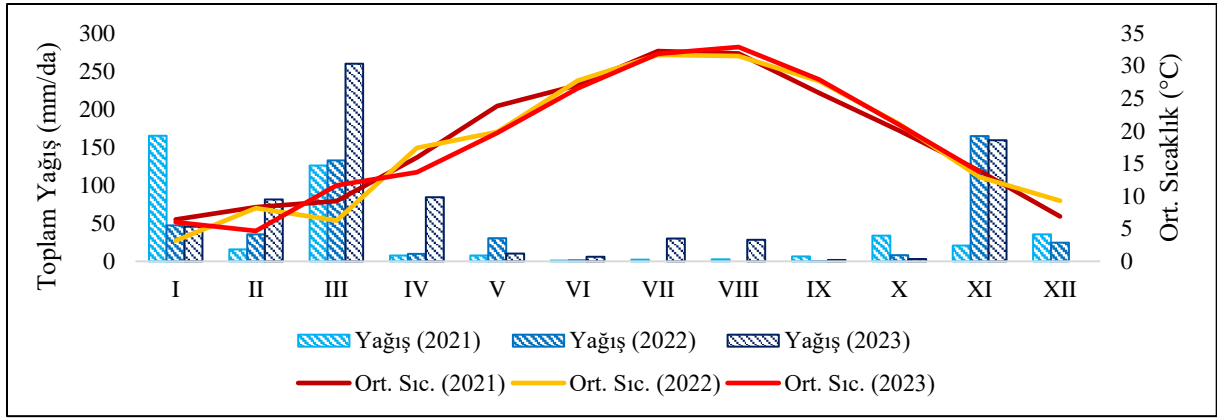
## MATERYAL ve METOT

### **Deneme Bağı**

Bu çalışma Adıyaman iline 17 km uzaklıktaki Hasancık Köyü'nde yer alan Adıyaman Üniversitesi Tarımsal Uygulama ve Arazi Yönetimi Uygulama ve Araştırma Merkezi Ar-Ge bağında (37° 46' 33" K, 38° 25' 54" D), iki yıl (2022-2023) süre ile yürütülmüştür. Bağın denizden yüksekliği 700 metredir. Çalışmanın yürütüldüğü bağ, her çeşit bir hat oluşturacak şekilde ardışık çeşit sıraları şeklinde tesis edilmiş olup sıralar arası mesafe 3 m'dir. Bağda omcalar sıra üzerinde 1 m aralıklı yerleştirilmiş ve guyot terbiye şeklinde yetiştirilmiştir. Bu çalışmanın yürütüldüğü yıllarda bağda rutin toprak işleme, ilaçlama ve sulama işlemleri yapılmıştır.

### **Deneme Bağının İklim ve Toprak Özellikleri**

Çalışmanın yürütüldüğü bağın bulunduğu bölgenin deneme yıllarına ait meteorolojik verileri, bağa oldukça yakın bir konumda (Ortanca Köyü) yer alan iklim istasyonu (Metos, Pessl Instruments, Austria)'ndan elde edilmiştir (Şekil 1.). Bölgeye 2022 yılında 455.6 mm/da, 2023 yılının ilk 11 ayında ise 710.2 mm/da toplam yağış düşmüştür. Her iki deneme yılında da aylık ortalama sıcaklık değerleri birbirine benzer seyretmiş ve yörenin genelinde yaşanan karasal iklim özellikleri deneme yıllarında da görülmüştür.



Şekil 1. Çalışmanın yürütüldüğü bölgenin deneme yıllarına ait iklim verileri

Çalışmada incelenen üzüm çeşitlerinin yetiştirildiği bağ toprağının makro-mikro besin elementi içerikleri Çizelge 1.'de sunulmuştur. Buna göre bağ toprağının azot ve demir içeriği sürdürülebilir bağcılık için düşük bulunmuş ancak diğer besin elementleri bakımından yeterli içeriğe sahip olduğu görülmüştür. Ayrıca toprağın; killi-tınlı yapıda, orta derecede alkali, tuzlu, çok kireçli ve organik madde içeriği düşük bulunmuştur (Odabaşoğlu, 2023).

Çizelge 1. Çalışmanın yürütüldüğü bağda toprağın makro ve mikro besin elementleri kapsamı

Elementler	0-30 cm	30-60 cm
N (%)	0.05	0.14
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg da <sup>-1</sup> )	34.69	20.78
K <sub>2</sub> O (kg da <sup>-1</sup> )	274.05	78.30
Ca (ppm)	60350.0	62870.0
Mg (ppm)	15810.0	14790.0
Fe (ppm)	1.20	1.47
Zn (ppm)	1.36	0.63
Mn (ppm)	15.40	3.20
Cu (ppm)	6.00	7.50

### İncelenen Üzüm Çeşitleri

Çalışmada bitkisel materyal olarak 12 farklı üzüm (*Vitis vinifera* L.) çeşidi yer almıştır. İncelenen üzüm çeşitleri, aşıllı asma fidanları ile 2014 yılında dikilmiş olup, tüm çeşitlerde anaç olarak 99 R anacı kullanılmıştır. İncelenen çeşitlerin bazı ampelografik özellikleri ve değerlendirme şekilleri Çizelge 2.'de sunulmuştur (IPGRI, UPOV, OIV, 1997; Çelik, 2002; Çelik, 2006; VIVC, 2023). İncelenen çeşitlerin tamamı erselik çiçek yapısına sahiptir ve ticari olarak 8'i sofralık, 3'ü şaraplık-şaraplık ve 1'i hem sofralık hem de kurutmalık olarak değerlendirilmektedir.

Çizelge 2. Çalışmada incelenen üzüm çeşitlerinin bazı ampelografik özellikleri

Çeşit	Salkım Şekli	Tane Şekli	Tane Rengi	Çekirdek Sayısı	Değerlendirme Şekli
Trakya İlkeren	Dallı konik	Yuvarlak	Mavi-siyah	2-3	Sofralık
Yalova İncisi	Kanatlı konik	Oval	Yeşil-sarı	1-3	Sofralık
Flame Seedless	Konik	Küresel	Kırmızı	-	Sofralık
Perlette	Kanatlı konik	Yuvarlak	Yeşilimsi Sarı	-	Sofralık
Alphonse Lavallée	Kanatlı konik	Basık yuvarlak	Morumsu siyah	1-4	Sofralık
Royal	Dallı	Basık yuvarlak	Morumsu siyah	2-3	Sofralık
Italia	Konik-piramit	Oval	Sarı	1-2	Sofralık
Red Globe	Konik	Yuvarlak	Pembemsi kırmızı	3-4	Sofralık
Banazı Karası	Kanatlı silindirik	Oval	Mavi-siyah	1-3	Sofralık-Kurutmalık
Öküzgözü	Kanatlı konik	Eliptik	Puslu siyah	2-3	Şaraplık-Şaraplık
Şiraz	Dallı silindirik	Kısa oval	Puslu siyah	2-3	Şaraplık-Şaraplık
Boğazkere	Kanatlı konik	Yuvarlak	Mor-siyah	2-3	Şaraplık-Şaraplık

### **Salkım Teşekkülünün Saptanması**

Üzüm çeşitlerine uygulanan budama düzeylerinin birörnek olması ve salkım teşekkülünün saptanmasında etkili bir faktör olarak ortaya çıkmaması için her iki deneme yılında da Mart ayının ilk haftasında, incelenen çeşitlerin tamamında 8 göz üzerinden uzun budama yapılmıştır. Çeşitlere ait sıraların bağ içindeki konumları sırasıyla; Perlette, Alphonse Lavallée, Red Globe, Royal, Banazı Karası, Italia, Şiraz, Yalova İncisi, Öküzgözü, Boğazkere, Trakya İlkeren, Flame Seedless şeklindedir. Bu konumlandırma diğer tekerrürler için de geçerli olup, ilk tekerrürün ardından yinelenmektedir.

Üzüm çeşitlerinin salkım teşekküllerinin saptanması için 3 tekerrürlü olarak yürütülen bu çalışmada her tekerrürde 50 omca yer almıştır. Her iki deneme yılında da incelenen çeşitlerin ben düşme döneminde, her omcadan rastgele seçilen salkımlı bir sürgün incelenmiştir. Üzerinde salkım yer alan yazlık sürgünlerin, salkım oluşturdukları boğumlar tek tek kaydedilmiştir. Koltuk sürgünü oluşturan yazlık sürgünler ve salkımsız sürgünler inceleme dışı bırakılmıştır. İncelenen her çeşidin göz verimlilikleri; incelenen göz pozisyonunun salkım oluşturanlarının sayısının, aynı göz pozisyonuna ait incelenen toplam göz sayısına oranı (%) şeklinde belirlenmiştir. Ayrıca incelenen çeşitlerin salkımlı bir sürgününde yer alan ortama salkım sayısı (adet/sürgün); yazlık sürgünlerde yer alan toplam salkım sayısının, incelenen toplam yazlık sürgünü sayısına bölünmesi ile belirlenmiştir.

### **İstatistiksel Analiz**

Elde edilen bulgular Minitab ver. 18 (Minitab Inc., USA) programında tek yönlü varyans analizine (One-Way ANOVA) tabi tutulmuştur. Üzüm çeşitlerinin göz verimlilikleri ve sürgün üzerinde oluşturdukları ortalama salkım sayısına ait ortalama değerler arasındaki farklılıklar, Tukey çoklu karşılaştırma testi ile belirlenmiştir.

### **BULGULAR ve TARTIŞMA**

Çalışma kapsamında incelenen 12 üzüm çeşidinin tamamında hem ayrı ayrı yıllar ölçeğinde hem de deneme yıllarının ortalamasına göre ilk on gözün verimlilik düzeyi bakımından birbirlerinden istatistiksel olarak farklılık gösterdiği saptanmıştır (Çizelge 3; 4, 5). Buna göre incelenen üzüm çeşitlerinin verimliliği yüksek olan bir veya iki gözü olduğu ve bunun genotipe bağlı olarak değişkenlik gösterdiği belirlenmiştir. Daha önce *Vitis vinifera* L. türüne ait farklı üzüm çeşitlerinin göz verimliliklerini inceleyen araştırmacılar (Çelik, 1999; Akın ve ark., 2011; Önder ve Dardeniz, 2015; Uyak ve Doğan, 2018; Özgür ve ark., 2021) da hem bu çalışmada incelenen bazı üzüm çeşitlerinde hem de farklı üzüm çeşitlerinde benzer sonuçlara ulaşmıştır. Ayrıca *Vitis labrusca* L. türüne ait üzüm genotiplerini/çeşitlerini inceleyen Çelik ve ark. (2015) ile Uray ve ark. (2023), inceledikleri üzüm genotiplerinde/çeşitlerinde yıllık dallar üzerinde yer alan kışık gözlerin verimliliklerinin birbirlerinden farklılık gösterdiğini saptamışlardır.

Her iki inceleme yılına ve yıllar ortalamasına göre Trakya İlkeren çeşidinin en yüksek verimliliğe sahip gözlerinin 4. ve 5. gözler olduğu, Red Globe ve Perlette çeşitlerinde en yüksek verimliliğe sahip gözün 5. göz olduğu, Şiraz çeşidinin en yüksek verimliliğe sahip gözlerinin ise 3. ve 4. gözler olduğu saptanmıştır. Buna karşın incelenen diğer üzüm çeşitlerinde verimliliği yüksek olan gözler yıllara ve/veya yıllar ortalamasına göre değişkenlik göstermiştir. Örneğin; Yalova İncisi çeşidinde en yüksek verimliliğe sahip gözler 2022 yılında ve yıllar ortalamasında 4. ve 5. gözler olurken, 2023 yılında en yüksek verimliliğe sahip gözün 5. göz olduğu görülmüştür. Flame Seedless, Royal, Italia ve Öküzgözü çeşitlerinde en yüksek verimliliğe sahip göz 2022 yılında 5. göz olarak saptanmış ancak 2023 yılında bu çeşitlerin bazılarında (Italia ve Öküzgözü) en yüksek verimliliğe sahip tek bir göz yerine iki göz saptanmış bazılarında (Flame Seedless ve Royal) ise en yüksek verimliliğe sahip göz değişmiştir. Buna ek olarak; yıllar ortalamasına göre söz konusu 4 üzüm çeşidinin en yüksek verimliliğe sahip gözü/gözleri inceleme yıllarında saptananları çoğunlukla kapsamakla birlikte kısmen farklılaşmalar da görülmüştür. Bu durum göz verimliliğinin incelendiği çalışmalarda üzüm çeşitlerinin en verimli gözlerinin, inceleme yapılan yıla göre varyasyon gösterebildiğinin de bir kanıtı niteliğindedir. Nitekim farklı çalışmalarda, üzüm çeşitlerinin göz verimliliğine çevresel faktörlerin etki edebildiği saptanmıştır (Karataş ve Ağaoğlu, 2005). Bu faktörlerden özellikle iklimsel değişimlerin, asmaların primer tomurcuklarında yer alan salkım taslaklarının oluşumu üzerinde oldukça baskın bir etkisinin olduğu, incelediğimiz 13 üzüm çeşidinden 8'inde iki inceleme yılı arasında saptanan farklılıklarla da görülmüştür. Bu yönüyle bulgularımız önceki araştırmacıların bulguları ile paralellik göstermektedir.

Çizelge 3. Üzüm çeşitlerinin 2022 yılında 1. ile 10. boğum arasındaki gözlerinin verimlilikleri (%)

Göz	Trakya İlkeren**	Yalova İncisi**	Flame Seedless**	Perlette**	Alphonse Lavallée**	Royal**	Italia**	Red Globe**	Banazı Karası**	Öküzgözü**	Şiraz**	Boğazkere**
1. <sup>00</sup>	1.33 ± 1.16 d	0.0 ± 0.0 c	0.0 ± 0.0 d	0.0 ± 0.0 d	0.0 ± 0.0 e	0.0 ± 0.0 d	0.0 ± 0.0 d	0.67 ± 1.16 cd	0.0 ± 0.0 b	0.0 ± 0.0 d	0.67 ± 1.16 c	0.0 ± 0.0 d
2. <sup>X</sup>	5.33 ± 1.16 cd	2.67 ± 2.31 c	1.33 ± 1.16 d	1.33 ± 2.31 d	2.67 ± 1.16 e	0.67 ± 1.16 d	0.67 ± 1.16 d	1.33 ± 1.16 cd	0.0 ± 0.0 b	0.0 ± 0.0 d	33.33 ± 11.55 b	1.33 ± 1.16 d
3. <sup>X</sup>	43.33 ± 7.02 b	32.00 ± 7.21 b	6.00 ± 3.46 d	5.33 ± 1.16 cd	28.67 ± 1.16 c	5.33 ± 1.16 d	3.33 ± 3.06 d	8.67 ± 4.62 c	6.00 ± 6.00 b	17.33 ± 7.57 c	81.33 ± 1.16 a	22.67 ± 4.16 b
4. <sup>X</sup>	68.67 ± 13.32 a	63.33 ± 14.74 a	32.00 ± 4.00 c	22.00 ± 9.17 bc	68.67 ± 3.06 a	25.33 ± 8.33 c	34.67 ± 7.57 c	38.67 ± 4.16 b	39.33 ± 5.03 a	52.00 ± 6.00 b	66.67 ± 15.14 a	58.67 ± 3.06 a
5. <sup>X</sup>	67.33 ± 3.06 a	52.67 ± 6.11 a	68.67 ± 3.06 a	57.33 ± 9.02 a	59.33 ± 3.06 b	60.00 ± 8.72 a	72.67 ± 8.08 a	66.67 ± 1.16 a	52.00 ± 10.58 a	70.67 ± 2.31 a	34.00 ± 5.29 b	56.67 ± 4.16 a
6. <sup>X</sup>	22.00 ± 15.62 c	21.33 ± 8.08 b	46.67 ± 7.02 b	28.67 ± 13.61 b	33.33 ± 5.77 c	46.00 ± 4.00 b	53.33 ± 3.06 b	36.00 ± 5.29 b	5.33 ± 5.03 b	23.33 ± 6.43 c	20.67 ± 5.03 b	14.00 ± 2.00 c
7. <sup>X</sup>	6.67 ± 5.03 cd	1.33 ± 1.16 c	8.67 ± 5.03 d	4.00 ± 4.00 d	10.67 ± 4.16 d	6.00 ± 2.00 d	10.00 ± 4.00 d	8.67 ± 3.06 c	0.0 ± 0.0 b	0.67 ± 1.16 d	0.0 ± 0.0 c	3.33 ± 1.16 d
8. <sup>00</sup>	0.0 ± 0.0 d	0.0 ± 0.0 c	1.33 ± 2.31 d	0.0 ± 0.0 d	0.0 ± 0.0 e	0.67 ± 1.16 d	0.0 ± 0.0 d	2.00 ± 2.00 cd	0.0 ± 0.0 b	0.0 ± 0.0 d	0.0 ± 0.0 c	1.33 ± 1.16 d
9. <sup>00</sup>	0.0 ± 0.0 d	0.0 ± 0.0 c	0.0 ± 0.0 d	0.0 ± 0.0 d	0.67 ± 1.16 e	0.0 ± 0.0 d	0.0 ± 0.0 d	2.00 ± 2.00 cd	0.0 ± 0.0 b	0.0 ± 0.0 d	0.0 ± 0.0 c	0.67 ± 1.16 d
10. <sup>00</sup>	0.0 ± 0.0 d	0.0 ± 0.0 c	0.0 ± 0.0 d	0.0 ± 0.0 d	0.67 ± 1.16 e	0.0 ± 0.0 d	0.0 ± 0.0 d	0.0 ± 0.0 d	0.0 ± 0.0 b	0.0 ± 0.0 d	0.0 ± 0.0 c	0.0 ± 0.0 d

\*\* : Aynı sütunda yer alan ve farklı harflerle (a, b, c vb.) belirtilen göz pozisyonları arasında istatistiki olarak  $p < 0.01$  önem seviyesinde farklılık vardır.

X : İncelenen göz pozisyonunda sahip oldukları verimlilik değerleri bakımından üzüm çeşitleri arasında istatistikselsel olarak farklılık ( $p < 0.01$ ) vardır. ÖD: Önemli değil

Çizelge 4. Üzüm çeşitlerinin 2023 yılında 1. ile 10. boğum arasındaki gözlerinin verimlilikleri (%)

Göz	Trakya İlkeren**	Yalova İncisi**	Flame Seedless**	Perlette**	Alphonse Lavallée**	Royal**	Italia**	Red Globe**	Banazı Karası**	Öküzgözü**	Şiraz**	Boğazkere**
1. <sup>00</sup>	0.0 ± 0.0 c	0.0 ± 0.0 d	0.0 ± 0.0 d	0.0 ± 0.0 d	0.0 ± 0.0 c	0.0 ± 0.0 f	0.0 ± 0.0 c	0.0 ± 0.0 c	0.0 ± 0.0 d	0.0 ± 0.0 c	0.0 ± 0.0 d	0.0 ± 0.0 e
2. <sup>X</sup>	3.33 ± 1.16 c	0.0 ± 0.0 d	0.0 ± 0.0 d	1.33 ± 1.16 d	6.00 ± 6.93 c	2.67 ± 1.16 f	0.0 ± 0.0 c	0.67 ± 1.16 c	0.0 ± 0.0 d	0.0 ± 0.0 c	16.00 ± 3.46 c	1.33 ± 1.16 e
3. <sup>X</sup>	25.33 ± 1.16 b	8.67 ± 1.16 c	8.67 ± 3.06 cd	6.00 ± 4.00 cd	34.67 ± 3.06 b	32.67 ± 11.72 cd	2.67 ± 3.06 c	8.67 ± 3.06 c	7.33 ± 4.16 cd	15.33 ± 4.16 b	78.00 ± 5.29 a	29.33 ± 6.43 c
4. <sup>X</sup>	62.00 ± 13.11 a	42.00 ± 3.46 b	14.00 ± 5.29 cd	17.33 ± 4.62 c	62.67 ± 9.24 a	74.00 ± 2.00 a	20.00 ± 9.17 b	32.67 ± 3.06 b	33.33 ± 6.43 b	61.33 ± 13.01 a	80.67 ± 7.57 a	62.00 ± 7.21 a
5. <sup>X</sup>	58.67 ± 6.43 a	54.67 ± 4.62 a	47.33 ± 8.08 ab	54.67 ± 8.33 a	60.67 ± 2.31 a	54.00 ± 8.72 b	68.67 ± 9.02 a	68.67 ± 5.77 a	52.67 ± 4.16 a	69.33 ± 6.11 a	31.33 ± 3.06 b	49.33 ± 4.62 b
6. <sup>X</sup>	23.33 ± 4.16 b	36.67 ± 6.43 b	58.67 ± 6.11 a	34.67 ± 8.08 b	28.67 ± 4.16 b	40.00 ± 6.93 bc	63.33 ± 8.08 a	35.33 ± 9.45 b	10.67 ± 6.11 c	13.33 ± 4.16 bc	31.33 ± 12.70 b	14.00 ± 0.0 d
7. <sup>X</sup>	0.0 ± 0.0 c	4.00 ± 2.00 cd	29.30 ± 20.0 bc	1.33 ± 1.16 d	24.00 ± 5.29 b	20.67 ± 4.16 de	8.00 ± 3.46 bc	4.67 ± 1.16 c	0.0 ± 0.0 d	0.0 ± 0.0 c	4.00 ± 0.0 cd	0.0 ± 0.0 e
8. <sup>X</sup>	0.0 ± 0.0 c	0.0 ± 0.0 d	4.67 ± 4.62 d	0.67 ± 1.16 d	8.67 ± 4.62 c	12.67 ± 3.06 ef	3.33 ± 2.31 c	1.33 ± 2.31 c	0.0 ± 0.0 d	0.0 ± 0.0 c	0.67 ± 1.16 d	0.0 ± 0.0 e
9. <sup>X</sup>	0.0 ± 0.0 c	0.0 ± 0.0 d	0.67 ± 1.16 d	0.0 ± 0.0 d	4.00 ± 3.46 c	3.33 ± 1.16 f	0.0 ± 0.0 c	0.0 ± 0.0 c	0.0 ± 0.0 d	0.0 ± 0.0 c	0.0 ± 0.0 d	0.0 ± 0.0 e
10. <sup>00</sup>	0.0 ± 0.0 c	0.0 ± 0.0 d	0.0 ± 0.0 d	0.0 ± 0.0 d	0.67 ± 1.16 c	0.0 ± 0.0 f	0.0 ± 0.0 c	0.0 ± 0.0 c	0.0 ± 0.0 d	0.0 ± 0.0 c	0.0 ± 0.0 d	0.0 ± 0.0 e

\*\* : Aynı sütunda yer alan ve farklı harflerle (a, b, c vb.) belirtilen göz pozisyonları arasında istatistiki olarak  $p < 0.01$  önem seviyesinde farklılık vardır.

X : İncelenen göz pozisyonunda sahip oldukları verimlilik değerleri bakımından üzüm çeşitleri arasında istatistikselsel olarak farklılık ( $p < 0.01$ ) vardır. ÖD: Önemli değil

Çizelge 5. Üzüm çeşitlerinin deneme yıllarının ortalamasına göre 1. ile 10. boğum arasındaki gözlerinin verimlilikleri (%)

Göz	Trakya İlkeren**	Yalova İncisi**	Flame Seedless**	Perlette**	Alphonse Lavallée**	Royal**	Italia**	Red Globe**	Banazı Karası**	Öküzgözü**	Şiraz**	Boğazkere**
1. <sup>00</sup>	0.67 ± 1.03 c	0.0 ± 0.0 c	0.0 ± 0.0 c	0.0 ± 0.0 d	0.0 ± 0.0 d	0.0 ± 0.0 b	0.0 ± 0.0 d	0.33 ± 0.82 de	0.0 ± 0.0 d	0.0 ± 0.0 d	0.33 ± 0.82 c	0.0 ± 0.0 e
2. <sup>X</sup>	4.33 ± 1.51 c	1.33 ± 2.07 c	0.67 ± 1.03 c	1.33 ± 1.63 d	4.33 ± 4.80 d	1.67 ± 1.51 b	0.33 ± 0.82 d	1.00 ± 1.09 de	0.0 ± 0.0 d	0.0 ± 0.0 d	24.67 ± 12.18 b	1.33 ± 1.03 e
3. <sup>X</sup>	34.33 ± 10.84 b	20.33 ± 13.59 b	7.33 ± 3.27 bc	5.67 ± 2.66 d	31.67 ± 3.88 b	19.00 ± 16.72 b	3.00 ± 2.76 d	8.67 ± 3.50 c	6.67 ± 4.68 cd	16.33 ± 5.57 c	79.67 ± 3.88 a	26.00 ± 6.07 c
4. <sup>X</sup>	65.33 ± 12.37 a	52.67 ± 15.11 a	23.00 ± 10.71 b	19.67 ± 6.98 c	65.67 ± 6.98 a	49.70 ± 27.20 a	27.33 ± 11.00 c	35.67 ± 4.63 b	36.33 ± 6.12 b	56.67 ± 10.41 b	73.67 ± 13.17 a	60.33 ± 5.28 a
5. <sup>X</sup>	63.00 ± 6.54 a	53.67 ± 4.97 a	58.00 ± 12.90 a	56.00 ± 7.90 a	60.00 ± 2.53 a	57.00 ± 8.46 a	70.67 ± 7.97 a	67.67 ± 3.88 a	52.33 ± 7.20 a	70.00 ± 4.20 a	32.67 ± 4.13 b	53.00 ± 5.62 b
6. <sup>X</sup>	22.67 ± 10.25 b	29.00 ± 10.64 b	52.67 ± 8.82 a	31.67 ± 10.54 b	31.00 ± 5.18 b	43.00 ± 6.03 a	58.33 ± 7.74 b	35.67 ± 6.86 b	8.00 ± 5.80 c	18.33 ± 7.31 c	26.00 ± 10.43 b	14.00 ± 1.27 d
7. <sup>X</sup>	3.33 ± 4.84 c	2.67 ± 2.07 c	19.00 ± 17.29 b	2.67 ± 3.01 d	17.33 ± 8.45 c	13.33 ± 8.55 b	9.00 ± 3.52 d	6.67 ± 3.01 cd	0.0 ± 0.0 d	0.33 ± 0.82 d	2.00 ± 2.19 c	1.67 ± 1.97 e
8. <sup>X</sup>	0.0 ± 0.0 c	0.0 ± 0.0 c	3.00 ± 3.74 c	0.33 ± 0.82 d	4.33 ± 5.57 d	6.67 ± 6.89 b	1.67 ± 2.34 d	1.67 ± 1.97 de	0.0 ± 0.0 d	0.0 ± 0.0 d	0.33 ± 0.82 c	0.67 ± 1.03 e
9. <sup>X</sup>	0.0 ± 0.0 c	0.0 ± 0.0 c	0.33 ± 0.82 c	0.00 ± 0.0 d	2.33 ± 2.94 d	1.67 ± 1.97 b	0.0 ± 0.0 d	1.00 ± 1.67 de	0.0 ± 0.0 d	0.0 ± 0.0 c	0.0 ± 0.0 c	0.33 ± 0.82 e
10. <sup>X</sup>	0.0 ± 0.0 c	0.0 ± 0.0 c	0.0 ± 0.0 c	0.0 ± 0.0 d	0.67 ± 1.03 d	0.0 ± 0.0 b	0.0 ± 0.0 d	0.0 ± 0.0 e	0.0 ± 0.0 d	0.0 ± 0.0 d	0.0 ± 0.0 c	0.0 ± 0.0 e

\*\* : Aynı sütunda yer alan ve farklı harflerle (a, b, c vb.) belirtilen göz pozisyonları arasında istatistiki olarak  $p < 0.01$  önem seviyesinde farklılık vardır.

X : İncelenen göz pozisyonunda sahip oldukları verimlilik değerleri bakımından üzüm çeşitleri arasında istatistikselsel olarak farklılık ( $p < 0.01$ ) vardır. ÖD: Önemli değil

Daha önce yapılan araştırmalarda, bu çalışmada incelediğimiz Trakya İlkeren üzüm çeşidinin 8. ve 9., Italia üzüm çeşidinin 4. ve 5., Red Globe üzüm çeşidinin 3., 5., 6. ve 7., Boğazkere üzüm çeşidinin 5. gözlerinin en yüksek verimliliğe sahip gözler olduğu bildirilmiştir (Akın ve ark., 2011; Şen ve Atak, 2020; Ferrara ve Maezzo, 2021). Ayrıca Önder ve Dardeniz (2015), Italia ve Yalova İncisi üzüm çeşitlerinde 1.-4. gözler ve bunların arasındaki gözlerin toplam verimliliğinin, inceledikleri diğer göz aralıklarına (5.-8., 9.-12. ve 13.-16.) kıyasla daha yüksek olduğunu saptamıştır. Bu çalışma ile önceki çalışmalar arasındaki farklılıklar, incelenen üzüm çeşitlerinin yetiştirildikleri ekolojilerin ya da yetiştirilme koşullarının birbirlerinden farklı olmasından kaynaklanmış olabilir. Nitekim, 15 farklı lokasyonda yetiştirilen Ekşi Kara üzüm çeşidinin göz verimliliğini inceleyen Kara ve ark. (2017)'nin bulguları bir üzüm çeşidinin göz verimliliğini hem yetiştirildiği ekolojinin hem de farklı kültürel uygulamaların etkileyebileceğine işaret etmektedir. Önder ve Dardeniz (2015)'in kış gözü verimliliği ile yıllık dalların odunlaşma düzeyinin ilişkili olduğunu saptaması; bağların beslenme durumunun, yapılan çeşitli araştırmalarda incelenen üzüm çeşitlerinin göz verimliliğinin saptanmasında yanılmaların ortaya çıkabileceğine işaret etmektedir. Nitekim Vasconcelos ve ark. (2009), azot, fosfor ve potasyumlu gübrelerin asmalarda salkım teşekkülünü arttırdığını bildirmiştir. Keller (2020) genel olarak bu durumu, sürgün büyüme kuvveti ile ilişkilendirmekte ve kuvvetli büyüyen sürgünlerin daha verimli gözlerle sahip olması ile açıklamaktadır. Bunların yanı sıra bu çalışma ile önceki araştırmalar arasındaki farklılığın temelinde yatan bir diğer durum; önceki çalışmalarda göz verimliliğinin belirlenmesinde kullanılan yöntemlerin doğrudan bağ koşullarında elde edilmiş veriler olmaması nedeniyle önceki çalışmaların doğrudan göz verimliliğini belirtmek yerine verim potansiyelini ortaya koymaları olabilir. Zira, Zinni ve ark. (2023), bağ koşulları ile iklim odası şartlarında Michele Palieri üzüm çeşidinin gözlerinde verimlilik değerlerini incelemişler ve bu iki inceleme yöntemi arasında farklılık oluştuğunu bildirmişlerdir. Uray ve ark. (2023) ise altı farklı üzüm çeşidinde göz verimliliğini hem kontrollü koşullar altında tek gözlü çeliklerle hem de bağ koşullarında incelemişler ve kontrollü koşullarda tek gözlü çeliklerde daha yüksek salkım doğuş oranı görüldüğünü bildirmişlerdir. Buna karşın Ecevit ve Akın (1995), yürüttükleri çalışmada 11 farklı üzüm çeşidinin göz verimliliği değerlerinin sera koşullarında tek gözlü çeliklerin köklendirilmesi yoluyla belirlenenlere kıyasla bağ koşullarında daha yüksek olduğunu ve bu durumun asmalarda salkım taslakları ile sülükler arasındaki geçiş formlarının bulunmasından ve sera koşullarında yetiştirilen çeliklerde bu ara formların yeterli beslenmenin sağlanamaması nedeniyle tespit edilememesinden kaynaklandığı bildirmiştir. Esasen dal meristemleri içerisinde taslak halindeki çiçek salkımlarından, ilk olarak terminal çiçeğin son olarak ise bazal çiçeğin gelişmeye başladığı bilgisi dikkate alındığında, önceki araştırmacıların göz verimliliği üzerine beslemenin etkileri olduğuna ilişkin bulguları daha da anlamlı hale gelmektedir. Çünkü yeterli düzeyde beslenememiş gözler daha az sayıda salkım oluşturma kabiliyetine sahip olacak ve dolayısıyla göz verimlilikleri de düşük olacaktır. Bu bakımdan bağ koşullarında yapılan göz verimliliği incelemelerinin isabetinin daha yüksek olduğuna ilişkin değerlendirmemiz literatürle uyumluluk içerisindedir.

Önceki araştırmacıların (Çelik, 1999; Gaser, 2006; Eltom ve ark., 2014; Uyak ve Doğan, 2018) bildirdiği üzüm çeşitlerinde gözlerin verimlilik düzeylerinin bazal gözlerde düşük, yıllık dalın orta bölümünde yer alan gözlerde nispeten yüksek ve distal gözlerde tekrar düşük olduğu bulgusu; bu çalışmada incelenen üzüm çeşitlerinde de saptanmıştır. Genel olarak üzüm çeşitlerinde göz verimliliği bakımından yıllık dalın dip kısmında yer alan ilk iki göz (1. ve 2. gözler) ile apikal kısmında yer alan 7., 8., 9. ve 10. gözler oldukça düşük verimlilik değerlerine sahip bulunmuştur. Buna karşın 3., 4., 5. ve 6. gözler çeşitlere göre değişmekle birlikte diğer gözlerden daha yüksek verimliliğe sahip bulunmuştur. Bu nedenle incelediğimiz üzüm çeşitlerinde göz verimliliğinin çeşide göre tek ya da çift pikli (doruklu) olabildiği ancak genel olarak sağa çarpık dağılım gösterdikleri söylenebilir (Şekil 2). Ancak bu durum bazal gözlerinde düşük, apikal gözlerinde yüksek verimliliğe sahip üzüm çeşitlerinde sola çarpık dağılım şeklinde ortaya çıkabilir. Nitekim *Vitis vinifera* L. türüne ait Carmenere ve Sugrafourteen çeşitleri ile *Vitis labrusca* L. türüne ait Çeliksü ve Rizellim çeşitlerinde göz verimliliğinin apikal gözlerde daha yüksek olduğu, daha önce yapılan araştırmalarda belirlenmiştir (Gutierrez-Gamboa ve ark., 2018; Gaser ve ark., 2023; Uray ve ark., 2023). Genel olarak üzüm çeşitlerinde göz verimliliğinin çarpık dağılım gösterdiği ancak çarpıklığın yönü ve basıklığın genotipe göre değişebileceği çıkarımı yapılabilir. Bu çalışma ve benzeri çalışmalarda incelenen ilk on göze ek olarak sürgün veya yıllık dal üzerinde yer alan diğer apikal gözlerin de incelenmesi halinde, göz verimliliğine ilişkin dağılım grafiklerindeki çarpıklık katsayısının artacağı kanaati tarafımızdan öngörülmektedir.



Şekil 2. Üzüm çeşitleri ortalamasına göre ilk on gözün verimlilik düzeylerinin dağılımı

Çalışma kapsamında elde edilen bir diğer bulgu; üzüm çeşitlerinin gerek en yüksek verimliliğe sahip gözlerinin gerekse de daha düşük verimliliğe sahip diğer gözlerinin sahip oldukları verimlilik değerlerinin üzüm çeşidine göre değişkenlik gösterdiği. Daha basit bir şekilde ifade etmek gerekirse; aynı göz pozisyonuna ait verimlilik değerleri bakımından üzüm çeşitleri her iki inceleme yılında ve yıllar ortalamasında birbirlerinden istatistiksel olarak farklılık ( $p < 0.01$ ) göstermektedir. Ancak bu durum verimliliği çok düşük düzeyde olan veya hiç verimliliğe sahip olmayan bazı bazal ve distal gözler için geçerli değildir. Nitekim bu çalışmada; 2022 yılında 1., 8., 9. ve 10., 2023 yılında 1. ve 10., yıllar ortalamasında ise 1. göz pozisyonunun verimliliği bakımından incelenen üzüm çeşitleri arasında istatistiksel bir farklılık saptanmamıştır (Çizelge 3; 4; 5). Ayrıca her üzüm çeşidinin yalnızca en yüksek verimliliğe sahip gözlerinin sahip oldukları verimlilik değerleri dikkate alındığında da çeşitler arasında farklılıklar görülebilmektedir. Benzer bulgulara Şen ve Atak (2020) ile Uyak ve Doğan (2023) da ulaşmışlardır. Ayrıca, bu çalışmada incelenen üzüm çeşitlerinin salkımlı bir sürgününde yer alan ortalama salkım sayılarına ait elde edilmiş ve Çizelge 6 ile Şekil 3’de sunulmuş bulgular da bu değerlendirmeyi desteklemektedir.

Çizelge 6. Üzüm çeşitlerinin salkımlı sürgünlerinde ortalama salkım sayısı (adet/sürgün)

Çeşitler	2022	2023
Trakya İlkeren	2.15 ± 0.04 b A	1.73 ± 0.08 b B
Yalova İncisi	1.73 ± 0.02 c A	1.46 ± 0.06 b B
Flame Seedless	1.65 ± 0.08 c <sup>ÖD</sup>	1.63 ± 0.22 b
Perlette	1.19 ± 0.01 e <sup>ÖD</sup>	1.16 ± 0.07 c
Alphonse Lavallée	2.05 ± 0.14 b <sup>ÖD</sup>	2.30 ± 0.11 a
Royal	1.44 ± 0.07 d B	2.40 ± 0.04 a A
Italia	1.75 ± 0.04 c <sup>ÖD</sup>	1.66 ± 0.13 b
Red Globe	1.65 ± 0.09 c <sup>ÖD</sup>	1.52 ± 0.03 b
Banazı Karası	1.03 ± 0.02 e <sup>ÖD</sup>	1.04 ± 0.04 c
Öküzgözü	1.64 ± 0.07 c <sup>ÖD</sup>	1.59 ± 0.03 b
Şiraz	2.37 ± 0.03 a <sup>ÖD</sup>	2.42 ± 0.09 a
Boğazkere	1.59 ± 0.04 cd <sup>ÖD</sup>	1.56 ± 0.09 b
<b>Ortalama</b>	<b>1.68 ± 0.37<sup>ÖD</sup></b>	<b>1.71 ± 0.44</b>

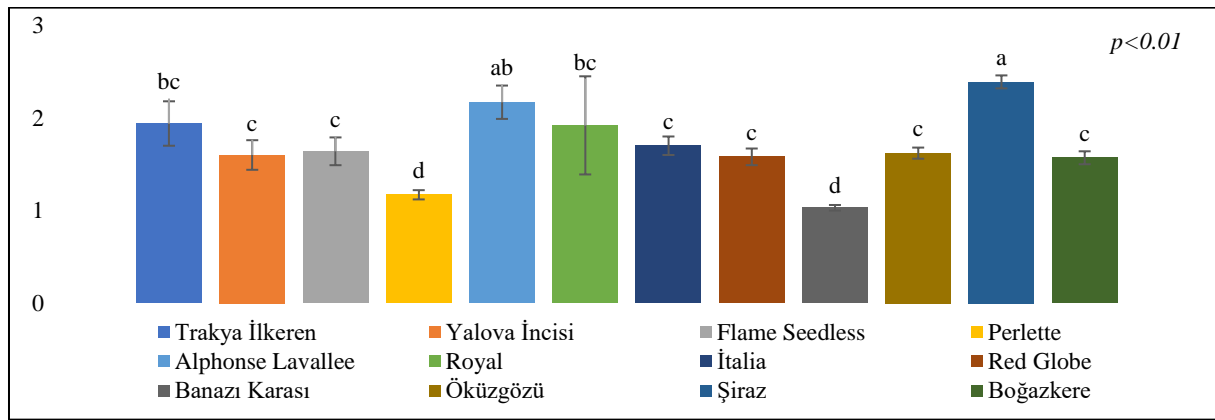
Aynı sütunda farklı küçük harflerle (a, b, c) belirtilmiş değerler arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık ( $p < 0.01$ ) vardır.

Aynı satırda farklı büyük harflerle (A, B) belirtilmiş değerler arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık ( $p < 0.01$ ) vardır. ÖD: Önemli değil.

Çizelge 6 incelendiğinde farklı üzüm çeşitlerinin salkımlı bir sürgününde yer alan ortalama salkım sayısının 2022 yılında  $1.03 \pm 0.02$  ile  $2.37 \pm 0.03$  arasında, 2023 yılında ise  $1.04 \pm 0.04$  ile  $2.40 \pm 0.04$  arasında değiştiği görülmektedir. Bununla birlikte her iki inceleme yılında da bu özellik bakımından üzüm çeşitleri arasında istatistiksel olarak %1 önem düzeyinde anlamlı farklılıklar olduğu saptanmıştır. Buna karşın incelenen üzüm çeşitlerinden sadece Trakya İlkeren, Yalova İncisi ve Royal’de salkımlı bir sürgünde yer alan ortalama salkım sayısının yıllara göre değişkenlik gösterdiği ( $p < 0.01$ ) belirlenmiştir. İncelenen çeşitlerden bağımsız olarak deneme yılları bu özellik bakımından karşılaştırıldığında ise istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık saptanmamıştır. Bu bulgular ışığında; yıllık iklimsel değişimlerin bazı üzüm çeşitlerinin salkımlı bir sürgününde yer alan ortalama salkım sayısını etkileyebileceği ancak bu durumun her üzüm çeşidi için aynı yönde (arttırıcı veya azaltıcı) olmadığı söylenebilir. Nitekim Trakya İlkeren ve Yalova İncisi çeşitlerinde 2023 yılında salkım sayısı bir önceki vejetasyon periyoduna göre azalırken, Royal çeşidinde artış göstermiştir. Guilpart ve ark. (2014) bir

vejetasyon periyodunda çiçeklenme dönemine kadar düşen yağışın, ardı sıra gelen vejetasyondaki göz verimliliği üzerinde etkili olduğunu saptamıştır. Zufferey ve ark. (2017)'nin 5BB anacına aşılı Pinot Noir üzüm çeşidi üzerinde 7 yıl süren araştırmasında ise sulanan omcalarda sulanmayanlara göre göz verimliliğinde kayda değer bir değişimin olmadığı belirlenmiştir. Söz konusu literatür bildirişleri ve çalışmamızdan elde edilen bulgular birlikte değerlendirildiğinde; yetiştirme sezonları arasında bağa düşen yağış ya da omcalara verilen sulama suyu miktarı farklılığının neden olduğu göz verimliliği varyasyon düzeyinin, incelenen üzüm genotipine göre değişim gösterebileceği kanaati oluşmaktadır.

Çalışmanın yürütüldüğü yılların ortalamasına göre bu çalışma kapsamında incelenen üzüm çeşitlerinin, salkımlı bir sürgününde yer alan ortalama salkım sayısı bakımından birbirlerinden istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar ( $p < 0.01$ ) gösterdikleri saptanmıştır. Şiraz üzüm çeşidi, salkımlı bir sürgününde en yüksek ortalama salkım sayısına ( $2.39 \pm 0.07$ ) sahip olan üzüm çeşidi olarak saptanmıştır. Şiraz üzüm çeşidini sırasıyla Alphonse Lavallée ( $2.17 \pm 0.18$ ), Trakya İlkeren ( $1.94 \pm 0.24$ ), Royal ( $1.92 \pm 0.53$ ), Italia ( $1.70 \pm 0.10$ ), Flame Seedless ( $1.64 \pm 0.15$ ), Öküzgözü ( $1.62 \pm 0.06$ ), Yalova İncisi ( $1.60 \pm 0.16$ ), Red Globe ( $1.58 \pm 0.09$ ), Boğazkere ( $1.57 \pm 0.07$ ), Perlette ( $1.17 \pm 0.05$ ) ve Banazı Karası üzüm çeşitleri takip etmiştir. Bu özellik bakımından en düşük değere sahip olan Banazı Karası üzüm çeşidinin, salkımlı sürgünlerinde ortalama salkım teşekkülü  $1.03 \pm 0.03$  olarak saptanmıştır.



Şekil 3. Yıllar ortalamasına göre üzüm çeşitlerinin salkımlı sürgünlerinde ortalama salkım sayısı (adet/sürgün)

Üzüm çeşitlerinin salkım teşekkülü üzerinde birçok faktörün etkili olduğu bilinmektedir. Daha önce farklı araştırmacılar tarafından yürütülmüş araştırmalar, farklı yetiştirme koşullarında gerek bu çalışmada incelenen üzüm çeşitlerinde gerekse de diğer üzüm çeşitlerinde bir omca üzerinde yer alan salkım sayısı üzerine sulama suyu miktarının (Romero ve ark., 2015), anaçların (Miele ve Rizzon, 2017; Odabaşoğlu, 2020), çeşitli gübreler ve bunların değişik dozlarının (Amiri ve Fallahi, 2007; Masoud, 2012; Sabir ve ark., 2014), farklı budama uygulamaları ve terbiye şekillerinin (Kurtural ve ark., 2006; Abdel-Mohsen, 2013; Kim ve ark., 2014; Leao ve Chaves, 2019) etki edebildiğini göstermiştir. Bu çalışma, aynı bağ koşullarında ve aynı kültürel uygulamalara tabi tutulmuş üzüm çeşitlerinin ardışık yetiştirme sezonlarında salkımlı sürgünlerinde yer alan ortalama salkım sayılarının farklılık gösterdiğini ortaya koyması yönüyle önem arz etmektedir. Nitekim üzüm çeşitleri arasında saptanan farklılığın temelinde genotipik varyasyonun olduğuna işaret etmektedir. Bu durum, aynı bağ içerisinde farklı üzüm çeşitlerinin yetiştirilmesi halinde bütün çeşitlere uygulanacak tek tip bir budamanın her çeşitte farklı sayıda salkım teşekkülüne neden olacağından ürün (rekolte) tahmininde yanılgıların ortaya çıkabileceğini de göstermektedir. Bununla birlikte bir üzüm çeşidinin salkımlı bir sürgününde yer alan ortalama salkım sayısı değerinin yüksek olmasının, o çeşidin aynı zamanda yüksek verimliliğe sahip bir çeşit olduğu anlamına gelmediği de unutulmamalıdır. Nitekim omca üzerinde yer alan her yazlık sürgün salkım oluşturmamaktadır. Durmuş ve ark. (2016), salkım oluşumu bakımından yazlık sürgününün menşinin önemli olduğunu ve bir yaşlı dallardan süren sürgünlerin daha yüksek salkım doğuş oranına sahip olduğunu bildirmiştir. Tangolar ve ark. (2023) ise inceledikleri üzüm çeşitlerinde yıllık dallar üzerinde yer alan ve yazlık sürgünleri oluşturan kışık gözlerin, salkımsız sürgün oluşumu bakımından birbirlerinden istatistiksel olarak farklılaştığını ve salkımsız sürgün oranının üretim sezonu, üzüm çeşidi ve göz düzeyine bağlı olarak oldukça geniş bir aralıkta (%0-100) değişim gösterdiğini saptamıştır. Ayrıca gerek omcalardan gerekse de birim bağ alanından elde edilen toplam yaş üzüm verimine, salkım ağırlığı doğrudan etki etmektedir (Fatahi ve ark., 2004). Eleonora ve ark. (2019), omca üzerinde yer alan salkım sayısı ile salkım ağırlığı arasında negatif korelasyon olduğunu bildirmiştir. Tomasi ve ark. (2020) ise budanan omcalardan, serbest gelişime bırakılmış omcalara kıyasla daha ağır salkımların elde edildiğini saptamıştır. Yapmış olduğumuz değerlendirme bu yönüyle literatürle paralellik göstermektedir.

Çalışma kapsamında gözlemlenen bir diğer durum; yazlık sürgünler üzerinde salkım teşekkülünden önce veya incelenen çeşitte salkım oluşumunun yoğunlaştığı göz pozisyonlarında koltuk sürgünü oluşması halinde salkım oluşumunun bir göz pozisyonu sürgün ucuna doğru kaymasıdır. Yapılan incelemelerde tüm üzüm çeşitlerinde, çeşide özgü ağırlıklı olarak salkım oluşumunun görüldüğü göz pozisyonlarından önce koltuk sürgünü oluşumunun, salkım oluşan göz pozisyonunu değiştirdiği görüldüğü için metodolojide de belirtildiği üzere koltuk sürgünü oluşturan sürgünler çalışma kapsamından çıkarılmış ve bunlara ait bulgular değerlendirmeye alınmamıştır. Bununla birlikte söz konusu gözlem oldukça dikkat çekicidir ve gelecekte bu konuda araştırmaların yapılması, salkım oluşumu gibi koltuk sürgünü oluşumunun da sürgünler henüz kışlık gözler içerisinde sürgün yatağında gelişim halinde iken belirlenip belirlenmediğinin ortaya konulmasına katkı sunacaktır.

## SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu çalışma kapsamında incelenen tüm üzüm çeşitleri aynı bağ koşullarında yetiştirilmiş ve aynı kültürel işlemlere tabi tutulmuş olmalarına rağmen, salkım teşekkülleri bakımından yazlık sürgün üzerindeki boğum pozisyonlarının birbirlerinden farklı oranlara sahip olduğunun saptanması ve özellikle yüksek verimli pozisyonlar için her üzüm çeşidinde farklı verimlilik oranlarının saptanmış olması; göz verimliliğinin ve verimli gözlerin yer aldığı boğum pozisyonlarının üzüm genotipine bağlı olarak farklılık gösterdiğini ortaya koymuştur. Bununla birlikte incelenen çeşitlerde gözlerin verimlilik değerlerinin yıllara göre sınırlı düzeyde de olsa farklılıklar göstermesi; bağ koşullarında yapılacak göz verimliliği saptama çalışmalarının birkaç yıl tekrarlanarak yapılması ile en doğru sonuçlara ulaşılabileceğini ve bu sayede incelenen üzüm çeşidinin genetik potansiyelinin net olarak ortaya konulabileceğini göstermiştir. Ayrıca elde edilen bulgular gerek kontrollü koşullarda gerekse bağ koşullarında farklı üzüm çeşitlerinin göz verimliliğini inceleyen önceki araştırmacıların bulguları ve genel değerlendirmeleri ile büyük ölçüde benzerlik göstermektedir. Bu nedenle salkım teşekkül pozisyonları dikkate alınarak bir üzüm çeşidinin verimli gözlerinin ve göz verimliliği değerlerinin belirlenebileceği kanaatine varılmıştır. Bununla birlikte bu yöntemin üreticiler tarafından pratikte kolay uygulanabilecek oluşu, bağcılıkta doğru ve çeşide uygun budamaya yönelik yapılacak eğitim ve yayım çalışmalarına konu edilmesi halinde ülkemiz bağcılığında yeni bir budama döneminin başlamasını sağlayabilir.

İncelenen üzüm çeşitlerinin göz verimliliklerine ilişkin elde edilen bulgulardan hareketle, Şiraz üzüm çeşidinin 4. göz üzerinden, Trakya İlkeren, Yalova İncisi, Alphonse Lavallée ve Boğazkere üzüm çeşitlerinin 4. veya 5. göz üzerinden, Perlette, Red Globe, Banazı Karası, Öküzgözü üzüm çeşitlerinin 5. göz üzerinden, Flame Seedless, Royal ve Italia üzüm çeşitlerinin ise 5. veya 6. göz üzerinden budanması gerektiği sonucuna varılmıştır. Bununla birlikte bir üzüm çeşidinin göz verimliliği üzerine birçok çevresel faktörün etkili olabileceği dikkate alınarak, bu çalışmada incelediğimiz üzüm çeşitlerinin göz verimlilikleri ve verimli göz düzeylerinin başka ekolojilerde ve farklı yetiştirme koşullarında tekrar incelenmesinde fayda vardır. Nitekim bu sayede hem bu çalışmadan elde edilen bulguların doğruluğunu test etmek mümkün olacak hem de incelenen çeşitler için önerdiğimiz budama düzeylerinin, söz konusu çeşitlerin farklı ekolojilerde ve kültür koşullarında yetiştirilmeleri halinde bu çeşitlerin performanslarına ve üreticilerin beklentisine uygunluğu sınanmış olacaktır.

Bu çalışmada kullanılan göz verimliliği tespit yöntemi kullanılarak benzer çalışmaların farklı ekolojilerde ve özellikle yeni ıslah edilmiş üzüm çeşitlerinde birkaç yıl süreyle yürütülmesi, incelenen çeşitlerden düzenli ve optimum verim elde edilebilmesine yönelik en uygun budama tekniklerinin belirlenmesine katkı sunacaktır. Ayrıca farklı ekolojilerde bu çalışmada kullanılan göz verimliliği tespit yöntemi ile daha önce farklı araştırmacılar tarafından kullanılan diğer yöntemlerin karşılaştırıldığı çalışmaların yapılması, bu alandaki literatür eksikliğinin giderilmesine katkı sunacaktır.

## YAZAR ORCID NUMARALARI

Mehmet İlhan ODABAŞIOĞLU  <https://orcid.org/0000-0001-8060-3407>

## KAYNAKLAR

- Abdel-Mohsen, M.A. 2013. Application of various pruning treatments for improving productivity and fruit quality of Crimson Seedless grapevine. *World Journal of Agricultural Sciences*, 9(5): 377-382.
- Ağaoğlu, Y.S. 1999. *Bilimsel ve Uygulamalı Bağcılık (Asma Biyolojisi)*. Kavaklıdere Eğitim Yayınları No: 1, Cilt 1, Ankara. 205s.
- Ağaoğlu, Y.S. 2002. *Bilimsel ve Uygulamalı Bağcılık (Asma Fizyolojisi-I)*. Kavaklıdere Eğitim Yayınları No: 5, Cilt 2, Ankara. 445s.
- Akın, A., Çotur, E., Değirmenci, A. 2011. Konya ve Kayseri’de Yetiştirilen Bazı Üzüm Çeşitlerinin Göz Verimliliklerinin Belirlenmesi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 21(3): 220-224.



- Akin, A., Dardeniz, A., Ates, F., Celik, M. 2012. Effects of various crop loads and leaf fertilizer on grapevine yield and quality. *Journal of Plant Nutrition*, 35(13): 1949-1957.
- Amiri, M.E., Fallahi, E. 2007. Influence of mineral nutrients on growth, yield, berry quality, and petiole mineral nutrient concentrations of table grape. *Journal of Plant Nutrition*, 30(3): 463-470.
- Boss, P.K., Buckeridge, E.J., Poole, A., Thomas, M.R. 2003. New insights into grapevine flowering. *Functional Plant Biology*, 30(6): 593-606.
- Carmona, M.J., Chaïb, J., Martínez-Zapater, J.M., Thomas, M.R. 2008. A molecular genetic perspective of reproductive development in grapevine. *Journal of Experimental Botany*, 59(10): 2579-2596.
- Costantini, E., Landi, L., Silvestroni, O., Pandolfini, T., Spena, A., Mezzetti, B. 2007. Auxin synthesis-encoding transgene enhances grape fecundity. *Plant Physiology*, 143(4): 1689-1694.
- Cus, F. 2004. Influence of crop load on yield and grape quality of cv. `Chardonnay`. *Acta Agriculturae Slovenica*, 83(1): 73-83.
- Çelik, H. 1999. Amasya'da Yetişen Bazı Üzüm Çeşitlerinin Göz Verimliliklerinin Belirlenmesi Üzerine Araştırmalar. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 23(Ek Sayı): 685-690.
- Çelik, H. 2002. *Üzüm Çeşit Kataloğu*. Sun Fidan A.Ş. Mesleki Kitaplar Serisi, No:2, Ankara, 165s.
- Çelik, H. 2006. *Üzüm Çeşit Kataloğu*. Sun Fidan A.Ş., Mesleki Kitaplar Serisi, No:3, Ankara, 165s.
- Çelik, H., Ağaoğlu, Y.S., Fidan, Y., Marasalı, B., Söylemezoğlu, G., 1998. *Genel Bağcılık*. Sunfidan A.Ş. Mesleki Kitaplar Serisi, No:1, Ankara, 253s.
- Çelik, H., Köse, B., Ateş, S., Karabulut, B. 2015. Rize İlinden Selekte Edilen Kokulu Üzüm (*Vitis labrusca* L.) Tiplerinin Göz Verimliliklerinin Saptanması. *Selçuk Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi-A*, 27: 238-245.
- Çelik, M. 2022. Determination of Bud Fertility and Pruning Type of Some Table Grapes. IV. Balkan Agricultural Congress, 31 August – 02 September, Edirne-Turkey, p.837-842.
- Çelik, T., Odabaşoğlu, M.İ., Kuzucu, M. 2023. Asmada Göz Verimliliği ve Kış (Verim) Budaması Çalışmaları. "Alınmıştır: *Bahçe Bitkileri Faaliyetlerinde Yenilikçi Yaklaşımlar-3*". (ed) Çakır, A., Odabaşoğlu, M.İ., İksad Yayınevi, Ankara, s.249-286.
- Çelik, S. 2011. *Bağcılık (Ampeloloji) Cilt 1 (3.Baskı)*. Anadolu Matbaa San. ve Tic. Ltd. Şti., Tekirdağ, 428s.
- Dardeniz, A., Kismalı, İ. 2005. Bazı Sofralık Üzüm Çeşitlerinde Kış Gözü Verimliliğinin Saptanması ile Optimum Budama Seviyelerinin Tespiti Üzerine Araştırmalar. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 42(2): 1-10.
- Del Zozzo, F., Poni, S. 2024. Climate Change Affects Choice and Management of Training Systems in the Grapevine. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, Article ID 7834357.
- Dobrei, A., Dobrei, A., Posta, G., Danci, M., Nistor, E., Camen, D., Mălăescu, M., Sala, F. 2016. Research concerning the correlation between crop load, leaf area and grape yield in few grapevine varieties. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, 10: 222-232.
- Dölek, T. 2017. *Siirt Yöresinde Yetiştirilen Bazı Üzüm Çeşitlerinin Göz Verimliliklerinin Belirlenmesi ve Farklı Göz Şarjı Uygulamalarının Verim ve Kaliteye Etkisi*. Siirt Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Siirt, 41s.
- Durmuş, M., Dardeniz, A., Gündoğdu, M.A. 2016. Yalova İncisi Üzüm Çeşidinde Omcanın Farklı Kısımlarından Süren Yazlık Sürgünlerin Bazı Önemli Özelliklerinin Belirlenmesi. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 3(4): 272-279.
- Ecevit, F.M., Akın, A. 1995. Konya İli Akören, Güneysınır ve Hadim Yörelerinde Yetiştirilen Bazı Üzüm Çeşitlerinin Göz Verimlilikleri Üzerinde Araştırmalar. Türkiye II. Ulusal Bahçe Bitkileri Kongresi, 3-6 Ekim, Adana, Cilt:II, s.582-585.
- Eleonora, N., Alina, D., Dobrei, A., Ciorica, G. 2019. Studies on growth and yield components in Merlot, Pinot noir and Syrah varieties. *Journal of Horticulture, Forestry and Biotechnology*, 23(1): 44-50.
- Eltom, M., Winefield, C.S., Trought, M.C.T. 2014. Effect of pruning system, cane size and season on inflorescence primordia initiation and inflorescence architecture of *Vitis vinifera* L. Sauvignon Blanc. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 20(3): 459-464.
- FAOSTAT, 2023. Food and Agriculture Organization Corporate Statistical Database. <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL> (Erişim tarihi: 10.11.2023)
- Fatahi, R., Ebadi, A., Vezvaei, A., Zamani, Z. Ghanadha, M.R. 2004. Relationship Among Quantitative and Qualitative Characters in 90 Grapevine (*Vitis vinifera*) Cultivars. *Acta Hort.*, 640: 275-282.
- Fawzi, M.I.F., Laila, F.H., Shahin, M.F.M., Merwad, M.A., Genaidy, E.A.E. 2015. Effect of vine bud load on bud behavior, yield, fruit quality and wood ripening of Superior grape cultivar. *International Journal of Agricultural Technology*, 11(5): 1275-1284.
- Ferrara, G., Mazzeo, A. 2021. Potential and Actual Bud Fruitfulness: A Tool for Predicting and Managing the Yield of Table Grape Varieties. *Agronomy*, 11: 841.

- Fidan, Y. 1966. *Sofralık Üzüm Çeşitlerinden Hafızali, Hamburg Misketi, Çavuş, Balbal ve Razakının Tomurcuk Yapıları ile Mahsuldarlık Durumları Üzerinde Araştırmalar*. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Ankara, 89s.
- Gaser, A.S.A. 2006. Evaluation of some newly-introduced grape cultivars under Egyptian conditions with special stress on some morphological characteristics. *J. Agric. Sci. Mansoura Univ.*, 31(11): 7305-7320.
- Gaser, A.S.A., El-Wafa, T.S.A.A., Farag, A.R.A. 2023. Evaluation and Morphological Characteristics of some Newly-Introduce Grape Cultivars under Egyptian Environmental Conditions. *Horticulture Research Journal*, 1(1): 121-137.
- Goldammer, T. 2013. *Grape Grower's Handbook, A Complete Guide to Viticulture for Wine Production (1st edition)*. Apex Publishers, Virginia.
- Guilpart, N., Metay, A., Gary, C. 2014. Grapevine bud fertility and number of berries per bunch are determined by water and nitrogen stress around flowering in the previous year. *European Journal of Agronomy*, 54: 9-20.
- Gutierrez-Gamboa, G., Diaz-Galvez, I., Moreno-Simunovic, Y. 2018. Effects of bud nodal position along the cane on bud fertility, yield component and bunch structure in 'Carmènère' grapevines. *Chilean Journal of Agricultural Research*, 78(4): 580-586.
- Howell, G.S. 2001. Sustainable grape productivity and the growth-yield relationship: A review. *American Journal of Enology and Viticulture*, 52(3): 165-174.
- IPGRI, UPOV, OIV. 1997. *Descriptors for Grapevine (Vitis spp.)*. International Union for the Protection of New Varieties of Plants, Geneva, Switzerland/Office International de la Vigne et du Vin, Paris, France/International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy.
- ITC, 2023. International Trade Centre Trade Statistics. <https://intracen.org/resources/data-and-analysis/trade-statistics> (Erişim tarihi: 10.11.2023)
- James, A., Mahinda, A., Mwamahanje, A., Rweyemamu, E.W., Mrema, E., Aloys, K., Swai, E., Mpore, F.J., Massawe, C. 2023. A review on the influence of fertilizers application on grape yield and quality in the tropics. *Journal of Plant Nutrition*, 46(12): 2936-2957.
- Kara, Z., Sabir, A., Yazar, K., Doğan, O., Omar, A.İ.O. 2017. Fruitfulness of Ancient Grapevine Variety 'Ekşi Kara' (*Vitis vinifera* L.). *Selcuk Journal of Agriculture and Food Sciences*, 31(3): 62-68.
- Karataş, H., Ağaoğlu, Y.S. 2005. Asmalarda Göz Verimliliği. *Alatarım*, 4(1): 13-22.
- Keller, M. 2020. *The Science of Grapevines: Anatomy and Physiology (3th edition)*. Academic Press, Cambridge, MA, USA.
- Khanduja, S.D., Balasubrahmanyam, V.R. 1972. Fruitfulness of grape vine buds. *Economic Botany*, 26(3): 280-294.
- Kim, S.J., Park, S.J., Jung, S.M., Noh, J.H., Hur, Y.Y., Nam, J.C., Park, K.S. 2014. Growth and fruit characteristics of 'Cheongsoo' grape in different trellis systems. *Horticultural Science and Technology*, 32(4): 427-433.
- Kurtural, S.K., Damı, I.E., Taylor, B.H. 2006. Effects of pruning and cluster thinning on yield and fruit composition of Chambourcin' grapevines. *HortTechnology*, 16(2): 233-240.
- Leao, P.C.D.S., Chaves, A.R.D.M. 2019. Training systems and rootstocks on yield and agronomic performance of 'Syrah' grapevine in the Brazilian semiarid. *Ciência e Agrotecnologia*, 43: e005719.
- Masoud, A.A.B. 2012. Effect of organic and bio nitrogen fertilization on growth, nutrient status and fruiting of Flame seedless and Ruby Seedless grapevines. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences*, 8(2): 83-91.
- Miele, A., Rizzon, L.A. 2017. Rootstock-Scion Interaction 1. Effect on the Yield Components of Cabernet Sauvignon Grapevine. *Rev. Bras. Frutic.*, 39(1): e-820.
- Miras-Avalos, J.M., Araujo, E.S. 2021. Optimization of vineyard water management: Challenges, strategies, and perspectives. *Water*, 13(6): 746.
- Monteiro, A.I., Malheiro, A.C., Bacelar, E.A. 2021. Morphology, physiology and analysis techniques of grapevine bud fruitfulness: A review. *Agriculture*, 11(2): 127.
- Mullins, M.G. 1966. Test-plants for investigation of the physiology of fruiting in *Vitis vinifera* L. *Nature*, 209(5021): 419-420.
- Odabaş, F. 1976. *Erzincan'da Yetiştirilen Bazı Önemli Üzüm Çeşitlerinin Floral Gelişme Devrelerinin Tetkiki ile Gözlerin Buldukları Yere Göre Verimliliğin Saptanması ve Bu Çeşitlerin Dölllenme Biyolojileri Üzerinde Araştırmalar*. Atatürk Üniversitesi Basım Evi, No: 466, Erzurum, 130s.
- Odabasioglu, M.I. 2021. The Effect of Different Pruning Applications on Grape Yield and Some Pomological Characteristics in Shiraz (*Vitis vinifera* L.) Grape Variety. ISPEC 8th International Conference on Agriculture, Animal Sciences and Rural Development, 24-25 December, Bingöl-Turkey, p.1024-1043.

- Odabaşoğlu, M.İ. 2023. Comparison of Various Effective Heat Summation Requirement (Growing Degree-Day) Calculation Methods on Different Grape Cultivars. *Applied Ecology & Environmental Research*, 21(6): 5141-5162.
- Odabaşoğlu, M.İ. 2020. *Semi-Arid Koşullarda Farklı Anaçlar Üzerinde Yetiştirilen Sofralık Üzüm Çeşitlerinin Verim, Kalite ve Çekirdek Özellikleri ile Stoma Morfolojilerinin İncelenmesi*. Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Şanlıurfa, 307s.
- Odabaşoğlu, M.İ., Gürsöz, S. 2020. Yarı Kurak İklim Koşullarında Farklı Anaçlar Üzerinde Yetiştirilen Sofralık Üzüm Çeşitlerinin Bazı Çekirdek Özellikleri ile Yağ Asidi Kompozisyonlarının Belirlenmesi. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 7(1): 73-86.
- OIV, 2023. International Organisation of Vine and Wine Statistics. <https://www.oiv.int/what-we-do/data-discovery-report?oiv> (Erişim tarihi: 10.11.2023)
- Önder, M, Dardeniz, A. 2015. Sofralık Üzüm Çeşitlerinde Yıllık Dalların Odunlaşma Düzeyi ile Göz Verimliliği Arasındaki İlişkinin Belirlenmesi. *Selçuk Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi-A*, 27: 98-107.
- Özgür, A., Cangı, R., Uzun, T. 2021. Narince Üzüm Çeşidinde Salamuralık Yaprak Toplamının Yıllık Dal Kalitesi ve Göz Verimliliğine Etkisi. *Akademik Ziraat Dergisi*, 10(1): 1-10.
- Poni, S., Gatti, M., Palliotti, A., Dai, Z., Duchêne, E., Truong, T.T., Ferrara, G., Matarrese, A.M.S., Gallotta, A., Bellincontro, A., Tombesi, S. 2018. Grapevine quality: A multiple choice issue. *Scientia Horticulturae*, 234: 445-462.
- Popovic, T., Matijasevic, S., Raicevic, D., Mijovic, S. 2020. Influence of vine loads with fertile buds on grape yield and quality of variety Žižak in podgorica vineyard area. *Agriculture and Forestry*, 66(3): 241-250.
- Reynolds, A.G., Heuvel, J.E.V. 2009. Influence of grapevine training systems on vine growth and fruit composition: a review. *American Journal of Enology and Viticulture*, 60(3): 251-268.
- Rives, M., 2000. Vigour, pruning, cropping in the grapevine (*Vitis vinifera* L.). I. A literature review. *Agronomie*, 20(1): 79-91.
- Romero, P., Muñoz, R.G., Fernández-Fernández, J.I., del Amor, F.M., Martínez-Cutillas, A., García-García, J. 2015. Improvement of yield and grape and wine composition in field-grown Monastrell grapevines by partial root zone irrigation, in comparison with regulated deficit irrigation. *Agricultural Water Management*, 149: 55-73.
- Sabir, A., Yazar, K., Sabir, F., Kara, Z., Yazici, M.A., Goksu, N. 2014. Vine growth, yield, berry quality attributes and leaf nutrient content of grapevines as influenced by seaweed extract (*Ascophyllum nodosum*) and nanosize fertilizer pulverizations. *Scientia Horticulturae*, 175: 1-8.
- Sanchez, L.A., Dokoozlian, N.K. 2005. Bud microclimate and fruitfulness in *Vitis vinifera* L. *American Journal of Enology and Viticulture*, 56(4): 319-329.
- Srinivasan, C., Mullins, M.G. 1981. Physiology of flowering in the grapevine—a review. *American Journal of Enology and Viticulture*, 32(1): 47-63.
- Şen, A., Atak, A. 2020. Bud Fertility Determination of Some New Table Grape Cultivars (*Vitis vinifera*). *Bahçe*, 49(1): 43-49.
- Tangolar, S., Tangolar, S., Cantürk, S., Ada, M., Korkmaz, E. 2023. Melezleme Islahı ile Elde Edilen Bazı Sofralık Üzüm Çeşitlerinde (*V. vinifera* L.) Göz Verimliliğinin Belirlenmesi. *Çukurova Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 38(2), 299-316.
- Teker, T., Altındisli, A. 2021. Excessive pruning levels in young grapevines (*Vitis vinifera* L. cv. Sultan 7) cause water loss in seedless cluster berries. *International Journal of Fruit Science*, 21(1): 979-992.
- Toması, D., Gaiotti, F., Petoumenou, D., Lovat, L., Belfiore, N., Boscaro, D., Mian, G. 2020. Winter pruning: Effect on root density, root distribution and root/canopy ratio in *Vitis vinifera* cv. Pinot Gris. *Agronomy*, 10(10): 1509.
- Uray, Y., Köse, B., Çelik, H., Karabulut, B., Bayram, K. 2023. Determination of Bud Fruitfulness of New Bred Foxy Grape (*Vitis labrusca* L.) Cultivars Under Vineyard and Growing Room Conditions. *Erwerbs-Obstbau*, 65: 2109-2118.
- Uyak, C., Doğan, A. 2018. Bud Fertility of Local Grape Cultivars Grown in Şemdinli (Hakkâri). *Journal of Agricultural Faculty of Gaziosmanpaşa University*, 35(3): 203-208.
- Uyak, C., Doğan, A. 2023. Muş Yöresinde Yetiştirilen Bazı Üzüm Çeşitlerinin Göz Verimliliklerinin Belirlenmesi. *Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 3(1): 66-78.
- Uzun, İ. 2011. *Bağcılık El Kitabı (2.Baskı)*. Hasad Yayıncılık, İstanbul, 155s.
- Vasconcelos, M.C., Greven, M., Winefield, C.S., Trought, M.C.T., Raw, V. 2009. The flowering process of *Vitis vinifera*: a review. *American Journal of Enology and Viticulture*, 60(4): 411-434.

- Verdenal, T., Dienes-Nagy, Á., Spangenberg, J.E., Zufferey, V., Spring, J.L., Viret, O., Marin-Carbonne, J., Van Leeuwen, C. 2021. Understanding and managing nitrogen nutrition in grapevine: A review. *Oeno One*, 55(1): 1-43.
- VIVC, 2023. Vitis International Variety Catalogue. <https://www.vivc.de/index.php?r=passport%2Findex> (Erişim tarihi: 10.11.2023)
- Vilar, P.F.I., Souza, E.I.D., Santos, L.D.S., Martinez, E.A., Ribeiro, V.G. 2017. Phyto regulators on Bud Fertility and Cluster Quality of ‘Thompson Seedless’ grapes Grafted Onto ‘Ramsey’ rootstock. *Revista Caatinga*, 30(1): 97-108.
- Winkler, A.J., Cook, J.A., Kliewer, W.M., Lider, L.A. 1974. *General Viticulture (2nd edition)*. Univ. of Calif. Press, Berkeley.
- Zinni, A., Bahar, E., Korkutal, İ. 2023. Michele Palieri Üzüm Çeşidinin Göz Verimliliği Üzerine Yaprak Alma ve Uç Almanın Etkileri. *Bahçe*, 52(Özel Sayı 1): 138-146.
- Zohary, D., Hopf, M., Weiss, E. 2012. *Domestication of Plants in the Old World: The origin and spread of domesticated plants in Southwest Asia, Europe, and the Mediterranean Basin (4th edn)*. Oxford University Press.
- Zufferey, V., Spring, J.L., Verdenal, T., Dienes, A., Belcher, S., Lorenzini, F., Koestel, C., Rösti, J., Gindro, K., Spangenberg, J., Viret, O. 2017. The influence of water stress on plant hydraulics, gas exchange, berry composition and quality of Pinot Noir wines in Switzerland. *Oeno One*, 51(1): 37-57.

## 12 Yaş Öğrencilerine Çevre Dostu Sürdürülebilir Tarımsal Mücadele Konusunda Farkındalık Kazandırılması: Çanakkale Yaz Bilim Kampı Örneği

Hanife Yandayan GENÇ<sup>1\*</sup>, Mehmet Ali GÜNDOĞDU<sup>1</sup>, Ceren SARAN<sup>1</sup>, Arzu BAYINDIR<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Biyoteknoloji Bölümü, Çanakkale, Türkiye.

\*Sorumlu yazar: hgenc@comu.edu.tr

Geliş Tarihi: 14.02.2024 Düzeltme Geliş Tarihi: 02.04.2024 Kabul Tarihi: 03.04.2024

### ÖZ

Zeytin (*Olea europaea* L.), hem yağ üretimi hem de sofralık tüketim amacıyla yaygın olarak yetiştirilen, sağlık için önemi ve yüksek ekonomik değeri nedeniyle ilgi çeken ve çok önemli bir besin kaynağıdır. Bu çalışmanın amacı, 12 yaş öğrencilerine zeytin, zeytin sineği ve zeytinyağı hakkında bilgiler verilerek öğrencilerin, sürdürülebilir tarımsal faaliyetlere farkındalık kazandırılması ve tarımsal üretime özendirilmesidir. TÜBİTAK tarafından desteklenen “Bahçeden soframıza zeytinin serüveni: Çevre dostu sürdürülebilir tarımsal bir dönüşle markalaşan ürünler zeytinyağ fabrikasında uygulamalar” alt konulu etkinlik kapsamında 2022 yaz döneminde, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi’nde, 12 yaş öğrencilerin katılımıyla “Sihirli Dünyalara Açılan Kapılar-Yaz Bilim Kampı-2022” gerçekleştirilmiştir. Etkinlikte öğrencilere zeytin ağacının tarihçesi, zeytin ve zeytinyağı üretimi, zeytinin ana zararlısı olan zeytin sineği ve mücadelesi için OLİPE tuzaklarının hazırlanması ile zeytin fidanı dikimi hakkında bilgiler verilmesinin ardından On7 Zeytinyağı Fabrikası 'nda zeytinyağı tadımı değerlendirilmesi gerçekleştirilmiştir. Etkinlik sonunda 21 maddeden oluşan bir anket düzenlenmiştir. Ankete, I. grupta 24, II. grupta 24 kişi olmak üzere toplamda 48 öğrenci katılmıştır. Anket sonuçları Microsoft Excel ve SAS JMP istatistik programı ile değerlendirilmiştir. Etkinliğe katılan I. grup öğrencilerinin %91.67’si, II. grup öğrencilerinin ise %95.83’ü zeytinyağının kalitesinin “tadım testi” ile koklayarak ve tadarak anlaşılabilceği görüşüne katıldıklarını belirtmiştir. I. gruptaki öğrencilerin %100’ü, II. gruptaki öğrencilerin ise %95.83’ü zeytinin sofralık ve yağlık çeşitlerinin bulunduğu ve I. gruptaki öğrencilerin %100’ü, II. gruptaki öğrencilerin %87.50’si zeytin ağaçlarında görülen en önemli tarımsal zararlının zeytin sineği olduğunu belirtmişlerdir. Çalışma sonucunda, erken yaşlarda kazanılan çevre ve tarım bilinci sayesinde sürdürülebilir bir farkındalığın temellerinin atılmasına yarar sağlayacağı düşünülmektedir.

**Anahtar kelimeler:** Zeytin, zeytinyağı, zeytin sineği, TÜBİTAK, yaz bilim kampı

## Raising Awareness to 12 Year Old Students for Environmentally Friendly Sustainable Agricultural Management as Çanakkale Case Study

### ABSTRACT

The olive (*Olea europaea* L.) is a very important food source that is widely cultivated for oil production and table consumption, attracting attention due to its importance for health and high economic value. The aim of the study is to raise awareness of sustainable agricultural activities and to encourage agricultural production by given information to 12-year-old students about olive, olive fruit fly and olive oil. Financially supported by TÜBİTAK within the scope of the sub-theme "The adventure of olives from the garden to our table: Products that become branded with an environmentally friendly sustainable agricultural products, a workshop in the olive oil factory", in summer term of 2022, at Çanakkale Onsekiz Mart University, with the participation of 12-year-old students, "Doors Opened to Magical World-Summer Science Camp-2022" has been carried out. In the event, students were given information about the history of the olive tree, the production of olive and olive oil, the preparation of OLİPE traps to control the olive fruit fly, which is the main pest of olive fruits, and planting

olive nursery plant then an olive oil tasting test was conducted at 17 Olive Oil Factory. At the end of the activity, a questionnaire consisted of 21 items was organized. A total of 48 students participated in the questionnaire, 24 people in group I and 24 people in group II. The results were evaluated with the SAS JMP statistical program. The students of 91.67% of the group I and 95.83% of the group II agreed that the quality of olive oil can be understood by smelling and tasting based on "taste test". The students participated in the event stated that 100% from group I and 95.83% from group II stated that there were table fruit and olive oil varieties of olive, and the students of 100% from group I and 87.50% of group II stated that the most important agricultural pest on olive trees is the olive fruit fly. As a result, this study may provide the awareness to sustainable agriculture and environment by recognized sustainable awareness in the early aged.

**Key words:** Olive, olive oil, olive fruit fly, TUBITAK, summer science camp

## GİRİŞ

Zeytin (*Olea europaea* L.), Dünya'nın en eski kültür ağaçlarından biri olarak bilinmekle birlikte yazılı tarih öncesinden beri Akdeniz Bölgesi'nin de önemli bir değeri haline gelmiştir (Zamora ve ark., 2001; Bartolini ve Petruccielli, 2002; Uylaşer ve Yıldız, 2014). Zeytin, yaklaşık 30 cins ve 600 tür içeren Oleaceae familyasının bir üyesidir (Cronquist, 1981; Uylaşer ve Yıldız, 2014).

Zeytin ağacı, beslenme amaçlı kullanımının dışında birçok efsanenin kaynağı olmuş ve kutsal kitaplardaki yazıtlarda Tanrı'nın bir armağanı olarak bahsedilmiştir. Zeytini barış, haysiyet, bereket, bilgelik ve sağlık sembolü olarak gösteren eski kralların zeytin asaları, rahiplerin kutsal yağları gibi birçok sembolik referans ile ilişkilendirmek mümkündür (Özkaya ve ark., 2009; Uylaşer ve Yıldız, 2014). Yunan mitolojisine göre bilgelik ve barış tanrıçası Athena'nın, sihirli mızrağını Dünya'ya saptadığında zeytin ağacına dönüştüğü ve böylece zeytin ağacının ilk ortaya çıktığı ve büyüdüğü yer, tanrıçanın onuru için Atina adını almıştır (Malcolm, 2011; Uylaşer ve Yıldız, 2014). Başka bir hikayede Nuh Peygamberin saldıdığı güvercinin, geri çekilen suyun bir işareti ve Tanrı ile insanlar arasındaki barışın yeniden kurulmasının bir simgesi olarak zeytin dalı ile döndüğü belirtilmektedir (Kapellakis ve ark., 2008).

Zeytinyağı, çıplak ayaklı ilkel insanın yanlışlıkla yere düşen zeytin çekirdeklerini ezmesi ve ortaya çıkan yağın sert derili tabanını nemlendirdiğini ve yumuşattığını fark etmesi sonucunda keşfedilmiştir (Sarakomenos, 1930; Kapellakis ve ark., 2008). Zeytinyağı, o zamanlardan beri Akdeniz ülkeleri için günlük beslenmelerinin ayrılmaz bir parçası haline gelmiştir. Ayrıca törenlerde ve bayramlarda kullanılmasının yanı sıra, tıbbi özelliği nedeniyle tüketilmiş ve kozmetik amaçlı olarak kullanılmıştır. Tüm bu özellikleriyle birlikte, insan beslenmesinde de önemli rol almaktadır (Corallo ve ark., 2019)

Uluslararası Zeytin Konseyi'ne (IOC) göre 2020-2021 yıllarında dünyada yaklaşık olarak 3.010.000 ton zeytin üretilmiştir. Bu üretimin yaklaşık %86'sı Akdeniz ülkeleri tarafından karşılanmakta olup %26'sı İspanya, %23'ü İtalya, %15'i Yunanistan, %9'u Türkiye, %8'i Tunus ve %5'i Fas tarafından sağlanmaktadır (IOC, 2021). TÜİK (2022) verilerine göre ülkemizde 938.217 ton sofralık, 2.037.783 ton yağlık zeytin üretilmiştir. Ülkemizde yağlık zeytinde 409.732 ton üretim ile İzmir ilk sırada, Aydın 249.233 ton ile 2. sırada ve Muğla 225.075 ton üretim ile 3. sırada yer almaktadır. Sofralık zeytinde ise 212.614 ton ile Manisa ilk sırada, 187.692 ton ile Bursa 2. sırada ve 181.523 ton üretim ile Mersin 3. sırada yer almaktadır. Çanakkale'de 8.541 ton sofralık ve 117.311 ton yağlık zeytin üretilmiş olup, ülkemiz zeytin üretiminde önem arz etmektedir (TÜİK, 2022).

Ülkemiz için ekonomik açıdan önemli bir ürün olan zeytin üretiminde verim kaybına neden olan birçok hastalık ve zararlı bulunmaktadır. *Bactrocera oleae* (Rossi) (Diptera:Tephritidae) olarak bilinen zeytin sineği, zeytinin ana zararlısı olarak kabul edilmektedir (Genç ve Nation, 2008). Zeytin sineği monofag bir zararlı olduğu için yalnızca zeytin ile beslenmektedir. Aynı zamanda istilacı bir tür olarak kabul edilmektedir ve Avrupa, Asya, Afrika, Kaliforniya ve Meksika'ya kadar neredeyse tüm Dünya'ya yayıldığı rapor edilmiştir (Nardi ve ark., 2005; Daane ve Johnson, 2010; Müller ve ark., 2019). Zeytin sineğinin mücadelesinde kimyasal pestisitlerin yoğun kullanımı göz önüne alındığında alternatif kontrol yaklaşımlarına ihtiyaç vardır (Kakani ve Mathiopoulos, 2009).

Zeytin sineğinin dişi bireyleri çiftleştikten sonra ovipozitörü ile zeytin meyvesinde 'V' şeklinde bir yarık oluşturarak yumurtasını bırakır. Yumurta bırakılan bölge kısa bir süre sonra kahverengi iz olarak görünür. Buna 'vuruk' adı verilir. Zeytin tanesi içinde açılan yumurtadan çıkan larva, çekirdek etrafında galeriler oluşturarak beslenir. Zeytin meyvesinde oluşan bu zarar, zeytinlerin çürüyerek sonbaharda ilk rüzgarlarla erken dökülmesine, sofralık değerinin ve yağ miktarının azalmasına ve elde edilen yağın kalitesinde olumsuz etkilere neden olur (Tsitsipis, 1977; Genç ve Nation, 2008).

Hızla artan nüfus ile doğru orantılı olarak ilerleyen gıda ihtiyacı nedeniyle tarıma olan bağlılığımız daha da gün yüzüne çıkmaktadır. Bu anlamda tarımsal zararlıların laboratuvarında üretilmesi, biyolojisi ve mücadelesine yönelik çalışmalar önemlidir (Saran ve Genç, 2021; Saran ve Genç, 2022; Genç ve ark., 2023).

Tarımsal eğitimin temel amacı, yeni geliştirilen teknolojilerin nasıl Dünya'nın gıda ve lif üretiminin ayrılmaz bir parçası haline geldiği konusunda farkındalık yaratmak olmalıdır (Malecki ve ark., 2004). Tarımsal konular, öğrencilerin yaşadıkları dünyayı daha iyi anlamalarına yardımcı olmak için doğa bilimleri, matematik, sosyal ve davranış bilimleri arasında bağlantı kurabilir (Balschweid ve Thompson, 2000; Malecki ve ark., 2004). Bu çalışmada, 12 yaş öğrencilerine, zeytinin bahçeden sofraya kadar olan serüvenini, zeytinyağının elde edilmesi ve hayatımızdaki yeri ile zeytinin ana zararlısı olan zeytin sineğinin biyolojik özellikleri ve mücadelesi ile ilgili bilgiler verilerek farkındalık kazandırılması amaçlanmıştır.

## MATERYAL ve METOT

### Eğitim-öğretim ve uygulama çalışmaları

TÜBİTAK tarafından desteklenen “Bahçeden soframıza zeytinin serüveni: Çevre dostu sürdürülebilir tarımsal bir dönüşle markalaşan ürünler zeytinyağ fabrikasında uygulamalar” alt konulu etkinlik kapsamında 1-14 Ağustos 2022 tarihlerinde, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi'nde, 12 yaş öğrencilerin katılımıyla “Sihirli Dünyalara Açılan Kapılar ve Bilime Yolculuk- Yaz Bilim Kampı-2022” gerçekleştirilmiştir. Bu proje kapsamında, 12 yaş öğrencilerine bilimsel farkındalık kazandırması, farklı etkinlikler gerçekleştirilerek bilimin ve bilimsel faaliyetlerin sevdirmesi amaçlanmıştır. Bu etkinlikte, 12 yaş öğrencilerine zeytinin tarihsel geçmişi, bahçeden sofraya geçirdiği süreç, yağlık ve sofralık zeytin çeşitleri, zeytin meyvesinin en önemli tarımsal zararlısı olan zeytin sineği ve zararı, zeytin sineği mücadelesinde kullanılan OLİPE tuzaklarının katılımcılar tarafından hazırlanması, zeytinin ve zeytinyağının insan beslenmesindeki önemi ve zeytinyağının kalite standartları anlatıldıktan sonra zeytin fidanı dikiminin ardından On7 Zeytinyağı Fabrikası'na ziyaret ve zeytinyağı tadım testi aşamalarından oluşmaktadır (Şekil 1 ve Şekil 2).

Bu kapsamda öğrencilere sözlü sunum ile teorik bilgiler verildikten sonra zeytin sineğinin mücadelesinde kullanılan OLİPE tuzakları anlatılmıştır. Etkinliğe katılan öğrencilerin, çevre dostu bir yaklaşım ile bilim kampında kullandıkları 0.5 lt'lik plastik pet su şişelerini uygun bir alanda biriktirmeleri sağlanmıştır. Katılımcılar tarafından kullanılmış pet şişelerin kapak kısmına yakın 4-5 adet delik açıldıktan sonra %5'lik diamonyum fosfatlı (DAP) su çözeltisi hazırlanarak huni yardımıyla şişelerin  $\frac{3}{4}$ 'ü doldurulmuştur. Hazırlanan tuzaklar Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Ziraat Fakültesi Çiftliği Uygulama Alanı'nda bulunan zeytin ağaçlarının dallarına bir ip yardımı ile asılmıştır (Şekil 1).



Şekil 1. Zeytin sineği mücadelesi için OLİPE tuzaklarının hazırlanması. A) Pet şişelere %5'lik diamonyum fosfatlı (DAP) suyun hazırlanması, B ve C) OLİPE tuzaklarının zeytin ağaçlarına asılması ve D) Öğrencilerin hazırladığı OLİPE tuzakları ile görüntüsü.



Şekil 2. On7 Zeytinyağı Fabrikası'na ziyaret ve zeytinyağı tadım testi (A ve B).

### Anket uygulama yöntemi ve istatistiksel analiz

Likert tipi soru, birbirinden bağımsız sorulardan oluşan ve genellikle 5'li ölçeğin kullanıldığı anket çalışmalarında kullanılmaktadır (Turan ve ark., 2015). Bununla birlikte anketlerde kullanılan ölçek sayısı değişmekte olup, küçük yaştaki katılımcılar için az sayıda seçenek olması da önerilmektedir (Adelson ve McCoach, 2010; Turan ve ark., 2015). Bu anlamda çalışma kapsamında etkinlik sonrasında öğrencilere 21 maddeden oluşan bir anket uygulanmıştır. Anket çalışması katılımcılara, 2 olumsuz (1: Hiç katılmıyorum, 2: Biraz katılmıyorum), 2 olumlu (4: Biraz katılıyorum, 5: Tamamen katılıyorum) ve 1 kararsız (3: Kararsızım) olmak üzere 5'li likert skalası halinde hazırlanan sorular sunulmuştur. Gerçekleştirilen etkinlik kapsamında kampa seçme kriterleri doğrultusunda, başarılı Çanakkale'de yaşamını sürdüren çocuklar yanında, 2020 İzmir depreminde birinci derece etkilenen ve Darüşşafaka Eğitim Kurumu'nda öğrenim gören ve Aile, Çalışma ve Sosyal Hizmetler Bakanlığı şehit çocukları katılmıştır. 1-7 Ağustos 2022 tarihinde kampa katılan 24 öğrenci 1. grubu ve 8-14 Ağustos 2022 tarihinde katılan diğer 24 öğrenciler ise 2. grubu oluşturarak, toplam 48 öğrenci katılmıştır. Öğrenciler, İl Millî Eğitim Müdürlükleri tarafından 6. sınıftan 7. sınıfa geçen ve akademik başarıları gözönüne alınarak belirlenmiştir.

Anket sonuçlarının değerlendirilmesi ve anket ifadelerinin tutarlılığını ölçmek için kullanılan güvenilirlik analizinin gerçekleştirilmesinde SAS JMP (version 16.1; SAS Institute, Cary, NC) istatistik programı ve Microsoft Excel kullanılmıştır. Güvenilirlik analizinde Cronbach Alpha ( $\alpha$ ) katsayısı kullanılmıştır.

### BULGULAR ve TARTIŞMA

Çalışmada 12 yaş öğrencilerine zeytin, zeytin zararlıları ve zeytinyağı hakkında genel bilgiler verilerek çevre dostu bir yaklaşım ile sürdürülebilir tarımsal mücadele yöntemleri kullanılarak öğrencilerin tarımsal faaliyetlere özendirilmesi amaçlanmıştır.

Yapılan anket çalışmasının güvenilir kabul edilebilmesi için Cronbach alfa ( $\alpha$ ) değerinin en az 0.70 olması gerektiği bilinmektedir (Gürbüz ve Şahin, 2016). Bununla birlikte, 0.60–0.80 aralığındaki Cronbach alfa ( $\alpha$ ) değerleri orta düzeyde, ancak kabul edilebilir olarak değerlendirilmektedir (Griethuisen ve ark., 2014; Daud ve ark., 2018). Burada gerçekleştirilen anket çalışmasının Cronbach alfa değeri ( $\alpha$ ), 0.68 olarak hesaplanmış olup, elde edilen sonuçların güvenilir olduğu tespit edilmiştir.

Ankete katılım sağlayan I. grup öğrencilerin %100'ü, II. grup öğrencilerin ise %87.50'si zeytinin tarihte barışın sembolü olarak bilinmesine katıldıklarını bildirmiştir. II. grup öğrencilerden %4.17'si kararsız kaldığını, %8.33'ü ise katılmadığını belirtmiştir.

Etkinlikte yer alan I. gruptaki öğrencilerin %91.67'si, II. gruptaki öğrencilerin ise %95.83'ü zeytin ağacının 300-5000 yıl yaşayabilen, kuraklıktan etkilenmeyen ve hatta ölümsüz bir ağaç olarak bilinmesine katıldıklarını bildirmiştir. I. gruptaki öğrencilerin %8.33'ü kararsız olduklarını, II. gruptaki öğrencilerin %4.17'si katılmadığını belirtmiştir.

Ankete katılan I. grup öğrencilerin %83.33'ü, II. grup öğrencilerin ise %66.67'si Türkiye'de zeytinin Ege, Marmara, Akdeniz ve Güneydoğu Anadolu Bölgeleri'nde yetiştirilmesine katıldıklarını belirtmiştir. I. grup öğrencilerin %8.33'ü, II. grup öğrencilerin %25'i kararsız kaldıklarını belirtmiştir. Aynı zamanda hem I. grup öğrencilerin hem de II. grup öğrencilerin %8.33'ü katılmadıklarını belirtmiştir (Çizelge 1).



Çizelge 1. Katılımcıların Türkiye'de zeytinin Ege, Akdeniz, Marmara ve Güneydoğu Anadolu Bölgeleri'nde yetiştirilmesine katılma durumları.

	I. Grup		II. Grup	
	f	%	F	%
1-2	2	8.33	2	8.33
3	2	8.33	6	25
4-5	20	83.33	16	66.67
Boş	0	0	0	0
Toplam	24		24	

Ankete katılan I. grup öğrencilerinin %58.33'ü, II. gruptaki öğrencilerin ise %54.17'si fiyatı yüksek olan zeytinyağının kaliteli olduğuna katılmadıklarını belirtmiştir. Hem I. grup öğrencilerin hem de II. grup öğrencilerin %16.67'si kararsız kaldıklarını belirtmiştir. Bununla birlikte I. grup öğrencilerin %25'i, II. grup öğrencilerin ise %29.17'si katıldıklarını belirtmiştir.

Etkinliğe katılan I. grup öğrencilerinin %91.67'si, II. grup öğrencilerinin ise %95.83'ü zeytinyağının kalitesinin "tadım testi" ile koklayarak ve tadarak anlaşılabilirliğine katıldıklarını belirtmiştir. I. grup öğrencilerin %8.33'ü kararsız olduğunu bildirmiştir. II. gruptaki öğrencilerin ise %4.17'si katılmadığını belirtmiştir (Çizelge 2).

Çizelge 2. Katılımcıların zeytinyağının kalitesinin "tadım testi" ile koklayarak ve tadarak anlaşılabilirliğine katılma durumları.

	I. Grup		II. Grup	
	f	%	F	%
1-2	0	0	1	4.17
3	2	8.33	0	0
4-5	22	91.67	23	95.83
Boş	0	0	0	0
Toplam	24		24	

Ankete katılan hem I. grup hem de II. grup öğrencilerinin %87.50'si doğal ve kusursuz olan zeytinyağının genizde yakıcı bir tat hissettireceğine katıldıklarını belirtmiştir. I. grup öğrencilerinin %8.33'ü kararsız kaldığını belirtmiştir. Ayrıca I. grup öğrencilerinin %4.17'si, II. grup öğrencilerinin ise %12.50'si katılmadıklarını belirtmiştir.

Etkinliğe katılan I. grup öğrencilerinin %58.33'ü, II. grup öğrencilerinin ise %62.50'si zeytinyağı ile pişirilen yemeklerin daha lezzetli olduğuna katıldıklarını belirtmiştir. I. gruptaki öğrencilerin %29.17'si, II. gruptaki öğrencilerin ise %25'i kararsız kaldıklarını belirtmiştir. Hem I. gruptaki hem de II. gruptaki öğrencilerin %12.50'si bu bilgiye katılmadıklarını bildirmiştir.

Ankete katılım sağlayan I. grup öğrencilerinin %87.50'si, II. grup öğrencilerinin ise %79.17'si zeytinyağının ısı ve ışıktan uzak, hava almayan koyu renkli cam şişelerde ya da tenekelerde saklanması gerektiğine katıldıklarını belirtmiştir. I. grup öğrencilerin %4.17'si, II. grup öğrencilerinin %12.50'si kararsız kaldıklarını belirtmiştir. Hem I. grup hem de II. grup öğrencilerinin %8.33'ü katılmadıklarını bildirmiştir (Çizelge 3).

Çizelge 3. Katılımcıların zeytinyağının ısı ve ışıktan uzakta, hava almayan koyu renkli cam şişelerde ya da tenekelerde saklanması gerektiğine katılma durumları.

	I. Grup		II. Grup	
	f	%	F	%
1-2	2	8.33	2	8.33
3	1	4.17	3	12.50
4-5	21	87.50	19	79.17
Boş	0	0	0	0
Toplam	24		24	

Ankete katılan I. grup öğrencilerin %54.17'si, II. grup öğrencilerin %66.67'si zeytinyağının alternatif tıpta saç, deri, kanser ve kalp ve damar rahatsızlıklarına iyi geldiğinin bilinmesine katıldıklarını belirtmiştir. I. gruptaki

öğrencilerin %33.33'ü, II. gruptaki öğrencilerin %29.17'si kararsız kaldığını belirtmiştir. I. gruptaki öğrencilerin %12.50'si, II. gruptaki öğrencilerin %4.17'si katılmadıklarını ifade etmiştir (Çizelge 4).

Çizelge 4. Katılımcıların zeytinyağının saç, deri, kanser ve kalp ve damar hastalıklarına iyi geldiği bilgisine katılma durumları.

	I. Grup		II. Grup	
	f	%	F	%
1-2	3	12.50	1	4.17
3	8	33.33	7	29.17
4-5	13	54.17	16	66.67
Boş	0	0	0	0
Toplam	24		24	

Ankete katılan I. grup öğrencilerinin %33.33'ü, II. grup öğrencilerinin %70.83'ü kızartma sırasında zeytinyağının çabuk yandığının bilgisinin yanlış olduğu ve maalesef bu yüzden zeytinyağının kızartma yapılan yemeklerde kullanılamayacağına katıldığını belirtmiştir. I. gruptaki öğrencilerin %37.50'si, II. gruptaki öğrencilerin %4.17'si kararsız kaldığını belirtmiştir. I. gruptaki öğrencilerin %29.17'si, II. gruptaki öğrencilerin %25'i bu bilgiye katılmadıklarını ifade etmiştir (Çizelge 5).

Çizelge 5. Katılımcıların zeytinyağının kızartma yapılan yemeklerde kullanılamayacağına katılma durumları.

	I. Grup		II. Grup	
	f	%	F	%
1-2	7	29.17	6	25
3	9	37.50	1	4.17
4-5	8	33.33	17	70.83
Boş	0	0	0	0
Toplam	24		24	

Etkinliğe katılım sağlayan I. gruptaki öğrencilerin %87.50'si, II. gruptaki öğrencilerin ise %83.33'ü zeytinyağı koklandığında meyvemsi kokuyorsa "iyi bir zeytinyağıdır" söylemine katıldıklarını bildirmiştir. Hem I. gruptaki öğrencilerin hem de II. gruptaki öğrencilerin %4.17'si kararsız kaldıklarını belirtmiştir. Ayrıca hem I. gruptaki hem de II. gruptaki öğrencilerin %8.33'ü bu görüşe katılmadıklarını ifade etmiştir. Bununla birlikte II. gruptaki öğrencilerin %4.20'si bu soruyu boş bırakmayı tercih etmiştir.

Etkinliğe katılan I. gruptaki öğrencilerin %75'inin, II. gruptaki öğrencilerin ise %70.83'ü zeytin ve zeytinyağının kokusu ve tadı yetiştirildiği yerin iklim koşullarından etkileneneğine katıldıklarını belirtmiştir. I. gruptaki öğrencilerin %8.33'ü, II. gruptaki öğrencilerin ise %12.50'si kararsız kaldıklarını ifade etmiştir. Bununla birlikte I. gruptaki öğrencilerin %16.67'si, II. gruptaki öğrencilerin ise %12.50'si katılmadıklarını belirtmiştir. II. gruptaki öğrencilerin %4.17'si bu soruyu boş bırakmayı tercih etmiştir (Çizelge 6).

Çizelge 6. Katılımcıların zeytin ve zeytinyağının kokusu ve tadının yetiştigi iklim koşullarından etkileneneğine katılma durumları.

	I. Grup		II. Grup	
	f	%	F	%
1-2	4	16.67	3	12.50
3	2	8.33	3	12.50
4-5	18	75	17	70.83
Boş	0	0	1	4.17
Toplam	24		24	

Ankete katılan I. gruptaki öğrencilerin %100'ü, II. gruptaki öğrencilerin ise %95.83'ü zeytin bitkisinin sofralık ve yağlık çeşitlerinin bulunduğu katıldıklarını belirtmişlerdir. II. gruptaki öğrencilerin %4.17'si katılmadığını belirtmiştir.

Etkinliğe katılan I. gruptaki öğrencilerin %41.67'si, II. gruptaki öğrencilerin %58.33'ü Türkiye'de zeytin üretiminin genellikle dağlık arazilerde ve sulanmadan yapıldığı ve sulanan zeytin bahçelerinde ise sofralık zeytin

üretildiğine katıldıklarını belirtmiştir. Ayrıca I. gruptaki öğrencilerin %41.67'si, II. gruptaki öğrencilerin ise %16.67'si kararsız kaldıklarını belirtmiştir. I. gruptaki öğrencilerin %16.67'si, II. gruptaki öğrencilerin %25'i bu bilgiye katılmadıklarını ifade etmiştir (Çizelge 7).

Çizelge 7. Katılımcıların Türkiye'de zeytin üretiminin genellikle dağlık arazilerde ve sulanmadan yapılmasına katılma durumları.

	I. Grup		II. Grup	
	f	%	F	%
1-2	4	16.67	6	25
3	10	41.67	4	16.67
4-5	10	41.67	14	58.33
Boş	0	0	0	0
Toplam	24		24	

Etkinliğe katılan I. gruptaki öğrencilerin %100'ü, II. gruptaki öğrencilerin %87.50'si zeytin ağaçlarında görülen en önemli tarımsal zararının zeytin sineği olduğuna katıldıklarını belirtmiştir. II. gruptaki öğrencilerin %4.17'si kararsız olduğunu, %8.33'ü katılmadıklarını bildirmiştir (Çizelge 8).

Çizelge 8. Katılımcıların zeytin bahçelerinde görülen en önemli tarımsal zararının zeytin sineği olmasına katılma durumları.

	I. Grup		II. Grup	
	f	%	F	%
1-2	0	0	2	8.33
3	0	0	1	4.17
4-5	24	100	21	87.50
Boş	0	0	0	0
Toplam	24		24	

Ankete katılım sağlayan I. gruptaki öğrencilerin %83.33'ü, II. gruptaki öğrencilerin %50'si zeytin sineğinin zeytin tanesinin sofralık özelliğini kaybetmesine ve o zeytinlerden elde edilen zeytinyağının asitliğinin artmasına sebep olmasına katıldıklarını belirtmiştir. I. gruptaki öğrencilerin %8.33'ü, II. gruptaki öğrencilerin %33.33'ü kararsız kaldıklarını belirtmiştir. Ayrıca I. gruptaki öğrencilerin %8.33'ü, II. gruptaki öğrencilerin ise %16.67'si bu bilgiye katılmadıklarını belirtmiştir (Çizelge 9).

Çizelge 9. Katılımcıların zeytin sineğinin, zeytinin sofralık özelliğini kaybetmesine ve zeytinyağının asitliğinin artmasına neden olduğuna katılma durumları.

	I. Grup		II. Grup	
	f	%	F	%
1-2	2	8.33	4	16.67
3	2	8.33	8	33.33
4-5	20	83.33	12	50
Boş	0	0	0	0
Toplam	24		24	

Ankete katılan I. gruptaki öğrencilerin %45.83'ü, II. gruptaki öğrencilerin %20.83'ü Türkiye'de yetiştirilen zeytinlerin %75'inin yağlık ve %25'inin sofralık zeytin olduğuna katıldıklarını bildirmiştir. I. gruptaki öğrencilerin %41.67'si, II. gruptaki öğrencilerin ise %79.17'si kararsız olduğunu belirtmiştir. Bununla birlikte I. gruptaki öğrencilerin %8.33'ü katılmadığını belirtirken, %4.17'si bu soruyu boş bırakmayı tercih etmiştir.

Etkinliğe katılım sağlayan I. gruptaki öğrencilerin %83.33'ü, II. gruptaki öğrencilerin %75'i dünyadaki 20 milyon tonluk zeytin üretiminin 1.5 milyon tonunu karşılayan Türkiye'nin Dünya'da 4. sırada yer aldığına katıldıklarını belirtmiştir. I. gruptaki öğrencilerin %8.33'ü, II. gruptaki öğrencilerin %16.67'si kararsız kaldıklarını bildirmiştir. Ayrıca I. gruptaki öğrencilerin %4.17'si, II. gruptaki öğrencilerin %8.33'ü katılmadıklarını belirtmiştir. I. gruptaki öğrencilerin %4.17'si bu soruyu boş bırakmayı tercih etmiştir (Çizelge 10).

Çizelge 10. Katılımcıların zeytin üretiminde Türkiye'nin Dünya'da 4. sırada yer almasına katılma durumları.

	I. Grup		II. Grup	
	f	%	F	%
1-2	1	4.17	2	8.33
3	2	8.33	4	16.67
4-5	20	83.33	18	75
Boş	1	4.17	0	0
Toplam	24		24	

Etkinliğe katılım sağlayan I. gruptaki öğrencilerin %20.83'ü dünyada 3 milyon ton olan zeytin yağ üretiminin 300 bin tonunu karşılayan Türkiye'nin, Dünya'da 5. sırada yer aldığına katıldıklarını belirtmiştir. I. gruptaki öğrencilerin %33.33'ü ve II. gruptaki öğrencilerin %25'i kararsız kaldıklarını belirtmiştir. Ayrıca I. gruptaki öğrencilerin %45.83'ü, II. gruptaki öğrencilerin ise %75'i bu bilgiye katılmadıklarını belirtmiştir (Çizelge 11).

Çizelge 11. Katılımcıların zeytinyağı üretiminde Türkiye'nin, dünyada 5. sırada yer almasına katılma durumları.

	I. Grup		II. Grup	
	f	%	F	%
1-2	11	45.83	18	75
3	8	33.33	6	25
4-5	5	20.83	0	0
Boş	0	0	0	0
Toplam	24		24	

Etkinliğe katılım sağlayan I. grup öğrencilerinin %25'i, II. gruptaki öğrencilerin %20.83'ü zeytinyağının saf ya da başka yağlarla karıştırılmış olma durumunun anlaşılabilmesi için buzdolabına konulduktan sonra donup donmama durumuna bağlı olarak anlaşılacağına katıldıklarını belirtmiştir. Hem I. gruptaki hem de II. gruptaki öğrencilerin %50'si kararsız olduklarını belirtmiştir. Ayrıca I. gruptaki öğrencilerin %25'i, II. gruptaki öğrencilerin ise %29.17'si bu bilgiye katılmadıklarını belirtmiştir.

Ankete katılan I. gruptaki öğrencilerin %37.50'si, II. gruptaki öğrencilerin %8.33'ü zeytinyağının kalitesinin renginden anlaşılacağı ve bu nedenle yeşil renkteki zeytinyağının tercih edilmesi gerektiğine katıldığını belirtmiştir. I. gruptaki öğrencilerin %8.33'ü, II. gruptaki öğrencilerin %4.17'si kararsız kaldıklarını belirtmiştir. Bununla birlikte I. gruptaki öğrencilerin %54.17'si ve II. gruptaki öğrencilerin %83.33'ü bu bilgiye katılmadıklarını belirtmiştir. Ayrıca II. gruptaki öğrencilerin %4.17'si bu soruyu boş bırakmayı tercih etmiştir (Çizelge 12).

Çizelge 12. Katılımcıların yeşil renkteki zeytinyağının tercih edilmesine katılma durumları.

	I. Grup		II. Grup	
	f	%	F	%
1-2	13	54.17	20	83.33
3	2	8.33	1	4.17
4-5	9	37.50	2	8.33
Boş	0	0	1	4.17
Toplam	24		24	

Çocuklar için planlanan çevre eğitimleri, sözlü olarak ifade edilen teorik bilgilerin yanı sıra okul dışında da doğa ile iç içe gerçekleştirilen etkinliklerle birleştirildiğinde çok daha etkilidir. Çünkü doğru bir şekilde planlanmış çevre eğitimi, çocukların düzenli olarak okul dışında çeşitli etkinliklerde bulunmasına, ekosistemlerin işleyişini anlamasına, insan faaliyetlerinin çevrede yaptığı olumlu ve olumsuz etkileri öğrenmesine böylece doğayla ilgili daha sorumlu davranışlar sergilemesine olanak sağlar (Güler, 2009; Buldur ve ark., 2018). Çocuklara verilecek çevre eğitiminin özellikle ilk yaş dönemleri olan 0-12 yaş aralığını kapsamaması gerektiği vurgulanmaktadır. Bu nedenle eğitimcilerin yeterli kapasiteye sahip olması, gezilerin planlanması, gerekli araç ve gereçlerin temin edilmesi, ders içeriklerinin bu amaca yönelik hazırlanmış olması doğa eğitimini ve çevre bilincini destekleyici nitelikte olmalıdır (Çukur ve Özgüner, 2008; Köşker, 2020).

Çalışmada, 12 yaş öğrencilerinin zeytin, zeytin zararlıları, zeytinyağı ve önemi hakkında bilgilendirilmesiyle birlikte, sürdürülebilir tarımsal faaliyetlere farkındalık ve çevre bilinci oluşturulması amaçlanmıştır. Etkinlik kapsamında, zeytin ağacı tarihçesi, sofralık ve yağlık zeytin, en önemli zeytin zararlısı olan zeytin sineği ve mücadelesi için OLİPE tuzakları hazırlanması ve zeytinyağı hakkında bilgiler verilmiştir. Etkinlik sonunda 21 maddeden oluşan bir anket düzenlenmiştir.

Öğrencilerin sınıf eğitimi süresince tarihsel olaylar ve olgulara merak duyması karar verme yeteneğinin gelişmesine, sosyo-kültürel kimliğine katkı sağlamasına ve eleştirel düşünme becerisi kazanmasına katkı sağlar (Ata, 2017; Akhan, 2020). Bu doğrultuda ankete katılım sağlayan I. grup öğrencilerin %100'ü (24 kişi), II. grup öğrencilerin ise %87.50'si (21 kişi) zeytinin tarihte barışın sembolü olarak bilinmesine katıldıklarını bildirmiştir.

Çocuklar, zaman içerisinde tüketici olarak talepte bulunma, seçim yapma, yardımcı ve bağımsız alışveriş yapabilme gibi yetenekler kazanmaktadır. Çocukların bir tüketici olarak sosyal faaliyetlerde bulunmasında aile, arkadaş grubu, okul, kitle iletişim araçları, perakendeciler ve markalar etkili olan en önemli araçlardır (Ateşoğlu ve Türkahraman, 2009). Etkinliğe katılım sağlayan I. grup öğrencilerinin %58.30'u (14 kişi), II. gruptaki öğrencilerin ise %54.20'si (13 kişi) fiyatı yüksek olan zeytinyağının kaliteli olduğuna katılmadıklarını belirtmiştir.

Anaokulu öğrencileri ile gerçekleştirilen bir etkinlikte organik tarım faaliyetlerinin yerinde gözlemlenmesi sağlanarak sürdürülebilir değerler eğitimi verilmesi amaçlanmıştır. Artan gıda ihtiyacı ve iklim krizi göz önünde bulundurularak sürdürülebilir tarımsal faaliyetlerin acil olarak tüm bireylerde yaygınlaştırılması gerektiği de vurgulanmaktadır (Bayburt Üniversitesi, 2023). Çalışma kapsamında 12 yaş öğrencileri ile gerçekleştirilen bu etkinlikte I. gruptaki öğrencilerin %41.70'i (10 kişi), II. gruptaki öğrencilerin %58.30'u (14 kişi) Türkiye'de zeytin üretiminin genellikle dağlık arazilerde ve sulanmadan yapıldığı ve sulanan zeytin bahçelerinde ise sofralık zeytin üretildiğine katıldıklarını belirtmiştir (Çizelge 7). Ayrıca etkinliğe katılan I. gruptaki öğrencilerin %100'ü (24 kişi), II. gruptaki öğrencilerin %87.50'si (21 kişi) zeytin ağaçlarında görülen en önemli tarımsal zararlının zeytin sineği olduğuna katıldıklarını belirtmiştir (Çizelge 8).

Çocuğun doğal çevreyle ilişkisine yeterince önem verilmezse, çocukların çevre sorunlarının kendilerine yabancı olduğu hissine kapılmasına ve çevreye karşı olumsuz davranışlar sergilemelerine neden olabilir. Doğaya yönelik farkındalığın erken yaşlarda aşılması gerektiği ve çocukların erken yaşamda algıladıkları her şeyin, sonraki yaşamlarındaki davranış ve tutumlarını kolaylıkla etkileyeceği ileri sürülmektedir (Vaselinoska, 2010; Marziana ve ark., 2012). Özellikle çocukların açık havada oyun oynamak veya doğayla iç içe olmak yerine kapalı mekanlarda bilgisayar oynayarak veya televizyon izleyerek daha fazla zaman geçirdiği bir çağda, çocukların çevre bilincini geliştirmek ve tarımsal faaliyetlere farkındalık kazandırılması için bu tür etkinliklerin artırılması ve desteklenmesi önemlidir.

## SONUÇ ve ÖNERİLER


12 yaş öğrencileri ile gerçekleştirilen etkinlikte hem ülkemiz hem de Çanakkale için önemli bir tarımsal ürün olan zeytinin tarihçesi, sofralık ve yağlık zeytin, zeytinin ana zararlısı olan zeytin sineği ve mücadelesi ile birlikte zeytinyağı hakkında bilgiler verilerek geleceğimiz olan öğrencilere sağlıklı ve nitelikli beslenme ürünlerini elde edebilenin yollarını tanıtarak tarımsal faaliyetlere özendirilmesi amaçlanmıştır. Çalışma kapsamında %5'lik diamonyum fosfat (DAP) ile hazırlanan OLİPE tuzaklarında kitle halinde zeytin sineği erginleri yakalanarak kimyasal ilaçlama sayısı azaltılmıştır. Böylece uygulama yapılan zeytin bahçesi çevre dostu ve sürdürülebilir tarımsal mücadele yaklaşımına bir örnek olarak değerlendirilmiştir. Bununla birlikte okullarda, üniversitelerde ve farklı eğitim kurumlarında bu tür faaliyetlerin gerçekleştirilmesi erken yaşlarda kazanılan tarım bilinci sayesinde sürdürülebilir bir farkındalığın temellerinin atılmasına yarar sağlayacaktır.


**Teşekkür:** Çalışma, TÜBİTAK tarafından desteklenen 122B767 no'lu proje kapsamında "Bahçeden soframıza zeytinin serüveni: Çevre dostu sürdürülebilir tarımsal bir dönüşümle markalaşan ürünler zeytinyağı fabrikasında uygulamalar" alt konulu etkinliğin bir kısmını oluşturmaktadır. Çalışma, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Ziraat Fakültesi tarafından düzenlenen 3. Çanakkale Tarımı Sempozyumu'nda (16-18 Kasım 2022) özet bildiri olarak sunulmuştur.

**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

Hanife Yandayan GENÇ  <https://orcid.org/0000-0001-8180-4307>

Mehmet Ali GÜNDOĞDU  <https://orcid.org/0000-0002-5802-5505>

Ceren SARAN  <https://orcid.org/0000-0001-9598-8856>

Arzu BAYINDIR  <https://orcid.org/0000-0002-8214-9292>

## KAYNAKLAR

- Adelson, J.L., McCoach, D.B. 2010. Measuring the mathematical attitudes of elementary students: the effects of a 4-point or 5-point likert-type scale. *Educational and Psychological Measurement*, 70: 796-807.
- Akhan, O. 2020. Sınıf Öğretmenlerinin Tarih Konularının Öğretimine Yönelik Görüşleri. *International Primary Educational Research Journal*, 4(1), 72-80.
- Ata, B. 2017. İlkokul düzeyinde tarih öğretimi. *Turkish History Education Journal*, 6(2), 469-481.
- Ateşoğlu, İ., Türkkahraman, M. 2009. Çocukların Tüketici Olarak Sosyalleşmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 14(3), 215-228.
- Balschweid, M.A., Thompson, G.W., Cole, R.L. 2000. Agriculture and science integration: A pre-service prescription for contextual learning. *Journal of Agricultural Education*, 41(2),36-45.
- Bartolini, G., Petruccelli, R. 2002. Classification, Origin, Diffusion and History of the Olive, Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Bayburt Üniversitesi. 2023. Sürdürülebilirliğin Geleceği Olan Çocukları, Sürdürülebilir Tarımla Buluşturduk. <https://bayburt.edu.tr> (Erişim tarihi:26.08.2023).
- Buldur, S., Bursal, M., Yücel, E., Yalçın Erik. 2018. Disiplinler Arası Bir Doğa Eğitimi Projesinin Ortaokul Öğrencilerinin Çevreye Yönelik Duyuşsal Özelliklerine ve Çevre Bilinçlerine Etkisi. *İnsan ve Toplum Bilimleri Araştırmaları Dergisi*, 7 (5), 284-303.
- Corallo, A., Latino, M.E., Menegoli, M., Spennato, A. 2019. A Survey to Discover Current Food Choice Behaviors. *Sustainability*, 11: 5041.
- Cronquist, A. 1981. An Integrated System of Classification of Flowering Plants, NY: Columbia University Press.
- Çukur, D., H. Özgüner. 2008. "Kentsel Alanda Çocuklara Doğa Bilinci Kazandırmada Oyun Mekânı Tasarımının Rolü". *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, C. II: 177-187.
- Daane, K.M., Johnson, M.W. 2010. Olive fruit fly: Managing an ancient pest in modern times. *Annual Review of Entomology*, 55: 151–169.
- Daud, K.A.M., Khidzir, N.Z., Ismail, A.R., Abdullah, F.A. 2018. Validity and reliability of instrument to measure social media skills among small and medium entrepreneurs at Pengkalan Datu River. *International Journal of Development and Sustainability*,7(3), 1026-1037.
- Genç, H., Nation, J.L. 2008. Maintaining *Bactrocera oleae* (Gmelin.) (Diptera: Tephritidae) colony on its natural host in the laboratory. *Journal of Pest Science*, 81: 167–174.
- Saran, C., Genç, H. 2021. Age-Stage, Two-Sex Life Table of The Diamondback Moth, *Plutella xylostella* (Linnaeus, 1758) (Lepidoptera: Plutellidae) on Different Brassicaceous Plants. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi* 8(3): 615-628, 2021.
- Saran, C., H.Y. Genç. 2022. Rearing of the Diamondback Moth, *Plutella xylostella* L. (Lepidoptera:Plutellidae) on Different Artificial Diets in the Laboratory Conditions. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi* 9(3): 714–733.
- Genç Yandayan, H, Bayındır, A., Saran, C. 2023. Çanakkale’de 12 Yaş Öğrencilerinin İpekböceği, *Bombyx mori* L. (Lepidoptera: Bombycidae)’ne Karşı Farkındalık Kazandırılması. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi* 10(4): 1172–1180.
- Griethuisen, R. A. L. F., Eijck, M. W., Haste, H., Brok, P. J., Skinner, N. C., Mansour, N., Gencer, A.S., BouJaoude, S. 2014. Global patterns in students’ views of science and interest in science. *Research in Science Education*, 45(4), 581–603.
- Güler, T. 2009. Ekoloji temelli bir çevre eğitiminin öğretmenlerin çevre eğitimine karşı görüşlerine etkileri. *Eğitim ve Bilim*, 34(151), 30-43.
- Gürbüz, S., Şahin, F. 2016. Sosyal bilimlerde araştırma yöntemleri. (3.Baskı), Ankara: Seçkin Yayıncılık.
- IOC., 2023. International Olive Oil Council. <https://www.internationaloliveoil.org/>. (Erişim tarihi: 23.08.2023).
- Kakani, E.G., Mathiopoulos, K.D. 2008. Organophosphosphate resistance-related mutations in the acetylcholinesterase gene of Tephritidae. *Journal of Applied Entomology*, 132: 762–771.
- Kapellakis, I.E., Tsagarkis, K.P., Crowther, J.C. 2008. Olive oil history, production and by-product management. *Reviews in Environmental Science and Biotechnology*, 7:1–26.
- Köşker, N. 2020. Öğretmen Adaylarının Doğa Eğitimine İlişkin Görüşleri. *Avrasya Uluslararası Araştırmalar Dergisi*, 8(22), 215 – 243.

- Malcolm, P. 2011. "History of olive trees". Ezine Articles. Available from <http://ezinearticles.com/?History-Of-Olive-Trees&id=368070>.
- Malecki, C.L., Israel, G.D., Toro, E. 2004. Using "Ag in the Classroom" curricula: Teachers' awareness, attitudes and perceptions of Agricultural literacy. University of Florida Ifas Extension.
- Marziana, A., Mahidin, M., Maulan, S. 2012. Understanding Children Preferences of Natural Environment as a Start for Environmental Sustainability. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 38:324 – 333.
- Müller, F.A., Dias, N.P., Gottschalk, M.S., Garcia, F.R.M., Nava, D.E. 2019. Potential distribution of *Bactrocera oleae* and the parasitoids *Fopius arisanus* and *Psytalia concolor*, aiming at classical biological control. *Biological Control*. 132: 144–151.
- Nardi, F., Carapelli, A., Dallai, R., Roderick, G.K., Frati, F. 2005. Population structure and colonization history of the olive fly, *Bactrocera oleae* (Diptera, Tephritidae). *Molecular Ecology*, 14: 2729–2738.
- Özkaya, M. T., Ulaş, M., Çakır, E. 2009. "Zeytin Ağacının Anavatanı ve Tarihçesi. "Zeytinyağı" (Göğüş, F., Özkaya, M. T., Ötleş, S.) Eflatun Yayınevi, ISBN no: 978-605-4160-04-4, Ankara".
- Sarakomenos, DS. 1930. I Elliniki Elaia. (The greek olive), vol II. Pyrsos Publ., Athens, Greece (in Greek).
- Tsitsipis, J.A. 1977. Effect of constant temperatures on the eggs of the olive fruit fly, *Dacus oleae* (Diptera: Tephritidae). *Annales de Zoologie Ecologie Animale*, 9:133-139.
- Turan, İ., Şimşek, Ü., Aslan, H. 2015. Eğitim Araştırmalarında Likert Ölçeği ve Likert-Tipi Soruların Kullanımı ve Analizi. *Sakarya Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 30: 186-203.
- TÜİK., 2023. Türkiye İstatistik Kurumu, Türkiye sofralık ve yağlık zeytin verimi. <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=92&locale=tr> (Erişim tarihi:23.08.2023).
- Uyulaşer, V., Yıldız, G. 2014. The Historical Development and Nutritional Importance of Olive and Olive Oil Constituted an Important Part of the Mediterranean Diet. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 54:1092–1101.
- Vaselinoska, S., Petrovska, S., Zivanovic, J. 2010. How to help children understand and respect nature. *Procedia Social and Behavioral Sciences*, 2: 2244-2247.
- Zamora, R., Alaiz, M., Hidalgo, F. J. 2001. Influence of cultivar and fruit ripening on olive (*Olea europaea*) fruit protein content, composition, and antioxidant activity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49: 4267–4270.

## Mercimek Çeşitlerinin Yüksek Sıcaklıklara Tepkileri: Tohum Çimlenmesi ve Fide Çıkışı\*

Ali ÖZTÜRK<sup>1\*</sup>, Aleyna DUMLU<sup>1</sup>, Hasan KARTAY<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü, Erzurum, Türkiye

\*Sorumlu Yazar (Corresponding Author)e-posta: [aoturk@atauni.edu.tr](mailto:aoturk@atauni.edu.tr)

Geliş Tarihi: 14.02.2024 Düzeltme Geliş Tarihi: 08.03.2024 Kabul Tarihi: 11.03.2024

### ÖZ

Tohum çimlenme ve fide çıkış dönemlerindeki yüksek sıcaklıklar mercimeğin fide gelişimi ve tane veriminde önemli azalmalara neden olabilir. Laboratuvar koşullarında yürütülen bu araştırmada 16 mercimek çeşidi artan sıcaklıklarda (20, 25, 30, 35, 40, 45 °C) tohum çimlenmesi ve fide gelişim özellikleri yönünden değerlendirilmiştir. Çalışmada incelenen tüm özellikler bakımından çeşitler arasında önemli farklar belirlenmiştir. Yüksek sıcaklıklar incelenen çimlenme ve fide gelişim özelliklerini olumsuz etkilemiş, bu özellikler yönünden çeşit x sıcaklık etkileşimleri önemli bulunmuştur. Hiçbir çeşitte 40 ve 45 °C uygulamalarında çimlenme; 35, 40 ve 45 °C uygulamalarında çıkış olmamıştır. Çimlenme yüzdesi, çimlenme indeksi, çimlenme süresi, çimlenme güç indeksi, çıkış yüzdesi, çıkış indeksi, çıkış süresi ve çıkış güç indeksi ölçütleri esas alınarak, Gümrah, Emre 20 ve Meyveci 2001 çeşitleri çimlenme ve çıkış dönemlerindeki yüksek sıcaklıklara en dayanıklı olarak tanımlanmıştır. Bu çeşitler, ekim zamanında toprak sıcaklığı yüksek olan çevrelerde verim avantajı sağlayabilir ve ilgili ıslah programlarında ebeveyn olarak kullanılabilir.

**Anahtar kelimeler:** Çıkış güç indeksi, Çimlenme güç indeksi, *Lens culinaris* Medik., Stres

## Responses of Lentil Varieties to High Temperatures: Seed Germination and Seedling Emergence

### ABSTRACT

High temperatures at seed germination and seedling emergence stages significantly reduce plant establishment and grain yield of lentils. This study was conducted under laboratory conditions and 16 lentil cultivars were evaluated for seed germination and seedling emergence traits under increasing temperatures (20, 25, 30, 35, 40, 45 °C). Significant differences were identified among the lentil cultivars in terms of the investigated traits in the study. High temperatures negatively affected the germination and emergence traits investigated, and variety x temperature interactions were found to be important in terms of these traits. In any cultivar, germination was not observed at 40 and 45 °C treatments; there was no emergence at 35, 40, and 45 °C. Based on germination percentage, germination index, germination time, germination vigor index, emergence percentage, emergence index, emergence time, and emergence vigor index criteria, Gümrah, Emre 20, and Meyveci 2001 cultivars were identified as the most resistant to high temperatures at germination and emergence stages. These varieties can provide yield advantages in environments with high soil temperatures at sowing time and can be used as parents in relevant breeding programs.

**Key Words:** Emergence vigor index, Germination vigor index, *Lens culinaris* Medik., Stress

### GİRİŞ

Mercimek, en eski kültür bitkilerinden birisi olup insan beslenmesi, hayvan besleme ve toprak verimliliğindeki rolleri nedeniyle önemli bir yemelik baklagil bitkisidir. Dünyada en fazla Kanada, Hindistan, Avustralya, Türkiye, Nepal ve ABD’de üretilir ve dünya mercimek ekim alanı 2000 yılına göre % 41.8 artarak 5



503 604 ha'a ulaşmıştır (Anon., 2022a). Aynı dönemde Türkiye'deki mercimek ekim alanı ise % 27.4 azalarak 342 637 ha'a gerilemiştir (Anon., 2022b). Çeşitlere göre 100 g kuru mercimek tanesi 55-65 g karbonhidrat, 15.9-31.4 g protein, 1.5-4.0 g lif içerir; bazı mineraller (K, P, Fe, Mg, Zn) ve vitaminler (C, B, thiamin, riboflavin) bakımından önemli bir besin kaynağıdır (Wang ve ark., 2009; Rawal ve Navarro, 2019). Mercimeğin taneleri alındıktan sonra geriye kalan bitki aksamı besin değeri yüksek önemli bir hayvan yemidir (Özdemir, 2006). Mercimek ayrıca, azot fiksasyon ve karbon tutma kabiliyetleri nedeniyle toprağın besin durumunu iyileştirir ve tahıllarla ekim nöbetine girdiği alanlarda sürdürülebilirliğe önemli katkı sağlar (Hojjat ve Galstayan, 2012; Foti ve ark., 2019).

Mercimek genellikle kuru tarım koşullarında yetiştirilen, vejetatif gelişme döneminde düşük sıcaklıklara ihtiyaç duyan ve yüksek sıcaklıklara duyarlı olan bir serin iklim bitkisidir (Bhandari ve ark., 2017; Sita ve ark., 2017; Venugopalan ve ark., 2021). Serin iklim bitkileri için 25 °C eşik değer olup, yüksek sıcaklığın etkileri sıcaklık derecesine, stres süresine, bitki gelişme dönemine ve genotipe göre değişir (Wahid ve ark., 2007; Bhandari ve ark., 2017; Sita ve ark., 2017). Hafif sıcaklık stresinde genellikle bitkide karbon asimilasyonu, solunum ve transpirasyon gibi temel süreçler olumsuz etkilenecek metabolik etkinlik azalır, daha az sayıda ve daha küçük vejetatif organlar oluşur, gelişme hızlanır, yapraklar su kaybeder, stomalar kapanır, vejetasyon süresi kısalmış ve asimilasyon miktarı düşer (Maestri ve ark., 2002; Driedonks ve ark., 2016; Sita ve ark., 2017). Orta düzeyli stres süresi uzadığında, şiddetli stres ise dakikalar içerisinde hücresel organizasyonun bozulmasına, hücrelerin zarar görmesine ve ölüme neden olur. Yüksek sıcaklık stresinin doğrudan zararları protein denatürasyonu ve agregasyonu ile membran yağlarında bozulmalar; dolaylı zararları ise mitokondri ve kloroplastlardaki enzimlerin inaktivasyonu, protein sentezinin engellenmesi, proteinlerin indirgenmesi ve membran bütünlüğünün kaybolması olarak ortaya çıkar (Howarth, 2005; Wahid ve ark., 2007).

Çimlenme ve çıkış, bitki hayat devresindeki önemli gelişme dönemlerinden olup, genotiplerin geniş sıcaklık değişim aralığında çimlenebilme ve çıkış özelliği, erken ve tam fide tesisi bakımından kritik öneme sahiptir (Makkawi ve ark., 2008; Das ve Islam, 2018; Rich ve ark., 2022). Yüksek sıcaklık stresinin solunum hızını artırarak tohumdaki besin rezervlerini azalttığı, embriyo canlılığı, enzim aktivitesi ve rezervlerin embriyoya taşınmasını olumsuz etkileyerek çimlenme oranını düşürdüğü, metabolik bozulmalara neden olarak sürme gücünü azalttığı, fide gelişmesini zayıflattığı ve toprak kaynaklı hastalıklara duyarlılığı artırdığı belirlenmiştir (Singh ve Dhaliwal, 1972; Lafond ve Fowler, 1989; Wahid ve ark., 2007; Watt ve Bloomberg, 2012). Mercimek genotiplerinde minimum, optimum ve maksimum çimlenme sıcaklıkları sırasıyla 2.5 °C, 24.0-24.4 °C ve 31.8-34.4 °C (Covell ve ark., 1986), fide çıkışı sıcaklıkları ise sırasıyla 4.5 °C, 20-29 °C ve 40 °C (Safahani ve ark., 2017) olarak tespit edilmiştir. Hojjat ve Galstayan (2012), mercimek genotiplerinde optimum çimlenme sıcaklığını 20 °C olarak belirlemişler ancak, genotiplerin orijinleri ile ilişkilendirerek önemli genotip x sıcaklık interaksiyonuna dikkat çekmişlerdir. Hamdi ve ark. (2019), mercimek çeşitlerinde çimlenme gücü, sürgün uzunluğu, tohum güç indeksi ve fide güç indeksinin 30 °C'de kontrole (20 °C) göre önemli derecede azaldığını belirlemişlerdir.

Mercimek genotiplerinde yüksek sıcaklıklara tohum çimlenmesi ve fide çıkışı tepkisinin incelenmesi ve genetik çeşitliliğin belirlenmesi gıda arz güvenliği açısından önemlidir. Mercimekte yüksek sıcaklıklara tolerans yönünden genetik potansiyel mevcuttur ve bu potansiyel henüz tam olarak ortaya konmamıştır (Delahunty ve ark., 2015). Optimum üstü sıcaklıklarda da yüksek çimlenme ve çıkış oranlarını koruyabilen mercimek genotiplerini belirlemek ve yüksek sıcaklıklara toleranslı yeni çeşitler ıslah etmek, verim istikrarı açısından en ümit verici stratejidir (Delahunty, 2021; Basu ve ark., 2022). Bu çalışmada, mercimek çeşitlerinin çimlenme ve çıkış dönemlerindeki yüksek sıcaklıklara tepkileri incelenmiş, genetik çeşitliliğin belirlenmesine çalışılmıştır.

## MATERYAL ve METOT

Bu araştırma, Ocak-Eylül 2023 döneminde, Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü laboratuvarlarında, iki ayrı deneme halinde, tam şansa bağlı deneme planında faktöriyel düzenlemeye göre üç tekrarlı yürütülmüştür. Birinci faktörü 16 mercimek (*Lens culinaris* Medik.) çeşidi, ikinci faktörü ise altı sıcaklık düzeyi [20, 25, 30, 35, 40, 45 (±1)°C] oluşturmuştur. İlgili araştırma enstitülerinden temin edilen, tane tipleri ve 1000 tane ağırlıkları belirtilen Altıntoprak (kırmızı, 30.9 g), Çağıl (kırmızı, 31.3 g), Çiftçi (kırmızı, 40.5 g), Emre 20 (kırmızı, 34.7 g), Fırat 87 (kırmızı, 37.4 g), Kafkas (kırmızı, 33.6 g), Seyran 96 (kırmızı, 31.2 g), Tigris (kırmızı, 26.2 g), Ankara Yeşili (pul, 62.7 g), Bozok (pul, 77.0 g), Karagül (pul, 76.2 g), Kayı 91 (pul, 50.4 g), Meyveci 2001 (pul, 74.9 g), Sultan 1 (pul, 65.6 g), Ceren (yeşil, 35.9 g) ve Gümrah (yeşil, 51.9 g) çeşitleri kullanılmıştır. Çeşitlerin 2021 veya 2022 yılına ait tohumluklarında yabancı maddeler, gözle görünür zarar görmüş, hastalıklı ve cılız tohumlar ayıklanmış ve 1000 tane ağırlığı belirlenmiştir. Tohumlar sterilizasyon için önce % 1.5'lik sodyum hipoklorit solüsyonunda 5 dakika, daha sonra saf suda 5 dakika bekletilmiş, ayrıca fungus gelişmesini engellemek için sulama suyuna 0.5 g L<sup>-1</sup> Antracol ilave edilmiştir.

Birinci denemede, çeşitlerin yüksek sıcaklıklara çimlenme tepkileri araştırılmıştır. Çapları 14 cm olan cam Petri kapları içerisine iki kat Whatman filtre kağıdı konmuş, her tekerrürde filtre kağıtları üzerine eşit aralıklarla

40 adet tohum yerleştirilmiştir. Her Petri kabına 10 ml saf su konmuş, buharlaşma ile su kayıpları 24 saatte bir saf su ilavesi ile giderilmiştir. Petri kapları 20, 25, 30, 35, 40 ve 45 °C sabit sıcaklığa ayarlı çimlendirme kabinlerine yerleştirilmiş, kabin içi sıcaklığı dijital termometre ile kontrol edilmiş ve karanlık ortamda 10 gün bekletilmiştir. Kökçük uzunluğu en az 2 mm olan tohumlar çimlenmiş kabul edilmiş (AOSA, 1993), çimlenen tohum sayısı 24 saat ara ile kaydedilmiştir. Her tekrar için [(Çimlenen tohum sayısı / Toplam tohum sayısı) x 100] formülü kullanılarak, onuncu gün sonundaki sayımlardan çimlenme %'si hesaplanmıştır. Onuncu gün sonunda şansa bağlı seçilen 10 fidenin kök ve sürgün uzunlukları cetvel ile ölçülmüş, kök ve sürgünler 1 mg duyarlı terazide tartılarak yaş ağırlık belirlenmiştir.

İkinci denemede, çeşitlerin yüksek sıcaklıklara fide çıkışı tepkileri incelenmiştir. Plastik kasaların (30 x 50 x 10 cm) içi ticari torf ile doldurulmuş, 5 cm aralıklı ve 3 cm derinlikte açılan çizilere her tekrerde 25 tohum eşit aralıklı olacak şekilde ekilmiş ve tohumların üzeri özenle kapatılmıştır. Ekim işleminden sonra, yeterince su verilen kasalar 20, 25, 30, 35, 40 ve 45 °C sabit sıcaklığa ayarlı kabinlere yerleştirilmiş ve kabin içi sıcaklığı dijital termometre ile kontrol edilmiştir. Kasalar ihtiyaç oldukça sulanmış, 16 saat aydınlık/8 saat karanlık koşullarda 14 gün bekletilmiştir. İlk yaprakları toprak yüzeyinde görünen fideler çıkış yapmış kabul edilmiş, çıkış yapan fide sayısı 24 saat ara ile kaydedilmiştir. Her tekrar için [(Çıkış yapan fide sayısı / Toplam tohum sayısı) x 100] formülü kullanılarak, 14. gün sonundaki sayımlardan çıkış %'si hesaplanmıştır. Her tekrarda 14. gün sonunda şansa bağlı seçilen 10 fidede toprak yüzeyinden sürgün ucuna kadar olan kısım ölçülerek fide boyu belirlenmiş, yapraklar sayılmış, fideler 1 mg duyarlı terazide tartılarak yaş ve kuru (70 °C'de 48 saat kurutulmuş) ağırlık belirlenmiştir.

Ortalama çimlenme/çıkış süresi Ellis ve Roberts (1981), çimlenme/çıkış indeksi ve çimlenme güç indeksi Gupta (1993), çıkış güç indeksi ise Tanveer ve ark. (2010) tarafından önerilen formüller ile hesaplanmıştır.

Çimlenme/çıkış süresi (gün) =  $\Sigma (n \times d) / \Sigma n$

Çimlenme/çıkış indeksi =  $\% n/d_1 + \% n/d_2 + \dots + \% n/d_{10}$

Çimlenme güç indeksi = (Kök uzunluğu + Sürgün uzunluğu) x Çimlenme yüzdesi

Çıkış güç indeksi = Fide boyu x Çıkış yüzdesi

(n: sayım gününde çimlenen/çıkış yapan tohum sayısı, d: sayımın yapıldığı gün sayısı)

Çimlenen tohum veya çıkış yapan fide sayısının 10'dan az olduğu uygulamalarda ölçümler mevcut fidelerde yapılmıştır. Birinci denemede 40 ve 45 °C sıcaklıklarda hiçbir çeşitte çimlenme olmamış, 35 °C uygulamasında fungal gelişme nedeniyle kök ve sürgün ağırlıkları belirlenememiştir. İkinci denemede ise 35, 40 ve 45 °C sıcaklıklarda hiçbir çeşitte çıkış olmamış, bu uygulamalar varyans analizlerine dahil edilmemiştir. Varyans analizleri RStudio (2020) istatistik analiz programı ile yapılmış, ortalamalar arasındaki farklar Duncan çoklu karşılaştırma testi ile kontrol edilmiştir.

## BULGULAR ve TARTIŞMA

Yüksek sıcaklıklara maruz bırakılan mercimek çeşitlerinin çimlenme ve çıkış karakterlerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 1'de sunulmuştur. İncelenen tüm karakterler bakımından çeşitler arasındaki farklar ile sıcaklık düzeylerinin bu karakterlere etkisi istatistiki olarak önemli bulunmuştur. Ayrıca, çeşitler sıcaklıklara farklı tepkiler göstermiş ve incelenen karakterler bakımından "çeşit x sıcaklık" interaksiyonları önemli çıkmıştır.

Çizelge 1. Yüksek sıcaklıkların mercimek çeşitlerinde tohum çimlenmesi ve fide çıkışı ile ilgili karakterlere etkisine ilişkin varyans analizi sonuçları.

Karakterler	Varyasyon kaynakları ve F değerleri				Varyasyon katsayısı (%)
	Çeşit (Ç)	Sıcaklık (S)	Ç x S		
Çimlenme yüzdesi	21.10***	4480.18***	14.61***		5.79
Çimlenme indeksi	30.34***	2182.55***	8.22***		9.86
Kök uzunluğu	7.75***	1047.76***	3.64***		15.69
Sürgün uzunluğu	23.95***	1301.73***	4.78***		12.17
Kök yaş ağırlığı	24.35***	323.99***	7.69***		11.27
Sürgün yaş ağırlığı	24.70***	391.68***	8.99***		12.98
Çimlenme süresi	169.73***	1055.99***	167.98***		6.77
Çimlenme güç indeksi	6.73***	1899.57***	3.17***		12.11
Çıkış yüzdesi	13.77***	877.77***	12.68***		8.98
Çıkış indeksi	13.13***	472.37***	4.17***		15.23
Fide boyu	8.35***	127.19***	2.41***		12.34
Yaprak sayısı	4.12***	178.62***	2.84***		12.14
Fide yaş ağırlığı	18.33***	166.08***	2.89***		14.44
Fide kuru ağırlığı	20.32***	118.98***	6.22***		16.59
Çıkış süresi	14.71***	263.78***	5.94***		8.94
Çıkış güç indeksi	11.19***	447.97***	4.39***		16.19

\*\*\* ile işaretli F değerleri 0.001 hata ihtimali düzeyinde önemlidir.

### Çimlenme yüzdesi ve Çimlenme indeksi

Çalışmada, sıcaklıkların ortalaması olarak mercimek çeşitlerinin çimlenme yüzdeleri % 63.3 (Ankara Yeşili) ile % 84.2 (Gümrah) arasında değişmiştir. Çimlenme yüzdesi, çeşitlerin ortalaması olarak 20, 25, 30 ve 35 °C'de sırasıyla % 98.3, 98.8, 86.9 ve 12.4 olarak tespit edilmiş; çeşitlere göre 20 °C'de % 94.2 -100.0, 25 °C'de 96.7-100.0, 30 °C'de % 53.3-97.5, 35 °C'de ise % 0.0-43.3 arasında olmuştur (Çizelge 2). Diğer araştırma (Hojjat ve Galstayan, 2012; Hamdi ve ark., 2019) sonuçlarıyla benzer olarak, çimlenme yüzdesi bakımından mercimek çeşitleri arasında önemli farklar bulunmuş, yüksek sıcaklıklarda çimlenme yüzdesi azalmış ve çeşitler sıcaklıklara farklı tepkiler göstermiştir. Nitekim, 35 °C'de dört çeşitte hiç çimlenme olmamışken, 12 çeşitte % 2.5 ile 43.3 arasında çimlenme yüzdesi belirlenmiştir (Çizelge 2). Covell ve ark. (1986), mercimek genotiplerinde 35 °C'de hiç çimlenme olmadığını bildirmesine karşılık, bu çalışmada Gümrah, Emre 20 ve Meyveci 2001 çeşitleri aynı sıcaklıkta sırasıyla % 43.3, 37.5 ve 30.8 çimlenerek dikkat çekmiştir.

Çizelge 2. Yüksek sıcaklıkların mercimek çeşitlerinde çimlenme yüzdesi ve çimlenme indeksine etkisi.\*

Çeşitler	Çimlenme yüzdesi (%)					Çimlenme indeksi				
	Sıcaklıklar (°C)					Sıcaklıklar (°C)				
	20	25	30	35	Ortalama	20	25	30	35	Ortalama
Altıntoprak	95.8 ab	97.5 ab	93.3 ab	7.5 jk	73.5 de	62.0 d-g	71.3 b	42.4 opq	1.6 v	44.3 cd
Çağıl	96.7 ab	98.3 ab	97.5 ab	0.0 k	73.1 de	57.9 f-j	62.9 c-f	46.8 mno	0.0 v	41.9 de
Çiftçi	98.3 ab	100.0 a	90.8 b	17.5 h	76.7 cd	50.7 j-n	58.7 e-i	37.4 pqr	3.8 uv	37.6 fg
Emre 20	100.0 a	100.0 a	95.0 ab	37.5 ef	83.1 a	58.8 e-i	78.3 a	54.7 g-l	10.6 tu	50.6 a
Fırat 87	97.5 ab	96.7 ab	96.7 ab	5.0 jk	74.0 de	57.1 f-k	61.8 d-g	46.6 mno	1.3 v	41.7 de
Kafkas	100.0 a	96.7 ab	90.8 b	0.0 k	71.9 ef	49.0 l-o	46.7 mno	24.5 s	0.0 v	30.0 i
Seyran 96	98.3 ab	96.7 ab	90.8 b	2.5 jk	72.1 ef	60.1 e-h	57.1 f-k	43.5 nop	0.4 v	40.3 ef
Tigris	99.2 ab	98.3 ab	97.5 ab	0.0 k	73.8 de	68.3 bcd	64.6 b-f	33.9 r	0.0 v	41.7 de
Ankara Yeşili	98.3 ab	99.2 ab	53.3 d	2.5 jk	63.3 h	57.4 f-j	48.8 l-o	15.8 t	0.4 v	30.6 i
Bozok	98.3 ab	99.2 ab	91.7 ab	25.0 g	78.5 bc	54.4 g-l	60.7 e-h	36.3 qr	10.4 tu	40.5 ef
Karagül	97.5 ab	99.2 ab	79.2 c	0.0 k	69.0 fg	52.0 i-m	54.4 g-l	23.4 s	0.0 v	32.5 hi
Kayı 91	94.2 ab	100.0 a	74.2 c	2.5 jk	67.7 g	53.5 h-m	51.2 i-m	23.4 s	0.6 v	32.2 hi
Meyveci 2001	99.2 ab	100.0 a	94.2 ab	30.8 fg	81.0 ab	62.8 c-f	62.6 c-f	49.6 k-o	9.6 tu	46.2 bc
Sultan 1	100.0 a	100.0 a	91.7 ab	10.0 ij	75.4 cde	59.9 e-h	65.8 b-e	36.7 pqr	2.5 v	41.2 de
Ceren	100.0 a	100.0 a	58.3 d	15.0 hi	68.3 fg	64.6 b-f	57.8 f-j	14.2 t	2.1 v	34.7 gh
Gümrah	100.0 a	98.3 ab	95.0 ab	43.3 e	84.2 a	56.8 f-k	69.6 bc	49.5 k-o	15.6 t	47.9 ab
Ortalama	98.3 a	98.8 a	86.9 b	12.4 c	74.1	57.8 b	60.8 a	36.2 c	3.7 d	39.6
Kırmızı	98.2	98.0	94.1	14.0	76.8	58.0	62.7	41.3	3.5	41.1
Pul	97.9	99.6	80.7	14.2	72.5	56.7	57.3	30.9	4.7	37.2
Yeşil	100.0	99.2	76.7	29.2	76.3	60.7	63.7	31.9	8.9	41.3

\* Aynı harf ile işaretli ortalamalar birbirinden farksızdır.

Çimlenme indeksi, tohumluğun hem çimlenme hızı hem de çimlenme yüzdesi ile ilgili olup, yüksek çimlenme indeksi yüksek tohum gücünün göstergesidir (Gupta, 1993; Kader, 2005). Sıcaklıkların ortalaması olarak çeşitlerin çimlenme indeksleri 30.0 ile 50.6 arasında değişmiş, Emre 20 çeşidi en yüksek, Kafkas çeşidi ise en düşük değere sahip olmuştur. Çeşitlerin ortalaması olarak çimlenme indeksinin 25 °C'de en yüksek, 35 °C'de en düşük olduğu tespit edilmiştir. Çimlenme indeksi bütün çeşitlerde 35 °C'de en düşük olmuş, yedi çeşit 20 °C'de, dokuz çeşit ise 25 °C'de en yüksek çimlenme indeksi sağlamıştır (Çizelge 2). Hızlı çimlenme ve yüksek çimlenme yüzdesi, başarılı bir fide gelişimi ve yüksek verimler için ön şart olup, stres koşullarına adaptasyon için genotiplerin bu özelliklerini geniş sıcaklık aralığında koruması istenir (Covell ve ark., 1986, Makkavi ve ark., 2008). Çimlenme yüzdesi ve çimlenme indeksi yönünden önemli genotipik varyasyonlar ve çeşit x sıcaklık interaksiyonları, 35 °C'de bile yeterli düzeyde çimlenme yüzdesi ve hızına sahip genotipler yüksek sıcaklığa dayanıklı çeşitlerin seçimini ve bu çeşitlerin yüksek sıcaklıklara dayanıklı çeşit ıslah programlarında başarılı bir şekilde kullanılabileceğini göstermektedir.

### Kök uzunluğu ve Sürgün uzunluğu

Sıcaklıkların ortalaması olarak mercimek çeşitlerinin kök uzunlukları 4.53 (Emre 20) ile 7.04 cm (Çağıl), sürgün uzunlukları ise 3.70 (Altıntoprak) ile 6.94 cm (Gümrah) arasında değişmiş, yüksek sıcaklıklarda kök uzunluğu ve sürgün uzunluğu önemli derecede azalmıştır (Çizelge 3). En uzun kök 20 °C'de Tigris, en uzun sürgün ise 20 °C'de Ceren çeşidinde ölçülmüştür. Çeşitler, artan sıcaklıklara kök ve sürgün uzunluğu yönünden farklı tepkiler göstermiş, 35 °C'de Çağıl, Kafkas, Tigris ve Karagül çeşitlerinde kök ve sürgün çıkışı olmamıştır (Çizelge 3). Hamdi ve ark. (2019), kök ve sürgün uzunluğu bakımından mercimek çeşitleri arasında önemli farklar bulmuşlar ve çeşitlerin sıcaklıklara farklı tepkiler gösterdiklerine dikkat çekmişlerdir.

Çizelge 3. Yüksek sıcaklıkların mercimek çeşitlerinde kök uzunluğu ve sürgün uzunluğuna etkisi.\*

Çeşitler	Kök uzunluğu (cm)					Sürgün uzunluğu (cm)				
	Sıcaklıklar (°C)					Sıcaklıklar (°C)				
	20	25	30	35	Ortalama	20	25	30	35	Ortalama
Altıntoprak	7.58 j-l	10.33 a-e	4.39 mno	0.20 p	5.63 c-g	5.97 h-l	5.56 i-m	2.97 pq	0.32 tu	3.70 g
Çağıl	10.61 abc	10.48 a-d	7.06 jkl	0.00 p	7.04 a	6.54 f-j	6.45 f-k	4.43 mno	0.00 u	4.36 ef
Çiftçi	11.07 ab	9.78 b-f	3.62mno	0.50 p	6.24 bc	6.34 g-k	6.49 f-k	4.70 mno	0.32 tu	4.46 def
Emre 20	7.31 jkl	7.15 jkl	2.75 o	0.91 p	4.53 h	7.98 cde	6.48 f-k	3.99 op	1.81 rs	5.06 c
Fırat 87	9.47 b-h	10.25 a-e	5.01 m	0.40 p	6.28 bc	6.64 f-i	7.26 efg	5.44 i-n	0.44 tu	4.94 cd
Kafkas	8.19 f-l	7.78 h-l	3.34mno	0.00 p	4.83 gh	8.99 bc	8.13 de	5.32 k-n	0.00 u	5.61 b
Seyran 96	8.70 e-j	7.91 g-l	4.05mno	0.56 p	5.30 d-h	6.07 g-k	6.65 f-i	3.90 op	0.44 tu	4.26 ef
Tigris	11.75 a	9.73 b-f	4.67 mn	0.00 p	6.54 ab	6.17 g-k	6.56 f-j	2.97 pq	0.00 u	3.92 fg
Ankara Yeşili	9.51 b-h	8.30 f-l	4.56 mn	0.34 p	5.69 c-f	7.02 e-h	6.24 g-k	3.92 op	0.56 tu	4.44 def
Bozok	6.82 kl	8.07 f-l	4.21mno	0.66 p	4.94 fgh	7.63 def	6.57 f-j	4.35 no	1.77 rs	5.08 c
Karagül	10.75 ab	8.05 f-l	3.71mno	0.00 p	5.62 c-g	6.57 f-j	7.05 e-h	5.37 j-n	0.00 u	4.75 cde
Kayı 91	10.41 a-d	9.27 c-i	3.42mno	0.42 p	5.88 b-e	9.50 b	7.98 de	5.31 k-n	0.54 tu	5.83 b
Meyveci 2001	9.60 b-g	8.80 d-j	4.92 m	0.54 p	5.97 bcd	8.75 bcd	8.11 cde	4.85 l-o	1.22 st	5.73 b
Sultan 1	8.49 f-k	7.44 jkl	3.81mno	0.61 p	5.09 e-h	9.42 b	8.11 cde	4.53 mno	1.48 rst	5.89 b
Ceren	6.57 l	8.49 f-k	3.15 no	0.32 p	4.63 h	10.63 a	8.64 cd	3.88 op	0.58 tu	5.93 b
Gümrah	7.97 g-l	8.29 f-l	4.88 m	1.05 p	5.55 c-g	9.44 b	9.55 b	6.43 f-k	2.35 qr	6.94 a
Ortalama	9.05 a	8.76 a	4.22 b	0.41c	5.61	7.73 a	7.24 b	4.52 c	0.74 d	5.06
Kırmızı	9.34	9.18	4.36	0.51	5.80	6.84	6.70	4.22	0.67	4.55
Pul	9.26	8.32	4.11	0.51	5.53	8.15	7.34	4.72	1.11	5.29
Yeşil	7.27	8.39	4.02	0.69	5.09	10.04	9.10	5.16	1.47	6.44

\* Aynı harf ile işaretli ortalamalar birbirinden farksızdır.

#### Kök yaş ağırlığı ve Sürgün yaş ağırlığı

Mercimek çeşitlerinin sıcaklıkların ortalaması olarak kök yaş ağırlıkları 36.6 ile 86.2 mg, sürgün yaş ağırlıkları ise 42.0 ile 77.4 mg arasında değişim göstermiş, en düşük değerler Tigris, en yüksek değerler ise Meyveci 2001 çeşidinden elde edilmiştir (Çizelge 4). En yüksek sıcaklıkta, kök ve sürgün yaş ağırlıkları önemli derecede azalmıştır. En yüksek kök ve sürgün yaş ağırlıkları sırasıyla 20 ve 25 °C’lerde Meyveci 2001, en düşük kök ve sürgün yaş ağırlıkları 30 °C’de Tigris çeşidinde tespit edilmiş, bu karakterler yönünden çeşitlerin sıcaklıklara tepkileri önemli derecede farklı olmuştur (Çizelge 4). Hamdi ve ark. (2019), sürgün yaş ağırlığı yönünden mercimek çeşitleri arasında önemli farklar bulmuş, fakat sıcaklığın sürgün yaş ağırlığını önemli ölçüde değiştirmediklerini bildirmiştir. Bulgularımızla benzer olarak Sharma ve ark. (2022), buğdayda sürgün yaş ağırlığının çeşitlere göre değiştiğini, yüksek sıcaklıklarda sürgün yaş ağırlığının önemli ölçüde azaldığını ve çeşitlerin sıcaklıklara farklı tepkiler gösterdiklerini belirlemişlerdir.

#### Çimlenme süresi ve Çimlenme güç indeksi

Sıcaklıkların ortalaması olarak çeşitlerinin ortalama çimlenme süreleri 1.42 ile 3.74 gün arasında değişmiş, Çağıl çeşidi en kısa, Ceren çeşidi ise en uzun sürede çimlenmiştir. Mercimek çeşitlerinde 20 °C’deki ortalama çimlenme süresini Karaman ve Kaya (2017) 2.11-2.95 gün, Mokhtari (2023) ise 1.14-3.54 gün arasında belirlemişler ve önemli genotipik farklara dikkat çekmişlerdir. Çimlenme süresi 20, 25, 30 ve 35 °C’de sırasıyla 1.88, 1.81, 2.88 ve 3.44 gün olarak saptanmış, yüksek sıcaklıklarda önemli derecede uzamıştır (Çizelge 5). Çimlenme süresi genotip, tohumluk kalitesi ve çevre faktörleri ile ilgili olup, daha düşük değerler tohumluğun daha hızlı çimlendiğini gösterir (Kader, 2005). Bulgularımızdan farklı olarak, çeltik (El-Mowafy ve Kishk, 2017) ve asperde (Afzal ve ark., 2022) 35 °C’de çimlenme süresinin daha düşük sıcaklıklara göre kıaldığı belirlenmiştir. Daha yüksek alfa amilaz aktivitesinin tohum rezervlerinin hidrolizi ve mobilizasyonunu artırması nedeniyle, yüksek sıcaklıklarda daha erken çimlenme olabilir (Hasan ve ark., 2004). Buna karşılık Barros ve ark. (2020), börülce çeşitlerinde çimlenme süresinin 40 °C’de daha düşük sıcaklıklara göre önemli derecede uzadığına dikkat çekmişler, bu sonucu enzimatik aktivite kaybına neden olan tohum metabolizmasındaki yavaşlama veya protein denatürasyonu ile ilişkilendirmişlerdir.

Çimlenme güç indeksi, tohumluğun çimlenme sürecindeki aktivite ve performansını belirleyen özelliklerin toplamı hakkında fikir veren bir terim olup; genotip, çevre koşulları, ana bitkinin beslenme durumu, hasat olgunluğu, tane iriliği, mekanik zarar, tohum yaşı ve patojenlerden etkilenir (Gupta, 1993). Mercimek çeşitlerinin sıcaklıkların ortalaması olarak çimlenme güç indeksleri 879.5 (Ankara Yeşili) ile 1179.8 (Gümrah) arasında değişmiştir. Çeşitlerin ortalaması olarak 20, 25, 30 ve 35 °C’deki çimlenme güç indeksleri sırasıyla 1649.6, 1579.4, 765.8 ve 27.0 olarak belirlenmiş, artan sıcaklıklarda önemli oranlarda azalmıştır. En

yüksek çimlenme güç indeksi 20 °C'de Kayı 91 çeşidinde belirlenmiş, 35 °C'de çimlenmenin olmadığı dört çeşitte (Çağıl, Kafkas, Tigris, Karagül) bu değer sıfır olmuştur (Çizelge 5). Hamdi ve ark. (2019), çimlenme güç indeksi yönünden mercimek çeşitleri arasında önemli farklar bulmuşlar, yüksek sıcaklığın çimlenme güç indeksini azalttığını ve çeşitlerin bu karakter yönünden sıcaklıklara farklı tepki gösterdiklerini tespit etmişlerdir.

Çizelge 4. Yüksek sıcaklıkların mercimek çeşitlerinde kök yaş ağırlığı ve sürgün yaş ağırlığına etkisi.\*

Çeşitler	Kök yaş ağırlığı (mg)				Sürgün yaş ağırlığı (mg)			
	Sıcaklıklar (°C)				Sıcaklıklar (°C)			
	20	25	30	Ortalama	20	25	30	Ortalama
Altıntoprak	48.9 j-o	61.2 f-j	27.3 rs	45.8 h	44.6 l-p	54.0 h-m	32.1 qrs	43.6 h
Çağıl	63.7 e-i	56.2 h-l	36.5 m-s	52.1 d-h	69.7 c-f	58.3 e-k	38.2 o-s	55.4 def
Çiftçi	59.1 g-k	70.3 d-g	33.4 p-s	54.3 c-g	54.1 h-m	60.5 e-j	46.9 k-p	53.8 ef
Emre 20	69.5 d-h	43.8 l-q	32.0 p-s	48.4 gh	48.7 j-p	57.7 f-k	28.1 rs	44.8 h
Fırat 87	71.7 d-g	41.4 m-r	42.1 m-q	51.8 e-h	67.0 d-g	67.2 d-g	44.8 l-p	59.7 cde
Kafkas	92.7 bc	37.3 m-r	40.1 m-r	56.7 c-f	54.9 g-m	66.1 d-h	36.5 p-s	52.5 fg
Seyran 96	58.5 g-k	49.5 j-n	29.8 qrs	45.9 h	57.5 f-k	49.0 j-o	30.7 rs	45.8 h
Tigris	49.4 j-o	37.7 m-r	22.6 s	36.6 l	49.0 j-o	50.9 j-n	26.1 s	42.0 h
Ankara Yeşili	64.4 e-h	80.7 cd	34.7 o-s	59.9 cd	87.7 ab	66.1 d-h	43.6 m-q	65.8 bc
Bozok	94.7 b	81.1 cd	40.3 m-r	72.1 b	88.3 ab	65.3 d-i	53.7 i-m	69.1 b
Karagül	77.1 de	68.9 d-h	36.7 m-s	60.9 c	91.4 a	76.9 bcd	28.3 rs	65.6 bc
Kayı 91	92.4 bc	45.4 k-p	39.7 m-r	59.1 cde	74.7 cd	70.3 cde	36.7 o-s	60.6 cd
Meyveci 2001	114.5 a	93.7 bc	50.4 i-m	86.2 a	87.0 ab	91.7 a	53.5 i-m	77.4 a
Sultan 1	111.2 a	74.3 def	37.7 m-r	74.4 b	91.6 a	81.4 abc	31.5 rs	68.1 b
Ceren	79.1 d	35.2 n-s	37.1 m-r	50.5 fgh	39.0 n-r	73.0 cd	30.4 rs	47.5 gh
Gümrah	93.7 bc	35.2 n-s	41.0 m-r	56.6 c-f	56.3 g-l	73.0 cd	39.8 n-r	56.4 def
Ortalama	78.6 a	56.0 b	36.3 c	57.0	66.3 a	66.3 a	37.6 b	56.7
Kırmızı	64.2	49.7	33.0	49.0	57.7	58.0	35.4	50.4
Pul	92.4	74.0	39.9	68.8	86.8	75.3	41.2	67.8
Yeşil	86.4	35.2	39.1	53.6	47.7	73.0	35.1	51.3

\* Aynı harf ile işaretli ortalamalar birbirinden farksızdır.

Çizelge 5. Yüksek sıcaklıkların mercimek çeşitlerinde çimlenme süresi ve çimlenme güç indeksine etkisi.\*

Çeşitler	Çimlenme süresi (gün)					Çimlenme güç indeksi				
	Sıcaklıklar (°C)					Sıcaklıklar (°C)				
	20	25	30	35	Ortalama	20	25	30	35	Ortalama
Altıntoprak	1.75 o-t	1.57 st	2.46 jk	5.00 c	2.67 c	1295.9 kl	1547.7 d-j	685.5 o	3.9 r	883.3 f
Çağıl	1.80 n-s	1.72 o-t	2.17 klm	0.00 u	1.42 j	1657.3 a-h	1664.9 a-g	1120.9 lm	0.0 r	1110.8 ab
Çiftçi	2.12 lmn	1.86 m-s	2.58 j	4.86 c	2.85 b	1711.7 a-f	1626.7 b-i	763.0 no	14.4 r	1028.9 bcd
Emre 20	1.87 m-s	1.43 t	1.93 l-q	3.97 e	2.30 ef	1529.3 e-j	1362.7 jk	639.1 op	103.5 r	908.7 ef
Fırat 87	1.85 m-s	1.73 o-t	2.19 klm	4.00 e	2.44 de	1569.6 c-j	1693.6 a-f	1008.4 m	4.2 r	1069.0 bc
Kafkas	2.23 kl	2.25 kl	4.01 e	0.00 u	2.12 g	1718.0 a-f	1536.5 d-j	785.2 no	0.0 r	1009.9 b-e
Seyran 96	1.85 m-s	1.85 ms	2.14 lmn	6.00 b	2.96 b	1452.3 g-k	1407.6 ijk	720.9 no	2.5 r	895.8 f
Tigris	1.62 q-t	1.74 o-t	3.11 hi	0.00 u	1.62 i	1777.0 a-d	1604.5 b-i	746.4 no	0.0 r	1032.0 bcd
Ankara Yeşili	1.87 m-s	2.17 klm	3.77 ef	7.00 a	3.70 a	1624.6 b-i	1440.6 g-k	450.6 pq	2.3 r	879.5 f
Bozok	1.95 l-q	1.81 n-s	3.07 i	2.60 j	2.36 ef	1422.5 h-k	1451.0 g-k	787.3 no	60.8 r	930.4 def
Karagül	1.99 l-p	1.92 l-r	3.91 e	0.00 u	1.96 h	1691.6 a-f	1496.3 f-k	719.3 no	0.0 r	976.8 c-f
Kayı 91	1.89 m-s	2.01 l-p	3.57 fg	4.00 e	2.87 b	1873.5 a	1724.3 a-f	652.7 op	2.4 r	1063.2 bc
Meyveci 2001	1.74 o-t	1.76 o-t	2.05 l-o	3.40 gh	2.24 fg	1819.0 ab	1691.3 a-f	921.6 mn	54.4 r	1121.6 ab
Sultan 1	1.81 n-s	1.68 p-t	2.74 j	4.00 e	2.56 d	1791.3 abc	1555.3 c-j	766.2 no	20.9 r	1033.5 bcd
Ceren	1.71 o-t	1.87 m-s	4.40 d	7.00 a	3.74 a	1719.7 a-f	1712.7 a-f	411.3 q	13.6 r	964.3 c-f
Gümrah	1.97 l-p	1.58 rst	2.04 l-o	3.24 hi	2.21 fg	1741.0 a-e	1754.6 a-e	1074.8 m	148.7 r	1179.8 a
Ortalama	1.88 c	1.81 c	2.88 b	3.44 a	2.50	1649.6 a	1579.4 b	765.8 c	27.0 d	1005.5
Kırmızı	1.88	1.77	2.57	4.78	2.30	1588.9	1555.5	808.7	25.7	992.3
Pul	1.89	1.89	3.19	4.20	2.62	1703.8	1559.5	716.3	28.2	1000.8
Yeşil	1.84	1.73	3.22	5.12	2.98	1730.4	1733.7	743.1	81.2	1072.1

\* Aynı harf ile işaretli ortalamalar birbirinden farksızdır.

### Çıkış yüzdesi ve Çıkış indeksi

Mercimek çeşitlerinde sıcaklıkların ortalaması olarak çıkış yüzdesi % 57.3 (Kayı 91) ile % 84.0 (Emre 20) arasında değişmiştir. Çeşitlerin ortalaması olarak 20, 25 ve 30 °C'deki çıkış yüzdeleri sırasıyla % 89.9, 82.1 ve 39.6 olarak hesaplanmıştır; çeşitlere göre 20 °C'de % 82.7-94.7, 25 °C'de % 68.0-93.3, 30 °C'de % 8.0-78.7 arasında belirlenmiştir (Çizelge 6). Mercimek çeşitlerinde çıkış yüzdesi Çiftçi ve Kulaz (1998) tarafından ideal ekim tarihinde % 81.0-95.3, Safahani ve ark. (2017) tarafından farklı ekim tarihlerinde % 57.2-90.9 arasında tespit edilmiş ve önemli genotipik farklar saptanmıştır. Safahani ve ark. (2017), optimum çıkış sıcaklığını çeşitlere göre 20-29 °C arasında belirlemişlerdir. Bu çalışmada 35 °C'de hiçbir çeşitte çıkış olmaması; 35 °C'de en yüksek çimlenme yüzdelere sahip Emre 20, Gümrah ve Meyveci 2001 çeşitleri 30 °C'de diğer çeşitlere göre daha yüksek çıkış yüzdeleri ile de dikkat çekmişlerdir (Çizelge 6). Yüksek sıcaklıklarda çıkış yüzdesindeki azalmalar, yetersiz çimlenme ile zayıf fide gelişiminin kombinasyonundan kaynaklanabilir. Fidelerin toprak kaynaklı hastalıklara duyarlılığının artması (Lafond ve Fowler, 1989), metabolik bozukluk ve solunun oranında artış (Singh ve Dhaliwal, 1972) nedeniyle yüksek sıcaklık stresinde çıkış yüzdesi azalabilir.

Çizelge 6. Yüksek sıcaklıkların mercimek çeşitlerinde çıkış yüzdesi ve çıkış indeksine etkisi.\*

Çeşitler	Çıkış yüzdesi (%)				Çıkış indeksi			
	Sıcaklıklar (°C)				Sıcaklıklar (°C)			
	20	25	30	Ortalama	20	25	30	Ortalama
Altıntoprak	89.3 abc	82.7 a-d	33.3 hi	68.4 d-g	20.9 a-e	19.7 a-g	4.9 l-p	15.1 def
Çağıl	93.3 ab	88.0 a-d	44.0 gh	75.1 bcd	21.0 a-e	17.5 c-h	5.3 l-o	14.6 def
Çiftçi	88.0 a-d	81.3 bcd	32.0 i	67.1 efg	16.1 f-i	15.7 g-j	4.2 m-p	12.0 ghi
Emre 20	88.0 a-d	85.3 a-d	78.7 cde	84.0 a	20.9 a-e	22.9 a	15.9 f-i	19.9 a
Fırat 87	92.0 ab	88.0 a-d	40.0 hi	73.3 cde	22.5 ab	19.0 a-h	5.3 l-o	15.6cde
Kafkas	85.3 a-d	84.0 a-d	12.0 jk	60.4 h	16.4 f-i	12.8 ij	1.6 op	10.3 i
Seyran 96	82.7 a-d	85.3 a-d	21.3 j	63.1 fgh	15.2 g-j	17.0 d-i	2.8 nop	11.7 ghi
Tigris	86.7 a-d	93.3 ab	8.0 k	62.7 gh	19.2 a-h	21.1 a-d	1.1 p	13.8 efg
Ankara Yeşili	92.0 ab	78.7 cde	36.0 hi	68.9 d-g	17.6 c-h	15.0 hij	6.2 lmn	12.9 fgh
Bozok	89.3 abc	68.0 ef	52.0 g	69.8 def	17.8 c-h	15.5 g-j	8.6 kl	14.0 efg
Karagül	94.7 a	68.0 ef	44.0 gh	68.9 d-g	18.5 b-h	16.7 e-i	6.5 lmn	13.9 efg
Kayı 91	88.0 a-d	76.0 de	8.0 k	57.3 h	17.5 c-h	15.6 g-j	0.9 p	11.3 hi
Meyveci 2001	94.7 a	81.3 bcd	64.0 f	80 ab	20.2 a-f	20.8 a-e	11.6 jk	17.5 bc
Sultan 1	89.3 abc	77.3 cde	41.3 ghi	69.3 g	17.8 c-h	23.2 a	8.2 klm	16.4 cd
Ceren	93.3 ab	93.3 a	42.7 ghi	76.4 bc	17.5 c-h	21.5 abc	5.9 lmn	15.0 def
Gümrah	92.0 ab	82.7 a-d	76.0 de	83.6 a	18.3 b-h	22.4 ab	15.4 g-j	18.7 ab
Ortalama	89.9 a	82.1 b	39.6 c	70.5	18.6 a	18.5 a	6.5 b	14.5
Kırmızı	88.2	86.0	33.7	69.3	19.0	18.2	5.1	14.1
Pul	91.3	74.9	40.9	69.0	18.2	17.8	7.0	14.3
Yeşil	92.7	88.0	59.4	80.0	17.9	22.0	10.7	16.7

\* Aynı harf ile işaretli ortalamalar birbirinden farksızdır.

Sıcaklıkların ortalaması olarak çeşitlerinin çıkış indeksleri 10.3 ile 19.9 arasında değişmiştir. En yüksek çıkış indeksine Emre 20 çeşidi sahip olmuş, bunu Gümrah ve Meyveci 2001 çeşitleri izlemiş, en düşük çıkış indeksi ise Kafkas çeşidinde belirlenmiştir. Çıkış indeksi yönünden 20 ve 25 °C uygulamaları arasındaki fark önemsiz olmuş, çıkış indeksi 30 °C'de önemli derecede azalmıştır (Çizelge 6). Çıkış indeksi tüm çeşitlerde 30 °C'de en düşük olmuştur. Ancak, en yüksek çıkış indeksini Emre 20, Seyran 96, Tigris, Meyveci 2001, Sultan I, Ceren ve Gümrah çeşitleri 25 °C'de, diğer çeşitler ise 20 °C'de sağlamıştır (Çizelge 6). Çıkış indeksi, tohumluğun çıkış yüzdesi ve çıkış hızının bir göstergesidir. Farklı çevre koşullarında üniform ve tam fide çıkışı, başarılı bir bitki kök sistemi ve kanopi tesisine imkan verdiğinden, hızlı gelişme ve potansiyel verimlere ulaşabilmek için kritik önem taşır (De Ron ve ark., 2016; Rich ve ark., 2022). Bu çalışmada, çimlenme indeksi yüksek çeşitlerde çıkış indeksi de yüksek olmuş, tohumluğun çıkış özelliklerinin yüksek sıcaklık stresine çimlenme özelliklerine göre daha duyarlı olduğu gözlenmiştir.

**Fide yaş ağırlığı ve Fide kuru ağırlığı**

Sıcaklıkların ortalaması olarak çeşitlerin fide yaş ağırlıkları 76.6-162.8 mg, fide kuru ağırlıkları ise 9.6-23.1 mg arasında değişmiştir (Çizelge 7). En yüksek fide yaş ve kuru ağırlıkları Gümrah, Meyveci 2001 ve Karagül; en düşük fide yaş ve kuru ağırlıkları ise Tigris, Altıntoprak ve Kafkas çeşitlerinde belirlenmiştir. Sıcaklık artışlarına bağlı olarak fide yaş ağırlığı önemli oranlarda azalmış, fide kuru ağırlığının 25 °C'de en yüksek, 30 °C'de en düşük olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 7). Yüksek sıcaklık stresi koşullarında fide ağırlığındaki azalmalar, transpirasyon ve solunum kayıplarındaki artışlar (Khatun ve ark., 2018) ile fotosentetik aktivite bozulmalarından (Rodriguez ve ark., 2015) kaynaklanabilir. Çeşit x sıcaklık kombinasyonlarına göre en yüksek fide yaş ağırlığına 25 °C'de Gümrah çeşidi, en yüksek fide kuru ağırlığına ise 25 °C'de Karagül çeşidi sahip olmuştur. Fide yaş ve kuru ağırlığı bakımından çeşitlerin sıcaklıklara tepkileri farklı olmuş, en yüksek fide yaş ağırlığını Seyran 96, Tigris, Bozok, Karagül, Ceren ve Gümrah çeşitleri 25 °C'de, diğer çeşitler ise 20 °C'de sağlamıştır. En yüksek fide kuru ağırlığı Kafkas çeşidinde 20 °C, Meyveci 2001 çeşidinde 30 °C, diğer çeşitlerde ise 25 °C'de belirlenmiştir (Çizelge 7).

Çizelge 7. Yüksek sıcaklıkların mercimek çeşitlerinde fide yaş ağırlığı ve fide kuru ağırlığına etkisi.\*

Çeşitler	Fide yaş ağırlığı (mg)				Fide kuru ağırlığı (mg)			
	Sıcaklıklar (°C)				Sıcaklıklar (°C)			
	20	25	30	Ortalama	20	25	30	Ortalama
Altıntoprak	106.9 i-o	99.8 j-p	73.8 p-s	93.5 f	10.5 n-u	15.4 i-n	10.7 m-u	12.2 d
Çağıl	131.9 d-i	124.5 d-k	73.8 p-s	110.1 c-f	13.7 j-q	17.2 g-k	9.0 q-u	13.3 d
Çiftçi	137.5 d-i	117.3 e-m	66.0 qrs	106.9 def	14.6 i-o	17.2 g-k	8.5 r-u	13.5 d
Emre 20	125.9 d-k	109.9 h-n	85.7 m-s	107.2 def	11.9 i-u	16.6 h-l	14.3 i-o	14.3 cd
Fırat 87	150.2 cde	125.8 d-k	72.1 p-s	116.0 bcd	15.8 i-m	18.1 f-j	9.2 p-u	14.4 cd
Kafkas	124.9 d-k	93.7 k-q	63.8 qrs	94.2 f	14.1 i-p	12.6 k-t	9.8 o-u	12.1 d
Seyran 96	114.4 g-n	120.6 e-l	66.7 qrs	100.6 def	12.0 l-u	16.7 h-l	8.7 q-u	12.5 d
Tigris	76.8 o-s	93.5 k-q	59.5 rs	76.6 g	8.3 stu	13.0 j-s	7.5 tu	9.6 e
Ankara Yeşili	149.1 c-f	131.2 d-j	64.5 qrs	114.9 b-e	16.2 i-l	22.8 c-f	10.2 o-u	16.4 bc
Bozok	144.7 d-g	154.8bcd	82.4 n-s	127.3 b	15.6 i-m	25.7 b-e	12.9 k-s	18.1 b
Karagül	176.9 abc	181.6 ab	87.0 m-s	148.5 a	19.2 f-i	32.1 a	11.9 l-u	21.1 a
Kayı 91	124.6 d-k	107.5 i-o	55.5 s	95.9 f	13.7 j-q	21.3 d-h	8.6 q-u	14.6 cd
Meyveci 2001	194.3 a	139.0 d-i	117.1 f-m	150.1 a	21.1 e-h	19.1 f-i	29.0 ab	23.1 a
Sultan 1	145.8 d-g	142.4 d-h	91.5 l-r	126.5 bc	15.8 i-m	26.2 bc	13.5 j-r	18.5 b
Ceren	103.6 j-p	130.7 d-j	58.0 s	97.4 ef	12.0 l-u	19.0 f-i	7.3 u	12.8 d
Gümrah	147.8 c-f	194.4 a	46.1 d-g	162.8 a	15.6 i-m	25.9 bcd	21.8 c-g	21.1 a
Ortalama	134.7 a	129.2 a	79.0 b	114.3	14.4 b	19.9 a	12.1 c	15.5
Kırmızı	121.1	111.0	70.2	100.8	12.6	15.9	9.8	12.8
Pul	155.9	142.8	83.0	127.2	16.9	24.5	14.3	18.6
Yeşil	125.7	162.6	102.1	130.0	13.8	22.4	14.5	16.9

\* Aynı harf ile işaretli ortalamalar birbirinden farksızdır.

**Fide boyu ve Yaprak sayısı**

Mercimek çeşitlerinin sıcaklıkların ortalaması olarak fide boyları 10.2 (Tigris) ile 16.4 cm (Gümrah), fide başına yaprak sayıları ise 3.33 (Bozok) ile 4.39 (Çağıl) arasında değişmiştir. Artan sıcaklığa bağlı olarak fide boyu önemli oranlarda azalmış, yaprak sayısı en çok 25 °C'de, en az 30 °C'de olmuştur (Çizelge 8). İki karakter yönünden de çeşitlerin sıcaklıklara tepkileri farklı olmuş, en uzun fide boyu 20 °C'de Meyveci 2001, fide başına en çok yaprak ise 25 °C'de Ceren çeşidinde tespit edilmiştir (Çizelge 8). Das ve Islam (2018), kontrol koşullarında ekim işleminden 30 gün sonra mercimek çeşitlerinde fide boyunu 12.93-13.99 cm, yaprak sayısını ise 12.2-16.9 arasında saptamışlardır. Yüksek sıcaklık stresinin fide boyunu (Parthasarathi ve ark., 2022) ve fide yaprak sayısını (Taratima ve ark., 2022) azalttığı diğer araştırmalarda da tespit edilmiştir. Tarla koşullarında yürütülen araştırmalarda da, bitki boyu bakımından mercimek genotipleri arasındaki önemli farklar bulunmuş ve bitki boyunun çevre koşullarından önemli ölçüde etkilendiği belirlenmiştir (Biçer, 2014; Karadavut ve Sözen, 2019).

Çizelge 8. Yüksek sıcaklıkların mercimek çeşitlerinde fide boyu ve fide yaprak sayısına etkisi.\*

Çeşitler	Fide boyu (cm)				Fide yaprak sayısı			
	Sıcaklıklar (°C)				Sıcaklıklar (°C)			
	20	25	30	Ortalama	20	25	30	Ortalama
Altıntoprak	13.3 d-l	13.3 e-l	10.8 l-q	12.5 c-h	4.07 e-j	4.77 b-f	3.47 h-o	4.10 abc
Çağıl	15.7 a-f	14.1 b-k	8.5 pqr	12.8 b-g	4.60 c-g	5.50 abc	3.07 k-q	4.39 a
Çiftçi	16.3 a-e	13.8 b-l	8.3 qr	12.8 b-f	4.27 d-i	5.00 a-d	2.83 n-q	4.03 abc
Emre 20	14.8 a-i	12.0 h-o	11.4 j-p	12.7 b-h	3.23 j-q	3.87 f-m	2.97 l-q	3.36 d
Fırat 87	16.4 a-e	13.9 b-l	11.4 j-p	13.9 bc	4.70 b-g	5.00 a-d	3.00 k-q	4.23 a
Kafkas	14.4 a-j	11.1 k-q	8.3 qr	11.3 f-i	4.30 d-i	4.27 d-i	3.57 h-n	4.04 abc
Seyran 96	12.6 f-n	12.8 f-n	7.8 r	11.0 hi	3.90 f-l	5.60 ab	3.13 k-q	4.21 ab
Tigris	10.2 m-r	12.3 g-o	8.2 qr	10.2 i	3.40 i-o	5.13 a-d	2.40 pq	3.64 cd
Ankara Yeşili	15.7 a-f	13.1 f-m	7.5 r	12.1 d-h	3.93 f-k	4.73 b-f	3.33 j-o	4.00 abc
Bozok	15.1 a-h	13.4 d-l	9.4 o-r	12.6 c-h	3.30 j-p	4.33 d-h	2.37 q	3.33 d
Karagül	16.5 a-d	15.0 a-h	9.8 n-r	13.8 bcd	3.80 g-m	4.93 a-e	2.93 m-q	3.89 abc
Kayı 91	14.6 a-i	13.4 d-l	7.8 r	12.0 e-h	3.90 f-l	4.67 c-g	3.10 k-q	3.89 abc
Meyveci 2001	17.7 a	13.6 c-l	12.1 h-o	14.3 b	3.63 h-n	4.35 d-h	3.13 k-q	3.70 bcd
Sultan 1	13.7 b-l	15.4 a-g	11.7 i-o	13.6 b-e	2.60 opq	4.60 c-g	2.93 m-q	3.38 d
Ceren	11.4 j-p	13.6 c-l	8.2 qr	11.1 ghi	3.13 k-q	5.67 a	2.97 l-q	3.92 abc
Gümrah	16.8 ab	16.6 abc	15.7 a-f	16.4 a	2.97 l-q	5.10 a-d	3.57 h-n	3.88 abc
Ortalama	14.7 a	13.6 b	9.8 c	12.7	3.73 b	4.84 a	3.05 c	3.87
Kırmızı	14.2	12.9	9.3	12.1	4.06	4.89	3.06	4.00
Pul	15.6	14.0	9.7	13.1	3.53	4.60	2.97	3.70
Yeşil	14.1	15.1	11.9	13.7	3.05	3.39	3.27	3.90

\* Aynı harf ile işaretli ortalamalar birbirinden farklıdır.

### Çıkış süresi ve Çıkış güç indeksi

Mercimek çeşitlerinin sıcaklıkların ortalaması olarak çıkış süreleri 4.48 ile 6.58 gün arasında değişmiş, çıkış süresinin en kısa Emre 20, en uzun uzun Kafkas çeşidinde olduğu belirlenmiştir. Çeşitlerin ortalaması olarak çıkış süresi 20, 25 ve 30 °C'de sırasıyla 5.05, 4.75 ve 6.90 gün olmuş, en yüksek sıcaklıkta önemli ölçüde uzamıştır (Çizelge 9). Çıkış süresi bütün çeşitlerde 30 °C'de en uzun olmuş, en kısa çıkış süresi 11 çeşitte 25°C, beş çeşitte 20 °C'de belirlenmiştir (Çizelge 9). Safahani ve ark. (2017), mercimek çeşitlerinde çıkış süresinin düşük sıcaklıklarda uzadığını, çıkış süresi yönünden çeşitler arasındaki farkların ve çeşit x ekim tarihi etkileşiminin önemli olmadığını bildirmişlerdir. Mufti (2005), çıkış süresi yönünden buğday genotipleri arasındaki önemli farklar bulmuşlar ve yüksek sıcaklığın özellikle duyarlı genotiplerde çıkışı geciktirdiğini tespit etmişlerdir.

Çizelge 9. Yüksek sıcaklıkların mercimek çeşitlerinde ortalama çıkış süresi ve çıkış güç indeksine etkisi.\*

Çeşitler	Çıkış süresi (gün)				Çıkış güç indeksi			
	Sıcaklıklar (°C)				Sıcaklıklar (°C)			
	20	25	30	Ortalama	20	25	30	Ortalama
Altıntoprak	4.34 k-n	4.38 j-n	7.05 bc	5.26 ef	1197.6 d-k	1102.0 g-l	361.3 nop	887.0 def
Çağıl	4.54 i-n	5.23 e-l	8.47 a	6.08 abc	1461.3 a-d	1240.8 c-j	376.1 nop	1026.1 cd
Çiftçi	5.61 e-h	5.29 e-k	7.73 ab	6.21 ab	1432.8 a-f	1130.9 f-l	266.4 n-q	943.4 cde
Emre 20	4.29 l-o	3.97 mno	5.18 f-l	4.48 g	1294.4 b-i	1016.8 i-m	895.3 klm	1068.8 bc
Fırat 87	4.11 mno	4.79 g-m	7.71 ab	5.53 de	1518.9 abc	1217.6 d-j	455.5 no	1064.0 bc
Kafkas	5.41 e-i	6.89 bcd	7.44 b	6.58 a	1222.4 c-j	935.3 j-m	99.9 pq	752.5 fg
Seyran 96	5.68 e-h	5.25 e-l	7.74 ab	6.22 ab	1042.9 h-m	1088.0 g-l	167.6 opq	766.2 fg
Tigris	4.71 h-n	4.52 i-n	7.17 b	5.46 de	883.3 lm	1147.6 e-l	65.6 q	698.8 g
Ankara Yeşili	5.38 e-j	5.57 e-h	6.15 def	5.70 cde	1445.6 a-e	1028.8 i-m	266.9 n-q	913.8 c-f
Bozok	5.22 e-l	4.77 g-m	6.20 cde	5.40 de	1339.6 b-h	906.4 klm	488.4 n	911.5 c-f
Karagül	5.29 e-k	4.28 l-o	7.30 b	5.62 cde	1557.1 ab	1017.7 i-m	433.9 no	1002.9 cd
Kayı 91	5.30 e-k	5.19 f-l	8.50 a	6.33 ab	1289.7 b-i	1007.9 i-m	62.4 q	786.7 efg
Meyveci 2001	4.82 g-m	4.11 mno	5.77 efg	4.90 fg	1643.6 a	1098.0 g-l	770.0 m	1170.5 b
Sultan 1	5.19 f-l	3.39 o	5.38 e-j	4.65 g	1227.7 c-j	1183.3 d-l	481.5 n	964.2 cd
Ceren	5.66 e-h	4.52 i-n	7.49 b	5.89 bcd	1068.8 h-l	1268.3 b-i	352.3 nop	896.4 def
Gümrah	5.33 e-k	3.79 no	5.17 f-l	4.77 fg	1545.6 ab	1387.5 a-g	1212.7 d-j	1381.9 a
Ortalama	5.05 b	4.75 c	6.90 a	5.57	1323.2 a	1111.1 b	422.2 c	952.2
Kırmızı	4.84	5.04	7.31	5.73	1256.7	1109.9	336.0	900.9
Pul	5.20	4.55	6.55	5.43	1417.2	1040.4	417.2	958.3
Yeşil	5.50	4.16	6.33	5.33	1307.2	1327.9	782.5	1139.2

\* Aynı harf ile işaretli ortalamalar birbirinden farklıdır.



Çıkış güç indeksi, çıkış hızı ve çıkış oranı ile erken fide gelişme durumunun göstergesi olup, genotiplerin farklı çevre koşullarındaki tarla performansını tahmin için çimlendirme testlerine göre daha gerçekçi bir ölçüt olarak kullanılabilir (Kumar ve ark., 2018). Sıcaklık düzeylerinin ortalaması olarak mercimek çeşitlerinin çıkış güç indeksleri 698.8 (Tigris) ile 1381.9 (Gümrah) arasında değişmiştir. Çeşitlerin ortalaması olarak 20, 25 ve 30 °C’de çıkış güç indeksleri sırasıyla 1323.2, 1111.1 ve 422.2 olmuş, sıcaklık artışlarına bağlı olarak önemli oranlarda azalmıştır (Çizelge 9). Poomani ve ark. (2023), yüksek sıcaklık stresinin membran geçirgenliğini artırarak, su ve klorofil içeriğini azaltarak mercimek çeşitlerinde fide tesis oranını önemli ölçüde azalttığına dikkat çekmişlerdir. Sharma ve ark. (2022), yüksek sıcaklığın buğdayda fide gücüne etkisine ilişkin benzer sonuçlar bildirmişlerdir. Seyran 96, Tigris ve Ceren çeşitleri 25 °C, diğer çeşitler ise 20 °C’de daha yüksek çıkış güç indeksine sahip olmuştur. Çıkış güç indeksinin en yüksek 20 °C’de Meyveci 2001, en düşük ise 30 °C’de Kayı 91 çeşidinde olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 10. Başlıca seleksiyon ölçütlerine göre, çimlenme ve çıkış dönemlerinde yüksek sıcaklık stresine en dayanıklı ve en duyarlı çeşitler.

No	Çimlenme yüzdesi	Çimlenme indeksi	Çimlenme süresi	Çimlenme güç indeksi	Çıkış yüzdesi	Çıkış indeksi	Çıkış süresi	Çıkış güç indeksi
En dayanıklı çeşitler	1	Gümrah	Gümrah	Bozok	Gümrah	Emre 2000	Emre 20	Gümrah
	2	Emre 20	Emre 20	Gümrah	Emre 20	Gümrah	Gümrah	Emre 20
	3	Meyveci	Bozok	Meyveci	Bozok	Meyveci	Meyveci	Sultan 1
	4	Bozok	Meyveci	Emre 20	Meyveci	Bozok	Bozok	Meyveci
En duyarlı çeşitler	1	Çağıl	Çağıl	Çağıl	Çağıl	Tigris	Kayı 91	Kayı-91
	2	Kafkas	Kafkas	Kafkas	Kafkas	Kayı 91	Tigris	Çağıl
	3	Tigris	Tigris	Tigris	Tigris	Kafkas	Kafkas	Seyran 96
	4	Karagül	Karagül	Karagül	Karagül	Seyran 96	Seyran 96	Çiftçi


## SONUÇ ve ÖNERİLER


Bu araştırmada, tohum çimlenmesi ve fide çıkış özellikleri yönünden mercimek çeşitleri arasında önemli genotipik farklar belirlenmiş, yüksek sıcaklık stresinin incelenen tüm özellikleri olumsuz etkilediği ve çeşitlerin yüksek sıcaklıklara farklı tepkiler gösterdiği tespit edilmiştir. Genellikle, çimlenme özellikleri açısından yüksek sıcaklık stresine dayanıklı olan çeşitlerin çıkış özellikleri yönünden de dayanıklı olduğu belirlenmiş, çıkış özelliklerinin yüksek sıcaklık stresine daha duyarlı olduğu sonucuna varılmıştır. En yüksek sıcaklık derecesindeki çimlenme yüzdesi, çimlenme indeksi, çimlenme süresi, çimlenme güç indeksi, çıkış yüzdesi, çıkış indeksi, çıkış süresi ve çıkış güç indeksi ölçütleri esas alındığında (Çizelge 10), sırasıyla Gümrah, Emre 20 ve Meyveci 2001 çeşitleri çimlenme ve çıkış dönemindeki yüksek sıcaklıklara en dayanıklı olarak tanımlanabilir. Aynı ölçütlere göre tane tipleri değerlendirildiğinde; yeşil tipin dayanıklı, pul tipin orta, kırmızı tipin duyarlı olduğu söylenebilir. Mercimek tohumluklarında laboratuvar ve tarla koşullarındaki biyolojik değerler yakın ilişkilidir (Makkawi ve ark., 2008). Sonuç olarak Gümrah, Emre 20 ve Meyveci 2001 çeşitleri ekim döneminde yüksek toprak sıcaklıklarının olduğu çevrelere önerilebilir, çimlenme ve çıkış dönemlerindeki yüksek sıcaklığa dayanıklılık ıslah programlarında bu çeşitler gen kaynağı olarak kullanılabilir.


‡ Bu makale, Aleyna DUMLU’nun yüksek lisans tezi araştırma sonuçlarından üretilmiştir.

**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.

Ali Öztürk ORCID:  <https://orcid.org/0000-0001-7673-114x>

Aleyna Dumlu ORCID:  <https://orcid.org/0000-0002-0976-2330>

Hasan Kartay ORCID:  <https://orcid.org/0000-0002-0603-8478>




## KAYNAKLAR

- Afzal, O., Hassan, F.U., Ahmed, M., Shabbir, G. ve Ahmed, S. 2022. Temperature affects germination indices of safflower (*Carthamus tinctorius* L.). Journal of Animal and Plant Sciences, 32 (6): 1691-1702.
- Anonim, 2022b. Bitkisel Üretim İstatistikleri. Türkiye İstatistik Kurumu, Ankara. <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=92&locale=tr> (07.02.2024).

- Anonymous, 2022a. FAOSTAT. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome. <http://www.fao.org> (07.02.2024).
- AOSA, 1993. Rules for Testing Seeds. Published by: Association of Official Seed Analysts and the Society of Commercial Seed Technologists (SCST). Journal of Seed Technology, 16 (3): 1-113.
- Barros, J.R.A., Angelotti, F., Santos, J.O., Silva, R.M., Dantas, B.F. ve Melo, N.F. 2020. Optimal temperature for germination and seedling development in cowpea seeds. Rev. Colomb. Cienc. Hortic., 14 (2): 231-239.
- Basu, P.S., Chaturvedi, S.K., Gaur, P.M., Mondal, B., Meena, S.K., Das, K., Kumar, V., Tewari, K. ve Sharma, K. 2022. Physiological mechanisms of tolerance to drought and heat in major pulses for improving yield under stress environments. "Alınmıştır: *Advances in Plant Defense Mechanisms*, (ed) Kimatu, J.N., IntechOpen, 1-41.
- Bhandari, K., Sharma, K.D., Rao, B.H., Siddique, K.H.M., Gaur, P., Agrawal, S.K., Nair, R.M. ve Nayyar, H. 2017. Temperature sensitivity of food legumes: a physiological insight. Acta Physiol Plant, 39 (68): 1-22.
- Biçer, B.T. 2014. Some agronomic studies in chickpea (*Cicer arietinum* L.) and lentil (*Lens culinaris* Medik). Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi 1(1): 42–51.
- Çiftçi, V. ve Kulaz, H. 1998. Mercimekte (*Lens culinaris* Medik.) çimlenme durgunluğu. Tarım Bilimleri Dergisi, 4 (2): 21-26.
- Covell, S., Ellis, R.H., Roberts, E.H. ve Summerfield, R.J. 1986. The influence of temperature on seed germination rate in grain legumes. I. A comparison of chickpea, lentil, soybean and cowpea at constant temperatures. Journal of Experimental Botany, 37 (178): 705-715.
- Das, S.K. ve Rafiqul Islam, A.T.M. 2018. Effects of salinity on germination and seedling growth of lentil (*Lens culinaris* Medik.) varieties in Bangladesh. Barishal University Journal, 5 (1-2): 141-151.
- Delahunty, A.J. 2021. Increasing lentil (*Lens culinaris*) adaptation to acute high temperature for arable cropping. The University of Melbourne. Faculty of Veterinary and Agricultural Sciences. Doctoral Thesis. 204 p.
- Delahunty, A., Nuttall, J., Nicolas, M. ve Brand, J. 2015. Genotypic heat tolerance in lentil. Building Productive. Diverse and Sustainable Landscapes. Proceedings of the 17th ASA Conference, 20-24 September, Hobart, Australia.
- De Ron A.M., Rodino, A.P., Santalla, M., Gonzalez, A.M., Lema, M.J., Martin, I. ve Kigel, J. 2016. Seedling emergence and phenotypic response of common bean germplasm to different temperatures under controlled conditions and in open field. Front. Plant Sci. 7 (1087): 1-12.
- Driedonks, N., Rieu, I. ve Vriezen, W.H. 2016. Breeding for plant heat tolerance at vegetative and reproductive stages. Plant Reprod, 29: 67-79.
- Ellis, R.A. ve Roberts, E.H. 1981. The quantification of ageing and survival in orthodox seeds. Seed Science and Technology, 9: 373-409.
- El-Mowafy, M.R. ve Kishk A.M.S. 2017. Effect of soaking treatments and temperature during germination on germinability and rice (*Oryza sativa* L.) seed quality. J. Plant Production, 8(4): 537-540.
- Foti, C., Khah, E.M. ve Pavli, O.I. 2019. Germination profiling of lentil genotypes subjected to salinity stress. Plant Biology, 21: 480-486.
- Gupta, P.C., 1993. Seed vigour testing. "Alınmıştır: *Handbook of Seed Testing*. (ed) Agrawal, P.K., New Delhi, 242-249.
- Hamdi, A.H.I., Rasha, Y.S., El-Khalek, A. ve Eraky, H.A.M. 2019. Effect of drought and combined salt and heat stresses on germination and seedling growth patterns of lentil. Zagazig J. Agric. Res. 46 (3): 595-607.
- Hasan, M.A., Ahmed, J.U., Hossain, T., Hossain, M.M. ve Ullah, M.A. 2004. Germination characters and seed reserve mobilization during germination of different wheat genotypes under variable temperature regimes. J. Natn. Sci. Foundation Sri Lanka, 32 (3-4): 97-107.
- Hojjat, S.S. ve Galstayan, M. 2012. Effects of different temperatures and duration on germination of lentil (*Lens culinaris* Medik.) Seeds. Russian Agricultural Sciences, 38 (2): 101–105.
- Howarth, C.J. 2005. Genetic improvements of tolerance to high temperature. "Alınmıştır: *Abiotic Stresses: Plant Resistance Through Breeding and Molecular Approaches*. (ed) Ashraf, M., Harris, P.J.C., Howarth Press Inc., New York, USA, 277-300.
- Kader, M.A., 2005. A comparison of seed germination calculation formulae and the associated interpretation of resulting data. Journal and Proceedings of the Royal Society of New South Wales, 138: 65-75.
- Karadavut, U. ve Sözen, Ö. 2019. Yerel mercimek genotiplerinin verime etki eden bazı karakterleri için genotipik ve çevresel etkilerin belirlenmesi. Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi 6 (4): 870-877.
- Karaman, R. ve Kaya, M. 2017. Mercimeğe (*Lens esculanta* Moench) uygulanan farklı klor tuzu ve dozlarının kimi ilk gelişme özelliklerine etkisi. Tarım Bilimleri Dergisi, 23: 10-21.
- Khatun, S., Ahmed, J.U., Mollah, Md.M.I. ve Taewan, K. 2018. Physiological mechanism of thermotolerance in wheat (*Triticum aestivum* L.) seedlings. American Journal of Plant Sciences, 9: 2719-2727.

- Kumar, V., Poonia, R.C. ve Chaudhary, K. 2018. Assessment of the seed vigour potential in different varieties of wheat. *Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci.* 7 (7): 354-361.
- Lafond, G.P. ve Fowler, B.D. 1989. Soil temperature and water content, seeding depth, and simulated rainfall effects on winter wheat emergence. *Agron. J.* 81: 609-614.
- Maestri, E., Klueva, N., Perrotta, C., Gulli, M., Nguyen, H.T. ve Marmioli, N. 2002. Molecular genetics of heat tolerance and heat shock proteins in cereals. *Plant Mol Biol*, 48: 667-681.
- Makkawi, M., El Balla, M., Bishaw, Z. ve van Gastel, A.J.G. 2008. Correlation and path coefficient analyses of laboratory tests as predictors of field emergence in lentil (*Lens culinaris* Medikus). *Journal of New Seeds*, 9 (4): 284-302.
- Mokhtari, N.E.P. 2023. Standardization of vigour test to predict field emergence and difference of seed vigour among lentils (*Lens culinaris* L.) seed lots. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 47: 206-214.
- Mufti, M.U., 2005. Screening wheat seedlings for heat and drought tolerance by *in vivo* chlorophyll fluorescence. M. Sc. Thesis, University of Agriculture, Faisalabad, Pakistan, 184p.
- Özdemir, S. 2006. *Yemeklik Baklagiller*. Hasad Yayıncılık, İstanbul, 165s.
- Parthasarathi, T., Firdous, S., David, E.M., Lesharadevi, K. ve Djanaguiraman, M. 2022. Effects of High Temperature on Crops. "Alınmıştır: *Advances in Plant Defense Mechanisms*. (ed) Josphert, N. Kimatu, J.N. Chapter 2:1-18, IntechOpen. Available at: <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.98128>.
- Poomani, S., Yadav, S., Choudhary, R., Singh, D., Dahuja, A. ve Yadav, S.K. 2023. Seed priming with humic acid modifies seedling vigor and biochemical response of lentil under heat stress conditions. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 47: 1043-1057.
- Rawal, V. ve Navarro, D. 2019. *The Global Economy of Pulses*. FAO: Rome, Italy, 190.
- Rich, S.M., Berger, J., Lawes, R. ve Fletcher, A. 2022. Chickpea and lentil show little genetic variation in emergence ability and rate from deep sowing, but small-sized seed produces less vigorous seedlings. *Crop and Pasture Science*, 73 (9): 1042-1055.
- Rodriguez, V.M., Soengas, P., Alonso-Villaverde, V., Sotelo, T., Cartea, M.E. ve Velasco, P. 2015. Effect of temperature stress on the early vegetative development of *Brassica oleracea* L. *BMC Plant Biology*, 15 (145): 1-9.
- RStudio Team (2020). RStudio: Integrated Development for R. RStudio, PBC, Boston, MA. <http://www.rstudio.com/>.
- Safahani, A.R., Kamakar, B. ve Nabizadeh, A. 2017. Cardinal temperatures and thermal time required for emergence of lentil (*Lens culinaris* Medik.). *Legume Research*, 40 (2): 291-298.
- Sharma, S., Singh, V., Tanwar, H., Mor, V.S., Kumar, M., Punia, R.C., Dalal, M.S., Khan, M., Sangwan, S., Bhuker, A., Dagar, C.S., Yashveer, S. ve Singh, J. 2022. Impact of high temperature on germination, seedling growth and enzymatic activity of wheat. *Agriculture*, 12:1500.
- Singh, N.T. ve Dhaliwal, G.S. 1972. Effect of soil temperature on seedling emergence in different crops. *Plant and Soil*, 37: 441-444.
- Sita, K., Sehgal, A., HanumanthaRao, B., Nair, R.M., Vara Prasad, P.V., Kumar, S., Gaur, P.M., Farooq, M., Siddique, K.H.M., Varshney, R.K. ve Nayyar, H. 2017. Food legumes and rising temperatures: Effects, adaptive functional mechanisms specific to reproductive growth stage and strategies to improve heat tolerance. *Frontiers in Plant Sci.* 8 (1658): 1-30.
- Tanveer, A., Rehman, A., Javaid, M.M., Abbas, R.N., Sibtain, M., Ahmad, A., İbın Zamir, M.S., Chaudhary, K.M. ve Aziz, A. 2010. Allelopathic potential of *Euphorbia helioscopia* L. against wheat (*Triticum aestivum* L.), chickpea (*Cicer arietinum* L.) and lentil (*Lens culinaris* Medic.). *Turk J Agric For.* 34: 75-81.
- Taratima, W., Chuanchumkan, C., Maneerattanarungroj, P., Trunjaruen, A., Theerakulpisut, P. ve Dongsansuk, A. 2022. Effect of heat stress on some physiological and anatomical characteristics of rice (*Oryza sativa* L.) cv. KDML105 callus and seedling. *Biology*, 11 (1587): 1-14.
- Venugopalan, V.K., Nath, R., Sengupta, K., Nalia, A., Banerjee, S., Chandran, M.A.S., Ibrahimova, U., Dessoky, E.S., Attia, A.O., Hassan, M.M. ve Hossain, A. 2021. The response of lentil (*Lens culinaris* Medik.) to soil moisture and heat stress under different dates of sowing and foliar application of micronutrients. *Frontiers in Plant Sci.* 12 (679469): 1-16.
- Wahid, A., Gelani, S., Ashraf, M. ve Foolad, M.R. 2007. Heat tolerance in plants: An overview. *Environmental and Experimental Botany* 61:199-223.
- Wang, N., Hatcher, D.W., Toews, R. ve Gawalko, E.J. 2009. Influence of cooking and dehulling on nutritional composition of several varieties of lentils (*Lens culinaris*). *Food Science and Technology*, 42 (4): 842-848.
- Watt, M.S. ve Bloomberg, M. 2012. Key features of the seed germination response to high temperatures. *New Phytologist*, 196: 332-336.

## Cytotoxic Effects of Clethodim on Different Liver Cell Lines<sup>‡</sup>

Ergün ERGENEKON<sup>1\*</sup> , Ömer Köksal ERMAN<sup>1</sup> , Nihal ŞİMŞEK ÖZEK<sup>1,2</sup> 

<sup>1</sup>Atatürk Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Erzurum, Türkiye

<sup>2</sup>Atatürk Üniversitesi, Doğu Anadolu Yüksek Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi (DAYTAM), Erzurum, Türkiye

\*Sorumlu Yazar: [ergun.e@atauni.edu.tr](mailto:ergun.e@atauni.edu.tr)

Geliş Tarihi: 25.02.2024 Düzeltme Geliş Tarihi: 23.03.2024 Kabul Tarihi: 26.03.2024

### ABSTRACT

Clethodim, a herbicide group pesticide, is classified as a toxicity class II agent. Up to now, the developmental toxicity, immunotoxicity, neurotoxicity, and reproductive toxicity of this herbicide have been demonstrated in zebrafish and rats. However, its hepatotoxic effects have not been reported yet in vitro. Therefore, this study was conducted for the first time to determine the effect of clethodim on human and mouse liver cell lines. We treated THLE-2 and B129 cells with a wide range of clethodim for 96 h. We evaluated its hepatotoxic effects using MTT and SRB analyses after treatment. Both assays demonstrated a striking dose-dependent decrease in cellular proliferation. In particular, a 1000 µg/ml dose of clethodim exposure stopped the growth of B129 and THLE-2 cells by 90% and 75%, respectively. Furthermore, the high doses of this herbicide significantly reduced both cell number and volume. IC<sub>50</sub> doses were found to be 220 and 617 µg/ml for B129 and THLE-2 cells, respectively, indicating the more profound sensitivity of the mouse liver cells to clethodim exposure than that of human liver cells. These cytotoxic impacts can be strongly related to herbicide-induced oxidative stress. In light of our results, the long and high doses of clethodim exposure have a hepatotoxic effect, and its toxic target organ is the liver. Therefore, it is urgently needed to conduct further studies on the use of clethodim-based herbicides.

**Keywords:** Clethodim, human liver cell, mouse liver cell, MTT, SRB assay.

### Clethodimin Farklı Karaciğer Hücre Hatlarındaki kiSitotoksik Etkileri<sup>®</sup>

#### ÖZ

Herbisit grubu pestisit olan clethodim, toksisite sınıfı II ajan olarak sınıflandırılır. Şu ana kadar, bu herbisit gelişim toksisitesi, immünotoksitesisi, nörotoksitesisi ve üreme toksitesisi zebra balığı ve sıçanlarda gösterilmiştir. Ancak hepatoksik etkilerine yönelik invitro düzeyde henüz bir çalışma bulunmamaktadır. Bu yüzden söz konusu çalışma ilk kez clethodimin karaciğer hücre hatları üzerindeki toksik etkilerini belirlemek için yapılmıştır. THLE-2 ve B129 hücreleri, 96 saat boyunca geniş bir aralıktaki clethodim ile muamele edilmiştir. Daha sonra hepatoksik etkileri MTT ve SRB testleri ile belirlenmiştir. Her iki analiz de hücresel proliferasyonun clethodim dozuna bağlı olarak çarpıcı biçimde azaldığını ortaya koymuştur. Özellikle 1000 µg/ml doz clethodim uygulamasının B129 ve THLE-2 hücrelerinde hücre poliferasyonunu %90 ve %75 oranında baskıladığı görülmüştür. Ayrıca herbisit yüksek dozları ile hem hücre sayısında hem de hacminde önemli bir azalma elde edilmiştir. IC<sub>50</sub> dozları B129 ve THLE-2 hücreleri için sırasıyla 220 ve 617 µg/ml olarak bulunmuştur, bu da fare karaciğer hücrelerinin clethodim maruziyetine karşı insan karaciğer hücrelerinden daha hassas olduğunu göstermektedir. Bu sitotoksik etkiler, herbisit neden olduğu oksidatif stresle güçlü bir şekilde ilişkili olabilir. Sonuçlarımız ışığında, clethodime uzun ve yüksek dozda maruz kalmanın hepatoksik etkiye sahip olduğu ve toksik hedef organının karaciğer olduğu görülmüştür. Bu nedenle, clethodim gibi herbisit kullanımı hakkında acil olarak daha fazla çalışmaya ihtiyaç duyulmaktadır.

**Anahtar kelimeler:** Clethodim, insan karaciğer hücresi, fare karaciğer hücresi, MTT, SRB testleri.

## INTRODUCTION

Pesticides are generally used to elevate agricultural yields by killing and inhibiting the growth of harmful organisms (Laetz et al., 2009). They are also employed in non-agricultural contexts, such as forests, alongside roads and railways, and in areas of cities. With the increased human population and crop demand, the use of natural and synthetic pesticides and their applications has profoundly increased in recent decades (Kishor et al., 2020). As a result, the exposure risk of living organisms to these substances has greatly increased. Studies have demonstrated the harmful effects of pesticide exposure on both the environment and living organisms. Pollutants, including pesticides, are known to spread quickly in the environment and human organs, leading to long-term health issues shortly after their introduction (Gavrilescu et al., 2015). Because of their significant metabolic activities, the liver is the main target organ for pesticide damage (Çakır and Erden, 2019). Hence, it is a global priority to protect human health from pesticides, pesticide-contaminated drinking water, and harmful air pollutants (Damalas and Koutroubas, 2016). On the contrary, their action mechanisms, especially their cytotoxic effects, are not fully known. Among the pesticides, clethodim is a very effective one, as is the cyclohexanedione class of herbicides (Santos et al., 2023). Furthermore, it is the primary active constituent in prevalent herbicidal formulations. Therefore, it frequently targets both annual and perennial grasses by inhibiting acetyl-coenzyme A carboxylase. Substantial annual sales surpassing \$100 million are also evidence of its widespread global application (Mohamed et al., 2023). The EPA classifies it as a toxicity class II agent, indicating that it is moderately toxic and moderately irritating. Due to its high solubility in water, it can easily enter the aquatic environment. Consequently, it has effects on aquatic organisms since the photodegradation products of the clethodim are stable in the aquatic environment (Hong et al., 2023). The toxicity studies of clethodim in vivo revealed that its exposure induces developmental toxicity and neurotoxicity in zebrafish embryos and larvae (Wang et al., 2019). Researchers have also reported the negative effects of this herbicide exposure on male reproductive function and early embryogenesis in Swiss albino mice due to its endocrine-disrupting function (Dcunha et al., 2023). Furthermore, clethodim can cause irritation to the eyes, skin, and central nervous system when encountered in high amounts. This can result in symptoms such as excessive salivation, reduced motor activity, a lack of coordination, unstable walking, and increased activity levels (Pang and Hu, 2020). Conversely, chronic toxicity assessments of this compound indicated anemia, increased hepatic mass, skeletal damage, and decreased fetal body weight (Wang et al., 2019). Additionally, they demonstrated the inhibition of the acetyl coenzyme A carboxylase activity in the C<sub>2</sub>C<sub>12</sub> myoblast cell line (Patil et al., 2007). Despite numerous studies on the toxic effects of clethodim, its target organ and toxicity mechanisms remain unclear. Thus, we conducted this study for the first time to reveal the cytotoxic effect of this herbicide on the mouse and human liver cell line models since the liver plays a crucial role in the metabolism and biotransformation of pesticides. Moreover, cell culture offers a valuable platform for the meticulous evaluation of pharmaceutical agents, enabling the systematic exploration of drug effects alongside its pivotal role in toxicological studies (Holen et al., 2010).

## MATERIAL AND METHODS

### Cell cultures and chemicals

The THLE-2 (CRL-2706) human liver cell line was gifted from Prof. Gokhan Sadi's lab at Karamanoğlu Mehmetbey University. Additionally, we obtained the B129 mouse hepatocyte cell line from Cell Biologics (USA). Unless explicitly indicated otherwise, Sigma-Aldrich, Inc. (St. Louis, MO, USA) provided all analytically pure chemicals used in the research.

### The growth of cell cultures and their exposure to clethodim

We cultured the THLE-2 and B129 cells in DMEM high glucose supplemented with 100 IU/ml penicillin, 100 g/ml streptomycin, and 10% fetal bovine serum. Both cell lines were grown in the incubators at 37°C with 95% air and 5% CO<sub>2</sub>. We trypsinized them after they reached 75–80% confluency. We then cultured them in 96-well plates at a density of 1x10<sup>4</sup> per 100 µl well for 24 h before clethodim treatment.

### Clethodim Exposure

We made a stock solution of clethodim (LGC, TRC-C573250) by mixing 100 mg of the herbicide with 100 µl of dimethyl sulfoxide (DMSO). The liver cell lines were grown in a 96-well plate for 24 hours and then

exposed to a range of clethodim concentrations (125–1000 µg/ml) for 96 hours. We used a 0.1% DMSO-exposed as a negative control. We used 500 µM H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> treatment as a positive control because it rapidly causes apoptosis and necrosis in cells. Its effects on cells are also well-characterized and relatively cheap with respect to the chemotherapeutic drugs (Saito et al., 2006).

### Cell viability assays

We first determined the cell viability using the MTT assay based on a previous study (Nordin et al., 2019). After 96 h of clethodim incubation, 20 µl of 5 mg/ml MTT in 100 µL of culture medium was added to each well. The plates were then put in an incubator with 5% CO<sub>2</sub> at 37°C. After 4 h of incubation, the media was discarded, and 150 µl of DMSO was added to dissolve the formazan crystals. We used an ELISA reader (Epoch microplate reader, BioTek, USA) to measure the absorbance of the soluble formazan product from living cells at 570 nm. We also used an SRB (Sulforhodamine B) assay to verify the MTT assay. We first treated the cells with clethodim for 96 h, mimicking the MTT assay. Then we added 10% trichloroacetic acid (TCA) to fix the proteins in the cell. We kept the plate at +4 °C for 1 hour, then washed it with distilled water and dried it at room temperature for 20 minutes. Then we stained the cells with a 0.4% SRB solution for 30 minutes at room temperature and washed the wells with 1% acetic acid four times to remove unbound SRB. Later, we added Tris-base (pH: 10) into each well to dissolve the SRB dye. We measured the absorbance of SRB at 574 nm using the same microplate reader. We considered the viability rate of control cells to be 100% in both assays and calculated the viability using the formula below.

$$\% \text{ Viable cells} = \frac{(\text{Absorbance of cell treated with clethodim}) - (\text{Absorbance of empty well})}{(\text{Absorbance of control cell}) - (\text{Absorbance of empty well})} \times 100$$

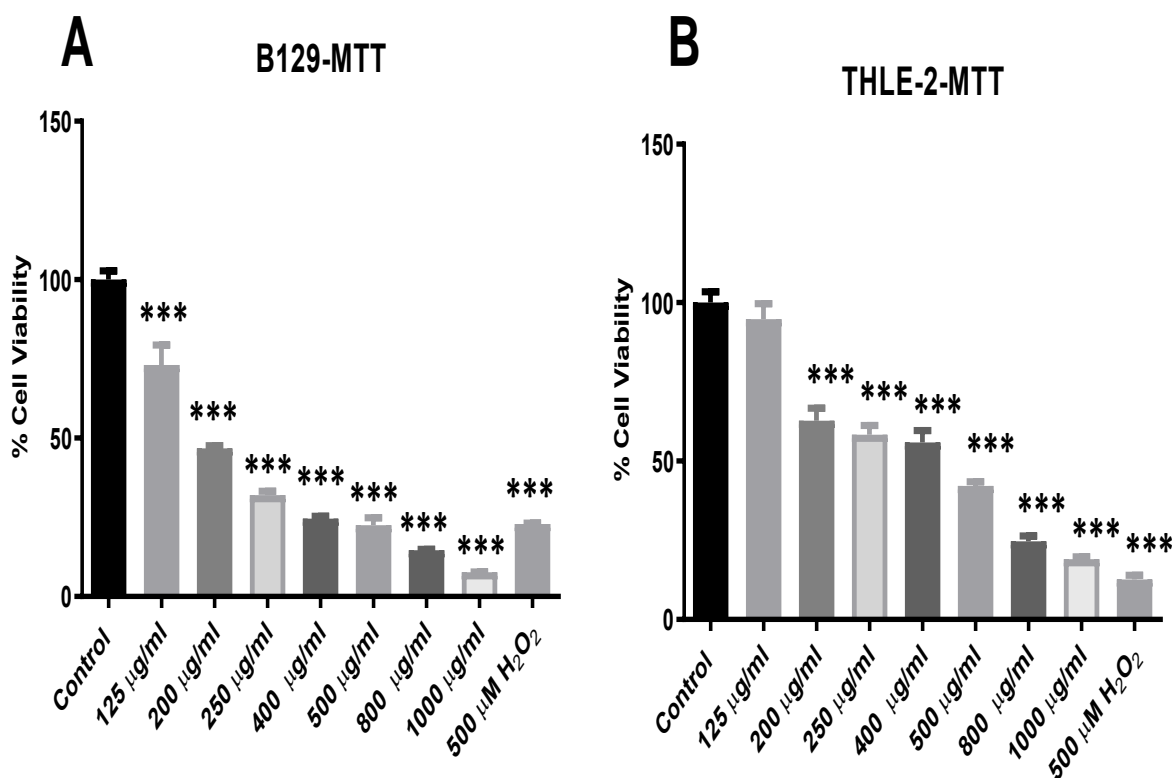
### Statistical data analysis

To compare the statistical significance in cell viability between the control and clethodim-treated groups, we performed the cytotoxicity experiments in two independent experiments. Data are presented as mean ± S.E.M. We used the one-way analysis of variance (ANOVA) followed by a Turkey's test using GraphPad Prism statistical software version 6.0 (Graph Pad Prism, San Diego, CA, USA). We accepted P < 0.05 to indicate significant differences between groups. We also calculated the IC<sub>50</sub> values using the same statistical software.

## RESULT

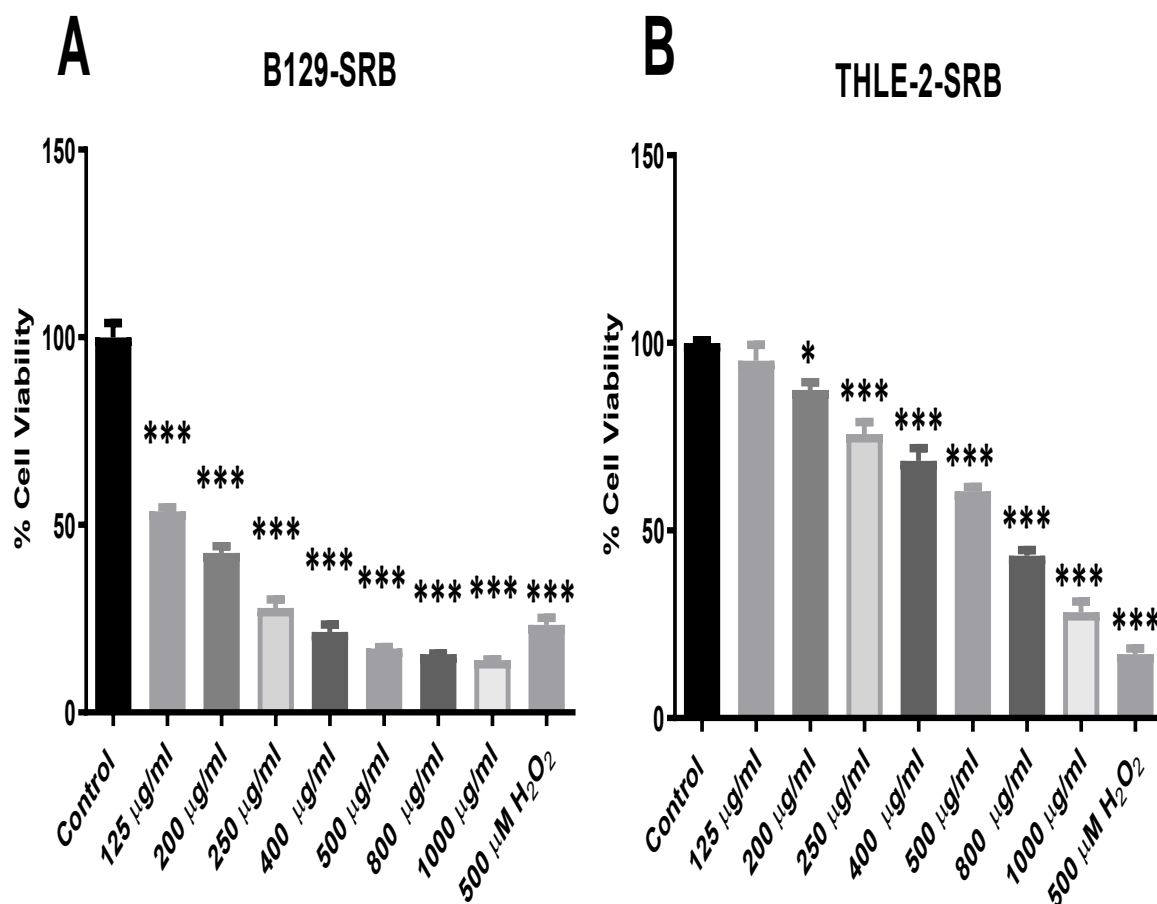
Cell culture lines have been widely used in the toxic evaluation of any chemical, including pesticides, because they are easy to obtain and produce reproducible results (Holen et al., 2010). Hence, we used the mouse and human hepatic cell lines.

In cell culture studies, the MTT assay is a well-established method to determine cell viability, proliferation rate, and cytotoxicity. This method is based on the ability of metabolically active cells to transform a water-soluble dye [3-(4,5-dimethylthiazol-2-yl)-2,5-diphenyltetrazolium bromide] into an insoluble purple formazan (Ghasemi et al., 2021). In this assay, DMSO is used to solve formazan crystals (Bahuguna et al., 2017). The cellular viability is described by reading the absorbance value of the purple color intensity using an ELISA reader. We first used this method to depict the effect of clethodim on the viability of the liver cells. We have first tried the cells with the lower dose of clethodim (<100 µg/ml). However, we did not observe any reduction in cell proliferation with these doses (data not shown). Therefore, we treated the studied cells with a range of concentrations (125, 200, 250, 400, 500, 800, and 1000 g/ml) for 96 h. Figure 1A displays the cell viability results for the B129 cells in the control and clethodim-exposed groups, while Figure 1B displays the same results for the THLE-2 cells. Both figures clearly show a significant decline in both cells' viability, which is concentration-dependent. At the dose of 1000 µg/ml, the lowest cell viability was obtained for B129 (7%, p<0.001) and THLE-2 (19%, p<0.001) cells. Based on the MTT results, we can assume that B129 cells were profoundly affected by the clethodim exposure with respect to the THLE-2 cells.



**Figure 1.** The cell viability of B129 (A) and THLE-2 cells for the control and clethodim treatment (125–1000 µg/ml) based on the MTT assay. Each value represents the mean ± S.E.M. of two independent experiments. “\*\*\* p<0.001” denotes significant differences with respect to the control group.

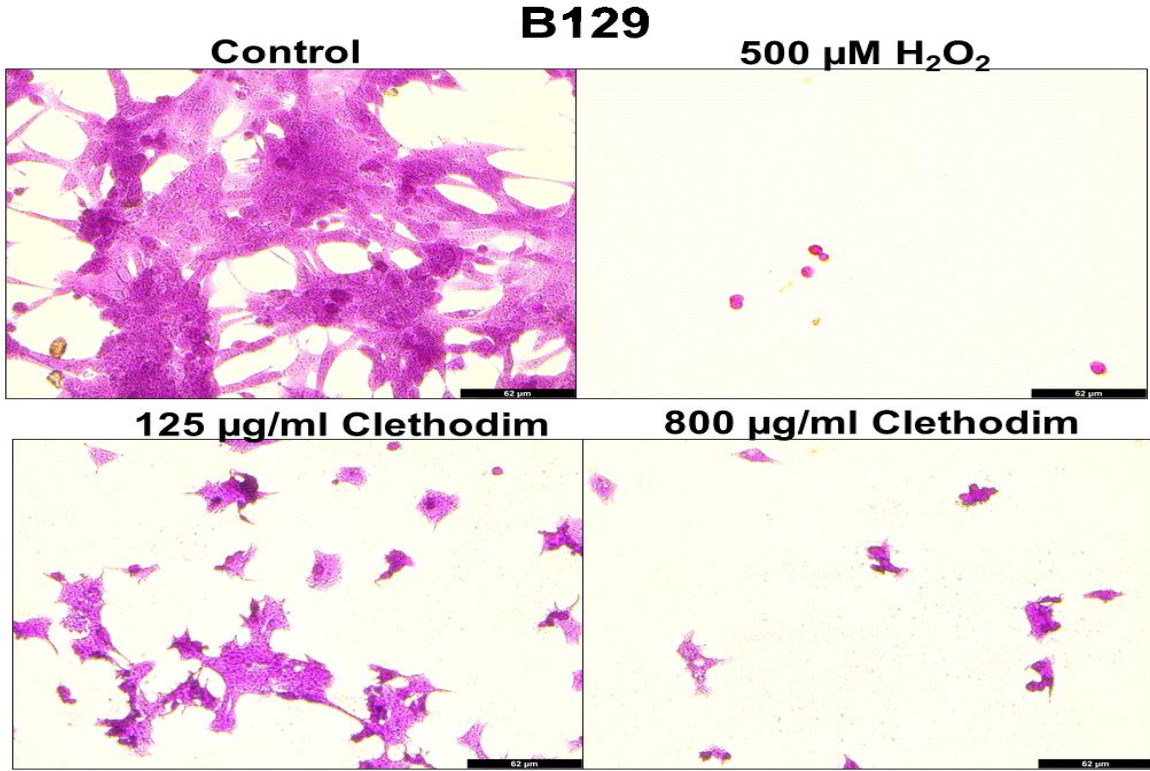
To validate MTT cytotoxicity results, we utilized the SRB (Sulforhodamine B) assay. This assay was developed by Skehan et al. (1990). That has been widely employed to conduct cost-effective screening assays in cell-based research for investigating cytotoxicity (Vichai and Kirtikara, 2006). This approach utilizes the characteristic of SRB, which forms a stoichiometric bond with proteins under mildly acidic conditions and can subsequently be removed using basic conditions. Consequently, the quantity of dye attached to proteins can serve as an indicator of cell mass, enabling the extrapolation of cell proliferation measurements. Concerning the MTT, the SRB assay exhibited superior linearity with cell number and increased sensitivity, and its staining was not influenced by the type of cell line (Keepers et al., 1991). Therefore, it has gained popularity among cell viability assays for two decades. Because of these advantages, we performed a SRB assay to validate the hepatotoxic effects of the clethodim with high doses, like what was seen with MTT. We saw that the clethodim treatment decreased the growth of both types of liver cells in a dose-dependent way. For THLE-2 cells, SRB assay results seemed to be more accurate when compared to the MTT method. Especially at the highest dose of clethodim, approximately 29% cell viability was found in human liver cells. SRB assay results confirmed that B129 is more vulnerable to this herbicide than THLE-2 cells (Figure 2).



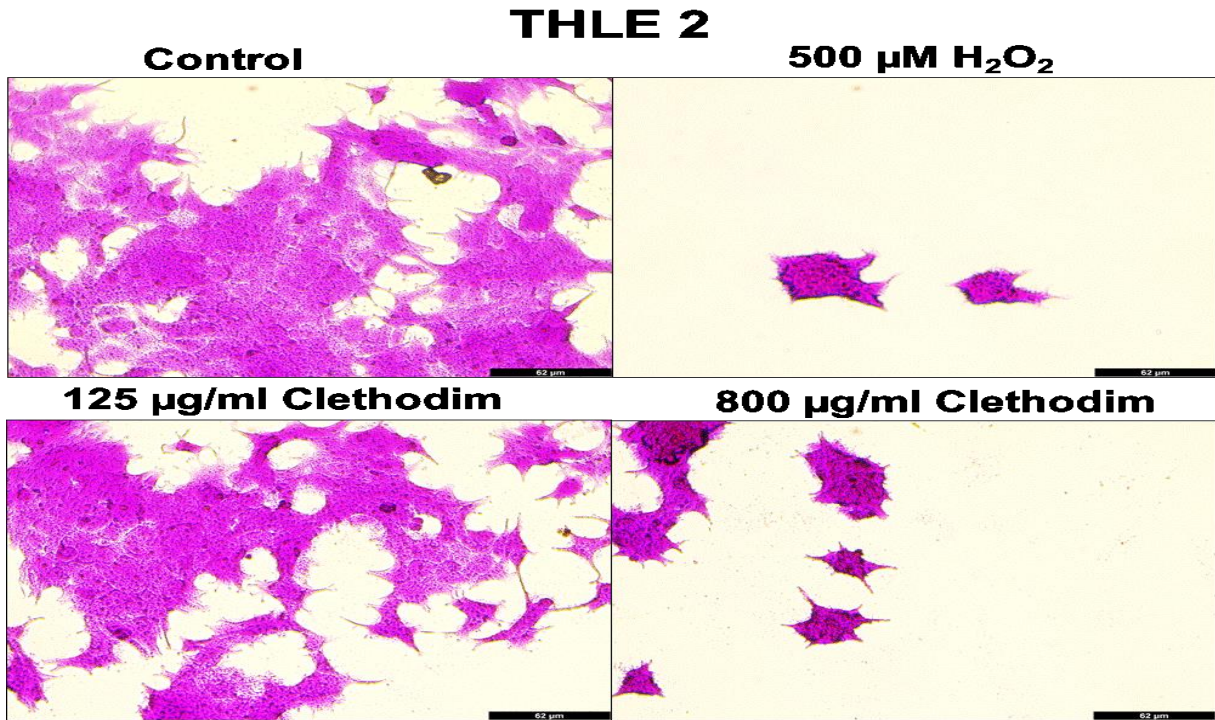
**Figure 2.** The cell viability of B129 (A) and THLE-2 cells for the control and clethodim treatment (125–1000 µg/ml) based on the SRB assay. Each value represents the mean  $\pm$  S.E.M. of two independent experiments. “\* $p < 0.05$ , \*\*\*  $p < 0.001$ ” denotes significant differences with respect to the control group.

To be sure about the clethodim-induced hepatotoxic effect, we collected the SRB-stained cells for the control, 125 and 800 µg/ml doses of clethodim, and 500 µM H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>-treated cells. Figures 3 and 4 demonstrate the light microscopic images of B129 and THLE-2 cells, respectively. As can be clearly seen from both figures, the 800 µg/ml dose of clethodim significantly decreased cell proliferation and cellular shape in both B129 and THLE-2 cells. These alterations were found to be striking for B129 cells. To evaluate the difference in the cytotoxic effects of clethodim between human liver and mouse liver cells, we calculated the IC<sub>50</sub> doses of this herbicide. The IC<sub>50</sub> doses were found to be 220 and 617 µg/ml for B129 and THLE-2 cells, respectively. This finding also supports the idea that mouse liver cells are more sensitive to clethodim exposure than human liver cells.





**Figure 3.** The micrographs of the control and clethodim-treated B129 cells obtained from the SRB assay. Cell morphology was captured by light microscopy (10X objective).



**Figure 4.** The micrographs of the control and clethodim-treated THLE-2 cells obtained from the SRB assay. Cell morphology was captured by light microscopy (10X objective).

## DISCUSSION

Clethodim is a commonly used herbicide in agricultural and non-agricultural areas due to its high efficacy and safety with low mammalian toxicity (Mohamed et al., 2023b). To date, researchers have conducted a few studies on mice and zebrafish animal models to investigate the toxic effects of this compound (Dcunha et al., 2023; Xiong et al., 2019). There is no information about the target organ or its toxic mechanisms. Moreover, there is no study about the hepatotoxic effects of the clethodim, especially at the in vitro cell culture level. For that reason, we carried out this study to determine the cytotoxic effects of clethodim on two different liver cell lines: human and mouse. MTT and SRB cell viability findings elucidated that the high doses of the clethodim have hepatotoxic effects. Similar to these effects, studies on the developmental, neurotoxic, and immunotoxic effects of clethodim on zebrafish embryos and mice have been published (Dcunha et al., 2023; Wang et al., 2019; Xiong et al., 2019). Supporting the study, the hepatotoxic effect of this herbicide was also demonstrated by Alaa M. H. Khozimy (2021). In that study, clethodim (163 and 326 mg/kg body weight) herbicides were orally administered to male albino rats for 28 days. The study found that the administration of clethodim significantly increased the levels of liver enzymes (ALT and AST) and the weight of liver organs. In the same study, to detect the clethodim associated with oxidative stress, they measured hematological parameters such as red blood cells (RBC), white blood cells (WBC), and hemoglobin. A sub-lethal dose of clethodim treatment induced a decrease in RBC and hemoglobin and a large rise in WBC. Based on these results, the cytotoxic effect of the clethodim may be associated with the herbicide's elevated ROS levels in liver cells since enhanced ROS levels are known to degrade cellular macromolecules such as lipids, proteins, DNA, etc. (Andrés Juan et al., 2021). This disruption may lead to the loss of the cellular main functions, so they enter the apoptotic/necrotic phase, and so on. Confirming this hypothesis, the hepatotoxic molecular mechanism of 2,4-dichlorophenoxyacetic acid (2,4-D) was reported in a review performed by Martins et al. (2024). In that study concluded that 2,4-D damages several hepatic biochemical markers, particularly elements of the antioxidant system, and that oxidative damage likely significantly contributes to the formation of 2,4-D-induced liver damage. Therefore, we can infer that clethodim-associated hepatotoxicity may be associated with these mechanisms (Brêda-Alves et al., 2020).

## CONCLUSION

This study shows that high doses of clethodim are toxic to the liver, as shown by the MTT and SRB cell viability assays. Our results underscore the urgent need for immediate care when using clethodim-based herbicides. Furthermore, it is essential for additional studies to explore the health consequences of long-term exposure, specifically at lower levels.

\*: This study was produced from the master's thesis of the first author.


## Acknowledgements


This study was supported by Atatürk University Scientific Research Projects Coordination Unit (BAP, No: FYL-2023-12045).

## Disclosure statement

The authors declare that they have no conflicts of interest.

## YAZAR ORCID NUMARALARI

Ergün ERGENEKON  <https://orcid.org/0000-0002-8303-4585>

Ömer Köksal ERMAN  <https://orcid.org/0000-0001-8901-2750>

Nihal ŞİMŞEK ÖZEK  <https://orcid.org/0000-0002-7326-5670>

## REFERENCES

- Ankit, Saha, L., Kishor, V., and Bauddh, K. 2020. Impacts of synthetic pesticides on soil health and non-targeted flora and fauna. *Ecological and practical applications for sustainable agriculture*, 65-88.
- Bahuguna, A., Khan, I., Bajpai, V. K., and Kang, S. C. 2017. MTT assay to evaluate the cytotoxic potential of a drug. *||| Bangladesh Journal of Pharmacology |||*, 12(2): 115-118.

- Brêda-Alves, F., Militão, F. P., de Alvarenga, B. F., Miranda, P. F., de Oliveira Fernandes, V., Cordeiro-Araújo, M. K., and Chia, M. A. 2020. Clethodim (herbicide) alters the growth and toxins content of *Microcystis aeruginosa* and *Raphidiopsis raciborskii*. *Chemosphere*, 243: 125-318.
- Çakır, M., and Erden, Y. 2019. MCF-7 ve PC-3 hücre hatlarında, hücre canlılığı ve dna hasarı üzerine trpv4 antagonisti rn 1734'ün etkileri. *Bozok Tıp Dergisi*.
- Damalas, C.A., and Koutroubas, S. D. 2016. Farmers' exposure to pesticides: toxicity types and ways of prevention. In *Toxics*, 4(1).
- Dcunha, R., Kumari, S., Najar, M. A., Aravind, A., Suvarna, K. S., Hanumappa, A., Mutalik, S. P., Mutalik, S., Kalthur, S. G., Rajanikant, G. K., Siddiqui, S., Alrumman, S., Alamri, S. A. M., Raghu, S. V., Adiga, S. K., Kannan, N., Thottethodi Subrahmanya, K. P., and Kalthur, G. 2023. High doses of clethodim-based herbicide GrassOut Max poses reproductive hazard by affecting male reproductive function and early embryogenesis in Swiss albino mice. *Chemosphere*, 336.
- Gavrilescu, M., Demnerová, K., Aamand, J., Agathos, S., and Fava, F. 2015. Emerging pollutants in the environment: Present and future challenges in biomonitoring, ecological risks and bioremediation. *New Biotechnology*, 32(1): 147–156.
- Ghasemi, M., Turnbull, T., Sebastian, S., and Kempson, I. 2021. The MTT assay: utility, limitations, pitfalls, and interpretation in bulk and single-cell analysis. *International journal of molecular sciences*, 22(23): 12827.
- Holen, E., Kausland, A., and Skjærven, K. 2010. Embryonic stem cells isolated from Atlantic cod (*Gadus morhua*) and the developmental expression of a stage-specific transcription factor ac-Pou2. *Fish Physiology and Biochemistry*, 36(4): 1029–1039.
- Hong, Z., Faqir, Y., Kalhor, G. M., Kalhor, M. T., Kaleri, A. R., Murad, A., and Adeel, M. 2023. Hazardous impacts of Clopyralid, Benazolin, and Clethodim on seed germination and seedling of oil rapeseed (*Brassica napus*). *Polish Journal of Environmental Studies*, 32(3): 2623-2636.
- Juan, C. A., Pérez de la Lastra, J. M., Plou, F. J., and Pérez-Lebeña, E. 2021. The chemistry of reactive oxygen species (ROS) revisited: outlining their role in biological macromolecules (DNA, lipids and proteins) and induced pathologies. *International journal of molecular sciences*, 22(9): 46-42.
- Keepers, Y. P., Pizao, P. E., Peters, G. J., van Ark-Otte, J., Winograd, B., and Pinedo, H. M. 1991. Comparison of the sulforhodamine B protein and tetrazolium (MTT) assays for in vitro chemosensitivity testing. *European Journal of Cancer and Clinical Oncology*, 27(7): 897–900.
- Khozimy, A. M., Abuzeid, M. A., Hamada, S.H.E., and El-Danasoury, H.M. 2021. Sub-acute toxicity of two herbicides halosulfuron-methyl and Clethodim on biochemical and hematological parameters in male albino rats. *Journal of Applied Plant Protection*, 10(1): 35-42.
- Kishor, D. R., Moses, S., & Kumar, M. 2020. Study of Important Insecticide Samples. *Agriculture & Food: e-Newsletter*, 5.
- Laetz, C. A., Baldwin, D. H., Collier, T. K., Hebert, V., Stark, J. D., and Scholz, N. L. 2009. The synergistic toxicity of pesticide mixtures: Implications for risk assessment and the conservation of endangered Pacific salmon. *Environmental Health Perspectives*, 117(3): 348–353.
- Martins, R. X., Carvalho, M., Maia, M. E., Flor, B., Souza, T., Rocha, T. L., and Farias, D. 2024. 2,4-D Herbicide-induced hepatotoxicity: Unveiling disrupted liver functions and associated biomarkers. *Toxics*, 12(1): 35.
- Mohamed, I. A., Omar, E. M., Tawfik, A. I., Amro, A. M. A., and Al Naggar, Y. 2023. Sublethal effects of herbicides clethodim, haloxyfop-P-methyl, and their mixture on honey bee health. *Apidologie*, 54(1).
- Pang, K., and Hu, J. 2020. Simultaneous analysis and dietary exposure risk assessment of fomesafen, clomazone, clethodim and its two metabolites in soybean ecosystem. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(6): 1951.
- Patil, P. B., Minteer, S. D., Mielke, A. A., Lewis, L. R., Casmaer, C. A., Barrientos, E. J., Ju, J. S., Smith, J. L., and Fisher, J. S. 2007. Malonyl coenzyme A affects insulin-stimulated glucose transport in myotubes. *Archives of Physiology and Biochemistry*, 113(1): 13–24.
- Saito, Y., Nishio, K., Ogawa, Y., Kimata, J., Kinumi, T., Yoshida, Y., Noguchi, N., & Niki, E. 2006. Turning point in apoptosis/necrosis induced by hydrogen peroxide. *Free radical research*, 40(6), 619-630.
- Santos, K. R., Galter, I. N., Grecco, K. D., Silva, E. Z. M., Lascola, M. B., Dos Santos, S. N., and Matsumoto, S. T. 2023. Toxicogenetic, biochemical, and anatomical effects of the herbicide Clethodim on *Allium cepa* L. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(60): 125388-125397.

- Skehan, P., Storeng, R., Scudiero, D., Monks, A., McMahon, J., Vistica, D., ... Boyd, M. R. 1990. ARTICLES New Colorimetric Cytotoxicity Assay for Anticancer-Drug Screening. In *J Natl Cancer Inst* (Vol. 82). Retrieved from <https://academic.oup.com/jnci/article-abstract/82/13/1107/970741>.
- Vichai, V., and Kirtikara, K. 2006. Sulforhodamine B colorimetric assay for cytotoxicity screening. *Nature Protocols*, 1(3).
- Wang, H., Zhou, L., Meng, Z., Su, M., Zhang, S., Huang, P., Jiang, F., Liao, X., Cao, Z., and Lu, H. 2019. Clethodim exposure induced development toxicity and behaviour alteration in early stages of zebrafish life. *Environmental Pollution*, 255.
- Xiong, G., Zou, L., Deng, Y., Meng, Y., Liao, X., and Lu, H. 2019. Clethodim exposure induces developmental immunotoxicity and neurobehavioral dysfunction in zebrafish embryos. *Fish and Shellfish Immunology*, 86: 549–558.

## Sulama Alanlarına Saptırılan Sulama Suyunun Yeterlilik Durumu: Çanakkale-Biga Bakacak Barajı Örneği

Canan DOĞAN<sup>1</sup> , İsmail TAŞ<sup>2\*</sup> 

<sup>1</sup>Devlet Su İşleri 252. Şube Müdürlüğü, Çanakkale

<sup>2</sup>Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Çanakkale

\*Sorumlu Yazar: [tas\\_ismail@yahoo.com](mailto:tas_ismail@yahoo.com)

Geliş Tarihi: 06.03.2024 Düzeltme Geliş Tarihi: 28.03.2024 Kabul Tarihi: 01.04.2024

### Öz

Dünyanın büyük bölümünde olduğu gibi Türkiye’de de su varlığı sınırlı ve yetersizdir. Bu nedenle her damla su dikkatli kullanılmalıdır. Yapılan bu çalışmada, Çanakkale-Biga Bakacak Barajı sulama alanına, Devlet Su İşleri’nce (DSİ) saptırılan sulama suyu yeterliliğinin son on yıllık dönemi (2012-2022) değerlendirilmiştir. Yıllar itibarıyla gerçekleşen ürün deseninden gidilerek bitkilerin sulama suyu ihtiyaçları hesaplanarak her yıl için saptırılan sulama suyu miktarı ile karşılaştırılmıştır. Ayrıca proje alanında öngörülen ürün deseni ile gerçekleşen ürün deseni de karşılaştırılmıştır. Yapılan hesaplamalar ve incelemeler sonrasında projede alanında planlanan ürün deseninde çeltik bitkisi için %8 oranında ekiliş öngörülürken, dikkate alınan üretim döneminde gerçekleşen ürün deseninde bu oran sulama alanının %7.5-52.7’dir. Benzer şekilde mısır bitkisi de %5 olarak öngörülürken sulanan alanın %14.7-55.7’si arasında değişim sergilemiştir. 10 yıllık üretim periyodu dikkate alındığında çeltik bitkisinin evapotranspirasyon (ETc) değeri 674-821 mm; ayçiçeği 316-398 mm; domates 482-592 mm; fasulye 442- 541 mm; mısır 460-563 mm ve yonca 714-888 mm arasında değişim göstermiştir. DSİ tarafından 2012-2021 arası periyotta alana verilen sulama suyu miktarı, sulama alanının net sulama suyu ihtiyacının 1.54-2.72 katı, ortalama 2.05 katı (%105 daha fazla) olarak uygulandığı hesaplanmıştır. Brüt sulama suyu ihtiyacı üzerinden yapılan hesaplamada ise bu değerler 1.08-1.99 arasında değişmiş ve ortalama 1.35 katı (%35 daha fazla) olarak belirlenmiştir. Araştırma sonucunda, Bakacak barajı sulama alanına sulama suyunun ihtiyaç duyulandan daha fazla verildiği belirlenmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Ürün deseni değişimi, sulama suyu yeterliliği, evapotranspirasyon

## Sufficiency of Irrigation Water Diverted to Irrigation Areas: Case Study of Çanakkale-Biga Bakacak Dam

### ABSTRACT

As it was in most of the world, water resources are limited and insufficient also in Turkey. Therefore, every drop of water should be used efficiently. In this study, the adequacy of the irrigation water diverted by the State Hydraulic Works (DSI) to the Çanakkale-Biga Bakacak Dam irrigation area was evaluated in the last ten-year period (2012-2022). The irrigation water needs of the plants were calculated based on the cropping patterns realized over the years and compared with the amount of irrigation water diverted for each year. Additionally, the predicted cropping pattern in the project area was compared with the actual cropping pattern. Present calculations and examinations revealed that while 8% paddy was planned, this rate was realized as 7.5-52.7%. Similarly, while maize was planned as 5%, it was realized as between 14.7-55.7%. Considering 10-year production period, the evapotranspiration (ETc) values were calculated as 674-821 mm for paddy; 316-398 mm for sunflower; 482-592 mm for tomato; 442- 541 mm for bean; 460-563 mm for maize and

714-888 mm for alfalfa. It was calculated that the amount of irrigation water given to the area by DSI in the period between 2012 and 2021 was 1.54-2.72 times the net irrigation water need of the irrigation area, with an average of 2.05 times (105% more). In the calculation made based on the gross irrigation water need, these values varied between 1.08-1.99 and were determined to be 1.35 times (35% more) on average. As a result of the research, it was determined that more irrigation water was supplied to the Bakacak dam irrigation area than needed.

**Key words:** Crop pattern change, irrigation water sufficiency, evapotranspiration.

## GİRİŞ

Su kaynaklarını yönetmek aynı zamanda iklime uyum sağlamanın da anahtarıdır. Dolayısıyla entegre su kaynakları yönetimi yaklaşımları, iklim şoklarına hazırlanma ve bunlara karşı dayanıklılığın artırılması için bu tür çalışmaların yapılması önemlidir. Kuraklık ve buna bağlı olarak gerçekleşen ekosistem bozulmaları, su mevcudiyeti ve hakları konusunda var olan gerilimi daha da artırmaktadır. Çevresel bozulma, iklim değişikliği, barış ve güvenlik dinamikleri arasındaki etkileşimlerde kilit role sahiptir. Bu nedenle, su kaynaklarının yönetimi ve suyla bağlantılı ekosistemlerin sağlığının korunması, dünya ölçeğinde büyük bir öneme sahiptir. Bu nedenle hem iklime uyum hem de iklim kaynaklı afetlerin etkilerinin hafifletilmesi, sürdürülebilir yaşam ve üretim için hayati öneme sahiptir. Mevcut yapının korunması ve iyileştirilmesi için doğru yönetim planlamasına/araçlarına ve tüm ekosistemi kapsayan, yenilikçi dögüsel planlamalara ihtiyaç duyulmaktadır.

Taş ve Kırnak'ın (2011) yayınlamış oldukları çalışmada, Şanlıurfa ili koşullarında 6 farklı ampirik yöntemle ETC değeri hesaplanmış ve ölçülen evapotranspirasyon (ETa) değerine oranlayarak karşılama oranlarını hesaplamıştır. Yapılan hesaplamalar sonucunda Blaney-Cridle %62.9, FAO-Blaney-Cridle %125.9, Radyasyon %107.6, Penman %91.1, Hargreaves-Samani %72.3 ve FAO Pan %114.5 olarak hesaplanmıştır. Hesaplama dikkate alınan 6 ampirik yöntemden 3 tanesini kurak-yarı kurak iklim bölgesinden daha düşük (%8.9-37.1 oranda) tahmin ederken kalan 3 tanesi de daha yüksek (%7.6-25.9 oranında) tahmin etmiştir.

Aydoğdu (2020)'ya göre, GAP-Şanlıurfa'da sulama alanlarında mısır tarımı yapan çiftçilerin %78'den fazlası hali hazırda uygulanan sulama politikalarından memnun olmadığını ifade etmiştir. Ankete katılan üreticilerin %81'inin sulama sistemlerinin verim üzerinde etkili olduğu, %36 oranında katılımcının sulama sistemini mecburiyetten seçtiğini, %34'ünün sulamanın yeterliliğine tahmini olarak karar verdiğini ve %24'ünün ise ne kadar fazla sulama yapılırsa, o kadar fazla ürün alınır görüşünde olduğu tespit edilmiştir. Genel olarak değerlendirildiğinde sulamada suyun önemi anlaşılmış olup, sulama sistemleri konusunda sahada bilgi eksikliği ve yetersizliği olduğu ortaya konmuştur.

Ürün deseni, bitkiye dayalı endüstrinin gelişmesi için temel koşul olup, bölgesel tarımın sürdürülebilir kalkınması için çok önemlidir (Topak ve ark., 2003). Tarımsal üretimde ürün deseninin belirlenmesi ve optimize edilmesi tarımsal kalkınma unsurlarının başında gelmekte olup, karar vericilerin özellikle pazar talebine göre ürün desenini düzenlenmesi ve optimize etmesi büyük önem arz etmektedir (He ve ark., 2021). Bir proje sahasında ürün deseninin belirlenmesi ve optimizasyonu, karmaşık bir işlem olup çok boyutlu optimizasyon gerektiren bir durumdur. Su kaynakları, toplum, ekonomi, ekoloji ve çevre gibi birçok boyut birlikte ele alınmalıdır (Ji ve ark., 2021 ve Ren ve ark., 2021). Örneğin, ürün deseni ile su kullanım verimliliği, ekonomik verimlilik ve ekolojik çevre koşulları iyileştirilebilir (Garduño ve Foster, 2010, Song ve ark., 2014; He ve ark., 2021). Ayrıca, ekonomik kalkınma ile güzel bir ekolojik çevre arasındaki çelişki, aynı zamanda su kaynaklarının yetersizliği ile sosyal ve ekonomik kalkınma arasında ve ürün deseni optimizasyonundaki çeşitli boyutlar arasında farklı ilişkili ilişkiler bulunmaktadır (Brenner ve Hartl, 2021). Tarımın sürdürülebilir kalkınmasını teşvik etmek için, ürün deseni optimizasyonu sürecinde su kaynakları, toplum, ekonomi, ekoloji ve çevrenin çok boyutlu koordinasyonunun dikkate alınması gerekmektedir. Mevcut ürün deseni optimizasyon çalışmalarının büyük bölümü, ekonomik faydaların büyüme üzerine etkilerindeki etkilerine odaklanmaktadır (Li ve ark., 2022).

Mevcut su kaynakları gün geçtikçe kitledaşmakta ve buna bağlı olarak da suyun değeri her geçen gün daha da artmaktadır. Bu nedenle mevcut su kaynaklarının kullanımı daha verimli şekilde olmalıdır. Dünya genelinde olduğu gibi ülkemizde de son yıllarda meydana gelen kuraklıklar mevcut suyun çok daha verimli kullanılmasını zorunlu hale getirmektedir. Bu nedenle başta tarımsal üretimde kullanılan sulama suları olmak üzere suyun kullanıldığı tüm sektörlerde gerekli önlemler alınarak suyun tasarruflu kullanımı ivedilikle sağlanmalıdır. Yapılan bu çalışmada da tarımsal sulamada kullanılan sulama suyunun, bitki ihtiyaçları ile karşılaştırılarak yeterlilikleri değerlendirilmiştir. Sulama alanlarında sulama suyu yeterliliği üzerine yapılan çalışmalar yaygın şekilde "Sulama Performans Göstergeleri" başlığı altında daha çok şebeke yeterliliği üzerinde durmaktadır. Hazırlanan bu çalışmada, su kaynağı Biga'daki Bakacak barajı olan Biga Ovası Sulama Birliği sulama alanında, saptırılan suyun yetiştirilen bitkiler dikkate alınarak yeterliliği incelenmiştir. Çalışma sonunda elde edilen veriler ışığında su

kullanımı ve yönetimi konusunda önemli bilgiler elde edilmiştir. Özellikle DSİ tarafından saptırılan sulama suyunun yeterlilik durumu ayrıntılı olarak ortaya konmuştur.

## MATERYAL ve METOT

### Materyal

#### Araştırma Alanı Özellikleri

Araştırma, Biga ovasının bir bölümünü oluşturan Bakacak Barajı sulama alanında (Biga Ovası Sulama Birliği sulama sahasında) yürütülmüştür. Bakacak barajı sulama sahası, Biga Ovasının bir bölümü olup ilçenin 10 km kuzey batısında yer almaktadır. DSİ tarafından yapılan etütlere göre Biga ovası 323 070 da alanı kaplamaktadır. Bakacak barajı sulama alanı ise bunun yaklaşık %30.6'nı (9870 ha) oluşturmaktadır. Baraj, ilçe merkezine kuş uçuşu yaklaşık 20 km mesafede batısında Kocaçay çayı üzerine 1991-1999 yılları arasında inşa edilmiştir. Araştırma alanı DSİ toprak etütlerine göre üst ve alt toprak profilin ağır bünye olarak tanımlanmış olup arazi sınıflaması Çizelge 1'de verilmiştir (DSİ, 1985). Sulama alanının %86.91'i sulanabilir arazilerden oluşmaktadır (Şekil 1). Baraj gövdesi toprak dolgu tipinde olup talvegden yükseklik 45.5 m, temelden yükseklik 55.6 m dir. Normal su kotunda göl alanı 5.84 km<sup>2</sup>, depolama hacmi 96569 hm<sup>3</sup>, ölü hacmi 9000 hm<sup>3</sup> tür (Taş ve ark., 2023).

Çizelge 1. Sulama alanı arazi sınıflaması.

Proje Öncesi							
Alan	Sulanabilir Alan				Geçici Olarak Sulanamaz Alan (5. Sınıf)	Sulanamaz Alan (6. Sınıf)	Genel Toplam
	1	2	3	Toplam			
Dekar	2750	47270	18520	68540	21430	8730	98700
Yüzde	2.79	47.89	18.76	69.44	21.71	8.85	100
Proje Sonrası							
Alan	Sulanabilir Alan				Geçici Olarak Sulanamaz Alan (5. Sınıf)	Sulanamaz Alan (6. Sınıf)	Genel Toplam
	1	2	3	Toplam			
Dekar	4520	59850	21410	85780	4190	8730	98700
Yüzde	4.58	60.64	21.69	86.91	4.25	8.84	100

Bakacak barajı sulama tesisleri 1999 yılında işletmeye açılmış, 1995 yılında kurulan Biga Ovası Sulama Birliği'ne devredilmiştir. Ana su iletim kanalı 77 144 m olup klasik beton kaplamalıdır. Cazibe sulamasında 55 405 m klasik beton kaplamalı yedek kanal, 159 753 m borulu yedek kanal ve 94 853 m beton kaplamalı tersiyer kanal mevcuttur. Sistemde 29 486 m ana boşaltım kanalı, 55 852 m yedek boşaltım kanalı ve 66 664 m tersiyer boşaltım kanalı mevcuttur.



## Şekil 1. Bakacak Barajı ve sulama alanı uydu görüntüsü

**İklim Özellikleri**

Sulama alanında geçiş iklimi özelliği (Karadeniz ve Akdeniz karışımı) görülmektedir. Çalışma alanına ait uzun yıllık iklim verileri Çizelge 2’de gösterilmiştir. Ayrıca çalışma periyoduna ilişkin ölçülen iklim parametrelerinin ortalama değerleri de aynı çizelgede sunulmuştur. Uzun yıllık gözlem sonuçlarına göre en yağışlı ay Ocak ve en kurak ay ise Ağustos ayıdır. Çalışmada dikkate alınan dönemde de benzer şekilde en yağışlı ay Ocak, en kurak ay ise Ağustos ayı iken, son 2 yıldır en yağışlı ay Nisan – Mayıs en kurak ay ise Ağustos ayı olduğu belirlenmiştir. Yıllık yağış toplamının ortalaması ise 691,3 mm olarak belirlenmiştir (MGM, 2023).

Çizelge 2. Çalışma alanına ait uzun yıllık (1959-2023) iklim verileri

Aylar	Tort (°C)	Tmax (°C)	Tmin (°C)	Ort. Nem (%)	Ort. Rüzgar Hızı (m/s)	Toplam Yağış Ort. (mm)
I	5.4	18.5	-5.4	79.9	2.1	95
II	6.0	20.3	-4.7	77.3	2.2	78
III	8.1	23.5	-2.7	75.2	2.1	70
IV	12.4	27.6	1.0	71.5	1.8	57
V	17.2	31.8	5.1	70.6	1.6	40
VI	21.7	35.5	10.1	65.6	1.7	33
VII	23.8	36.1	13.0	64.0	2.1	16
VIII	23.6	35.6	12.9	66.0	2.2	14
IX	19.8	33.8	8.8	69.0	1.9	42
X	15.3	29.2	4.1	75.3	1.8	76
XI	11.0	24.5	-0.2	79.1	1.7	80
XII	7.7	19.8	-3.1	80.0	1.9	109
2012-2021						
I	6.0	19.6	-5.2	85.8	2.4	92
II	7.2	21.7	-3.5	84.7	2.6	65
III	9.5	24.3	-2.3	80.1	2.5	61
IV	13.2	28.2	2.1	73.9	2.2	54
V	18.1	32.8	6.1	76.2	2.2	49
VI	22.5	35.8	10.5	71.9	2.5	41
VII	24.7	36.3	13.2	69.0	3.0	13
VIII	25.2	35.8	13.5	69.5	3.2	12
IX	21.3	35.6	9.7	71.0	2.7	41
X	16.2	30.0	5.2	80.2	2.3	92
XI	12.2	25.7	1.5	84.4	2.3	60
XII	7.5	20.3	-2.4	87.1	2.3	99

**METOT****Bitki Su Tüketimi**

Çalışma kapsamında bitki su tüketimi FAO Penman-Monteith yöntemi ile hesaplanmıştır. Ülkeden ülkeye farklı isimlendirilen bu yöntem, potansiyel su tüketimi yerine referans bitki su tüketimi kavramını kullanmakta olup FAO56-PM olarak adlandırılarak yaygın şekilde kullanılmaktadır (Kobak ve Taş, 2021; Koç ve Güner, 2005; İlhan ve Utku, 1998; Allen, 1994).

Bu yöntemde referans bitki su tüketimi;

$$ET_0 = \frac{\delta}{\delta + \gamma_0} (R_n - G) \frac{1}{\lambda} + \frac{\gamma}{\delta + \gamma_0} \frac{900}{T + 275} u_2 (e_a - e_d)$$

Eşitlikte;

$ET_0$  = Referans evapotranspirasyon (mm/gün);  $\delta$  = Buhar basıncı eğrisinin eğimi (kPa/°C);  $\gamma_0$  = Modifiye psikrometrik sabite (kPa/°C);  $P$  = Atmosfer basıncı (kPa);  $R_n$  = Bitki yüzeyindeki net radyasyon (MJ/m<sup>2</sup> gün);  $R_a$  = Atmosferin dış yüzeyine ulaşan radyasyon (MJ/m<sup>2</sup> gün);  $R_s$  = Yeryüzüne ulaşan kısa dalgalı radyasyon (MJ/m<sup>2</sup> gün);  $R_{ns}$  = Kısa dalgalı net radyasyon (MJ/m<sup>2</sup> gün);  $R_{nl}$  = Uzun dalgalı net radyasyon (MJ/m<sup>2</sup> gün);  $f(e_d)$  = Buhar basıncı fonksiyonu;  $e_d$  = Hava sıcaklığındaki gerçek buhar basıncı ortalaması (kPa);  $e_a$  = Hava sıcaklığındaki doymuş buhar basıncı ortalaması (kPa);  $G$  = Zemin ısı değişim yoğunluğu (MJ/m<sup>2</sup>gün);  $T$  = Sıcaklık



(OC);  $u_2$  = Ortalama 2 m yüksekliğindeki rüzgâr hızı (m/s);  $\gamma$  = Psikrometrik sabit (kPa/°C); RH = Bağıl nem ortalaması (%)'dir.

### Sulama Suyu İhtiyacı

Çalışma alanında çok sayıda bitki yetiştirilmekte olup her bir bitkinin ihtiyaç duyduğu sulama suyu miktarı büyüme mevsimi boyunca farklı olup 10 günlük olarak hesaplanan Kc katsayıları kullanılarak her bir bitkinin bitki su tüketim değerleri hesaplanmıştır. Sulama suyu miktarının belirlenmesinde hesaplanan bitki su tüketim değerlerinden yağış değerleri çıkartılarak belirlenmiştir (Yıldırım, 2004).

$$dn = ETc - P$$

dn= Sulama suyu ihtiyacı (mm)

ETc= Bitki su tüketimi (mm)

P= Yağış (mm)

### Kuraklık Analizi

Bitki kök bölgesindeki nem, nispeten kısa bir zaman diliminde yağışa bağlı olarak değişkenlik gösterir. Akarsular, su depolama yapıları ve yeraltı suları uzun vadeli yağış anomalilerini yansıtır. Araştırma alanının kurak dönemlerinin belirlenmesi bu açıdan önemlidir. Biga meteoroloji istasyonuna ait 1959 yılından itibaren ölçülmeye başlanmış yağış verileri kullanılarak (eksik veriler de çevre istasyon verilerinden tamamlanmıştır) Standardize Yağış İndisi (SPI) yöntemiyle kuraklık analizi yapılmıştır. Çalışma kapsamında hidrolojik kurak dönemleri belirlemek için 12 aylık SPI sonuçları dikkate alınmıştır. SPI hesaplamasında McKee ve ark., (1993) tarafından geliştirilen aşağıdaki eşitlikten yararlanılmıştır. SPI analizi kuraklık ve nemlilik sınıflandırmasının sınır değerleri Çizelge 3'de gösterilmiştir. Hesaplama ve Dünya Meteoroloji Örgütü (WMO, 2012) tarafından yayımlanan kendinden kalibrasyonu olan program kullanılmıştır. SPI Çalışma kapsamında, kurak dönemler şiddetli kurak ve aşırı kurak sınıflar dikkate alınarak belirlenmiş ve çalışmada dikkate alınan 2012-2021 dönemi sonuçlarına yer verilmiştir.

$$SPI = \frac{x_i - x_j}{\sigma}$$

Eşitlikte SPI: Standardize Yağış İndisi;  $x_i$ : Mevcut Yağış;  $x_j$ : Ortalama Yağış ve  $\sigma$ : standart sapma

Çizelge 3. SPI Kuraklık/Nemlilik sınıflandırması (McKee et al., 1993)

Standart Yağış İndisi	Yağış (Kuraklık/Nemlilik) Sınıfı
2 ve üzeri	Aşırı nemli
1.5 - 1.99	Çok nemli
1 - 1.49	Orta düzeyde nemli
0.5 - 0.99	Normale yakın nemlice
-0.499 - 0.499	Normal
-0.5 - -0.99	Normale yakın kurakça
-1 - -1.49	Orta düzeyde kurak
-1.5 - -1.99	Şiddetli kurak
-2 ve altı	Aşırı kurak

### Veri Toplama

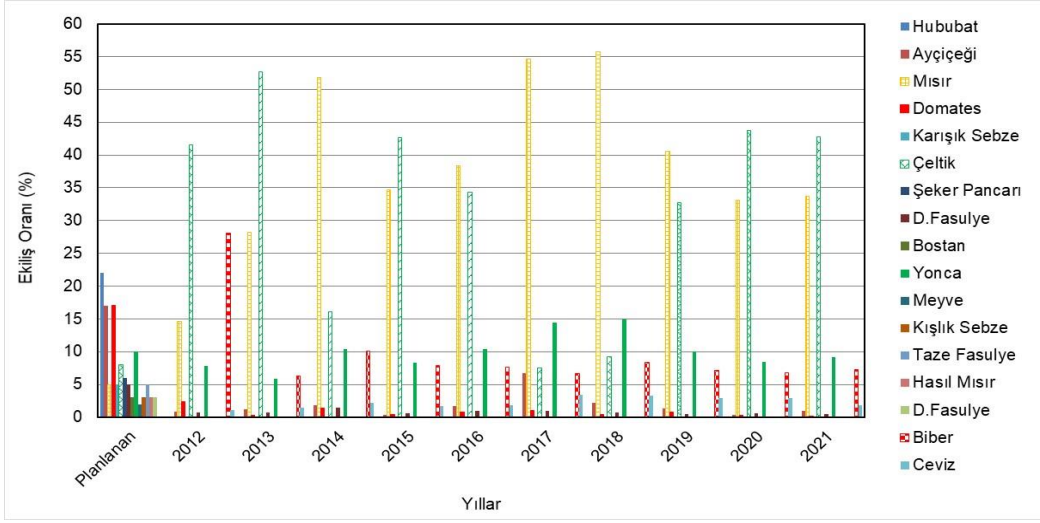
Bazıları DSİ ve Biga Ovası Sulama Birliği kayıtlarından ve bazıları da DSİ'nin 1985 yılında tamamlamış olduğu Biga Bakacak Projesi Planlama Raporundan ihtiyaç duyulan veriler temin edilmiştir. 2012-2021 yılları arası 10 yıllık dönem içinde Biga Ovası Sulama Birliği sulama alanında gerçekleşen bitki desenlerinden faydalanılarak evpotranspirasyon, net ve brüt sulama suyu ihtiyaçları hesaplanmıştır. Ayrıca, sulama alanına saptırılan su miktarı da DSİ verilerinden temin edilmiştir.

## BULGULAR ve TARTIŞMA

### Ürün Desenindeki Değişim

Sulama alanı için planlama aşamasında öngörülen ürün deseninin hemen hemen hiç oluşmadığı belirlenmiştir. Şekil 2'de planlama aşamasında öngörülen ürün deseni ve incelemeye alınan dönemdeki ürün desenindeki değişim gösterilmektedir. Planlanan ürün deseninde salçalık biber ve ceviz öngörülmezken gerçekleşen ürün deseninde söz konusu bitkilerin üretildiği belirlenmiştir. Sulama alanında ağırlıklı olarak üretimi yapılan ayçiçeği, salçalık biber, domates, fasulye, meyve, mısır, yonca, çeltik ve karışık sebze bitkilerinin 2012-2021 yılları arasındaki ekim/dikimindeki değişim Şekil 3'de gösterilmiştir. Şekil 2 ve 3 birlikte

incelendiğinde salçalık biber üretimi 2012 yılında 19551 da iken bu değer 2013-2021 yılları arasında ortalama 3779 da alana gerilemiştir. Salçalık biber üretimindeki değişim değişen piyasa koşulları ve buna bağlı olarak getirisindeki değişimden kaynaklandığı düşünülmektedir. Ayçiçeği üretimi planlanan ürün deseninden 13352 da (%17) olarak öngörülmüşken 208-2862 da alanda üretim yapılmıştır.



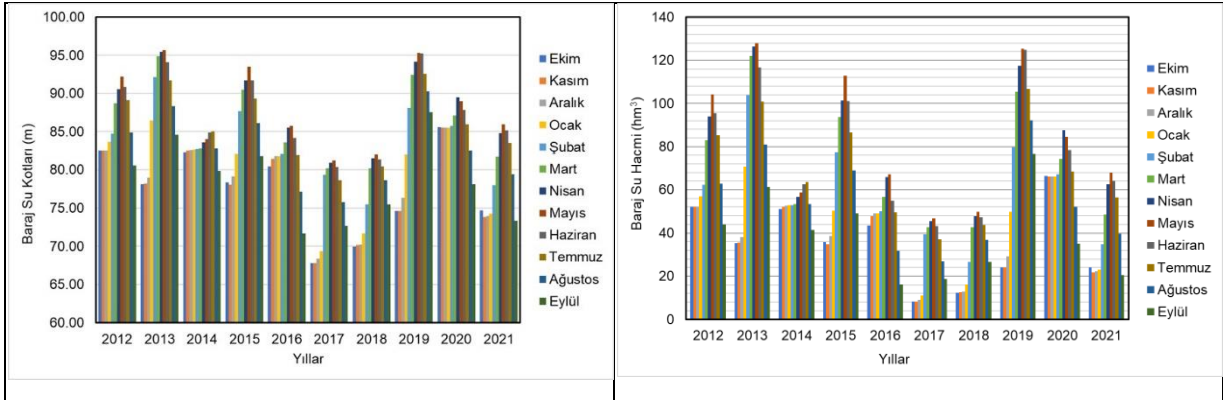
Şekil 2. Planlanan ve gerçekleşen ürün deseni



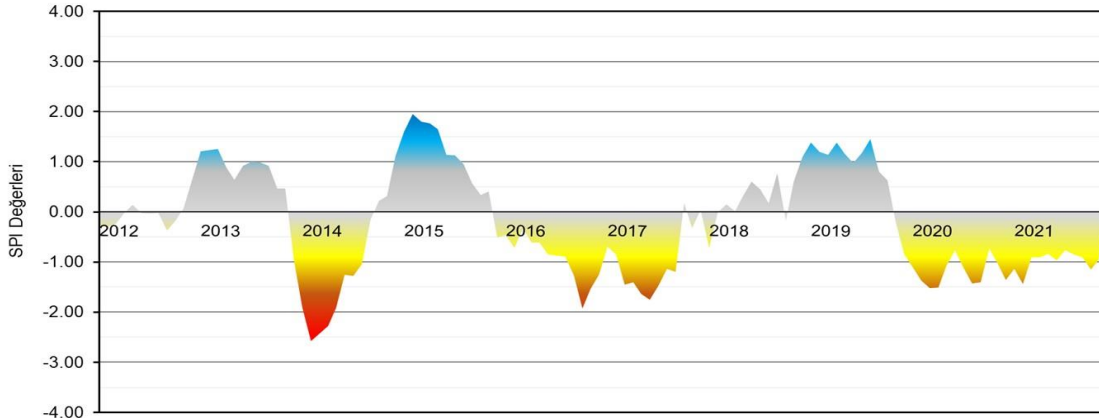
Şekil 3. Sulama alanında üretilen başlıca bitkiler ve üretim alanlarındaki değişim

Benzer şekilde domates için planlanan üretim alanı 13352 da (%17) iken gerçekleşen ürün deseninde 75-1693 da arasında değişim göstermiştir. Fasulye planlamada 3927 da iken yıllar içerisinde 187-1040 da alanda üretimi gerçekleştirilmiştir. Mısır da fasulye gibi planlamada 3927 da iken üretimde bu değer çok üzerinde ürün deseninde yer almıştır. Mısır 10218-23228 da alan arasında üretimi yapılmıştır. Özellikle 2017-2018 üretim yıllarında 23228 ve 22052 da alanda üretim yapılmıştır. Benzer şekilde karışık sebze planlamada 3927 da iken gerçekleşen ürün deseninde en fazla 273 da'a çıkabilmiş ortalama 65 da olarak gerçekleşmiştir. Yonca planlamada 7854 da iken 3637-6137 da alan arasında değişken ortalama 5022 da alanda üretim yapılmıştır. Sulama sahasında meyve üretimi olarak %2'lik (1571 da) pay ayrılmış olup en fazla 1468 da alana kadar çıkabilmiştir. Sulama sahasında en fazla değişim gösteren bitki çeltik olmuştur. Proje kapsamında planlanan çeltik üretimi 6283 da (sulama alanının %8'inde) iken sadece 2017 (3187 da) ve 2018 yıllarında (3675 da) planlanan miktarın altına inmiştir. Diğer yıllarda en düşük planlanan alana yakın yani 6832 da alanda üretilirken 2013 yılında 33092 da'a kadar yükselmiş olup ortalama 21780 da alanda üretimi yapılmıştır. 2017 ve 2018 yıllarında çeltik üretim döneminde barajda yeterli suyun olmaması nedeniyle ekime izin verilmemiştir. Şekil 4'den de görüleceği gibi söz konusu yıllarda barajda depolanan su miktarı 2017 yılı mayıs ayı başında 46 milyon m<sup>3</sup> iken bu rakam 2018 yılında 49 milyon m<sup>3</sup> olarak depolanmıştır. Barajda depolanan su miktarının yetersizliği nedeniyle çeltik ekimine izin verilmemiştir. Söz konusu yıllarda bireysel yeraltı su kuyusu olan üreticiler ve damla sulama ile üretim yapan üreticilere çeltik üretim izni verilmiştir.

Sulama alanını temsil edebilecek özelliklere sahip Biga meteoroloji istasyonunda ölçülen yağış verilerine SPI yöntemi kullanılarak yapılan kuraklık analizi sonucunda araştırma periyodundaki 2014, 2016, 2017, 2020 ve 2021 yılları orta ve şiddetli kuraklık yaşamıştır (Şekil 5). 2018 yılında ise hafif kuraklık meydana gelmiştir. Bu nedenle söz konusu dönemlerde baraj rezervuarında yeterli miktarda su depolanamamıştır. Ekim desenindeki değişimler dikkate alındığında hidrolojik kuraklığın etkili olduğu özellikle 2016 da başlayan ve 2018'e kadar devam eden dönemde çeltik üretimi düşmüştür. Ancak ikinci ürün mısır üretiminde artış meydana gelmiştir. Bunun nedeni barajda depolanan suyun ikinci ürün mısır üretimi için yeterli olacağı değerlendirilerek üretime izin verilmesidir.



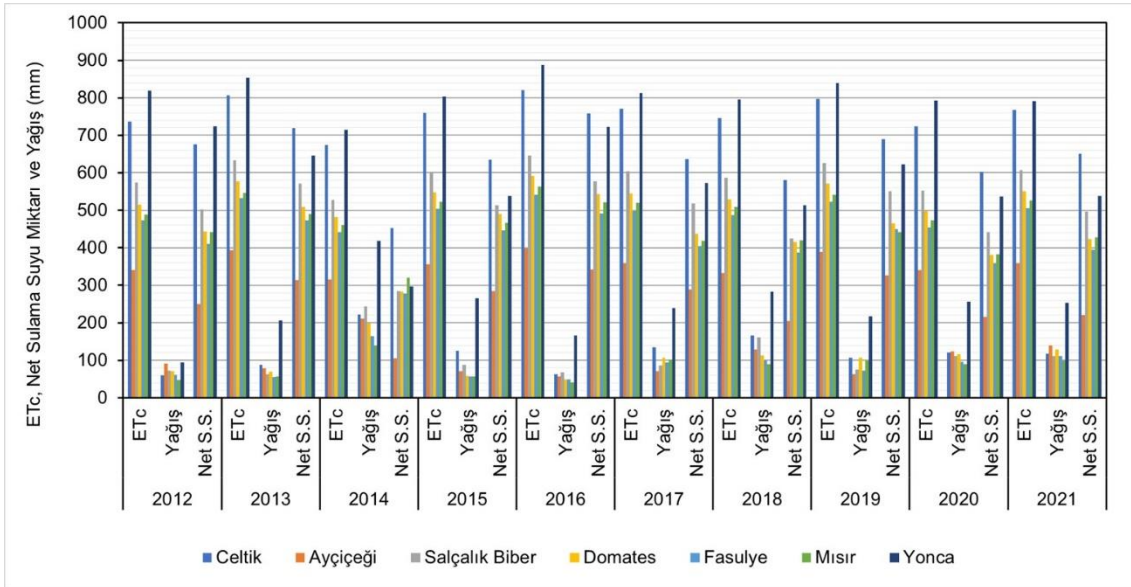
Şekil 4. Araştırma döneminde barajdaki su kotlarındaki ve depolamadaki değişim



Şekil 5. Araştırma döneminde oluşan hidrolojik kurak dönemler.

### Evapotranspirasyon ve Sulama Suyu İhtiyacı

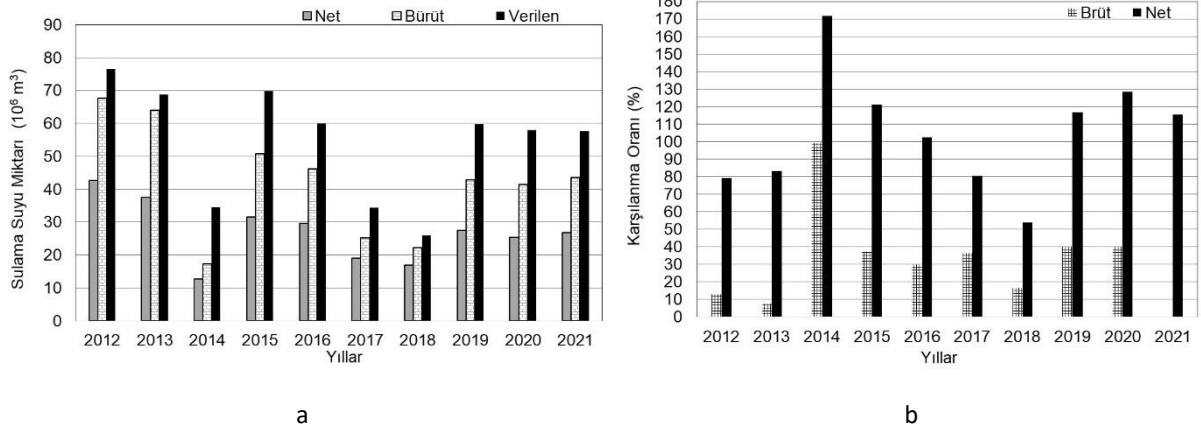
Araştırma kapsamında proje sahasında üretilen çeltik, ayçiçeği, salçalık biber, domates, fasulye, mısır ve yonca bitkilerinin dikkate alınan üretim periyodundaki evapotranspirasyon, net sulama suyu miktarları ve etkili yağış değerleri Şekil 6'da sunulmuştur. Şekilden de görüleceği gibi en yüksek evapotranspirasyon değeri ve dolayısıyla da net sulama suyu miktarı yonca ve çeltik bitkilerinde hesaplanmıştır. Bunları salçalık biber, domates, mısır, fasulye ve ayçiçeği bitkileri izlemektedir. Proje sahasında ayçiçeği üretiminde sulama yapılmaktadır. Bitkilerin evapotranspirasyon değerleri çeltik 674-821 mm ve ortalama 760 mm; ayçiçeği 316-398 mm ve ortalama 358 mm; salçalık biber 528-646 mm ve ortalama 596 mm; domates 482-592 mm ve ortalama 541 mm; fasulye 442- 541 mm ve ortalama 496 mm; mısır 460-563 mm ve ortalama 515 mm; yonca 714-888 mm ve ortalama 811 mm arasında değişim göstermiştir. Sulama suyu ihtiyaçları da çeltik 453-758 mm ve ortalama 640 mm; ayçiçeği 105-342 mm ve ortalama 255 mm; salçalık biber 284-578 mm ve ortalama 488 mm; domates 284-542 mm ve ortalama 439 mm; fasulye 278-492 mm ve ortalama 409 mm; mısır 320-522 mm ve ortalama 433 mm; yonca 296-725 mm ve ortalama 571 mm olarak hesaplanmıştır. Bitkilere göre değişmekle birlikte etkili yağış değerleri ise en düşük ikinci ürün mısırdaki 41 mm ve en yüksek 418 mm ile yonca bitkisinden hesaplanmıştır. Hesaplanan evapotranspirasyon değerlerinden etkili yağış miktarları çıkartılarak net sulama suyu miktarları hesaplanmıştır.



Şekil 6 Araştırma dönemi için hesaplanan bazı bitkilerin evapotranspirasyon, net sulama suyu miktarı ve etkili yağış değerlerindeki değişim

### Verilen Sulama Suyu Miktarı ve Yeterliliği

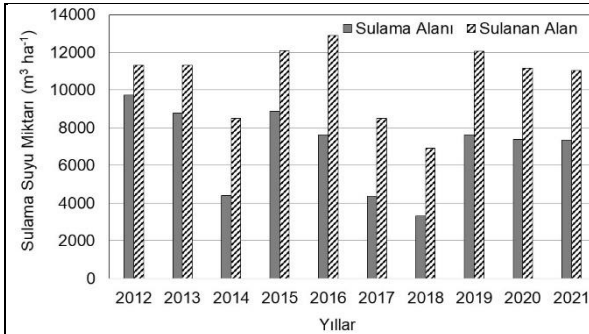
Çalışma alanı için değerlendirmesi yapılan 2012-2021 yılları arasında DSİ tarafından sulama alanına verilen sulama suyu miktarları, net ve brüt sulama suyu ihtiyaçları Şekil 7a'da verilmiştir. İncelenen tüm üretim yıllarında hesaplanan brüt sulama suyunun oldukça üzerinde sulama suyunun şebekeye verildiği belirlenmiştir. Yıllar itibariyle şebekeye verilen sulama suyu miktarları incelendiğinde en düşük 2018 yılında  $26 \times 10^6 \text{ m}^3$  su şebekeye bırakılmıştır. En fazla sulama suyunun şebekeye bırakıldığı yıl ise 2012 yılı olup şebekeye  $76.42 \times 10^6 \text{ m}^3$  su verilmiştir. On yıllık dönemde ortalama  $54.53 \times 10^6 \text{ m}^3$  sulama suyu şebekeye verilmiştir. Verilen sulama suyunun ihtiyacı karşılama oranları ise Şekil 7b'de gösterilmiştir. Söz konusu şekil incelendiğinde kurak yıllarda dahi tüm dikkate alınan üretim döneminde ihtiyacın üzerinde sulama suyunun sağlandığı belirlenmiştir. Brüt sulama suyu ihtiyacı üzerinden en düşük karşılama oranı 2013 yılında ihtiyacın %7.69 fazlası şebekeye verilmiştir. 2014 yılında ise en fazla sulama suyu şebekeye verilmiş olup ihtiyacın %99.05 fazlası şebekeye verilmiştir. On yıllık dönemde şebekeye verilen ortalama sulama suyu miktarı %35.20 daha fazla olacak şekilde verilmiştir.



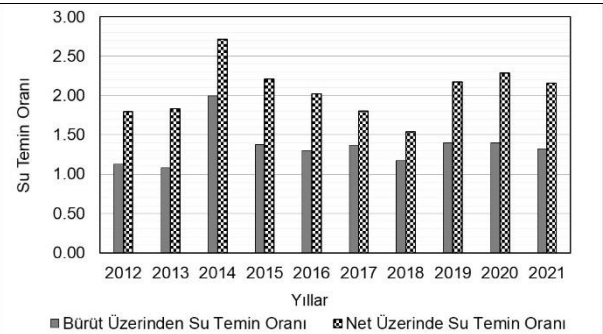
Şekil 7 Araştırma dönemi için hesaplanan net ve brüt sulama suyu ihtiyaçları (a) ve verilen sulama suyunun ihtiyacı karşılama yüzdeleri (b)

### Sulama Suyu Miktarının Sulanan Alana ve Sulama Alanına Oranı

Dikkate alınan 2012-2021 üretim dönemine ilişkin olarak sulama alanına verilen sulama suyu miktarı 53.949783 – 171.749468 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup> arasında değişirken ortalama 105.278049 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup> sulama suyu 10 yıllık üretim döneminde şebekeye verilmiştir. Projede sulama alanı net 7854 ha olarak planlanmıştır. Ancak dikkate alınan 10 yıllık üretim döneminde 3758-6750 ha ve on yıllık ortalama 5048 ha olarak gerçekleşmiştir. Sulama şebekelerinin performans göstergelerinin belirlenmesinde yaygın olarak kullanılan sulama suyunun sulama alanı ve sulanan alana oranları çalışma alanı için de hesaplanmıştır. Yıllar itibarıyla sulama alanına ve sulanan alana verilen sulama suyu miktarlarının karşılaştırması Şekil 8’de gösterilmiştir. Proje toplam sulama alanı dikkate alındığında hektara verilen sulama suyu miktarı 3310-9730 m<sup>3</sup> ve ortalama 6943 m<sup>3</sup> iken sulanan alan dikkate alındığında 6919-12905 m<sup>3</sup> ve ortalama 10583 m<sup>3</sup> olarak sulama suyu verilmiştir. Net ve brüt sulama suyu ihtiyaçları üzerinden su temin oranları hesaplanmış ve Şekil 9’da sunulmuştur. Net sulama suyu ihtiyacı dikkate alındığında su temin oranları 7.54-2.72 arasında olup 10 yıllık ortalama ise 2.05 olarak hesaplanmıştır. Brüt sulama suyu ihtiyacı üzerinden yapılan hesaplamada ise su temin oranı 1.08-1.99 arasında değişmiş ve ortalama 1.35 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 8 Birim sulanan alana ve sulama alanına verilen sulama suyu miktarı



Şekil 9 Toplam su temin oranı ve net su temin oranı

### TARTIŞMA

Sarı (2010) çalışmasında, planlanan ve gerçekleşen ürün desenine göre aylık brüt sulama suyu ihtiyaçları ile şebekeye alınan aylık su miktarları verilerini karşılaştırmış 2005 ve 2006 yıllarının Mayıs ve Eylül aylarında planlanan ve gerçekleşen ürün desenine göre aylık brüt sulama suyu ihtiyaçlarından çok daha fazla suyun şebekeye alındığı bildirmiştir. 2005 yılında sırasıyla Mayıs ve Eylül ayında planlanan ürün desenine göre aylık brüt sulama suyu ihtiyacı 1.55-3.24 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup> iken gerçekleşen ürün desenine göre aylık brüt sulama suyu ihtiyacı 0.93-1.14 milyon m<sup>3</sup> olmuş ancak şebekeye 8-11.48 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup> su alınmıştır. 2006 yılında sırasıyla Mayıs ve Eylül ayında planlanan ürün desenine göre aylık brüt sulama suyu ihtiyacı 1.29-3.77 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>, gerçekleşen ürün desenine göre aylık brüt sulama suyu ihtiyacı 1.16-1.11 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup> olmasına karşın şebekeye 7.11-9.90 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup> su

verilmiştir. Chote (2020) sulanan birim alana iletilen yıllık sulama suyu miktarını  $7317 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ , sulama birim alanına iletilen yıllık sulama suyu miktarını  $4644 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  olarak hesaplamıştır.

Çiftçi ve Değirmenci (2022) çalışma alanları için sulama suyu miktarının sulanan alan ve sulama alanına oranlarını hesaplamışlardır. Yapılan hesaplamalara göre 2013-2017 yılları arasında  $2678\text{-}17715 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  arasında değişirken, ortalama değer  $9913 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ 'dir. Eliçabuk ve Topak (2016) ise çalışma alanlarında 2008-2013 yıllık sulama suyu miktarını  $2.577\text{-}5.273 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  olarak tespit etmişlerdir.

Gençoğlu ve Değirmenci (2019) çalışma alanları için sulama suyu miktarının sulanan alan ve sulama alanına oranlarını hesaplamışlardır. 2008 ve 2013 yıllarında sırasıyla birim sulama alanına dağıtılan sulama suyu miktarı  $3735 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  ve  $16651 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ , birim sulanan alana dağıtılan toplam sulama suyu miktarı  $5496 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  ve  $13684 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ , yıllık su temini oranı 0.70 ve 1.42 olarak rapor edilmiştir.

Taş ve Kızıloğlu (2022) gerçekleştirdikleri çalışmada, sulama şebekesinde net su sağlanma oranını Mayıs-Eylül ayları için 2014 yılında 1.83-4.43; 2015 yılında 2.04-3.94; 2016 yılında 2.58-6.70; 2017 yılında 1.53-3.97 ve 2018 yılında ise 1.98-4.34 arasında hesaplamışlardır. Harman ve Çakmak (2023) Sakaryabaşı Sulama Birliği sulama alanında yaptıkları çalışmalarında yıllık su temini oranı, 0.97-1.49; Değirmenci ve ark. (2003) GAP bölgesinde bulunan 12 sulama şebekesinin 1997-2001 arası dönemdeki su temin oranı 1.00-5.90; Cin ve Çakmak (2017) Beypazarı Başören Sulama Kooperatifinde 1.98 ve Cengiz ve Uçar (2021), Acıpayam Sulama Birliğinde 0.59-1.19 arasında hesaplamışlardır. Tekiner ve Beyribey (2010), Salihli Sağ Sahil Sulama şebekesindeki bütün yedeklerde net su temin oranının (STO) 2.5'den büyük, toplam STO'nun ise 1'den büyük olduğunu, proje alanına gerekenden fazla su saptırıldığı ve bunun da proje sulama randımanını (%28.3) olumsuz yönde etkilediğini belirtmişlerdir.

## SONUÇ ve ÖNERİLER


Bakacak barajı sulama şebekesinin projelendirmesinde evapotranspirasyon değerleri Blaney-Criddle yöntemi ile hesaplanmış ve bu hesaplama üzerinden sulama şebekesi boyutlandırılmıştır. Taş ve Kırnak (2011) çalışmasında, Blaney-Criddle yöntemi ile hesaplanan ETC değerinin ölçülen ET değerine oranlandığında %37.1 oranında daha düşük hesapladığı belirtilmektedir. Bu yöntem bazı bölgelerde gerçek değerden oldukça fazla sapmalara neden olabilmektedir (Kodal ve ark. 1988). Ayrıca, işletmeden kaynaklanan (sayaçlı borulu şebeke yerine açık kanal sulama sisteminin olması, üreticilerin yanlış sulama alışkanlıkları, uygun sulama sistemi, tasarımı ve işletilmesinin yapılmaması gibi) sorunlar ve üreticilerin planlanan ürün deseninin dışına çıkarak özellikle çeltik üretiminde hatalı sulama uygulamaları en önemli etkili faktörler arasında yer almaktadır. Öte yandan yapılan hesaplamalar ve değerlendirmeler sonucunda şebekeye verilen sulama suyu miktarı net sulama suyu ihtiyacına oranlandığında ihtiyacın %53.95-171.75 oranında, ortalama da %105.28 oranında fazla verildiği hesaplanmıştır. Brüt sulama suyu üzerinden %7.69-99.05 oranında ve ortalama da %35.20 oranında daha fazla sulama suyunun şebekeye verildiği hesaplanmıştır. İfade edilen nedenler de dikkate alındığında sulama şebekesini kullanan üreticilerin sıklıkla dile getirdikleri şebekeden yeterli sulama suyu alamamaları şikayetlerine neden olan en önemli faktör sulama zamanı planlamasının yapılmaması/yetersiz olması ve özellikle de gece sulamalarının az ya da hiç olmaması olarak değerlendirilmektedir. Söz konusu sulama şebekesinde sulama suyu yetersizliğinden şikayet eden üreticilerin sorunlarının çözülmesi ve aynı zamanda da sulama suyu israfının önlenmesi için sulama şebekesinin DSİ'nin son yıllarda uygulamaya koyduğu referans evapotranspirasyon hesaplamasında ASCE Standardize Penman-Monteith yöntemine dayalı olarak ETC değerlerinin hesaplanarak boru çaplarını belirlenmesi ve şebekenin tamamen borulu şebekeye çevrilmesi ile çözüme kavuşturulabilir. Aynı zamanda üreticilerin tarla içi sulamalarda yağmurlama, damla, mobil damla veya uygun alanlarda yüzey altı damla sulama sistemlerini kullanarak sulama uygulamaları yapmaları da gerekmektedir. Gelecek için öngörülen sıcaklık artışları, ürün deseni değişiklikleri ve artan talepler de dikkate alındığında Bakacak Barajı'na depolanan suyun yeterliliğinin sağlanması ve amaçlanan yararları ulaşılması ve de ülkelerin en önemli bağımsızlık göstergelerinden biri olan gıda güvenliğinin (güvenirliliği ve yeterliliği) sağlanması için ivedi şekilde gerekli çalışmalar yapılmalıdır. Biga ovası Türkiye'nin çeltik üretiminde en büyük 4. üreticisi konumundadır. Ova, Türkiye'nin pirinç ihtiyacının karşılanmasında ve özellikle de pirinç ithalatını azaltılmasında büyük öneme sahiptir. 2014, 2017 ve 2018 yılları gibi kurak yıllarda üretimin sürdürülebilir şekilde devamlılığının sağlanması için mutlaka su tasarrufu sağlayan sulama yöntemleri ve modern tarım tekniklerinin birlikte kullanılması gerekmektedir.

**Çıkar Çatışması Beyanı:** Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

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

## YAZAR ORCID NUMARALARI

Canan GÖKHAN  <http://orcid.org/0009-0002-7183-796X>

İsmail TAŞ  <http://orcid.org/0000-0003-0872-2529>

## KAYNAKLAR

- Allen, R.G. 1994. An Update for The Calculation of Reference Evapotranspiration, ICID Bull, 43(2), s.35-92.
- Aydoğdu, M. H. 2020. Çiftçilerin Tarımsal Sulamalarda Su Kullanım Davranışları Üzerine Bir Araştırma: Şanlıurfa Örnekleme. Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi, 19(74), 602-610.
- Brenner, B., Hartl, B., 2021. The perceived relationship between digitalization and ecological, economic, and social sustainability. J. Clean. Prod. 315 (5), 128128.
- Cengiz, A., Uçar, Y., 2021. Acıpayam Sulama Şebekesi Performansının Değerlendirilmesi. Türk Bilim ve Mühendislik Dergisi. 3(1): 22-2
- Chote, B. H. (2022). Boyalıca pompaj sulamasında sulama performansının değerlendirilmesi. Yayınlanmamış yüksek lisans tezi. Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Cin, S., Çakmak, B., 2017. Assessment of Irrigation Performance in Başören Irrigation Cooperative Area of Beypazarı, Ankara. Journal of Agricultural Faculty of Gaziosmanpaşa University, 34 (2), 10-19.
- Çiftçi Ş, Değirmenci H 2022. Sulama Performans Göstergeleri ve TOPSİS Yöntemi ile Asi Havzası Sulama Birliklerinin Analizi. KSÜ Tarım ve Doğa Derg 25 (1): 169-180.
- Değirmenci, H., Buyukcangaz, H., Kuşçu, H., 2003., Assessment of Irrigation Schemes with Comparative Indicators in the Southeastern Anatolia Project. Turkish Journal of Agriculture and Forestry Vol. 27 (2003) 293-303.
- Eliçabuk C, Topak R 2016. Gevrekli Sulama Birliği'nde Sulama Performansının Değerlendirilmesi. Selçuk Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi. 3(2):191-199.
- Garduño, H., Foster, S., 2010. Sustainable groundwater irrigation : approaches to reconciling demand with resources. Strategic Overview Series Number 4. Sustainable Groundwater Management Contributions to Policy Promotion. The GW•MATE Strategic Overview Series is published by the World Bank, Washington D.C., USA.
- Gençoğlu M, Değirmenci H 2019. Sulama Performansının Değerlendirilmesi: Kırıkhan Sulama Birliği Örneği. KSÜ Tarım ve Doğa Derg 22(3): 436-443.
- Harman, E., Çakmak B., 2023. Sakaryabaşı Sulama Birliğinde Sulama Performansının Değerlendirilmesi. ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi, 11(2), 320-330.
- He L., Du Y., Wu S., Zhang Z., 2021. Evaluation of the agricultural water resource carrying capacity and optimization of a planting-raising structure. Agricultural Water Management, 243 (106456), ISSN 0378-3774. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2020.106456>.
- İlhan, Aİ, Utku M., 1998. GAP Sulama Alanında Bitki Su Tüketimi ve Bitki Su Gereksinimi. Tarım Orman Meteorolojisi 98 Sempozyumu, 21-23 Ekim 1998, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Ji, J.; Wang, S.; Zhou, Y.; Liu, W.; Wang, L. Spatiotemporal Change and Coordinated Development Analysis of "Population-Society-Economy-Resource-Ecology-Environment" in the Jing-Jin-Ji Urban Agglomeration from 2000 to 2015. Sustainability 2021, 13, 4075. <https://doi.org/10.3390/su13074075>
- Kobak O, Tas I., 2021. İkinci Ürün Silajlık Mısırdaki Dinamik Sulama Programının Verim ve Morfolojik Özellikler Üzerine Etkisi. Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 18 (1), 49-57.
- Koç A.C., Güner Ü., 2005. Mevcut Sulama Projelerinin FAO Kriterleriyle Yeniden Değerlendirilmesi. Tavas Ovası Örneği, Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, (009), 93-106.
- Kodal, S. Yıldırım Y E., Akgün M., 1988. Çeltik Bitkisi Su Tüketimi ve Sulama Suyu ihtiyacının Hesaplanması. A. Ü. Ziraat Fakültesi Yıllığı Cilt 39, No: 1-2, Ankara.
- Li, L., Zhou Y., Li M., Cao K., Tao Y., Liu Y., 2022. Integrated modelling for cropping pattern optimization and planning considering the synergy of water resources-society-economy-ecology-environment system. Agricultural Water Management, 271 (107808). ISSN 0378-3774. [doi.org/10.1016/j.agwat.2022.107808](https://doi.org/10.1016/j.agwat.2022.107808).
- Mckee, T.B., Doesken N.J., Kleist J., 1993 The relationship of drought frequency and duration to time scales. AMS 8th Conference on Applied Climatology (January): 179–184. DOI: citeulike-article-id:10490403.
- Ren, C., Zhi X., Yu Z., Wei X., Wang Y., Sun D., 2021. An improved interval multi-objective programming model for irrigation water allocation by considering energy consumption under multiple uncertainties. J. Hydrol. 602, 126699, 2021.

- Sarı, T., 2010. Balıkesir ve Gönen Ovaları Sulama Sistemlerinin Performanslarının İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim dalı, Balıkesir, 2010.
- Song, C.J., Qiang L.I., Wang Y.L., 2014. A Review on Ecological and Environmental Effects of Agricultural Land Drainage Ditches. *Mord. Agric. Sci. Technol.*
- Taş, C. S., & Kızıloğlu, F. M., 2022. Erzincan Altınada Sulama Şebekesinin Performansının Değerlendirilmesi. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, 10(11), 2224–2231.
- Taş, İ., Kırnak, H., 2011. Yarı Kurak İklim Bölgelerinde Bitki Su Tüketiminin Tahmininde Kullanılabilecek Ampirik Modeller. *Adnan Menderes Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Dergisi*, 2011; 8(1): 57 - 66.
- Tekiner, M., Beyribey M. (2010). Yüzey sulama sistemlerinde sulama işletmeciliği model yaklaşımı. *Selçuk Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 24 (1), 62-69.
- Topak, R., Acar, B., Kara, M., Çiftçi, N., & Şahin, M. (2003). Çumra ve Çumra Ova Sulama Birlikleri sulama şebekelerinde yeni işletme şeklinin performans göstergelerine etkileri. II. Ulusal Sulama Kongresi, Aydın.
- WMO, 2012. Standardized Precipitation Index User Guide. World Meteorological Organization.



## Diyarbakır İl Merkezinde Yaşayan Tüketicilerin Piyasadaki Balların Kalitesi Hakkındaki Düşünceleri ve Bal Tüketim Tercihlerini Etkileyen Faktörler

Rüksane ÇELİK<sup>1</sup>, Turgay ŞENGÜL<sup>2</sup>, Ersin KARAKAYA<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup>Bingöl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bingöl, Türkiye.

<sup>2</sup>Bingöl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootekni Bölümü, Bingöl, Türkiye.

<sup>3</sup>Bingöl Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Bingöl, Türkiye.

\*Sorumlu Yazar: [karakayaersin@hotmail.com](mailto:karakayaersin@hotmail.com)

Geliş Tarihi: 14.03.2024 Düzeltme Geliş Tarihi: 02.04.2024 Kabul Tarihi: 02.04.2024

### ÖZ

Bu çalışma, Diyarbakır il merkezinde yaşayan tüketicilerin piyasada satılan balların kalitesi hakkındaki düşüncelerini belirlemek ve bal tüketim tercihlerini etkileyen faktörleri saptamak amacıyla yapılmıştır. Araştırma, 2022 yılında yürütülmüş ve bu amaçla Diyarbakır il merkezinde yaşayan tüketicilerle yapılan anketlerden sağlanan veriler kullanılmıştır. Verilerin toplanması amacıyla Diyarbakır ilini temsil edecek şekilde il merkezindeki 4 mahalle belirlenmiş ve toplam 281 adet anketin, 104'ü Bağlar, 92'si Kayapınar, 55'i Yenişehir ve 30'u Sur ilçelerinde yapılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, ankete katılan tüketicilerin %61.9'u bal tüketmenin sağlık açısından gerekli olduğunu bildirmişlerdir. Tüketicilerin %58.7'sinin piyasada satılan ticari ballarda tağşiş (katkılı) veya taklit (sahte) yapıldığına inandıkları belirlenmiştir. Tüketicilerin %47'si, piyasadaki ballarda ilaç ve antibiyotik katkısı olduğunu düşünmektedirler. Tüketiciler, bal satın alırken en fazla dikkat ettikleri hususun tanıdıkları bir satıcıdan almak olduğunu açıklamışlardır. Balın kalitesini anlamak için, tüketicilerin daha çok (%29.2) fiyatına dikkat ettikleri gözlenmiştir. Tüketicilerin %36.7'si petekli balı daha güvenilir bulduklarının söylemişlerdir. Sonuç olarak, bal tüketiminin artırılması için, bal tüketimi konusundaki tanıtımların artırılması, tüketicilerin ticari ballar hakkında bilgilendirilmesi, piyasadaki balların saf, şekersiz ve sertifikalı bal şeklinde sağlıklı ve gıda güvenliği açısından güvenilir ürünler olmasının sağlanması, piyasadaki sahte veya hileli ballar konusunda tüketicilerin yeterli düzeyde aydınlatılmasının zorunlu olduğu söylenilebilir.

**Anahtar kelimeler:** Diyarbakır, piyasa balı, bal kalitesi, bal tüketimi, tüketim tercihleri.

## The Opinions of Diyarbakır Provincial Center Consumers on the Quality of Honey on the Market and the Factors Affecting Their Honey Consumption Preferences

### ABSTRACT

This study was carried out to determine the thoughts of consumers living in Diyarbakır city center about the quality of honey sold in the market and to determine the factors affecting their honey consumption preferences. The research was carried out in 2022, and the main material of the study consisted of data obtained from face-to-face surveys with consumers living in Diyarbakır city center. In order to collect the data, 4 neighborhoods in the city center were determined to represent the province of Diyarbakır. A total of 281 surveys were conducted, 104 of them in Bağlar, 92 of them in Kayapınar, 55 of them in Yenişehir and 30 of them in Sur. According to the results, 61.9% of the consumers who participated in the survey reported that consuming honey is necessary for health. It has been determined that 58.7% of consumers believe that commercial honey sold in the market is adulterated (added) or imitated (fake). 47% of consumers think that the honey in the market contains drug and antibiotic additives. Consumers have stated that the most important point when purchasing honey is to buy it from a familiar seller. In order to understand the quality of honey, it has been observed that consumers pay more attention to its price (29.2%). Consumers said that they

found comb honey more reliable by 36.7%. As a result, in order to increase honey consumption, it is necessary to increase the promotion of honey consumption, to inform consumers about commercial honey, to ensure that the honey in the market is healthy and reliable in terms of food safety in the form of pure, sugar-free and certified honey, and consumers should be adequately informed about fake or fraudulent honeys in the market.

**Key words:** Diyarbakır, market honey, honey quality, honey consumption, consumption preference.

---

## INTRODUCTION

Bee products obtained from an important breeding activity, apiculture, are valuable products for human healthy and balanced nutrition (Burucu and Gülse Bal, 2017). Some of the bee products are used as food, while some are used for different purposes in the apiculture sector (Korkmaz, 2013; Mutlu et al., 2017). Apiculture has become an economically valuable sector in recent years due to the ability to use some bee products in different fields. When it comes to bee products, honey, pollen, and beeswax are the first products that come to mind. However, besides these products, there are also important biologically significant products such as propolis, royal jelly, bee venom, bee bread, apilarnil, and hive air. However, when bee products are mentioned, honey is the first product that comes to mind, and it has been seen as the main purpose of production since ancient times. Honey has been recognized as an important foodstuff throughout history, cherished for its perceived naturalness, consumed with fondness, and also utilized for health preservation and therapeutic purposes. Due to its geographical location, rich flora, diverse vegetation types, and climatic characteristics, our country is one of the oldest and most widespread centers for apiculture and honey production in the world (Kekeçoğlu et al., 2007; Gürel, 2015). Türkiye ranks second in the world in terms of both production levels and the number of hives, with 95.386 enterprises and 8.984.676 hives. Approximately 114.886 tons of honey are produced annually in Türkiye, and most of this amount is consumed domestically. Türkiye's annual honey exports amount to 17.248 tons, of which 89.5% is in the form of liquid honey (TÜİK, 2023). However, the per capita annual honey consumption in our country is 1.3 kg, placing it eighth worldwide (FAO, 2022). Since our country has an important place in beekeeping, many studies are carried out on both production and honey consumption. A significant portion of research on consumer preferences for bee products has focused on honey (Merdan and Durmuş, 2018; Denizli Akdemir and Dağdemir, 2021). These studies have primarily concentrated on consumption quantity, consumer habits, consumer preferences, and consumer awareness (Kumova and Korkmaz, 1999; Kumova and Korkmaz, 2000; Paydaş and Semerci, 2001; Şahinler et al., 2004; Bölüktepe and Yılmaz, 2006; Kızılaslan and Kızılaslan, 2007; Saner et al., 2007; Sıralı and Çelik, 2007). The results of these studies have indicated that numerous factors influence honey consumption preferences, including attitudes, perceptions, decision-making abilities, beliefs, and values (Kavas, 1987; Denizli Akdemir and Dağdemir, 2021). Honey holds a significant place among natural foodstuffs in nutrition due to its nutritional components and flavor. The chemistry of honey primarily consists of carbohydrates, typically ranging from 95% to 99%. The most abundant sugars in honey are approximately 38.2% glucose and 31.3% fructose. Some adulteration practices and heat treatments during or after honey production disrupt the natural structure of honey and significantly reduce its nutritional value. Honey is one of the most adulterated (adulteration and imitation) foods. The primary reason for this is that honey is highly suitable for adulteration and imitation, and detecting and identifying adulteration in honey is very difficult. The crystallization of honey does not indicate whether it is fake or genuine. Some honeys crystallize very quickly, while others do not crystallize at all (Bhandari et al., 1999). Honeys generally crystallize at 14 °C. Therefore, it is more suitable to store processed honey at temperatures between 18-24°C and unprocessed honey at temperatures below 10°C. Comb honey crystallizes more slowly compared to liquid honey. One of the crucial parameters for assessing honey quality is HMF (hydroxymethylfurfural), a carcinogenic compound generated from the breakdown of sugars during the heating of honey. As per the regulations outlined in the Turkish Food Codex Honey Regulation, the HMF content in honey should not surpass 40 mg/kg (TGK, 2020). Regrettably, there remains an insufficient level of awareness and consciousness concerning this matter in the context of honey consumption. HMF formation occurs in liquid honey subjected to temperatures exceeding 60°C. Thus, when heating honey becomes necessary, it is imperative to ensure that the temperature does not exceed 55-60°C to mitigate the production of HMF. Natural honey is a food substance produced by bees using different pollen and nectar sources, without the addition of any sugar syrup or additives during or after production, not processed or subjected to heat treatment during storage, and maintaining its overall composition characteristics until consumption. Fake or adulterated honey is typically produced in two forms: adulterated honey and artificial honey. Adulterated honey contains chemically altered honey resulting from processes such as feeding bees with different sugar groups, adding syrup after production, mixing different types of honey, or adding water to honey with low

moisture content. Adulteration is mostly done by using sugar groups such as high fructose corn syrup, invert sugar, sucrose or glucose. During times when nectar is insufficient in the production season, beekeepers feed bees with various sugar groups to obtain more products. However, in such cases, since the sugar given to bees is converted into honey, the resulting honey is composed of sugar rather than nectar. Artificial honey, on the other hand, encompasses honey produced solely through chemical means from different sugar groups without any contribution from bees during production. In addition to the sucrose-glucose-fructose profile of honey, its color, taste, aroma, etc. It is imitated using non-bee-derived substances. Although it misleads the consumer and provides unfair profits, this type of honey can find buyers in the market due to its low prices (Tosun, 2004).

The aim of this study was to determine the perceptions of consumers living in the city center of Diyarbakır regarding the quality of honey available in the market, identify factors influencing honey consumption preferences, and raise awareness about honey consumption. Through this study, consumers' thoughts, demands, concerns, complaints, behaviors, and expectations regarding the quality of honey in the market will be revealed. These findings are very important as they may encourage producers to produce better quality honey (natural) in line with consumer expectations and lead to the supply of better quality honey to the market.

## MATERIAL AND METHOD

The main data of the study consisted of data from face-to-face surveys conducted with consumers living in Diyarbakır city centre in 2022. Face-to-face surveys were conducted with consumers in 4 districts (Bağlar, Kayapınar, Yenişehir and Sur districts) in the provincial centre to represent Diyarbakır province. The number of interviews conducted with consumers was calculated using the following formula, taking into account the population of the respective neighbourhoods (Aksoy and Yavuz, 2012).

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

n: number of individuals to be included in the sample

N: number of individuals in the target group (1047286)

p: probability of the event being studied (0.50)

q: probability of occurrence of the observed event (0.50)

t: Standard value of the normal distribution (1.96)

d: sampling error (0.05).

Of the questionnaires, 104 were administered in Bağlar, 92 in Kayapınar, 55 in Yenişehir and 30 in Sur districts (Table 1). In the questionnaire forms, 36 questions were asked to the consumers. The questionnaire questions were prepared according to the aim of the study, which was to find out the consumers' opinions about the honey sold in the market, the factors influencing these opinions and their honey consumption preferences. The data obtained were analysed using statistical methods and the results were compared and interpreted with previous studies.

Table 1. Population, population ratio and number of surveys conducted in Diyarbakır's central districts.

Neighbourhood	Total population	Rate (%)	Number of surveys
Bağlar	386.578	36.9	104
Kayapınar	342.977	32.7	92
Yenişehir	204.284	19.5	55
Sur	113.447	10.9	30
Total	1.047.286	100.0	281

The data obtained from consumers through questionnaires were analysed using SPSS 22 software and descriptive statistics and frequency tables were determined. The chi-square test of independence was used to analyse whether there was a relationship and dependency between two variables.

## RESULTS AND DISCUSSION

### *Socio-Demographic and Economic Characteristics of Surveyed Consumers*

Among the consumers who participated in the survey, it was found that there was a higher proportion of males, with the participation rate being 54.1% for males and 45.9% for females. It was found that 31.3% of respondents were aged 31-40, 27.8% were aged 21-30, 20.6% were aged 41-50, 12.8% were aged 51-60 and 7.5% were aged 61-70. The participation rate of people under the age of forty was around 60%. It can therefore be said that the participation rate of young people is higher. In the study conducted by Saner et al. (2011), it

was found that the average age of individuals was 41. In the studies conducted by Denizli Akdemir (2019) and Denizli Akdemir and Dağdemir (2021), the average age of men and women was determined to be 41 and 37 respectively. In the studies conducted by Aydurmuş et al. (2022) and Yüzbaşıoğlu (2022), the mean age of the participants was 38 and 34 years, respectively. It was found that the results obtained were similar to the findings of previous studies. When analysing the educational level of the consumers, it was found that 28.5% of the consumers who participated in the survey were university graduates, 24.6% were high school graduates and 19.2% were secondary school graduates. In the study conducted by Kumova and Korkmaz (2000), it was reported that 38.88% of the individuals were high school graduates and 36.72% were high school graduates. In the study conducted by Denizli Akdemir (2019) and Denizli Akdemir and Dağdemir (2021), it was determined that 38% of the consumers were high school graduates and 33% were university graduates. Şahinler et al. (2021) explained that the educational level of the participants in their study was high (50% of them were university graduates). Aydurmuş et al (2022) reported that 64% of the consumers in their study were bachelor or postgraduate graduates. It has been observed that the results reported in previous studies regarding the level of education are similar to the results of this study. Of the consumers participating in the survey, 4.6% had 2, 16.7% had 3, 21.4% had 4, 23.8% had 5, 14.2% had 6 and 19.2% had It was determined that there were more than 6 members. It was found that 19.9% of the consumers surveyed were civil servants, 38.8% were self-employed, 21% were workers, 10.3% were retired and 10% were students. Marangoz and Tayçu Dolu (2019) determined in their study that the consumers are mostly in the professional groups such as civil servants, students and workers. In a study conducted by Denizli Akdemir and Dağdemir (2021), it was reported that 30.25% of consumers were housewives, 18.5% were civil servants and 17% were students. In another study conducted by Yüzbaşıoğlu (2022), it was found that consumers were mainly in the civil servant (33.09%) and self-employed (30.15%) groups. The distribution of the surveyed consumers according to occupational groups is partly similar to the results of previous studies. The net minimum wage for 2022 was announced to be 5500.35 ₺ (Anonymous, 2022). Accordingly, in terms of income groups, 19.6% of consumers were in the 2500-3500 ₺ group, 11% in the 3501-4500 ₺ group, 26.3% in the 4501-5500 ₺ group, 14.9% in the 5501-6500 ₺ group and 28.2% in the 6501 ₺ and above group. It was concluded that around 70% of consumers participating in the survey had incomes close to or above the minimum wage. In their study, Marangoz and Tayçu Dolu (2019) reported that the average monthly income of the consumers surveyed was 3037.74 ₺. In the study conducted by Denizli Akdemir (2019), the average monthly income of consumers was found to be 3915 ₺. In the study conducted by Aydurmuş et al. (2022), it was found that 83.7% of the individuals had a monthly income of 5500 ₺ and below. In his study, Yüzbaşıoğlu (2022) reported that the average monthly income of consumers was 2034.03 ₺. Taking into account the minimum wage, it can be said that the results regarding the income level of consumers are similar to the results of the studies conducted in previous years.

#### ***Opinions of respondents on honey consumption***

While 61.9% of the respondents answered "yes", 15.3% answered "not sure", 13.2% answered "don't know" and 9.6% answered "no" to the question "Is honey consumption necessary for a healthy diet? In a study conducted by Aydurmuş et al. (2022), the percentage of those who answered "yes" to the question "Is honey consumption necessary?" was 85.5% in Artvin, 90.4% in Bayburt, 88.7% in Giresun, 84.9% in Gümüşhane, 96.9% in Ordu, 98.0% in Rize, 91.2% in Samsun and 91.7% in Trabzon. When asked whether the consumption of other sweet foods (jam, marmalade, molasses, etc.) instead of honey would replace the consumption of honey, 39.9% of consumers answered 'no', 31.7% answered 'partly', 17.4% answered 'don't know' and 11% answered 'yes'. Looking at the proportional distribution of the foods that respondents prefer to consume more of at breakfast and the reasons for this preference, honey is preferred by 27.0%, jam by 22.1%, molasses by 22.4% and all together by 28.5%. When asked why they consume honey, 58.9% of respondents said it was 'healthy', 14.3% said it was 'tasty' and 12.5% said it was 'because I like it'. As a result, it can be said that consumers tend to consume honey more than other sweet foods and the most important reason for this is the belief that honey is healthy.

#### ***Opinions of respondents on honey sold on the market***

When asked whether honey sold in the market is adulterated or not, 58.7% of consumers answered "definitely", 24.6% "probably", 8.5% "no" and 8.2% "don't know". A study conducted in Ordu reported that consumers have serious doubts about the purity of honey sold on the market and whether it contains additives (Sıralı and Çelik, 2007). When asked whether fraudulent and adulterated honeys cause serious problems for human health, 52% of the respondents answered "yes", 22.8% answered "maybe", 21.7% answered "don't know" and 3.6% answered "no". Of the consumers surveyed, 56.9% disagreed with the statement that honey on the market is healthy, 34% had no opinion and 8.9% agreed. In response to the question "What is

counterfeit honey?", 19.6% of the respondents answered "honey produced by bees but with syrup, molasses, etc. added to the hives", 20.6% answered "honey produced by humans but not by bees", 40.9% answered "both" and 18.9% answered "I have no information". Looking at the answers of the respondents regarding the belief that there are residues of drugs and antibiotics in the honey on the market, the rate of those who answered "yes, I believe" is 25.3%, the rate of those who answered "no, I do not believe" is 27.7% and the rate of those who answered "I have no information" is 47%. Do you think that producers give sucrose syrup, invert sugar syrup, starch-based syrup, cake, etc. to bees during the honey season? To this question 38.1% of people answered "yes", 35.2% "probably", 21% "don't know" and 5.7% "no".

### ***Opinions of respondents on the purchase and consumption of honey***

In response to the question "Do you feel uncomfortable about the presence of starch-based sugars, drug or antibiotic residues in honey?", 54.1% of respondents answered "yes, I am concerned", 17.4% answered "no, I am not concerned", 16% answered "don't know" and 12.5% answered "a little". In response to the question "What makes you most hesitant about the quality of honey when you buy it at the market?", 35.2% of consumers answered "the low price", 29.5% answered "the appearance of the honey", 24.6% answered "buying honey from an unknown seller" and 10.7% answered "the attitude and behaviour of the seller". When buying honey at the market, the most important criterion for consumers was "price of honey" with a rate of 29.2%, "familiarity of the seller" with a rate of 26.3%, "external appearance of honey" with a rate of 17.5%, "name of the producer company" with a rate of 16% and "trust in the seller" with a rate of 11%. In a study conducted by Kumova and Kormaz (1999), 94% of consumers trusted the quality of the honey they bought from the beekeeper. In a study conducted by Arvanitoyannis and Krystallis (2006), the most common reasons given by consumers for consuming honey were health benefits, taste, nutritional value, quality, positive effect on skin, anti-cancer effect and anti-aging effect. Sıralı and Çelik (2007) found that 75% of consumers trusted the beekeeper regarding the quality of liquid honey. Similarly, Baki et al. (2014) concluded that consumers prefer reliable sellers when buying bee products. Karahan and Özmen Özbakır (2020) reported that 57.8% of people who buy honey pay attention to the quality, 38.5% to the price, 2.2% to the fact that the honey is not mixed and 1.5% to the way it is sold. Aydurmuş et al. (2022) explained that consistency, brand and production date were effective in the selection of honey by individuals, respectively. In response to the question "Do you prefer local honey or honey produced or packaged in other provinces?", it was found that 49.5% of people said "it must be local", 33.1% said "it does not matter" and 17.4% said "I do not prefer packaged or bottled honey in the markets". A study found that 49.6% of consumers preferred to buy only branded honey, 42.9% preferred to buy both branded and unbranded honey, and 7.5% preferred to buy only unbranded local honey (Bölüktepe and Yılmaz, 2006). In the study conducted by Karadavut et al. (2014), it was reported that more than half of the consumers preferred the brand in honey consumption, while 38% did not prefer any brand. Sıralı (2015) reported that brand is important in honey consumption in Turkey and consumers prefer branded honey more. Aydurmuş et al. (2022), when the survey was conducted, it was determined that 82.3% preferred Eastern Black Sea Region honey, 9.4% preferred Northeastern Anatolia region honey, and 2.3% preferred Aegean Region honey. In the study, it was determined that 32.6% of the honey buyers preferred the honey of that region because they thought that the regional honey they purchased was of higher quality and safer. The numbers and rates of their views on some variables in terms of consumption, mass purchasing and consumption in the survey are given in Table 3. Regarding the additive or non-added status of karakovan honey offered in the market, 8.5% responded as "unadulterated", 30.7% as "added", 35.9% as "not sure" and 24.9% as "varies depending on the producer". The situation regarding whether expensive honey implies higher quality has been determined as follows: %17.8 of respondents believe "Yes, expensive honey is generally of higher quality," %56.6 believe "No, it doesn't provide any idea," and %25.6 stated "I am influenced to some extent." Regarding the belief in whether honey labeled as organic is truly organic, respondents provided the following responses: %34.5 said "I absolutely don't believe," %13.5 said "Yes, I believe," %23.8 said "I have no idea," and %28.1 said "I believe if I know the seller very well." On the matter of whether crystallized honey indicates poor quality or falsification, respondents' opinions were as follows: %31.7 said "Yes, crystallized honey is fraudulent," %27.4 said "No, high-quality honey can also crystallize," %27.1 said "I have no idea," and %13.9 said "I absolutely don't want my honey to crystallize." When purchasing honey from an unfamiliar seller, respondents indicated their primary concerns as follows: %17.4 said "price," %20.3 said "appearance," %17.1 said "odor," %29.5 said "I prefer comb honey over liquid honey," and %15.7 said "the trustworthiness of the seller." In response to the question of which honey is the most trustworthy among those available in the market, the percentages were as follows: %16 said "Karakovan honey," %36.7 said "Comb honey," %17.4 said "Liquid honey," and %29.9 said "I have no idea." According to Marangoz and Tayçu Dolu's (2019) study, it was reported that comb honey is the most trusted bee product. According to the survey, it has been determined that 12.5% of participating

consumers prefer to buy honey solely from specialized honey shops, 58.7% prefer to order it from beekeepers in villages, 4.3% from supermarkets, 2.8% from mobile honey vendors, and 6.4% from online sources. The percentage of individuals who do not pay attention to the location when buying honey is found to be 15.3%. Kumova and Korkmaz (1999) reported that 49% of consumers meet their honey needs from beekeepers, while 45% obtain it from supermarkets. On the other hand, Şahinler et al. (2004) determined that 31.1% of consumers buy honey from supermarkets, 24.8% from beekeepers, 18.4% from sellers, and 9.7% from grocery stores and markets. In another study, it was reported that 70% of consumers purchase branded honey from supermarkets, while 66% purchase unbranded honey directly from producers (Bölüktepe and Yılmaz, 2006). Arvanitoyannis and Krystallis (2006) explained that consumers mainly buy honey directly from producers, occasionally from local stores, and supermarkets. Sıralı and Çelik (2007) reported that 72% of consumers obtain honey from beekeepers. In a study conducted in İzmir, it was found that 68.4% of consumers prefer to buy honey and other bee products from large supermarkets, 10.5% directly from producers, and 9.2% from supermarkets and producers (Saner et al., 2012). In a study conducted in Tokat province, it was determined that liquid honey is mostly purchased (63.9%) from beekeepers (Sayılı, 2013). Sıralı (2015) evaluated previous studies in Turkey and concluded that supermarkets, grocery stores, and beekeepers are the main sources of honey, with beekeepers having a significant influence on honey consumption in areas with a high number of them. According to a study by Aydurmuş et al. (2022), 67.4 % of consumers prefer to buy honey from beekeepers, while 24.3% prefer supermarkets. It was concluded that other sales points are rarely preferred when buying liquid honey. When looking at the ways individuals consume purchased honey, it has been determined that 23.5% consume it "for breakfast," 24.6% use it "as a dietary supplement for illnesses like flu and colds," 8.2% believe "in the healing properties of honey," and 43.8% choose "all of the above." In a study by Soylu and Silici (2018), it was found that consumers' reasons for consuming honey were 54.8% for its nutritious qualities, 19.3% for its health benefits, and 18.1% for its sweetness. In a study conducted by Denizli Akdemir and Dağdemir (2021), it was reported that 62.5% of consumers consume honey for health purposes, while 4.5% consume it for children's mental and physical development. In another study, it was found that 38% of consumers consume honey to boost their immune system, 32% for nutrition, 26% for protection against diseases, and 4% for its taste (Şahinler et al., 2021). The situation regarding whether individuals find the honey in the market tasty or not has been determined as follows: 23.8% answered "Yes, tasty," 26.7% answered "No, not tasty," 10.7% answered "Very tasty," and 38.8% answered "Slightly tasty." Regarding the belief in the quality of honey available in the market, the percentages of respondents who provided each answer are as follows: 26.7% said "I absolutely don't believe," 54.8% said "I might believe if experts provide explanations," and 18.5% said "I trust the statements made by the government." When asked why they consume unreliable honey from the market, individuals responded as follows: 20.3% said "I have no other option," 33.5% said "I obtain honey from a known producer instead of buying it from the market," 13.2% said "I am careful about consuming in small amounts," and 33.1% said "I prefer to buy honey in mandatory situations." Regarding the frequency of honey purchases, it was determined that 25.6% of respondents buy honey once a year, 25.3% buy it twice a year, 20.6% buy it more than twice a year, and 28.5% do not have a fixed number of honey purchases within a year. Arvanitoyannis and Krystallis (2006) reported that 42.7% of individuals consume honey at least once a month, 25.9% consume it at least once a week, 17.7% consume it less than once a month, and 11.4% consume it daily. In a study conducted in Çanakkale, it was found that 12% of consumers buy honey once a week, 45.1% once a month, 16% once every two months, 14.9% once every six months, 11.4% once a year, and 0.6% less frequently (Niyaz and Demirbaş, 2017). Soylu and Silici (2018) reported that 47.9% of individuals consume honey occasionally, 14.7% consume it once a week, 12.5% consume it daily, 12.1% do not consume it at all, 8.3% consume it every other day, and 4.5% consume it every fifteen days. Marangoz and Tayçu Dolu (2019) determined that the frequency of honey purchase every six months is 30.8% for comb honey and 34.7% for liquid honey. In another study, it was found that 58.3% of honey buyers purchase liquid honey once a year, 22% purchase it twice a year, and 11.6% purchase it every month (Aydurmuş et al., 2022). Individuals who purchase 1-5 kg of honey per year constitute 47.7%, those purchasing 6-10 kg constitute 26%, those purchasing 11-15 kg constitute 11.4%, those purchasing 16-20 kg constitute 9.3%, and those purchasing more than 20 kg constitute 5.7%. It's observed that nearly half of the consumers purchase 5 kg or less of honey annually. In some previous studies, the annual honey consumption average of consumers has been reported as more than 0.5 kg by Krystallis et al. (2007), ranging between 0.5-2.5 kg by Guziy et al. (2017), and below 5 kg by Denizli Akdemir (2019) in a study conducted in Erzurum. Aydurmuş et al. (2022) explained the annual consumption average of honey as 7.12 kg for comb honey, 8.6 kg for liquid honey, and 3.8 kg for Karakovan honey. Yüzbaşıoğlu (2022) determined the annual honey consumption quantity as 1.70 kg for liquid honey and 2.80 kg for comb honey. According to the survey, 16.4% of participating consumers purchase honey in the ratio of 75% liquid to 25% comb honey, 38.1% in the ratio of 50% liquid to 50% comb honey, 20.3% in the ratio of 75% comb

to 25% liquid honey, 11.4% in 100% comb honey, and 13.9% in 100% liquid honey. It has been observed that consumers mostly prefer both liquid and comb honey in equal proportions. In a study conducted in Istanbul by Paydaş and Semerci (2001), it was found that 85.3% of consumers purchase liquid flower honey. Şahinler et al. (2004) reported that 43.7% of consumers in Antakya consume liquid honey and 13.1% consume comb honey. In a study conducted in Ordu, Sıralı and Çelik (2007) found that 56% of consumers consume liquid flower honey. Saner et al. (2012) reported that 45.7% of consumers in Izmir consume only liquid flower honey, while in Tokat, it was reported that 86.7% of consumers consume liquid honey (Sayılı, 2013). Kabakçı and Dodoloğlu (2014) explained that consumers in Erzurum mostly prefer liquid honey (60.9%). Baki et al. (2014) reported that 24% of consumers in Izmir prefer comb honey. Sıralı (2015) concluded that consumers generally prefer liquid flower honey nationwide. In a study by Karahan and Özmen Özbakır (2020), 98.7% of individuals consume honey and other bee products, with 40.9% preferring a mixture of liquid and comb honey, 37.7% preferring only comb honey, and 20.8% preferring only liquid honey. In the study, the percentage of consumers purchasing honey during the periods of August-September, October-November, and December-January were determined as 13.5%, 28.5%, and 2.4%, respectively. The percentage of consumers purchasing honey during any period of the year was determined to be 35.6%. Aydurmuş et al. (2022) reported that honey is consumed most intensively during the winter months. Regarding storage, 18.1% of surveyed consumers store the purchased honey in the refrigerator, 16.4% in the pantry, 35.9% in the kitchen, and 11.7% in any other room.

#### ***The Relationship between the Opinions of Individuals Surveyed According to the Districts They Live In and the Honey Sold in the Market***

The relationships between the opinions of individuals surveyed regarding the honey sold in the market, based on the districts they live in, are presented in Table 2. The perception of adulteration in the honey sold in the market has shown statistically significant differences across districts ( $\chi^2=19.240$  and  $P<0.01$ ). There was found to be a significant relationship between individuals' beliefs about the presence of drug and antibiotic residues in the market honey and the districts they live in ( $\chi^2=20.847$  and  $P<0.001$ ). Opinions regarding the presence of drug and antibiotic residues in market honey vary depending on the district of residence, with a dependency coefficient of 27.2%. The relationship between the primary concern of consumers when purchasing honey from the market, namely its quality, and the district they live in was found to be significant ( $\chi^2=23.599$  and  $P<0.001$ ). The primary concern of consumers when purchasing honey from the market, namely its quality, varies depending on the district of residence, with a dependency coefficient of 29%. There was found to be a significant relationship between individuals' beliefs about whether honey labeled as organic in the market is truly organic and the districts they live in ( $\chi^2=21.015$  and  $P<0.01$ ). Consumers' beliefs about whether honey labeled as organic in the market is truly organic vary depending on the district of residence. The relationship between the primary consideration when purchasing honey from an unfamiliar seller and the district individuals live in was found to be significant ( $\chi^2=29.855$  and  $P<0.001$ ). The primary consideration when purchasing honey from an unfamiliar seller varies depending on the district of residence, with a dependency coefficient of 32.6%. The relationship between consumers' opinions on which honey among those available in the market is the most reliable and the district they live in was found to be significant ( $\chi^2=25.712$  and  $P<0.001$ ). In terms of this notion, opinions on which honey among those available in the market is the most reliable are dependent on the district of residence, with a dependency coefficient of 30.2%.

#### ***Relationship Between the Opinions of Individuals Surveyed by Age Groups Regarding Market Honey***

The relationships between the opinions of individuals surveyed regarding market honey, categorized by age groups, are presented in Table 3. Significant associations were found between consumers' beliefs about the presence of medication and antibiotic residues in market honey and their age groups ( $\chi^2=19.055$  and  $P<0.01$ ). The opinions on the presence of medication and antibiotic residues in market honey were found to be dependent on age groups, with a dependency coefficient of 26%. Furthermore, a significant relationship was observed between the most prioritized factor when purchasing honey from the market and age groups ( $\chi^2=30.406$  and  $P<0.01$ ). Dependency on age groups was determined concerning this belief, with a dependency coefficient of 32.9%. It can be stated that consumers in the younger age group (below 30 years old) tend to believe more in the presence of medication and antibiotic residues in market honey and prioritize price criteria more when purchasing honey from the market compared to consumers in other age groups. In a study, it was reported that there was no statistically significant relationship between the sources of beekeeping products and the ages of consumers, but consumer characteristics such as age, education level, and income level were reported to influence honey consumption tendencies (Şahinler et al., 2004). Some studies have examined the relationships between honey preferences and consumer characteristics, identifying statistically significant relationships (Vanyi et al., 2011; Gyau et al., 2014; Guziy et al., 2017). In a study conducted by Marangoz and

Tayçu Dolu (2019), it was found that the level of knowledge about bee products varies statistically according to individuals' ages. Yüzbaşıoğlu (2022) concluded that an increase of one unit in individuals' ages would decrease honey preference by 0.8%.

Table 2. Relationships between consumers' opinions about honey on the market according to the districts they live in.

<b>Opinions</b>	<b>Districts</b>				
<b>Presence of adulteration in honey sold in the market</b>					
	<b>Kayapınar</b>	<b>Bağlar</b>	<b>Yenişehir</b>	<b>Sur</b>	<b>Toplam</b>
Yes, definitely	59	66	25	15	<b>165</b>
No	4	4	10	6	<b>24</b>
Probably	21	26	14	8	<b>69</b>
I don't know	8	6	6	3	<b>23</b>
<b>Total</b>	<b>92</b>	<b>102</b>	<b>55</b>	<b>32</b>	<b>281</b>
Chi-square ( $\chi^2$ ) value and P-value	19,240 ve 0,023**				
<b>The belief that there are residues of medication and antibiotics in the honey on the market.</b>					
Yes, I believe so.	24	34	9	4	<b>71</b>
No, I don't believe so.	17	28	25	8	<b>78</b>
I'm not sure.	51	40	21	20	<b>132</b>
<b>Total</b>	<b>92</b>	<b>102</b>	<b>55</b>	<b>32</b>	<b>281</b>
Chi-square ( $\chi^2$ ) value and P-value	20,847 ve 0,002***				
<b>The most worrying thing about the quality of honey when buying honey from the market.</b>					
Low price	39	42	10	8	<b>99</b>
Appearance of the honey	19	27	24	13	<b>83</b>
Seller's attitude and behavior	7	9	7	7	<b>30</b>
Buying honey from an unfamiliar seller	27	24	14	4	<b>69</b>
<b>Total</b>	<b>92</b>	<b>102</b>	<b>55</b>	<b>32</b>	<b>281</b>
Chi-square ( $\chi^2$ ) value and P-value	23,599 ve 0,005***				
<b>Believing that honey sold as organic in the market is actually organic</b>					
I don't believe so at all.	30	41	18	8	<b>97</b>
Yes, I believe so.	11	9	10	8	<b>38</b>
I don't have an opinion.	14	26	18	9	<b>67</b>
If I know the seller very well, I believe it.	37	26	9	7	<b>79</b>
<b>Total</b>	<b>92</b>	<b>102</b>	<b>55</b>	<b>32</b>	<b>281</b>
Chi-square ( $\chi^2$ ) value and P-value	21,015 ve 0,013**				
<b>The most important thing to pay attention to when buying honey from an unfamiliar seller</b>					
Price	12	27	8	2	<b>49</b>
Based on the appearance,	18	12	14	13	<b>57</b>
Based on the aroma,	15	16	13	4	<b>48</b>
I prefer comb honey over liquid honey.	27	28	17	11	<b>83</b>
Based on the trust the seller instills.	20	19	3	2	<b>44</b>
<b>Total</b>	<b>92</b>	<b>102</b>	<b>55</b>	<b>32</b>	<b>281</b>
Chi-square ( $\chi^2$ ) value and P-value	29,855 ve 0,003***				
<b>The most reliable honey on the market</b>					
Karakovan honey	22	9	10	4	<b>45</b>
Comb honey	30	35	25	13	<b>103</b>
Liquid honey	9	18	13	9	<b>49</b>
I don't have an opinion	31	40	7	6	<b>84</b>
<b>Total</b>	<b>92</b>	<b>102</b>	<b>55</b>	<b>32</b>	<b>281</b>
Chi-square ( $\chi^2$ ) value and P-value	25,712 ve 0,002***				

\*\* : P<0.01, \*\*\* : P<0.001.



Table 3. Relationships between the opinions of the surveyed individuals about the honey sold in the market by age groups.

Opinion	Age groups					Toplam
	21-30	31-40	41-50	51-60	61-70	
<b>Belief that there are drug and antibiotic residues in honey on the market</b>						
Yes I believe	24	24	15	7	1	71
No I dont believe	25	17	12	12	12	78
I dont know	29	47	31	17	8	132
<b>Total</b>	<b>78</b>	<b>88</b>	<b>58</b>	<b>36</b>	<b>21</b>	<b>281</b>
Chi-square ( $\chi^2$ ) value and P-value	19,055 ve 0,015**					
<b>The most important criterion when purchasing honey from the market</b>						
The familiarity of the seller	18	25	16	8	7	74
The price of the honey	22	17	19	16	8	82
The appearance of the honey	17	12	15	3	2	49
The name of the producing company	15	16	4	8	2	45
The trust provided by the seller	6	18	4	1	2	31
<b>Total</b>	<b>78</b>	<b>88</b>	<b>58</b>	<b>36</b>	<b>21</b>	<b>281</b>
Chi-square ( $\chi^2$ ) value and P-value	30,406 ve 0,016**					

\*\* : P<0.01, \*\*\*: P<0.001.

#### ***The Relationship between the Opinions of the Surveyed Individuals about the Honey Sold in the Market According to Their Gender***

The relationship between the opinions of individuals surveyed based on their genders regarding the honey sold in the market is provided in Table 4. The relationship between the most important consideration when consumers purchase honey from the market and gender groups was found to be significant ( $\chi^2=17.164$  and  $P<0.001$ ). It was determined that gender significantly influences the most emphasized aspect when purchasing honey from the market, with a dependency coefficient of 24.7%. Male consumers were observed to place more importance on the price criterion when purchasing honey from the market compared to female consumers. Previous studies have examined the relationships between honey preferences and consumer characteristics, and statistically significant relationships have been identified (Gyau et al., 2014; Guziy et al., 2017). In a study conducted by Kabakçı and Dodoloğlu (2014), it was found that women prefer filtered honey at a higher rate compared to men. In the same study, it was reported that the relationship between gender and other criteria considered when purchasing honey, such as taste, smell, color, and the source of production, was insignificant, and among consumer preferences, the source of honey production was found to be more important compared to others. Marangoz and Tayçu Dolu (2019) concluded that the level of trust in purchasing bee products varied according to gender, with women having more trust in sellers compared to men. Yüzbaşıoğlu (2022) determined that the gender of individuals positively influences honey consumption, with men preferring to consume more honey than women.

Table 4. The relationship between the opinions of the surveyed individuals about the honey sold in the market according to their gender

Opinion	Gender		
	Male	Female	Total
<b>The most important criterion when purchasing honey from the market</b>			
The familiarity of the seller	36	38	74
The price of the honey	58	24	82
The appearance of the honey	22	27	49
The name of the producing company	17	28	45
The trust provided by the seller	19	12	31
<b>Total</b>	<b>152</b>	<b>129</b>	<b>281</b>
Chi-square ( $\chi^2$ ) value and P-value	17.164 ve 0,002***		

\*\* : P<0.01, \*\*\*: P<0.001.

### The Relationship between the Opinions of the Surveyed Individuals about the Honey Sold in the Market According to Their Professional Groups

The relationships between the opinions of individuals surveyed regarding the honey sold in the market based on their occupational groups are presented in Table 5. The relationship between consumers' opinions on whether there is adulteration in the honey in the market and their occupational groups was found to be significant ( $\chi^2=24.243$  and  $P<0.01$ ). It was determined that thoughts on the presence of adulteration in the honey in the market were dependent on occupational groups, with a dependency coefficient of 29.4%. The relationship between individuals' beliefs about the presence of pesticide and antibiotic residues in the honey when consumed and their occupational groups was significant ( $\chi^2=28.282$  and  $P<0.001$ ), with a dependency coefficient of 31.7%. The relationship between individuals' discomfort with the presence of starch-based sugar, drugs, or antibiotic residues in the honey when consumed and their occupational groups was also significant ( $\chi^2=25.517$  and  $P<0.01$ ), with the belief being dependent on occupational groups at a rate of 30.1%. The relationship between consumers' opinions on the most trusted honey among those available in the market and their occupational groups was found to be significant ( $\chi^2=26.099$  and  $P<0.001$ ). Consumers in the self-employed occupational group were found to have a higher belief in adulteration, presence of starch-based sugar, drugs, antibiotic residues, etc., in the honey sold in the market compared to other occupational groups, and they were more concerned about this issue. Additionally, it was observed that they considered comb honey to be safer compared to other types of honey. Various studies have reported statistically significant relationships between honey preferences and consumer characteristics (Gyau et al., 2014; Guziy et al., 2017).

Table 5. The relationship between the opinions of the surveyed individuals about the honey sold in the market according to their professional groups.

Opinion	professional groups					
	Officer	Self-employment	Employee	Retired	Student	Total
<b>Whether or not there is fraud in honey sold in the market</b>						
Yes definitely	40	70	31	11	13	165
No	2	7	9	5	1	24
Probably	9	22	17	9	12	69
I don't know	5	10	2	4	2	23
<b>Total</b>	<b>56</b>	<b>109</b>	<b>59</b>	<b>29</b>	<b>28</b>	<b>281</b>
Chi-square ( $\chi^2$ ) value and P-value	24,243 ve 0,019**					
<b>Belief that there are drug and antibiotic residues in honey on the market</b>						
Yes I believe	20	24	18	0	9	71
No I do not believe it	5	32	17	16	8	78
I don't know	31	53	24	13	11	132
<b>Total</b>	<b>56</b>	<b>109</b>	<b>59</b>	<b>29</b>	<b>28</b>	<b>281</b>
Chi-square ( $\chi^2$ ) value and P-value	28,282 ve 0,000***					
<b>Feeling uncomfortable when consuming honey because it contains starch-based sugar, medication or antibiotic residue.</b>						
Yes, I'm worried	34	62	28	13	15	152
No, I'm not worried	5	16	15	8	5	49
No idea	3	21	8	6	7	45
A little	14	10	8	2	1	35
<b>Total</b>	<b>56</b>	<b>109</b>	<b>59</b>	<b>29</b>	<b>28</b>	<b>281</b>
Chi-square ( $\chi^2$ ) value and P-value	25,517 ve 0,013**					
<b>The most reliable honey on the market</b>						
Karakovan honey	17	9	11	3	5	45
Comb honey	13	49	25	11	5	103
Liquid honey	6	19	10	7	7	49
I don't have an opinion	20	32	13	8	11	84
<b>Total</b>	<b>56</b>	<b>109</b>	<b>59</b>	<b>29</b>	<b>28</b>	<b>281</b>
Chi-square ( $\chi^2$ ) value and P-value	26,099 ve 0,010***					

\*\* :  $P<0.01$ , \*\*\* :  $P<0.001$ .

### The Relationship between the Opinions of the Surveyed Individuals about the Honey Sold in the Market by Income Group

The relationships between the opinions of the surveyed individuals about the honey sold in the market by income groups are given in Table 6. The relationship between income groups and the situation where people are most worried about the quality of honey when purchasing honey from the market is significant ( $\chi^2=33.720$  and  $P<0.01$ ), and it was determined that the concern in question is dependent on income groups (dependence coefficient 34.6%). The relationship between the most taken into consideration when buying honey from an unknown seller and the income groups was found to be significant ( $\chi^2=24.604$  and  $P<0.1$ ) and it was observed that this situation was dependent on the income groups. The relationship between the number of honey purchases in a year and income groups was also significant ( $\chi^2=23.455$  and  $P<0.05$ ) and the dependency coefficient was determined as 28.9%. It has been determined that consumers in the highest income group are more concerned about the low price of honey when purchasing honey from the market than individuals in other income groups, prefer comb honey instead of filtered honey, and purchase honey more than twice a year. In a study conducted by Şahinler et al. (2004), it was determined that individuals in the low-income group pay more attention to price, while individuals in the high-income group pay more attention to quality and nectar rate. In the studies conducted by Sıralı (2015) and Paydaş and Semerci, (2001), it was reported that there is a linear connection between the income level and the importance given to the brand, and that the degree of importance given to the brand decreases from the group with a high average income to the lower groups. In another study, it was reported that there was a negative relationship between individuals' income and honey consumption, and that a one-unit increase in individuals' income caused a four per thousand decrease in honey preference (Yüzbaşıoğlu, 2022).

Table 6. Relationships between the opinions of the surveyed individuals about the honey sold in the market according to their income groups.

Opinion	Income groups (₺)					ToTAL
	2500-3500	3501-4500	4501-5500	5501-6500	6501 and above	
<b>The most worrying thing about the quality of honey when buying honey from the market is</b>						
Low price	18	11	19	14	37	99
Appearance of honey	24	7	20	18	14	83
Attitude and behavior of the seller	6	7	12	2	3	30
Buying honey from a seller you don't know	7	6	23	8	25	69
<b>Total</b>	<b>55</b>	<b>31</b>	<b>74</b>	<b>42</b>	<b>79</b>	<b>281</b>
Chi-square ( $\chi^2$ ) value and P-value	33,720 ve 0,001***					
<b>The most important thing to pay attention to when buying honey from an unknown seller is</b>						
Price	10	5	11	8	15	49
Physical appearance	18	4	13	11	11	57
Smell	8	7	18	8	7	48
I prefer honeycomb honey instead of filtered honey.	13	10	23	12	25	83
Assurance given by the seller	6	5	9	3	21	44
<b>Total</b>	<b>55</b>	<b>31</b>	<b>74</b>	<b>42</b>	<b>79</b>	<b>281</b>
Chi-square ( $\chi^2$ ) value and P-value	24,604 ve 0,077*					
<b>Number of honey purchases in a year</b>						
Once	17	10	20	5	20	72
Twice	16	7	23	10	15	71
more than two	4	3	13	16	22	58
Not sure	18	11	18	11	22	80
<b>Total</b>	<b>55</b>	<b>31</b>	<b>74</b>	<b>42</b>	<b>79</b>	<b>281</b>
Chi-square ( $\chi^2$ ) value and P-value	23,455 ve 0,024**					

\*:  $P<0.5$ , \*\*:  $P<0.01$ , \*\*\*:  $P<0.01$ .

## CONCLUSION AND RECOMMENDATIONS

This study examines the preferences, concerns, thoughts, and behaviors of consumers living in the central district of Diyarbakır regarding the purchase and consumption of commercially available honey, as well as the relationships between these and certain socio-economic characteristics of consumers. The influential perceptions affecting consumers' honey preferences and the factors contributing to these perceptions are addressed, and the findings are evaluated. The study also identifies the misconceptions that limit honey consumption in Türkiye and suggests measures to eliminate these negative perceptions. The findings are deemed highly significant for both consumers and honey producers. Additionally, the study emphasizes the need for honey producers to understand consumer expectations and for consumers to be informed about the true value of commercial honey, suggesting comprehensive promotional efforts to highlight honey's increasing economic value over time. In this study, it was determined that the participation rate in the survey was higher among males compared to females, and approximately 60% of the participants were under the age of 40. It was observed that among the surveyed consumers, there was a high proportion of university graduates and self-employed individuals. The average number of members in the families of the surveyed consumers was close to the Turkish average, with approximately 70% having incomes close to or above the minimum wage. The majority of surveyed consumers held positive views on the necessity of consuming honey for healthy nutrition, tended to consume honey more than other sweet foods (such as jam, molasses, marmalade, etc.), and believed that the main reason for consuming honey was its health benefits. Many consumers disagreed with statements claiming that commercial honeys in the market are healthy, believing instead that there is adulteration (adulteration and counterfeiting) in the honey sold in the market, which could pose serious health risks. A significant portion of consumers expressed concerns that if the price of honey is low when purchasing it from the market, it may not be natural, and may contain additives such as sugar, syrup, drugs, or antibiotic residues. When purchasing honey from the market, consumers ranked the criteria they most valued and emphasized proportionally as follows: price of honey, familiarity with the seller, appearance of honey, name of the producing company, and trust provided by the seller. Nearly half of the consumers (49.5%) preferred to purchase local honey when buying honey. Consumers generally preferred filtered and comb honey in similar proportions, and it was found that nearly half of the consumers purchased 5 kg or less of honey per year. It was determined that younger consumers tended to believe more in the presence of drugs and antibiotic residues in commercial honey compared to consumers in other age groups, and placed more importance on price when purchasing honey from the market. Male consumers were observed to place more importance on price when purchasing honey from the market compared to female consumers. Consumers in the self-employed occupational group were found to believe more in adulteration and the presence of drugs and antibiotic residues in the honey sold in the market compared to other occupational groups. They also expressed higher levels of discomfort regarding the presence of sugar, syrup, and starch-based sugar in honey when consuming it, and considered comb honey to be safer compared to other types of honey. Consumers in the highest income group were found to be more concerned about the quality of honey when purchasing it from the market compared to individuals in other income groups. Based on the results obtained, some opinions and suggestions are provided below:


- Due to the significant influence of the plant flora of the region where honey is obtained, the quality of honey produced in Türkiye varies considerably depending on the regions.
- According to the Turkish Food Codex Honey Regulation, no substance, including food additives, can be added to honey. Honey must be free from organic and/or inorganic substances not naturally found in its composition.
- However, honey, being subject to limited and nature-dependent production, as well as high demand both domestically and internationally, is currently among the most adulterated (counterfeit and adulterated) foods.
- Since almost the entire dry matter of honey consists of sugars, it is highly susceptible to adulteration. Whether honey is adulterated or not is crucial both for health reasons and commercial purposes. Preventing adulteration is of great importance for protecting consumer health and preventing unfair competition.
- Compared to other agricultural foods, honey is generally produced and marketed under less regulated conditions, leading to higher food safety concerns. It is not possible to determine whether honey is adulterated from its appearance, smell, or taste. The most accurate method is to analyze the composition of honey. Nowadays, with advancing technology, all characteristics of honey can be thoroughly analyzed.
- Despite being one of the leading countries in honey production, Türkiye faces significant quality issues in its honey products. Therefore, problems often arise in honey exports to foreign countries.
- In addition to pure honey, there is a considerable amount of counterfeit and adulterated honey in the market. Effective control of honey using appropriate methods is necessary to limit this fraud and reduce associated risks.

- Relevant authorities should ensure the production of honey is healthier and safer by conducting regular inspections of beekeepers and considering practices to eliminate consumer doubts.
- Consumer awareness of healthy nutrition plays a significant role, and as consumers' income levels increase, there is a tendency to consume higher quality and healthier honey. To address the generally negative perception consumers have towards commercially available honey, a trust environment must be established between honey producers and consumers.
- Ensuring traceability throughout the production and marketing stages of honey, along with regular and effective inspection mechanisms, is essential to remove low-quality honey from the market.
- Consumers are advised to prefer products from beekeepers approved and registered by the Ministry of Agriculture and Forestry when purchasing honey.
- Compliance with legal regulations in honey production and marketing largely depends on a thorough understanding of professional organization and ethical principles within the industry.

**Ethics Committee Approval:** "This study was prepared under the permission of the Bingol University Ethics Committee, dated 15/03/2022, with reference number E.53952."

**Conflict of Interest Statement:** We, the authors of the article, declare that there is no conflict of interest among us.

**Author Orcid No:**

Rüksane ÇELİK  <http://orcid.org/0009-0005-6591-342X>

Turgay ŞENGÜL  <http://orcid.org/0000-0002-2640-149X>

Ersin KARAKAYA  <http://orcid.org/0000-0002-6734-4962>

**REFERENCES**

- Aksoy, A., Yavuz, F., 2012. Çiftçilerin küçükbaş hayvan yetiştiriciliğini bırakma nedenlerinin analizi: Doğu Anadolu Bölgesi örneği. *Anadolu Tarım Bilim. Derg.*, 27(2):76-79.
- Anonim, 2020. Temmuz 2022 tarihli ve 31388 Mükerrer sayılı Resmi Gazete.
- Anonymous, 2022. T.C. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, 2022 Yılı İçin Yeni Asgari Ücret 5 Bin 500 TL Olarak Belirlendi. (<https://www.csgb.gov.tr>).
- Arvanitoyannis, I., Krystallis A. 2006. An empirical examination of the determinants of honey consumption in Romania. *International Journal of Food Science and Technology*, 41: 1164–1176.
- Aydurmuş, İ., Türkmen, Özen, İ., Karataş, Ü., 2022. Bal Tüketim ve Bilinç Düzeyinin Araştırılması. *Kadirli Uygulamalı Bilimler Fakültesi Dergisi Cilt 2, Sayı 2*, 181-196.
- Baki, F., Saner, G., ve Güler, D. 2014. İzmir ilinde tüketicilerin arı ürünlerine yönelik tercihler ve tüketim durumu. 4. Uluslararası Muğla Arıcılık Ve Çam Balı Kongresi, Muğla, s. 5-9.
- Baki, F., Saner, G., Adanacioğlu, H., ve Güler, D. 2017. Türkiye’de süzme çam balına yönelik tüketici tercihlerinin Konjoint analizi: İzmir ili örneği. *Balkan and Near Eastern Journal of Social Sciences*, 3:(2), p. 50-57.
- Bhandari, B., D’Arcy, B. ve Kelly, C. 1999. Rheology and crystallization kinetics of honey: present status. *International Journal of Food Properties*, 2(3), 217-226. <https://doi.org/10.1080/10942919909524606>.
- Bölüktepe, F. E., ve Yılmaz, S. 2006. Tüketicilerin bal satın alma davranış ve alışkanlıklarını etkileme sürecinde markanın önemini belirlemeye yönelik bir araştırma. *Uludağ Arıcılık Dergisi*, 6(4): 135-142.
- Burucu, V., Gülse Bal, H.S. 2017. Türkiye’de arıcılığın mevcut durumu ve bal üretim öngörüsü. *Tarım Ekonomisi Derg.*, Cilt: 3 Sayı: 1, 28-37.
- Denizli, Akdemir, G. 2019. Erzurum ilindeki tüketicilerin bal tüketim tercihlerinin incelenmesi. *Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Ekonomisi ABD, Yüksek Lisans Tezi*.
- Denizli, Akdemir, G., ve Dağdemir, V. 2021. Erzurum ilindeki tüketicilerin bal tüketim tercihlerinin incelenmesi. *İğdir Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 11(4): 3172-3183.

- FAO, 2022. Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAO <http://www.fao.org/faostat/en/#data>. (Erişim tarihi: 02.03.2023).
- Guziy, S., Šedík, P., Horská, E. 2017. Comparative study of honey consumption in Slovakia and Russia. *Potravin. Slovak J. Food Sci.*, 11, 472–479.
- Gürel, F. 2025. Balda taklit ve tağşiş. *Arıcılık Araştırma Dergisi*. 7 :(13), 2-5. ISSN 2146 -2720.
- Gyau, A., Akalakou, C., Degrande, A., Biloso, A. 2014. Determinants of consumer preferences for honey in the democratic Republic of Congo. *Journal of Food Products Marketing*, 20(5), 476e490. <http://dx.doi.org/10.1080/10454446.2013.807405>.
- Kabakcı, D., ve Dodoloğlu, A. 2014. Türkiye'nin bal tüketim alışkanlıkları: Erzurum örneği. 4. Uluslararası Muğla Arıcılık ve Çam Balı Kongresi (5-9 Kasım) Bildirileri. Ölüdeniz, Muğla. s. 433-435.
- Karadavut, U., Tunca, İ., R., Taşkın, A., Büyük, M. ve Çimrin, T. 2014. Kırşehir ili arı ürünleri kullanımı ve tüketimi üzerine farkındalık çalışması. 4. Uluslararası Muğla Arıcılık ve Çam Balı Kongresi, ss. 446- 447.
- Karahan, Ş., ve Özmen, Özbakır, G. 2020. Güneydoğu Anadolu'da arıcılık faaliyetlerinin ve bal tüketim alışkanlıklarının belirlenmesi. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 7(4): 1148–1158.
- Kavas, A. 1987. Gıda seçimi ve tüketimi: Davranışsal Yaklaşım. *Gıda Sanayi*, 1(2): 18-22.
- Kekeçoğlu M, Gürcan E, Soysal M 2007. Türkiye arı yetiştiriciliğinin bal üretimi bakımından durumu. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 4(2), 227 - 236.
- Kızılaslan, H., and Kızılaslan, N. 2007. Factors affecting honey production in apiculture in Turkey. *Journal of Applied Sciences Research*, 3(10): 983-987.
- Korkmaz, (2013). Arıcılığımızın temel sorunu: Arıcı. *Samsun İli Arı Yetiştiricileri Birliği. Petek Dergisi*. 9:(18-19).
- Krystallis, A., Petrovici, D. and Arvanitoyannis, I. 2007. From commodities to the consumption of quality foods in Eastern European context. *Journal of East-West Business*, 12, 5-37.
- Kumova, U., ve Korkmaz, A. 1999. Çukurova bölgesi koşullarında yetiştirilen arı otu bitkisinin bal arıları için önemi. *TİGEM*, 12(68): 28-31.
- Kumova, U., ve Korkmaz, A. 2000. Arı ürünleri tüketim davranışları üzerine bir araştırma. Türkiye'de Arıcılık Sorunları ve I. Ulusal Arıcılık Sempozyumu (28-30 Eylül 1999), Erzincan, s. 129-142.
- Marangoz, M. ve Tayçu Dolu, Z. 2019. Tüketicilerin arı ürünlerine ilişkin bilgi ve güven düzeyleri ile satın alma davranışlarının araştırılması. *Uludağ Arıcılık Dergisi*, 19(2): 110-125.
- Merdan, K., ve Durmuş, İ. 2018. Bayburt ölçeğinin arı ürünleri tüketim tercihlerini etkileyen faktörler üzerine bir değerlendirme. *Social Sciences Studies Journal*, 4(16): 1101-1112.
- Mutlu, C., Erbaş, M., Arslan Tontul, S., 2017. Bal ve diğer arı ürünlerinin bazı özellikleri ve insan sağlığı üzerine etkileri. *Akademik Gıda*. 15(1):75-83
- Niyaz, O. C., Demirbaş, N. 2017. Arı ürünleri tüketicilerinin genel özellikleri ve tüketim tercihleri: Çanakkale ili örneği. *Tarım Ekonomisi Dergisi*, 23(2): 255-262.
- Paydaş, M., ve Semerci, A. 2001. İstanbul'da süzme bal tüketim eğilimleri. *Teknik Arıcılık*. 73(1): 8-15.
- Saner, G., Yercan, M., Engindeniz, S., Karaturhan, B., ve Cukur. F. 2007. Alternative marketing strategies for honey and other bee products in Turkey. *Journal of Agricultural and Food Information* 8(4): 65–74. doi:10.1080/10496500802083690.
- Saner, G., Yücel, B., Yercan, M., Karaturhan, B., Engindeniz, S., Çukur, F. ve Kösoğlu, M. 2011. Organik ve konvansiyonel bal üretiminin teknik ve ekonomik yönden geliştirilmesi ve alternatif pazar olanaklarının saptanması üzerine bir araştırma: İzmir ili Kemalpaşa ilçesi örneği. *TEPGE (Tarımsal Ekonomi ve Politika Geliştirme Enstitüsü) Yayın No:195, Ankara*, s. 173.
- Saner, G., Engindeniz, S., Yercan, M., Çukur, F., Karaturhan B., Yücel, B., ve Köseoğlu, M. 2012. İzmir ili kentsel alanında tüketicilerin bal satın alma tercihleri ve tüketim düzeyleri. 3. Uluslararası Muğla Arıcılık ve Çam Balı Kongresi (01-04 Kasım 2012) Bildirileri Kitabı. Marmaris-Muğla, s. 215-223.

- Sayılı, M. 2013. Tokat ilinde tüketicilerin arı ürünleri tüketim durumları ve alışkanlıkları. *Uludağ Arıcılık Dergisi*, 13(1): 16-22.
- Sıralı, R., ve Çelik, Y. 2007. Ordu ili kentsel alandaki tüketicilerin süzme bal tüketim alışkanlıkları. *Hasad Gıda*. 23(270): 30-37.
- Sıralı, R. 2015. Süzme bal satın alma sürecinde tüketici tercihlerini etkileyen faktörler. *Ordu'da gıda güvenliği. Ordu Gıda ve Hay. Müd. Yay.*, 9: (25),45-49.
- Soylu, M., ve Silici, S. 2018. Üniversite öğrencilerinin bal tüketim tercihleri. *International Journal of Human Sciences*, 15(1): 386-398.
- Tosun, M., 2004. Balda yapılan hileleri belirleme yöntemlerinin uygunluğunun araştırılması. Atatürk Üniv. Fen Bilim. Enst. Gıda Müh. ABD. Doktora Tezi.
- Şahinler, N., Şahinler, S., Gül, A., ve Görgülü, O. 2004. Arı ürünleri tüketici özelliklerinin belirlenmesi üzerine bir çalışma. 4. Ulusal Zootekni Bilim Kongresi (1-3 Eylül). Isparta, s. 53-57.
- Şahinler, N., Çetinkaya, S., ve Toy N. Ö. 2021. Uşak ilinde arı ürünlerinin tüketim durumları. *Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 26(1): 155-162.
- TGK, 2020. Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği. (Tebliğ No: 2020/7, 22 Nisan 2020 tarih ve 31107 sayılı Resmî Gazete.
- TÜİK, 2023. Türkiye İstatistik Kurumu veri portalı. <https://data.tuik.gov.tr/> (Erişim tarihi: 02.02.2024)
- Vanyi, A. G., Csapo, Z., Karpati. L. 2011. Evaluation of consumers' honey purchase habits in Hungary. *Journal of Food Products Marketing* 17(2–3): 227–240. doi:10.1080/10454446.2011.548293.
- Yüzbaşıoğlu, R. 2022. Bireylerin bal tüketimi ve yöresel ürün olan Zara balı tercih nedenleri (Sivas ili merkez ilçe örneği). *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 19(1): 16-27.

## Alternatif Tıpta Kullanılan *Helichrysum armenium* Türünün (Altınotu) Fenolik İçerik ve Antioksidan Özellikleri

Fatma ERGÜN<sup>1\*</sup> , Melike YEĞİN<sup>1</sup> <sup>1</sup>Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik Bölümü, Kırşehir, Türkiye

\*Sorumlu Yazar: fatma.ergun@ahievran.edu.tr

Geliş Tarihi: 06.09.2023 Düzeltme Geliş Tarihi: 18.03.2024 Kabul Tarihi: 21.03.2024

### ÖZ

Canlılardaki kronik hastalıkların oluşma sebepleri arasında radikal akümüasyonu gelmektedir. Metabolik faaliyetler sonucu oluşan bu radikallerin organizma üzerindeki zararlı etkilerinin azaltılması veya yok edilmesi için nötrleştirilip ortamdaki uzaklaştırılması gerekir. Buda doğal antioksidanlar sayesinde mümkündür. Bu durumun bilinmesi doğal antioksidan kaynaklarına ilginin artmasına ve birçok çalışmanın yapılmasına neden olmuştur. *Helichrysum armenium* subsp. *armenium*, Asteraceae familyasına ait antioksidan potansiyele sahip tıbbi ve aromatik özellikleri olan bir türdür. Dünya çapında geniş bir dağılıma sahip olan bu bitki, geleneksel tıpta çeşitli folklorik amaçlar için kullanılmaktadır. Çalışmamızda kullanılan bu bitki türü ekstraktının fenolik madde miktarının  $87,60 \pm 0,10$  mg GAE  $g^{-1}$  ve flavonoid madde miktarının  $38,84 \pm 1,36$  mg KE  $g^{-1}$  olduğu belirlenmiştir. Bitki ekstraktının,  $IC_{50}$  değerinin  $183,07 \pm 4,92$   $\mu g$   $ml^{-1}$ ,  $Fe^{+3}$  indirgeme gücünün  $2,36 \pm 0,20$   $\mu g$  TE  $ml^{-1}$ ,  $Cu^{+2}$  indirgeme gücünün  $40,94 \pm 4,62$   $\mu g$  TE  $ml^{-1}$ , DPPH radikal giderme aktivitesinin ise  $24,05 \pm 1,13$   $\mu g$  TE  $ml^{-1}$  olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca C vitamini değeri  $17,2$  mg  $100$   $g^{-1}$  olarak belirlenmiştir. Bu sonuçlar, *Helichrysum armenium* subsp. *armenium* taksonunun biyokimyasal içeriğinin zenginliğini ortaya koymaktadır. Sonuçlar dikkate alındığında daha çok *Helichrysum* cinsinin diğer alt taksonlarına olan yoğun ilginin, bu türe karşıda gösterilmesi gerekliliği kanaati oluşmuştur. Ayrıca bu türün sağlık üzerindeki etkilerini belirlemek amacıyla yeni çalışmaların yapılmasına ihtiyaç vardır.

**Anahtar kelimeler:** Antioksidan, Fitokimyasallar, *Helichrysum armenium* subsp. *armenium*, Altınotu, Ölmezotu  
*Helichrysum armenium* species used in alternative medicine (Altınotu) phenolic content and antioxidant properties

### ABSTRACT

Radical accumulation is among the causes of chronic diseases in living organisms. These radicals formed as a result of metabolic activities must be neutralized and removed from the environment in order to reduce or eliminate their harmful effects on the organism. This is possible thanks to natural antioxidants. The knowledge of this situation has led to an increased interest in natural antioxidant sources and many studies have been conducted. *Helichrysum armenium* subsp. *armenium* is a species of the Asteraceae family with medicinal and aromatic properties with antioxidant potential. It has a wide distribution worldwide and is used in traditional medicine for various folkloric purposes. The phenolic and flavonoid content of the extract of this plant species used in our study was  $87.60 \pm 0.10$  mg GAE  $g^{-1}$  and  $38.84 \pm 1.36$  mg QE  $g^{-1}$ , respectively.  $IC_{50}$  value of the plant extract was  $183.07 \pm 4.92$   $\mu g$   $ml^{-1}$ ,  $Fe^{+3}$  reducing power was  $2.36 \pm 0.20$   $\mu g$  TE  $ml^{-1}$ ,  $Cu^{+2}$  reducing power was  $40.94 \pm 4.62$   $\mu g$  TE  $ml^{-1}$ , DPPH radical scavenging activity was  $24.05 \pm 1.13$   $\mu g$  TE  $ml^{-1}$ . In addition, vitamin C value was determined as  $17.2$  mg  $100$   $g^{-1}$ . These results reveal the richness of the biochemical content of *Helichrysum armenium* subsp. *armenium* taxon. Considering the results, it is concluded that the intense interest in other sub-taxa of the genus *Helichrysum* should also be shown to this species. Further studies are also needed to determine the health impacts of this species.

**Key words:** Antioxidant, Phytochemicals, *Helichrysum armenium* subsp. *armenium*, Altınotu, Ölmezotu



## GİRİŞ

Bitkilerin sağlık amaçlı kullanımı uzun geçmişe sahiptir (Faqi, 2016). Bilinen en eski ilaçların kaynağı bitkilerdir. Ayrıca bitkiler yalın kullanımların yanı sıra modern ilaçlara da kaynaklık etmektedir (Faqi, 2016; Carmona ve Pereira, 2013). Son yıllarda sağlık alanında sentetik ürün ve kimyasalların kullanımının artması çeşitli olumsuzlukların ortaya çıkmasına sebep olmuştur. Bu durum bu tür ürünlere karşı var olan tereddütlerin artmasına ve güvenin azalmasına neden olmuştur. Ayrıca Dünya Sağlık Örgütü'ne (DSÖ) göre, dünya nüfusunun %70-95'i temel sağlık hizmetleri için geleneksel tıbbı güvenmektedir (Sardesai, 2002).

Geleneksel tıp alanında kullanılan birçok bitki türü vardır. Bu tür bitkiler yapılarında sağlık için önemli olan fitokimyasallar gibi çok çeşitli kimyasallar bulundurlar (Ergün, 2021a.) Fitokimyasalların kanser, kolesterol, diyabet gibi birçok hastalığa karşı da etkili olduğu bilinmektedir (Thangapazham ve ark., 2006; Erlund ve ark., 2008). Tıbbi bitkiler insan sağlığı için önemli olan fitokimyasalların zengin bir kaynağı olduğundan hem gıda endüstrisinin hem de tüketicilerin dikkatini çekmektedir (Iriti ve ark., 2010).

*Helichrysum* cinsi, Asteraceae familyasına ait bir bitki türüdür. Fitokimyasallar yönünden zengin olan tür tıbbi ve aromatik özelliklere sahiptir. Dünya çapında geniş bir dağılımı olan bu familyaya ait yaklaşık 500 tür bulunmaktadır (Akinyede ve ark., 2021). Deniz seviyesinden başlayıp, 1700 metreye kadar geniş bir rakım aralığında, tercihen kumlu veya tınlı topraklarda yetişmektedir. Türkiye'de bu familyaya ait türler yöresel olarak "ölmez otu, solmaz çiçek, altın otu" gibi farklı isimlerle anılmaktadır (Perrini ve ark., 2009; Eroğlu, 2018).

Familyaya ait türlerin uzun yıllar öncesine dayanan çay gibi folklorik kullanımlarının yanında, yakılarak hasta odalarını dezenfekte etmek gibi tıbbi kullanımları da vardır (Akinyede ve ark., 2021). Tıbbi olarak daha çok yaprak ve çiçekleri kullanılmaktadır. Karaciğer ve safra kesesi rahatsızlıklarına, sindirim sistemi bozukluklarına, çeşitli enfeksiyon hastalıklarına, bebeklerde kulak ağrısına ve alerji, astım, kolesterol, diabet, uyku bozukluğu gibi sistemik rahatsızlıklara iyi geldiği bilinmektedir (Czinner ve ark., 2000; Eroğlu ve ark., 2010; Demirci ve Özhatay, 2012; Viegas ve ark., 2014; Rigano ve ark., 2014; Mükemre ve ark., 2015; Reidel ve ark., 2017). Ayrıca bazı türlerinin kullanımı Dünya Sağlık Örgütü tarafından onaylanmıştır (Akaberi ve ark., 2019).

Bu çalışmada Erzurum bölgesinden toplanan Asteraceae familyası ait *Helichrysum* cinsinin bir alt türü olan *Helichrysum armenium* subsp. *armenium* türünün biyoaktif bileşenlerini ve antioksidan kapasitesini belirlenmesi amaçlanmıştır.

## MATERYAL ve METOT

### Numune Temini ve Ekstrakt eldesi

Çalışmalarda kullanılan Altın otu (*Helichrysum armenium* subsp. *armenium*) bitki numuneleri sonbahar aylarında, Erzurum ili Olur ilçesinde (40°57'25"N 42°07'41"E 2449 m, 40°57'20"N 42°07'52"E 2479 m, 40°57'28"N 42°07'53"E 2562 m) yaşayan yerel halkın satmak için toplayıp gölgede kurdukları örneklerden temin edilmiştir. Çalışmada bitkinin sadece çiçek kısımları kullanılmıştır. Bu amaçla çiçek kısımları saplardan ayrılarak öğütücüde çok küçük parçalara ayrılmış. Ardından tartılarak kapaklı erlene alınmış ve üzerine metanol eklenerek (1:20 w/v) 16 saat süreyle karıştırılmıştır. Süzülerek ayrılan numuneye bir miktar metanol ilave edilerek ve karıştırılmıştır. Bu işlem sonunda tekrar süzülerek süzüntü kısımları birleştirilmiştir. Son olarak metanol evaporatör ile uzaklaştırılarak elde edilen ekstrakt analizler yapıncaya kadar +4 °C'de saklanmıştır. (Ergün, 2021a).

### Polifenol miktarlarının belirlenmesi

Toplam fenolik miktarı Folin-Ciocaltaeu reaktifi kullanılarak yapılmıştır (Slinkard and Singleton, 1977). Ekstrakt (0.1 ml) alınarak üzerine uygun hacimde destile su ilave edilmiştir. 0.04 ml Folin reaktifi eklendikten 3 dk sonra 0.12 ml sodyum karbonat ile karıştırılmıştır. Oda sıcaklığında 2 saat bekledikten sonra 760 nm dalga boyunda absorbans okunmuştur. Numunelerin toplam fenolik madde miktarları gallik asit ile hazırlanan standart grafik yardımıyla mg GAE g<sup>-1</sup> olarak tespit edilmiştir (Ergün, 2021b). Toplam flavonoid miktarını belirlemek için 0.1 ml ekstrakt alınarak metanol ile hacmi 2 ml'ye tamamlanmıştır. Ardından potasyum asetat ilave edilip (1 M) 1 dk sonra Alüminyum nitrat (%10) eklenerek oda sıcaklığında 40 dk inkübe edilerek 415 nm'deki değerleri belirlenmiştir (Ergün, 2022a). Alüminyum nitrat metodu kullanılarak yapılan bu işlemde kuarsetinden oluşturulan grafik yardımıyla flavonoid miktarı mg KE g<sup>-1</sup> olarak hesaplanmıştır.

### Antioksidan aktivite

Ekstraktın DPPH (1,1-Difenil-2-pikrihidrazil) radikal giderme aktivitesini değerlendirmek için yöntem olarak Blois (1958) metodu, standart olarak troloks kullanılmıştır. Çalışma sonucunda absorbanslar 517 nm'de ölçülmüş ve radikal giderici aktivitesi troloks eşdeğeri olarak ( $\mu\text{g TE ml}^{-1}$ ) hesaplanmıştır.

**Fe<sup>3+</sup>-Fe<sup>2+</sup> İndirgeme Gücü Testi**

Fe<sup>3+</sup>-Fe<sup>2+</sup> İndirgeme Gücü Testi Oyaizu (1986) metodu kullanılarak yapılmıştır. Bu amaçla 0.1 ml ekstrakt alınarak hacim saf su ile 1 ml'ye tamamlanarak 2.5 ml fosfat tamponu (2.2 M, pH:6.6) ve potasyum ferrisiyanür (%1) eklenmiş ve 50 °C'de 20 dk inkübe edilmiştir. Sonra TCA (%10) ilave edilerek iyice karıştırılmıştır. Bu karışımdan alınan numune üzerine 2.5 mL saf su ve demir 3 klorür ilave edilerek 700 nm'deki absorbands değeri belirlenmiştir (Ergün, 2022b). Aynı şartlarda Troloks ile hazırlanan grafik yardımıyla indirgeme gücü troloks eşdeğeri olarak hesaplanmıştır.

**Cu<sup>2+</sup>-Cu<sup>+</sup> Azaltma Kapasitesi Testi**

Çalışma Apak ve ark., (2004) geliştirmiş oldukları metod kullanılarak yapıldı. Bunun için 1'er ml bakır 2 klorür dihidrat, neokuprin , amonyum asetat, 0.1 ml ekstrakt ve 0.9 ml saf su karıştırılmıştır. Reaksiyonun gerçekleşmesi için karışım 30 dk oda sıcaklığında bekletilmiştir. Süre sonunda 450 nm dalda boyunda absorbandslar ölçülmüştür. Antioksidan aktivite troloks eşdeğeri olarak hesaplanmıştır.

**C vitamininin belirlenmesi**

Ekstraktın C vitamini miktarı spektrofotometrik olarak belirlenmiştir. Bu metod ortamdaki C vitamininin 2,6 dikloroindofenol boyar maddesini indirgemesi ve renginin giderilmesi esasına dayanmaktadır (Güzel ve Akpınar, 2019). 0.1 ml ekstrakt, 0.9 ml okzalik asit çözeltisi ve 9 ml boyar madde karıştırılmıştır. Oluşan reaksiyonun ardından kalan boyar maddenin 518 nm'de absorbandsı ölçülmüştür. Askorbik asit kullanılarak aynı şartlarda ölçümler yapılarak standart grafik oluşturulmuştur. Grafik yardımıyla C vitamini miktarları mg 100 ml<sup>-1</sup> olarak belirlenmiştir.

**İstatistiksel Analiz**

Çalışma sonuçlarının incelenmesinde SPSS istatistik programı kullanılmıştır. Bütün analizler üç paralel olarak planlandı ve sonuçlar 3 tekrarlı ölçümlerin ortalaması ± standart sapma olarak ifade edilmiştir.

**BULGULAR ve TARTIŞMA**

Türkiye'nin doğusunda yayılım gösteren *Helichrysum armenium* subsp. *armenium* bitkisinin toplam fenolik ve flavonoid madde miktarları belirlenerek Çizelge 1'de verilmiştir.

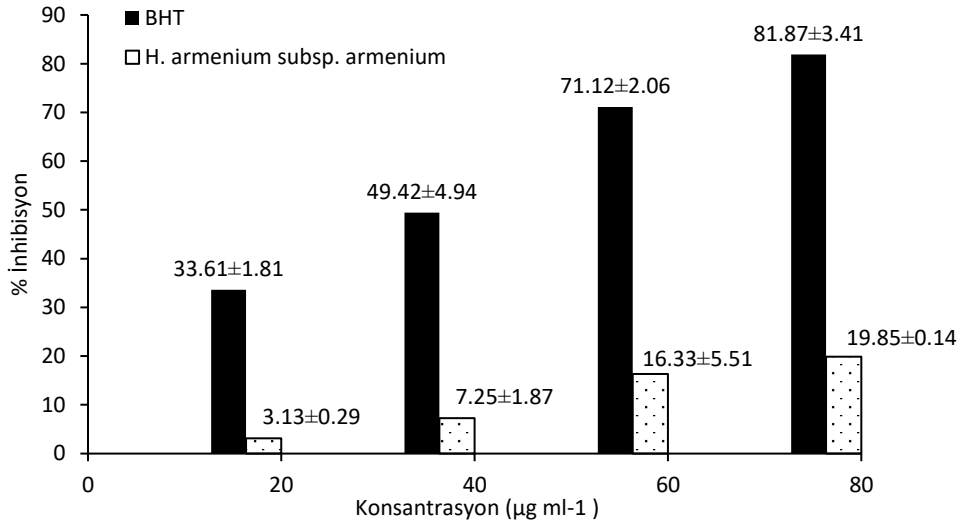
Çizelge 1. Toplam fenolik ve flavonoid madde miktarları

	Fenolik madde miktarı (mg GAE g <sup>-1</sup> )	Flavonoid madde miktarı (mg KE g <sup>-1</sup> )
<i>H. armenium</i> subsp. <i>armenium</i>	87,60±0,10	38,84±1,36

*Helichrysum arenarium* türünde yapılan çalışmada fenolik madde miktarı 7.56±0.08 mg GAE g<sup>-1</sup> ve fiavonoid madde miktarı 3.34±0.15 mg KE g<sup>-1</sup> olarak rapor etmişlerdir (Stankov ve ark., 2020). *H. arenarium* bitkisinin metanol ekstraktında toplam fenolik içerik 14.56 mg GAE g<sup>-1</sup> iken toplam flavonoid içerik ise 36.41 mg KE g<sup>-1</sup> olarak elde edilmiştir (Babotă ve ark., 2018). Albayrak ve ark., (2010b) yılında dört farklı *Helichrysum* türü ile yaptıkları çalışmada, toplam fenolik madde miktarlarını 144.50-71.81 mg GAE g<sup>-1</sup> olarak belirlemişlerdir. Aynı çalışmada *H. armenium* subsp. *araxinum* türünde bu değer 86.01±0.6 mg GAE g<sup>-1</sup> olarak bildirilmiştir. Albayrak ve ark.'nın (2010a) Türkiye'nin farklı bölgelerinden topladığı 16 *Helichrysum* türünün metanolik ekstraktlarıyla yaptıkları çalışmada toplam fenolik madde miktarlarını en çok 160,63±1,2 mg GAE g<sup>-1</sup>, en az 66,74±1,3 mg GAE g<sup>-1</sup> olarak belirlemişlerdir. Bu çalışmada Sivas/Türkiye'den toplanan *H. armenium* subsp. *armenium* türünde yapılan çalışmada fenolik madde miktarı 89,02±0,8 mg GAE g<sup>-1</sup> ekstrakt olarak bildirilmiştir. Çalışmada bulduğumuz değer bu değere oldukça yakındır. Diğer bölgelerdeki türler ile yapılan çalışmalarda göz önünde bulundurulduğunda bulduğumuz değer Türkiye'de yetişen türlere daha benzerdir.

*H. armenium* subsp. *armenium* ekstraktının antioksidan aktivitesi DPPH kullanılarak belirlenerek IC<sub>50</sub> ve troloks eşdeğeri olarak ifade edildi (Çizelge 2). DPPH bitkilerde radikal yakalama aktivitesinin belirlenmesinde yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. Bu yöntemin yaygın kullanılmasının nedeni kolay ve kısa sürede yapılıyor olmasıdır (Acet ve Özcan, 2023). Bu yöntem farklı *Helichrysum* türlerinde kullanılmıştır. Ekstraktın IC<sub>50</sub> değeri belirlenirken farklı konsantrasyonlarda radikal giderme aktiviteleri belirlendi. Ekstraktın aktivitesini karşılaştırmak amacıyla standart olarak BHT kullanıldı. DPPH• radikal giderme testleri 3 tekrarlı olarak yapılmış ve ölçümlerin ortalaması ± standart sapma olarak ifade edilmiştir. 20–80 µg ml<sup>-1</sup> konsantrasyon aralığında yapılan ölçümlerde ekstraktın % inhibisyon değerinin konsantrasyon artışına paralel olarak arttığı görüldü (Şekil 1). *H. armenium* subsp. *armenium* ekstraktı 20 µg ml<sup>-1</sup> konsantrasyonda başlangıç DPPH• radikal

konsantrasyonunun %3.13±0.29'unu inhibe ederken 80 µg ml<sup>-1</sup> konsantrasyonda ise %19.85±0.14'ünü inhibe etmiştir. İnhibisyon değerindeki artış DPPH• radikal giderme aktivitelerinde artış olduğunun bir göstergesidir.



Şekil 1. *Helichrysum armenium* subsp. *armenium* ekstraktı ve BHT'nin konsantrasyona karşı % inhibisyon grafiği

Antioksidan kapasitenin belirlenmesinde IC<sub>50</sub> değeri de kullanılmaktadır. Bunun için DPPH• konsantrasyonunun yarısının azaltıldığı ekstrak konsantrasyonu hesaplanır. IC<sub>50</sub> değerinin hesaplanması için ekstrak konsantrasyonuna karşı %inhibisyon grafiği çizildi. Çizilen grafiklerin eğim denklemlerinden yararlanıldı. IC<sub>50</sub> değeri *H. armenium* subsp. *armenium* için 183,07±4,92 µg ml<sup>-1</sup> ve BHT için 38,96±0,31 µg ml<sup>-1</sup> olarak belirlendi (Çizelge 2).

Çizelge 2. Ekstraktın Antioksidan değerleri (CUPRAC: Cu<sup>2+</sup>-Cu<sup>+</sup> azaltma kapasitesi, FRAP: Fe<sup>3+</sup>-Fe<sup>2+</sup> indirgeme gücü, DPPH: DPPH radikal giderme aktivitesi, IC<sub>50</sub>: DPPH radikalının %50'sinin azaltıldığı konsantrasyon)

	CUPRAC (µg TE ml <sup>-1</sup> )	FRAP (µg TE ml <sup>-1</sup> )	DPPH (µg TE ml <sup>-1</sup> )	IC <sub>50</sub> (µg ml <sup>-1</sup> )
<i>H. armenium</i> subsp. <i>armenium</i>	40,94±4,62	2,36±0,20	24,05±1,13	183,07±4,92
BHT	-	-	-	38,96±0,31

İfade edilen değerler 3 paralel ölçümün ortalaması olarak verildi

Albayrak ve ark. (2010a) *Helichrysum*'un farklı türlerinde yaptıkları çalışmada IC<sub>50</sub> değerinin 7.95 µg ml<sup>-1</sup> - 53.10 µg ml<sup>-1</sup> aralığında olduğunu bildirmişlerdir. Diğer bir çalışmalarında ise IC<sub>50</sub>'yi 23.03 µg ml<sup>-1</sup>-47.64 µg ml<sup>-1</sup> aralığında belirtmişlerdir (Albayrak ve ark. 2010b). Ornano ve ark., (2015) yaptıkları bir çalışmada *Helichrysum microphyllum cambess. ssp. tyrrhenicum* Bacch türü için IC<sub>50</sub> değerini 2060.0 µg ml<sup>-1</sup> olarak bildirmişlerdir. Afoulous ve ark., (2011) *H. Gymnocephalum* türünün esassiyel yağında IC<sub>50</sub>>1000 mg ml<sup>-1</sup> olduğunu ve oldukça düşük aktivite gösterdiğini bildirmiştir. Ayrıca *Helichrysum stoechas* ekstraktlarında bu değer 27.132±0.423 µg ml<sup>-1</sup> ile 63.194±6.807 µg ml<sup>-1</sup> aralığında bildirilmiştir (Boubakeur ve ark., 2017). Ebrahimzadeh ve Tavassoli (2015)'nin *Helichrysum pseudoplicatum* türünde yaptığı çalışmada bu değer 438.9±15.6 µg ml<sup>-1</sup> idi. IC<sub>50</sub> değerinin küçük olması aktivitenin yüksek olması anlamına gelir. Çalışmada bulduğumuz değer diğer türler ile karşılaştırıldığında bazılarında yüksek, bazılarında ise düşüktür. Bu durumun sebepleri arasında tür farklılığı, bitkinin toplandığı bölge/ülke ve mevsim/iklim farklılıklarını söyleyebiliriz.

Bitkinin metanol ekstraktlarında DPPH radikal giderme aktivitesini 24.05±1.13 µg TE ml<sup>-1</sup> olarak belirlendi (Çizelge 2). Bunun amaçla troloks'dan hazırladığımız standart çözeltiden yararlanılarak farklı konsantrasyonlarda ölçüm yapılarak standart bir grafik hazırlandı. Standart grafikten yararlanılarak µg TE ml<sup>-1</sup> olarak hesaplandı. *Helichrysum chionophilum* türünden elde edilen esansiyel yağda bu değer 34.82±0.03 mg TE g<sup>-1</sup> olarak bildirilmiştir (Acet ve Özcan 2023).

*H. armenium* subsp. *armenium* bitki ekstraktında indirgeme gücünün belirlenmesi için FRAP ve CUPRAC testleri uygulandı. Bunun için öncelikle her bir test öncesinde troloks standartı kullanılarak farklı konsantrasyonlarda ölçümler yapıldı ve standart grafikler çizildi. Ekstrakta  $Cu^{+2}$  indirgeme kapasitesi  $40.94 \pm 4.62 \mu\text{g TE ml}^{-1}$  olarak belirlenirken,  $Fe^{+3}$  indirgeme gücü  $2.36 \pm 0.20 \mu\text{g TE ml}^{-1}$  olarak hesaplandı (Çizelge 2). Zengin ve ark., (2020) *Helichrysum stoechas* türünde farklı ekstrakt yöntemleri kullanılarak yaptıkları çalışmada FRAP ve CUPRAC değerlerini sırasıyla  $662.87 \pm 20.41$ - $271.62 \pm 1.96 \text{ mg TE g}^{-1}$  ve  $927.39 \pm 11.19$ - $335.97 \pm 9.89 \text{ mg TE g}^{-1}$  aralığında bildirmişlerdir. Ayrıca *Helichrysum* türlerinin indirgeme gücünün olduğunu gösteren çalışmalarda mevcuttur (Ebrahimzadeh ve Tavassoli, 2015).

DPPH, FRAP ve CUPRAC bitkideki fenolik ve flavonoidlerle ilişkilidir. Biyoaktif bileşiklerin miktarı azaldıkça antioksidan aktivitelerde azalmaktadır (Zengin ve ark., 2020). Antioksidan kapasitenin belirlenmesi amacıyla yapılan testler sonucunda *H. armenium* subsp. *armenium* bitki ekstraktının radikal giderme ve indirgeme gücüne sahip olduğu belirlendi. Her ne kadar *H. armenium* subsp. *armenium* ile ilgili fazla çalışma olmasa da bulduğumuz sonuçlar diğer *Helichrysum* türleri ile karşılaştırıldığında benzerlik göstermektedir.


*H. armenium* subsp. *armenium* bitkisinin C vitamini değeri  $17.2 \text{ mg}/100 \text{ g}$  olarak belirlendi. Altın otu bitkisinde fenolik bileşiklerin yanı sıra C vitamininde olduğu bildirilmiştir (Şen ve Kalaycı, 2016). *Helichrysum* cinsine ait türler sabun ve koku sanayinde oldukça popüler bitkilerdir. Ayrıca cilt yenileme ve kırışık azaltmada etkisi olduğundan esansiyel yağları kozmetik alanında da kullanılmaktadır (Ornano ve ark., 2015; Güngör, 2022).


Günlük diyetle alınması önemli olan antioksidanlar, gıda sanayinde oksidasyon geciktirici veya önleyici olarak kullanılarak eklendiği besinlerin raf ömürlerinin uzamasına neden olmaktadır (Albayrak ve ark., 2010). Başlangıçta sentetik antioksidan türevlerinin kullanıldığı gıda sanayisinde ortaya çıkan yan etkilerden dolayı kullanım olanakları sınırlandırılmıştır (Velioglu ve ark., 1998; Ergün, 2021b). Bu durum bitkilerin yapısında bulunan doğal antioksidanlara olan ihtiyacın artmasına neden olmuştur (Bandoniene ve Murkovic, 2002; Ergün, 2021a). Çalışmamızda *H. armenium* subsp. *armenium* türünün fenolik içeriği ve antioksidan özelliğinin yüksek olduğu, besinsel kullanımının yanında gıda sanayisinde kullanım potansiyeline sahip olduğu belirlenmiştir. Elde edilen sonuçların türle ilgili diğer çalışmalara katkı sağlayacağı 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

Fatma ERGÜN  <http://orcid.org/0000-0001-5587-1581>

Melike YEĞİN  <http://orcid.org/0000-0002-0475-8850>

#### KAYNAKLAR

- Acet, T., Özcan, K. 2023. Antioxidant and antimicrobial activities of the essential oil of *Helichrysum chionophilum*: an endemic plant of Türkiye. *Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi*. 13(2): 680-689.
- Akaberli, M., Sahebkar, A., Azizi, N. ve Emami, S. A. 2019. Everlasting flowers: Phytochemistry and pharmacology of the genus *Helichrysum*. *Industrial Crops and Products*, 138.
- Akinyede, K. A., Cupido, C. N., Hughes, G. D., Oguntibeju, O. O. ve Ekpo, O. E. 2021. Medicinal properties and In vitro biological activities of selected *Helichrysum* species from South Africa: A review. *Plants*, 10(8): 1566.
- Albayrak, S., Aksoy, A., Sagdic, O., Hamzaoglu, E. 2010a. Compositions, antioxidant and antimicrobial activities of *Helichrysum* (Asteraceae) species collected from Turkey. *Food chemistry*. 119(1): 114-122.
- Albayrak, S., Aksoy, A., Sagdic, O., Budak, Ü. 2010b. Phenolic compounds and antioxidant and antimicrobial properties of *Helichrysum* species collected from eastern Anatolia, Turkey. *Turkish Journal of Biology*. 34(4): 463-473.
- 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. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 52(26): 7970-7981.

- Babotă, M., Mocan, A., Vlase, L., Crişan, O., Ielciu, I., Gheldiu, A. M., Vodnar D. C., Crişan G., Păltinean, R. 2018. Phytochemical analysis, antioxidant and antimicrobial activities of *Helichrysum arenarium* (L.) Moench. and *Antennaria dioica* (L.) Gaertn. flowers. *Molecules*. 23(2): 409.
- Bandoniené, D., Murkovic, M. 2002. On-line HPLC-DPPH screening method for evaluation of radical scavenging phenols extracted from apples (*Malus domestica* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 50(9): 2482-2487.
- Blois M.S. 1958. Antioxidant determinations by the use of a stable free radical, *Nature*. 181: 1199-1200.
- Boubakeur, H., Rebbas, K., Belhattab, R. 2017. Antioxidant and antibacterial activities of the extracts of *Helichrysum stoechas* (L.) Moench. *Phytothérapie*, 1-11.
- Carmona, F. ve Pereira, A. M. S. 2013. Herbal medicines: old and new concepts, truths and misunderstandings. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, 23(2): 379-385.
- Czinner, E., Lemberkovics, É., Bihátsi-Karsai, E., Vitányi, G. ve Lelik, L. 2000. Composition of the essential oil from the inflorescence of *Helichrysum arenarium* (L.) Moench. *Journal of Essential Oil Research*, 12(6): 728-730.
- Demirci, S. ve Özhatay, N. 2012. An ethnobotanical study in Kahramanmaraş (Turkey); wild plants used for medicinal purpose in Andirin, Kahramanmaraş. *Türk J Pharm Sci*, 9(1): 75-92.
- Ergün, F. 2021a. Cotoneaster Transcaucasicus Pojark. Determination of bioactive component amounts and antioxidant activities in fruit extracts. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*. 9(7): 1258-1263.
- Ergün, F. 2021b. Kırşehir’de Yetiştirilen Cemele Biberinin Biyoaktif Bileşenlerinin ve Antioksidan Kapasitesinin Belirlenmesi. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*. 8(3): 693-701.
- Ergün, F. 2022a. Determination of bioactive chemicals and antioxidant capacity in different plant parts of Coriander (*Coriandrum Sativum* L.). *JAPS: Journal of Animal & Plant Sciences*. 32(2): 532-537.
- Ergün, F. 2022b. The effects of drying methods on total phenolic and flavonoid substances and antioxidant capacity of Redstem Filaree (*Erodium Cicutarium*). *Applied Ecology and Environmental Research*. 20(1): 499-509.
- Erlund, I., Koli, R., Alfthan, G., Marniemi, J., Puukka, P., Mustonen, P., Mattila, P., Jula, A. 2008. Favorable effects of berry consumption on platelet function, blood pressure, and HDL cholesterol. *The Am. J. of Clin. Nutrition*. 87(2): 323-331.
- Eroğlu, H. E. 2018. Türkiye *Helichrysum* taksonlarının Türkçe ve diğer dillerdeki isimleri. *Avrasya Terim Dergisi*, 6(1): 26-34.
- Eroğlu, H. E., Hamzaoğlu, E., Aksoy, A., Budak, Ü. Ve Albayrak, S. 2010. *Helichrysum arenarium*'un insan lenfosit kültürlerinde sitogenetik etkileri. *Türk Biyoloji Dergisi*, 34 (3): 253-256.
- Faqi, A. S. 2016. A comprehensive guide to toxicology in nonclinical drug development. *Academic Press*.
- Güngör, Ö. 2022. Kozmetikte esansiyel yağlar. *Premium e-Journal of Social Science*. 6(24): 409-413.
- Güzel, M., Akpınar, Ö. 2019. Valorisation of fruit by-products: production characterization of pectins from fruit peels. *Food Bioprod Process*. 115: 126-133.
- Iriti, M., Varoni, E. M. Ve Vitalini, S. 2010. Melatonin in traditional Mediterranean diets. *Journal of pineal research*, 49(2): 101-105.
- Mükemre, M., Behçet, L. ve Çakılcıoğlu, U. 2015. Ethnobotanical study on medicinal plants in villages of Çatak (Van-Turkey). *Journal of ethnopharmacology*, 166: 361-374.
- Oyaizu, M. 1986. Study on products of Browning reactions: antioxidative activities of products of browning reaction prepared from glucosamine. *Jpn. J. Nutr*. 44: 307-315.
- Perrini, R., Morone-Fortunato, I., Lorusso, E. ve Avato, P. 2009. Glands, essential oils and in vitro establishment of *Helichrysum italicum* (Roth) G. Don ssp. *microphyllum* (Willd.) Nyman. *Industrial crops and products*, 29(2-3): 395-403.
- Reidel, R. V. B., Cioni, P. L., Ruffoni, B., Cervelli, C. ve Pistelli, L. 2017. Aroma profile and essential oil composition of *Helichrysum* species. *Natural Product Communications*, 12(9).
- Rigano, D., Formisano, C., Pagano, E., Senatore, F., Piacente, S., Masullo, M. ve Borrelli, F. 2014. A new acetophenone derivative from flowers of *Helichrysum italicum* (Roth) Don ssp. *italicum*. *Fitoterapia*, 99:198-203.
- Sardesai, V. M. 2002. Herbal medicines: poisons or potions?. *Journal of Laboratory and Clinical Medicine*, 139(6): 343-348.
- Slinkard, K., Singleton, V.L. 1977. Total phenol analyses: automation and comparison with manual methods. *American Journal of Enology and Viticulture*. 28: 49-55.

- Stankov, S., Fidan, H., Petkova, N., Stoyanova, A., Dincheva, I., Doğan, H., Coşge, Ş.B., Uskutoğlu, T., Baş, H., Yılmaz, G. 2020. Phytochemical composition of *Helichrysum arenarium* (L.) Moench essential oil (aerial parts) from Turkey. *Ukrainian Food Journal*. 9(3): 503-512.
- Thangapazham, R.L., Sharma, A., Maheshwari, R.K. 2006. Multiple molecular targets in cancer chemoprevention by curcumin. *The AAPS Journal*. 8(3): 443.
- Velioglu, Y., Mazza, G., Gao, L., Oomah, B.D. 1998. Antioxidant activity and total phenolics in selected fruits, vegetables, and grain products. *Journal of agricultural and food chemistry*. 46(10): 4113-4117.
- Viegas, D. A., Palmeira-de-Oliveira, A., Salgueiro, L., Martinez-de-Oliveira, J. ve Palmeira-de-Oliveira, R. 2014. *Helichrysum italicum*: From traditional use to scientific data. *Journal of ethnopharmacology*, 151(1): 54-65.
- Zengin, G., Cvetanović, A., Gašić, U., Tešić, Ž., Stupar, A., Bulut, G., Sinan, K.I., Uysal, Ş., Picot-allain, M.C.N., Mahomoodally, M.F. 2020. A comparative exploration of the phytochemical profiles and biopharmaceutical potential of *Helichrysum stoechas* subsp. *barrelieri* extracts obtained via five extraction techniques. *Process Biochemistry*. 91: 113-125.

## Tarımsal SWOT Analizi ve Stratejileri (Bolu İli Örneği)

Faruk ÇETİN<sup>1\*</sup> , İhsan CANAN<sup>2</sup> 

<sup>1</sup>Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Seben İzzet Baysal MYO, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, Bolu

<sup>2</sup>Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Bolu

\*Sorumlu Yazar: [farukcetin@ibu.edu.tr](mailto:farukcetin@ibu.edu.tr)

Geliş Tarihi: 20.07.2023 Düzeltme Geliş Tarihi: 23.12.2023 Kabul Tarihi: 20.02.2024

### ÖZ

İnsanlar yaşamlarını fiziksel ve psikolojik olarak sağlıklı bir şekilde devam ettirebilmek için temel besin ihtiyaçlarına gereksinim duyarlar. Tarım sektörü ihtiyaç duyulan besinlerin karşılanması, istihdam ve nüfus, ithalat ve ihracat, hammadde temini ve sanayideki rolü gibi birçok alanda stratejik konuma sahiptir. Dünyada ve ülkemizde yaşanan covid19 süreci, salgın hastalıklar, bölgesel karışıklıklar ve savaşlar, iklim değişikliği, doğal afetler, enerji ve gıda krizleri gibi sorunlardan dolayı tarım sektörü değerini korumaktadır. Önemli bir yere sahip tarım sektörünün tarihi, durumu ve geleceği konusunda fazlaca bilimsel yöntem ve çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmalar arasında SWOT analizi de yer almaktadır. Tarımsal SWOT analizi ülkeler bütününde olduğu gibi bölgesel, yapısal veya içerik olarak farklılık gösterebilmektedir. Yapılan bu araştırma ile Bolu bölgesinin tarımsal durumunun avantaj ve dezavantajlarını güçlü, zayıf, fırsat ve tehdit yönlerini ile ortaya konulması, mevcut durumunun ve farklı fikirlerin değerlendirilmesi sağlanmıştır. Çalışma sonucunda bölgenin tarım sektörüne yön verebileceği düşünülen stratejiler belirlenmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Tarım, SWOT, TOWS, Tarım Ekonomisi, Doğal Depolar

## Agricultural SWOT Analysis and Strategies (Case Study: Bolu Province)

### ABSTRACT

People need basic nutrition to sustain their lives physically and psychologically healthy. The agricultural sector holds a strategic position in many areas such as meeting the demand for necessary nutrients, employment and population, import and export, raw material supply, and its role in the industry. The agricultural sector maintains its value due to various problems such as pandemic diseases, regional conflicts and wars, climate change, natural disasters, energy, and food crises, experienced worldwide and in our country. There are numerous scientific methods and studies on the history, current status, and future of the agricultural sector. SWOT analysis is also included among these studies. Agricultural SWOT analysis may differ regionally, structurally, or in content, as well as at the country level. This study aims to reveal the strengths, weaknesses, opportunities, and threats of the agricultural situation in the Bolu region, and to evaluate the agricultural situation and different ideas for developing strategies. Three strategic topics that will guide agriculture in Bolu are anticipated as Unity, Evaluate Tourism, and Natural Storage-Logistics and Marketing.

**Key words:** Agriculture, SWOT, TOWS, Agricultural Economics, Natural Warehouses

## GİRİŞ

Tarım, 2006 yılında yürürlüğe giren tarım kanununda; doğal kaynakların uygun girdiler kullanılarak yapılan her türlü üretim, yetiştirme, işleme ve pazarlama faaliyetleri olarak tanımlanmıştır (Anonim, 2023a). Tarım sektörü ülkeler için beslenmenin yanı sıra işgücü ve istihdam, ithalat ihracat, sanayi sektörüne hammadde temini ve üretilen sanayi ürünlerin girdi olarak kullanılması, milli hasıladaki önemi gibi birçok açıdan stratejik konumdadır (Ataseven, 2016; Bayramoğlu vd., 2014; Doğan vd., 2015). Covid 19 gibi son dönemlerde yaşanan salgın hastalıklar, iklim değişikliği ve etkileri, savaşlar, bölgesel karışıklıklar, gıda krizleri ve diğer sebeplerden dolayı tarım sektörü değerini korumaktadır.

Tarım sektörünün gelişmesinde ve faaliyetlerin sürdürülmesinde uygulanan politikalar, teknoloji kullanımı, sosyoekonomik durum, ar ge çalışmaları, üreticilerin bilgi ve eğitim seviyesi, konum ve bölge içerisindeki yöresel özellikler gibi faktörler önemli bir yere sahiptir. Sektörün mevcut durumunun değerlendirilmesi ile birlikte gelecek planlarının yapılması, farklı düşüncelerin ortaya konulması, uygun çözüm önerilerinin sunulması amacıyla SWOT analizi yardımcı olarak kullanılmaktadır.

SWOT analizi baş harflerinden oluşan güçlü (strength), zayıf (weakness), fırsat (opportunity) ve tehdit (threat) şeklinde ifade edilmektedir. Analiz yapılması planlanan proje ve stratejilerin geliştirilmesi için fayda sağlamaktadır. Yapılan çalışmalar da iç ve dış etkenler dikkate alınarak ortaya konulan güçlü yönler ve fırsatlardan maksimum düzeyde yararlanılarak tehditlerin ve zayıf yönlerin etkisini minimum düzeye indirilmesine imkân sunmaktadır. Ayrıca çalışmalar kapsamında zayıf yönlerin avantaja çevrilmesi, tehditlerin fırsata dönüştürülmesi ve değerlendirilmesi de söz konusudur (Güven, B., Kaygın, E., 2015; Kansız vd., 2008).

Üretim açısından tarım sektörüne özgü bazı temel sorunlar bulunmaktadır. Bunlardan bazıları olan doğal yapıdaki değişimler, iklim değişikliği, uygulanan politikalar, teknik ve yöntemler tarım alanlarının üzerindeki baskının artmasına ve farklı yenilik arayışlarına yol açmaktadır. Tarım alanlarının planlanması, üretim deseni üzerindeki problemlerin giderilmesi, mevcut durumun değerlendirilmesi ve uygun kullanım yöntemlerin önerilmesi açısından bu analiz yönteminden faydalandığı bilinmektedir (Polat, 2022; Taş, 2011).

Tarımsal faaliyetlerin sürdürülebilirliği için yapılan bölgesel çalışmalar durum analizi, sorun ve çözüm önerileri bakımından yetersiz kalabilmektedir. Bu yüzden alt bölge yöreler açısından da analizlerin yapılması önemli bir yere sahiptir. Mardin iline bağlı Midyat ilçesinde yapılan SWOT analizi sayesinde tarımsal üretim kollarından olan bağcılık, sebzeçilik ve küçükbaş hayvancılığın yanı sıra kırsal turizmin geliştirilmesine yönelik durum değerlendirilmesi, yörenin fırsatları ve güçlü yönleri ortaya konulmuştur (Acıbuca ve ark., 2022). Ayrıca birçok tarımsal faaliyetin farklı üretim kollarının yapısı, pazarlanması, gelişimi, durumun ortaya konulması, sistemin başarısı ve gelecek planlanması için farklı bir boyut kazandırmaktadır. İlaveten fırsat tehdit olguları ile güçlü zayıf yönlerin belirlenmesi için başvurulan önemli analiz yöntemidir (Arslan, 2018, Bilgin ve Medeni, 2022; Aygün ve Akbulak, 2017; Sav ve Sayın, 2015).

Dünyada ve ülkemizde artan nüfusun doğrudan ve/veya dolaylı sonuçlarından çevresel sorunlar canlıların ve tarım sektörünün geleceği açısından risk oluşturmaktadır. Günümüzde SWOT analizi; tarım sektörü ile iç içe bulunan turizm çeşitlerinin öneminin anlaşılmasının yanında doğanın korunması, kırsal bölgelerde çevresel, kültürel ve sosyoekonomik açıdan durumun değerlendirilmesi ve geleceği konusunda yardımcı olmaktadır (Akşit Aşık, N. 2016; Çakar vd., 2023; Emir, G., 2012; Ersoy vd., 2018).

Bu çalışmalar bölgelerin kalkınmasına, eksiklerin giderilmesine, projelerin hazırlanmasına ve uygun politikaların yürütülmesine önemli derecede katkı sağlamaktadır. SWOT analizi yörenin tarımsal faaliyetlerine yönelik yapılabildiği gibi ürün bazlı üretime yönelik de yapılabilmektedir. Çay sektörüne yönelik 2008 tarihinde yapılan araştırmada sektörün bugünkü durumunun değerlendirilmesi, geleceğe yönelik kararlara ışık tutması ve karar alıcıların politikalarına katkı sağlaması amacıyla SWOT analizi kullanılmıştır (Kansız vd., 2008). Buna benzer olarak Karaman Divle tulum peyniri hakkında yapılan çalışmada grup tartışma yöntemlerinden yararlanılmış, SWOT analizi ile elde edilen veriler üretim ve pazarlama sorunlarına çözüm önerileri geliştirmesine yardımcı olmuştur (Kan vd., 2010). Çiftçilerle yapılan mülakatlar sonucunda Güneydoğu Anadolu Projesi bölgesi içerisinde yağlı tohumlu bitkiler ve yağ sektörünün devamlılığı ön planda tutulmuş SWOT analizi sayesinde çözüm yolları önerilmiştir (Erbil ve Taş, 2020).

Hayvancılık üretim faaliyetlerinde uygulanan geleneksel yöntemler yerine modern üretim yöntemlerinin kullanılması, teknoloji kullanımının yaygınlaştırılması, maliyeti düşürücü devlet desteklerinin uygulanması ve Tarımsal ve Kırsal Destekleme Kurumu gibi kurumların etkinliğinin artırılmasına ile birlikte büyükbaş hayvan yetiştiriciliğinin potansiyelinin ortaya konulmasına amacıyla SWOT analizi çalışması yön gösterici olarak BİGA bölgesinde kullanılmıştır (Seki ve Biler, 2016). Ayrıca yapılmış projelerin durumunun değerlendirilmesi etkilerinin ortaya konulması ve başarısının ölçülmesi kapsamında başvurulan analiz yöntemlerinden biridir. Genç çiftçi projesinin başarılı olabilmesi önerilerini içeren çalışma kapsamında Tekirdağ



İlinde hibe desteğinden yararlanan işletme sahiplerine önerilen genç çiftçi kooperatiflerinin temel çerçeveleri için SWOT analizinden yararlanılmıştır (Unakıtan ve Başaran, 2018).

## MATERYAL ve METOT

Araştırmanın ana materyalini; Bolu İli yöneticileri (Bolu Valisi, Bolu Milletvekilleri, Bolu Tarım ve Orman İl Müdürü ve Şube Müdürleri, Bolu Belediye Başkanı ve Şube Müdürleri, Seben İlçe Belediye Başkanı, Seben İlçe Tarım ve Orman Müdürü ve Personelleri), Bolu Ticaret ve Sanayi Odası Başkanı, Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Öğretim Üyeleri, Bolu Bağışçılar Vakfı Başkanı, Bolu Federasyon Başkanı, kurumsal ve kırsal kooperatif müdürleri, Bolu Koyun Keçi Yetiştiriciliği Birliği Başkanı, Bolu Damızlık Sığır Yetiştiriciliği Birliği Başkanı, Bolu Arıcılar Birliği Başkanı, Bolu Ziraat Odası Başkanı, küçükbaş ve büyükbaş hayvan yetiştiriciliğinin yanında bitkisel üretim faaliyetlerinde bulunun üreticiler ile yapılan görüşmeler oluşturmaktadır. Ayrıca çalışmada yardımcı olması amacıyla ulusal ve uluslararası dergi, makale, araştırma, bildiri ve internet gibi kaynaklardan yararlanılmıştır. SWOT analizinin temelini, mantığını, değerlendirilmesini ve ortaya çıkabilecek sorunlar hakkında uzman araştırmacılar ile görüşmeler yapılmıştır.

Verilerin toplanmasında farklı fikirlerin ortaya çıkarılması, mevcut durumun değerlendirilmesi ve bölgenin tarımsal sürdürülebilirliğine destek olması amacıyla yüz yüze görüşme yöntemi tercih edilmiştir. Bolu İli tarımsal SWOT analizi çalışmasına toplamda 142 kişi katılmıştır (Çizelge1). Elde edilen veriler önem sırası ve verilen cevapların yoğunluğuna göre Güçlü Yönler, Zayıf yönler, Fırsatlar ve Tehditler tablolarında verilmiştir. SWOT analizinden stratejiler oluşturmak için Weihrich (1982)'in TFZG (TOWS) analizi kullanılmıştır (Threats (Tehditler), Opportunities (Fırsatlar), Weaknesses (Zayıf Yönler), Strengths (Güçlü Yönler)).

### Çizelge 1. Araştırmaya Katılan Bireyler ve Özellikleri

Çalışma Kapsamında Ankete Katılan Kurum ve Özel Kişiler	Kişi / Adet
Bürokrat, Başkan, Yönetici ve Kamu Görevlisi	27
Akademisyen, Araştırmacı	14
Kooperatif, Dernek ve Birlik	29
Üretici	72
Toplam	142

SWOT matrisi; bölgenin tarım sektörünün sahip olduğu olası dış tehditlerin giderilmesi ve fırsatların yararlanılması ile zayıf yönlerinin güçlendirilmesi ve güçlü yönlerinin değerlendirilmesi açısından stratejilerin ortaya konulmasını sağlamaktadır. Durum incelenmesinde ve stratejilerin belirlenmesinde kullanılan matris içeriğinde Çizelge 2’de verildiği gibi:

- Fırsatlardan yararlanma stratejileri: GF stratejileri.
- Tehlikelerden kaçınma stratejileri: GT stratejileri.
- Zayıflıkların azaltılmasıyla yeni fırsatlar yaratma stratejileri: ZF stratejileri.
- Zayıflıkları en aza indirerek tehditlerden kaçınma stratejileri: ZT stratejileri yer almaktadır ( Benzaghta vd., 2021)

### Çizelge 2. SWOT Matrisi Göstergeleri

Fırsatlar ve Tehditler	Güçlü Yönler	Zayıf Yönler	Dış Faktörler
	GF	ZF	
	GT	ZT	
İç Faktörler			

SWOT analizi durum ve gelecekteki olası sonuçlar hakkında fikir elde etmek için araç olarak kullanılmaktadır. Sektörlerin, bölgelerin, işletmelerin veya kurumların güçlü yönlerini, zayıf yönlerini ve dış faktörler ile etkisinin değerlendirilmesine yardımcı olmaktadır. Ayrıca, mevcut ve gelecek plan arasındaki farklılıklara genel bir bakış açısı kazanılmasına ve mevcut rekabet durumunu analiz edilmesine yarar sağlamaktadır. (Armstrong, 1982; Robinson ve Pearce, 1988).

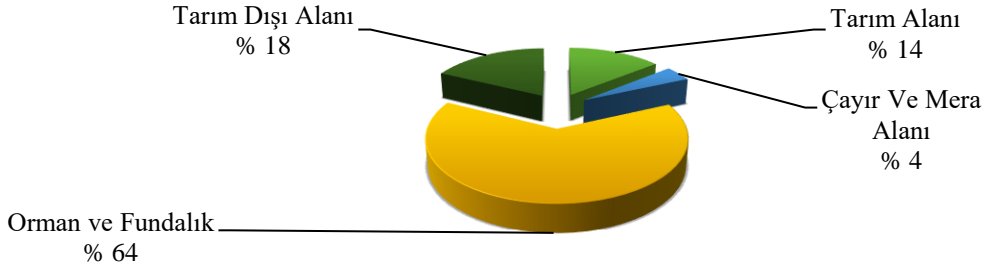
## BULGULAR ve TARTIŞMA

Bolu ili Karadeniz Bölgesinin Batı Karadeniz Bölümünde yer almaktadır. İl sınırı uzunluğu 621 km'dir. Konumu itibarıyla batısında Düzce ve Sakarya, güney batısında Bilecik ve Eskişehir, güneyinde Ankara, doğusunda Çankırı, kuzeyinde Zonguldak ve kuzey doğusunda Bartın illeri bulunmaktadır (Anonim,2023b).

**Çizelge 3.** Bolu İlinin Yerleşim Yapısı

Yüzölçümü	8.323	km <sup>2</sup>
Toplam Nüfusu	320.824	Kişi
Köy nüfusu	85.460	Kişi
İlçe /Belde sayısı	9/3	Adet
Belediye sayısı	12	Adet
Mahalle / Köy sayısı	93 / 487	Adet

Bölge nüfusu 320.824 kişidir. Toplam nüfusun % 49,47'si erkekleri, %50, 53'ü kadınları ifade etmektedir. Bolu ilinin yüzölçümü 8.32 km<sup>2</sup> den oluşmaktadır (Çizelge 3). Toplam alanın içerisinde 532.000 ha alan ile orman arazileri ilk sırada gelmektedir. Geriye kalan 118.130 ha alan tarım arazilerini, 34.551 ha alanı çayır ve meraları, 147.658 ha alan ise tarım dışı arazileri oluşturmaktadır (Şekil1). Arazilerin % 30'u sulu arazi vasfını taşımaktadır ( DSİ, Özel İdare, Halk Sulaması). Ekonomik olarak sulanabilir arazi % 46'lık oranı kapsamaktadır (Anonim, 2023c).



**Şekil 1.** Bolu İlinin Arazi Dağılımı

**Çizelge 4.** Bolu İlinin Tarımsal Arazilerinin Dağılımı (Anonim, 2023c)

Tarım Alanlarının Dağılımı	Dekar
Tarla Arazisi	946.362
Sebze Arazisi	9.734
Meyvelik Arazi	24.981
Nadas Alanı	200.223
<b>TOPLAM</b>	<b>1.181,300</b>

Bolu ilinin Tarımsal Arazilerinin Dağılımı Çizelge 4'de görülmektedir. Tarım alanlarının büyük çoğunluğunu tarla bitkileri ekim alanları oluşturmaktadır. Bu ürünler sırasıyla; buğday, arpa, yeşil ot, patates, ayçiçeği, dane mısır, çeltik vd. ürünleri içermektedir. Sebze ve meyve üretim alanı açısından değerlendirildiğinde; fındık, elma, ceviz, üzüm, armut, kiraz, domates, marul, enginar, fasulye, ıspanak gibi ürünler ön plana çıkmaktadır. Hayvancılık faaliyetleri göz önüne alındığında bölgede 127.800 adet büyükbaş, 150.132 adet küçükbaş hayvan bulunmaktadır. Ayrıca 72.280 köy kanatlı hayvan, 24.247 adet kovan ve 35 adet su ürünleri yetiştiriciliği işletmesi yer almaktadır. Ülkemiz ve bölge için kanatlı sektörü önemli bir konuma sahiptir. 2022 yılı içerisinde 285.732.439 adet kanatlı hayvan kesimi yapılmış ve 523.558.204 kg et üretilmiştir. Bunun yanı sıra araştırma bölgesi; 151.624.000 adet yumurta, 2.914.420 kg kırmızı et, 250.000 ton süt, 155 ton bal, 325 ton su ürünleri üretimi ile ülke ekonomisine katkı sağlamıştır. Tarım sektörünün devamlılığı ön planda tutulduğunda tarımsal desteklerin katkısı yüksektir. Bolu ilinde son üretim faaliyetleri döneminde 25.784 işletme sahibi bu desteklerden faydalanmıştır (82.642.163 TL) . Destekler içerisinde en fazla mazot gübre desteğinden yararlanılmıştır. Hayvancılık desteklemelerinden ise 27.070 işletme toplamda 60.561.067 TL gelir elde etmiştir. Tarımsal hayvancılık desteklemelerin büyük oranı çiğ süt desteğini kapsamaktadır ( 12.330 işletme 27.230.069 TL). Bununla birlikte 227 işletme kırsal kalkınma projelerinden 11.852.126 TL, 2.091 işletme

1.052.500 TL il Özel İdare kapsamlı desteklerden istifade etmiştir. Tarımda ve kırsal bölgelerde sektörünün gelişmesi açısından tarımsal kooperatif ve tarımsal birlikler ön plana çıkmaktadır. Bu kapsamda 186 adet ve 14.032 ortaklı kooperatif türü ( Tarımsal Kalkınma, Tarımsal Sulama, Su Ürünleri), 21.091 üye sayısına sahip tarımsal birlikler faaliyetlerini sürdürmektedir (Anonim, 2023c).

Çalışma da elde edilen diğer veriler SWOT analizine göre aşağıda (Güçlü Yönler Zayıf Yönler Fırsatlar ve Tehditler) verilmiştir.

### **Bolu İli Tarımsal Swot Analiz Sonuçları**

#### **Güçlü Yönleri (Avantajlar)**

1. Tarım sektörünün gelişmesine ve kalkınması ile doğrudan ve/veya dolaylı olarak katkı sağlayan Bolu; Turizm ( kış doğa/ yayla, kırsal, jeotermal vd.) Sektöründe Türkiye'nin sayılı kentlerinden olması
2. Bazı tarımsal üretim kollarının ülkemiz ve bölge için stratejik konuma ve marka değerine sahip olması (beyaz et sektörü, un ve unlu mamulleri, çikolata imalatı, deri ve deri ürünleri)
3. Bitkisel üretim ve hayvansal üretim faaliyetleri için gerekli ve önemli su kaynaklarının bulunması
4. Bölge doğal bitki örtüsü ve endemik bitki çeşitliliği açısından zengin olması
5. Üreticilerin tarımsal faaliyetler açısından tecrübeye sahip olması, bazı tarımsal kooperatifler, dernekler ve tarımsal birlikler ile etkin çalışmaları
6. Üretilen tarımsal ürünlerin tarıma dayalı sanayi içerisinde değerlendirilebilmesi (un ve unlu mamulleri, yem, süt ve süt ürünleri vd. ) ve organize sanayi tarafından desteklenmesi
7. Tarımsal üretim ve tarıma dayalı sanayi faaliyetlerinin bölgedeki istihdam payı açısından önemli bir yere sahip olması
8. Yerel ürünlerin merkez ve çevre pazarlarda tercih edilmesi ve pazarlama kolaylığı ( Bolu patatesi, mantar çeşitleri, Seben sebze ve meyvesi, çeltik, kızılçık, ıza, asma yaprağı, ahlat, süt ve süt ürünleri vd. )
9. Bolu ili konum olarak vadi içerisinde olmasından dolayı güneş doğumu sabahları geç ve akşamları erken batmaktadır. Don olaylarından dolayı yıl içerisinde sıcaklık değerleri yıllık ortalama 10,5 °C civarında oluşmaktadır. Bu durum tarımsal üretim için bir dezavantaj olsa da hasat sonrası ürün muhafazası ve soğutucu cihazların daha az çalışması için son derece önemlidir.

#### **Zayıf Yönleri (Dezavantajlar)**

1. Tarımsal üretim faaliyetlerinin ekonomik değer açısından çeşitliliğin az olması.
2. Tarım arazilerinin parçalı ve küçük aile işletmelerinden oluşması, bölge arazilerinin ormanlık ve fundalık alan payının yüksek olması
3. Bölge ulaşımının sağlanmasında karayollarından farklı alternatifin bulunmaması,
4. Ulaşım bağlantılarının kurulmasında iklim ve yer şekillerinin etkili olması
5. Tarım işletmelerinde geleneksel yapının ve geleneksel tarımsal uygulamaların var olması (kırsal kesimlerde)
6. Kırsalda yaşayan tarım işletmelerinin refah düzeylerinin ve sosyal olanaklarının merkez bölgelerde ikamet edenlere göre düşük olması
7. Çiftçilerin benimsedikleri alışkanlıklarının, üretim modellerinin ve çeşitlerinin değiştirme ihtimallerinin düşük olması (tarımsal yayım faaliyetlerinin yetersizliği), aile işletmelerinin yenilikçi modern bakış açısının yerine geleneksel duygusunun ön planda tutulması
8. Bölge fırsatlarının ve jeotermal enerji kaynaklarının tarımsal faaliyetlerde yeterince kullanılamaması
9. Tarımsal işletmelerin yaş ortalamasının yüksek olması ve aile bireylerinin modern Teknolojik ve pratik üretim faaliyetleri konusunda (bilgi, eğitim vd.) eksiklik yaşaması
10. Üniversite, kamu kurumları, özel sektör, tarımsal kooperatif, tarımsal birlik ve çiftçilerin Ar-Ge çalışmalarında ve proje plan faaliyetlerindeki iletişiminin yetersiz kalması
11. Çalışanların kararınca sahada bulunamaması gerekli bilgi ve tecrübe aktarımının uygulanamaması

#### **Fırsatlar**

1. Bolu ili Ankara İstanbul gibi anakent illerinin bağlantısını sağlayan yol güzergâhı üzerinde yer alması, demiryolu havayolu gibi farklı ulaşım hizmetlerinin yapılabilirliği ve projelerinin bulunması
2. Tarımsal işletmelerin bulunduğu bölgelerde orman ve fundalık alanlarda yapılması
3. Gereken faaliyetlerin belirlenen ücret karşılığında yerine getirilmesi ile ek gelir imkânına sahip olunması
4. Zengin bitki örtüsü, orman, mera ve yayla alanlarının imkânı sayesinde küçükbaş ve Büyükbaş hayvancılık, arıcılık, erken geç bitkisel üretim ve kümes hayvanları yetiştiriciliğine fırsat sağlaması
5. Bölgenin büyük bir bölümünün turizm alanı ilan edilmesi (Kartalkaya Kayak Merkezi ile Karacasu Termal Turizm Merkezi arasında kalan yaklaşık 51 bin 450 hektarlık yeşil alan 'Koroğlu Dağı Kültür Ve Turizm Koruma Ve Gelişim Bölgesi' 22.08.2015 tarihli 29453 sayılı resmi gazetede ilan edilmiştir ).

6. Bolu ilinin sahip olduğu iklim, toprak ve bitki örtüsü, yetiştiriciliği yapılan ürünlerin sürdürülebilirliğinin sağlanması ve arttırılmasına, farklı ürünlerin ve yeni üretim deseninin (verim ve kalitesi yüksek) planlanmasına elverişli olması
7. Belirlenen bazı bölgelerde parçalı ve küçük arazi yapısına sahip tarım alanlarının Toprak Reformu Genel Müdürlüğü tarafından arazi toplulaştırma çalışmalarına yer verilmesi ve desteklenmesi
8. Süs Bitkileri Yetiştiriciliği Açısından (lale, gül, karanfil vd.) Bolu İlinin Uygun Bir Bölge Olması (Enerji Varlığı, Potansiyeli ve Konumu)
9. Tarımda alternatif enerji varlığının kullanılmasına yönelik istek, girişimlerin artması ve desteklerin çoğaltılması
10. Doğal Depoculuk için oldukça uygun iklime sahip olsa da tarımsal üretimi yetersizdir. Büyük üretici illerdeki kooperatifler ikna edilebilirse kapasite sorunu olmaksızın bütün Bolu ovası doğal depoculuk için kullanılabilir.

#### Tehditler

1. Kırsalda sosyo ekonomik fırsatların düşük olması, genç nüfusun tarım sektöründen uzaklaşması ve alternatif olarak değerlendirmesi.
2. Tarımsal işletmelerin yaş ortalamasının yükselmesi.
3. İşçi, bakıcı ve faaliyetlerin sürdürülebilirliği açısından gerekli iş gücünün yetersizliği.
4. Yabancı ve göçmen kişilerin tarım sektörü üzerinde söz sahibi olması.
5. Dünyayı ve ülkemizi tehdit eden küresel iklim değişikliğinin bölge üretim deseni, verim kalite, don, yağış rejimi, su kaynakları, bitki örtüsü ve çevre gibi tarım için temel etmenler üzerindeki etkisinin giderek artması
6. Tarımsal işletmelerde; çevre, toprak ve doğa bilincinin yetersiz olması
7. Tarımsal faaliyetlerin devamlılığı için gerekli girdi maliyetlerinin yüksek olması,
8. Pazarlama sorunları, tarımsal piyasanın kısa ve orta süreçlerde değişkenlik dengesizlik göstermesi
9. Tarım arazilerinin amaç dışı kullanımı, imar ve altyapı planları, geleneksel tarım uygulamaları nedeniyle toprak ve su kaynakları üzerindeki baskının artması
10. Bolu ilinin ve çevresinin büyük bölümünün birinci derece deprem bölgesi ve fay hattı olması
11. Tarımsal üretim faaliyetleri üzerinde doğa koşulları hâkimiyetinin yüksek olması
12. Devlet kurum ve kuruluşları, özel sektör ve yerel yönetimlerin tarım sektörüne yönelik desteğinin yetersiz kalması, verimli kullanılamaması

GZFT (SWOT) Analizi Bolu Tarımının güçlü(G) zayıf yönlerini(Z), fırsat(F) ve tehditlerinin(T) anlaşılmasına yardım etmektedir, bu konularla ilgili durum tespiti yapmaktadır. Elde edilen verilerin daha faydalı olabilmesi için mevcut durumdan stratejiler oluşturmak faydalı olacaktır. Bu amaçla Weihrich (1982)'in TFZG (TOWS) analizi kullanılmaktadır (Çizelge5). Aşağıda GZFT verilerinden faydalanılarak oluşturulan TFZG analizinden elde edilen başlıca stratejiler verilmiştir.

#### Çizelge 5. Weihrich (1982)'in TFZG (TOWS) analizi

	Weaknesses (Zayıf Yönler)	Strengths(Güçlü Yönler)
Threats (Tehditler)	WT	ST
Oppurtunities (Fırsatlar)	WO	SO

#### Strateji ZT (zayıf yönler güçlendirilerek, tehditlerin bertaraf edilmesi)

1. Z156T12 (Zayıf yön 1, 5 ve 6'yı güçlendirecek, tehdit 1 ve 2'yi önleyecek strateji)

Tüm ilçe veya birkaç köy bazında, kırsalda sosyo-ekonomik faaliyetleri artıracak, genç nüfusu tarıma çekecek, modern üretim, paketleme, pazarlama teknikleri ve sosyal aktiviteler içeren ekonomik değeri olan tarımsal projelerin geliştirilmesi ile Kırsalda yaşayan tarım işletmelerinin refah düzeylerini ve sosyal olanaklarını merkez bölgelerde ikamet edenlere göre artırmak

2. Z34T38 (Zayıf yön 3 ve 4'ü güçlendirecek, tehdit 3 ve 8'i önleyecek strateji)

Ulaşım bağlantıları için iklim ve yer şekillerinin olumsuz etkisini giderecek teknolojik çözümlerle bölge ulaşımının sağlanmasında karayollarından farklı alternatifler oluşturarak; pazarlama sorunlarını azaltmak, işçi bakıcı ve faaliyetlerin sürdürülebilirliği açısından gerekli işgücünü artırmak, tarımsal piyasanın kısa ve orta süreçlerde değişkenliğinin azaltılarak istikrar oluşturmak

3. Z791011T612 (Zayıf yön 7,9,10 ve 11'i güçlendirecek, tehdit 6 ve 12'yi önleyecek strateji)

Çiftçilerin benimsedikleri alışkanlıkları, üretim modelleri ve çeşitleri değiştirme ihtimallerini artırmak (tarımsal yayım faaliyetlerinin yetersizliği), aile işletmelerinin geleneksel duygusunun ön planda tutulması yerine yenilikçi modern bakış açısını yerleştirmek, tarımsal işletmelerin yaş ortalamasını gençler lehine düşürmek ve aile bireylerinin modern teknolojik ve pratik üretim faaliyetleri konusundaki (bilgi, eğitim vd.) eksikliklerin

giderilmesi için; Üniversite, kamu kurumları, özel sektör, tarımsal kooperatif, tarımsal birlik, çiftçiler ve yerel yönetimlerin tarım sektörüne yönelik desteğini artıracak, desteklerin verimli kullanılmasını sağlayacak içerisinde çiftçilerin çocuklarının da yer alacağı tarımsal işletmelerde; çevre, toprak ve doğa bilincinin yüksek olduğu yeni teknoloji, üretim ve pazarlama modellerinin yerinde görülüp inceleneceği yoğun bilimsel gezi ve eğitim faaliyetlerini içeren ortak projelerin desteklenmesi

4. Z81011 T578101112 (Zayıf yön 8, 10 ve 11'i güçlendirecek, tehdit 5,7,8,10,11 ve 12'yi önleyecek strateji)

İlgili üniversite kamu ve özel sektör çalışanlarının çiftçi kooperatifleri ile yoğun bir şekilde sahada ar ge ve proje plan faaliyetlerinde bulunarak gerekli bilgi ve tecrübe paylaşımı ve jeotermal enerjinin tarımsal faaliyetlerde kullanımı yoluyla gerekli girdi maliyetlerini azaltarak arazilerinin amaç dışı kullanımını önleyen, deprem ve fay hattı dahil diğer küresel iklim değişikliği ve doğa koşullarının da etkisini minimize eden modern tarım yöntemleri uygulayarak toprak ve su kaynakları üzerindeki baskıyı azaltmak, tarım sektöründe marka değeri olan, katma değerli ürün üretmek.

5. Z2T9 (Zayıf yön 2'yi güçlendirecek, tehdit 9'u önleyecek strateji)

Tarım arazilerinin parçalı yapı ve küçük aile işletmelerinden oluşmasının etkisini gidermek için kısa vadede kooperatifleşme ve birliklerin teşviki ile uzun vadede arazi toplulaştırılması ve toprak reformu çalışmalarına destek olarak tarım arazilerinin amaç dışı kullanımını önlemek, imar ve altyapı planlarını birliğin politik, sosyal ve ekonomik gücü ile tarım lehine etkilemek.

#### **Strateji GF (Güçlü Yönleri Kullanarak Fırsatları Değerlendirmek)**

6. G1 F5 ( Güçlü yön 1'i kullanarak fırsat 5'i değerlendirecek strateji)

Kış, doğa/ yayla, kırsal, jeotermal vd. değerleri ile Turizm sektöründe Türkiye'nin sayılı kentlerindedir ve bölgenin büyük bir bölümü yakın zamanda turizm alanı ilan edilmiştir (Kartalkaya Kayak Merkezi ile Karacasu Termal Turizm Merkezi arasında kalan yaklaşık 51 bin 450 hektarlık yeşil alan 'Koroğlu Dağı Kültür Ve Turizm Koruma Ve Gelişim Bölgesi' 22.08.2015 tarihli 29453 sayılı resmi gazetede ilan edilmiştir). Bu bölgelerde uzun yıllar içerisinde uluslararası tur şirketlerinin yatırım yapacağı ve dört ve beş yıldızlı otel sayılarında artış olacağı beklenmelidir, Antalya'da benzer gelişim bölgeleri ilanından 10-30 yıl içerisinde çok büyük gelişmeler olmuştur. Antalya'da turizme uyum sağlamış olan tarım sektörü dikkatle incelenmeli gerekirse ortak çalışmalar yapılmalıdır. Bolu tarım sektöründe yer alan kooperatiflerin bir kısmı bu gelişmeye uygun biçimde turizm sektörüne uyum sağlayacak şekilde organize olmalıdır.

7. G2F15 ( Güçlü yön 2'yi kullanarak fırsat 1 ve 5'i değerlendirecek strateji)

Bolu ili Ankara İstanbul gibi anakent illerinin bağlantısını sağlayan yol güzergâhı üzerinde bulunmaktadır, bazı tarımsal üretim kollarının ülkemiz ve bölge için stratejik konuma ve marka değerine sahiptir (beyaz et sektörü, un ve unlu mamulleri, çikolata imalatı, deri ve deri ürünleri) demiryolu havayolu gibi farklı ulaşım hizmetleri yapılabilir durumdadır ve projeleri vardır. Bolunun bu güç desteklenerek bu üretimlerin yapıldığı ve işletmelere periyodik olarak taşındığı ana kırsal yolların iyileştirilmesi dahil demiryolu ve hava yolu ulaşımı bir an önce yapılması için çalışılmalıdır. Turizm alanı ilan edilen kısımların bir an önce ile katma değer sağlaması için de bu ulaşım yolları gerekmektedir.

8. G35F689 ( Güçlü yön 3 ve 5'i kullanarak fırsat 6, 8 ve 9'u değerlendirecek strateji)

Tarımsal kooperatifler dernekler ve tarımsal birliklerdeki tecrübeli çiftçiler ile etkin bir şekilde çalışarak Bolu'ya ait markalar oluşturmak, yılın her mevsimi mevcut olan su ve jeotermal kaynaklarını kullanarak ürünlerin bir kısmında üretim yapmak, bir kısmında ise Hollanda modelinde olduğu gibi yakın ve büyük pazarlara al-sat yöntemi ile katma değeri büyük, depolamaya uygun süs bitkileri kesme çiçekler gibi ürünler arz etmek.

9. G11F10 ( Güçlü yön 11'i kullanarak fırsat 10'u değerlendirecek strateji)

Bolu ili vadi içerisinde olmasından dolayı güneş geç doğmakta ve erken batmaktadır. Yıllık sıcaklık ortalaması 10,5 °C civarındadır. Bu değer limon gibi büyük oranda depolanan birçok ürün için çok uygundur (Canan, Agar, ve Gundogdu 2015). Büyük pazarlara yakınlığı ana yollar üzerinde olması ile ikliminin bu özelliği birleştiğinde tarımsal ürünlerin doğal depoculuğu için çok önemli bir avantajı söz konusudur. Diğer illerdeki büyük ürün üreticisi kooperatiflerle karşılıklı görüşme ve anlaşmalarla Bolu ovasında büyük depo alanları oluşturulabilir ve bu depoların yönetimi ve ürün pazarlaması için enerji ve lojistik avantajı kullanılmalıdır. Bolu elindeki bu güçlü yönünü kullanarak doğal depoculuk fırsatını yeterince değerlendirebilirse Türkiye'nin bütün depolanan ürünlerinin muhafaza edildiği modern ürün deposu olacak kapasiteye sahiptir.

## **SONUÇ ve ÖNERİLER**

SWOT analizi sonucunda Bolu ili ile ilgili pek çok bilgi elde edilmiştir. TOWS analizi ise bunu bir ileri aşamaya taşıyarak zayıflıkları giderip tehditleri önlemek ve güçlü yönleri kullanıp fırsatları değerlendirmek üzerine odaklı stratejiler üretilmesine imkân sağlamaktadır. SWOT tan elde edilebilecek önemli dokuz strateji

araştırmacılar tarafından belirlenmiş ve diğerleri ile de bağlantısı olan yani biri yapıldığında diğerine de olumlu etki yapacak üç tanesi öncelikli olarak makalenin yazarları tarafından önerilmiştir. Böylelikle diğer altı stratejinin de konu ile ilgilenenler tarafından incelenmesi için sunulmuştur. Önem sırasına göre Birlik olmak, Turizmi değerlendirmek, Depolama-Lojistik ve Pazarlama ana fikirli bu üç önemli strateji ve dolaylı olarak etkiledikleri stratejiler şunlardır:

5. Z1 T9 (Zayıf yön 1'i güçlendirecek, tehdit 9'u önleyecek strateji)

Tarım arazilerinin parçalı yapı ve küçük aile işletmelerinden oluşmasının etkisini gidermek için kısa vadede kooperatifleşme ve birliklerin teşviki ile uzun vadede arazi toplulaştırılması ve toprak reformu çalışmalarına destek olarak tarım arazilerinin amaç dışı kullanımını önlemek, imar ve altyapı planlarını birliğin politik, sosyal ve ekonomik gücü ile tarım lehine etkilemek. Bu stratejinin dolaylı olarak etkilediği stratejiler:1,3 ve 4

6. G1 F5 (Güçlü yön 1'i kullanarak fırsat 5'i değerlendirecek strateji)

Kış, doğa/ yayla, kırsal, jeotermal vd. değerleri ile Turizm sektöründe Türkiye'nin sayılı kentlerindedir ve bölgenin büyük bir bölümü yakın zamanda turizm alanı ilan edilmiştir (Kartalkaya Kayak Merkezi ile Karacasu Termal Turizm Merkezi arasında kalan yaklaşık 51 bin 450 hektarlık yeşil alan 'Koroğlu Dağı Kültür Ve Turizm Koruma Ve Gelişim Bölgesi' 22.08.2015 tarihli 29453 sayılı resmi gazetede ilan edilmiştir). Bu bölgelerde uzun yıllar içerisinde uluslararası tur şirketlerinin yatırım yapacağı ve dört ve beş yıldızlı otel sayılarında artış olacağı beklenmelidir, Antalya'da benzer gelişim bölgeleri ilanından 10-30 yıl içerisinde çok büyük gelişmeler olmuştur. Antalya'da turizme uyum sağlamış olan tarım sektörü dikkatle incelenmeli gerekirse ortak çalışmalar yapılmalıdır. Bolu tarım sektöründe yer alan kooperatiflerin bir kısmı bu gelişmeye uygun biçimde turizm sektörüne uyum sağlayacak şekilde organize olmalıdır. Bu stratejinin dolaylı olarak etkilediği stratejiler: 2 ve 7

9. G11 F10 (Güçlü yön 11'i kullanarak fırsat10'u değerlendirecek strateji)

Bolu ili vadi içerisinde olmasından dolayı güneş geç doğmakta ve erken batmaktadır. Yıllık sıcaklık ortalaması 10,5 °C civarındadır. Büyük pazarlara yakınlığı ana yollar üzerinde olması ile ikliminin bu özelliği birleştiğinde tarımsal ürünlerin doğal depoculuğu için çok önemli bir avantajı söz konusudur. Diğer illerdeki büyük ürün üreticisi kooperatiflerle karşılıklı görüşme ve anlaşmalarla Bolu ovasında büyük depo alanları oluşturulabilir ve bu depoların yönetimi ve ürünlerin pazarlaması için enerji ve lojistik avantajı kullanılmalıdır. Bolu elindeki bu güçlü yönünü kullanarak doğal depoculuk fırsatını yeterince değerlendirebilirse Türkiye'nin bütün depolanan ürünlerinin muhafaza edildiği modern bir ürün deposu olacak kapasiteye sahiptir. Bu strateji dolaylı olarak 7 ve 8'inci stratejileri de olumlu olarak etki edeceği 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

Faruk ÇETİN  <https://orcid.org/0000-0002-9469-9005>

İhsanCANAN  <https://orcid.org/0000-0002-7694-9859>

## KAYNAKLAR

- Acıbuca, V., Doğan, Y., (2022). Midyat/Mardin İlçesinde Tarımsal Faaliyetlerin SWOT Analizi. Bahri Dağdaş Bitkisel Araştırma Dergisi, 11 (2), 173179.
- Akşit Aşık, N., (2016). Gazipaşa'nın Tarım Turizmi (Agroturizm) Potansiyelinin Değerlendirilmesi: SWOT Analizi. Journal of International Social Research, 9(42).
- Anonim, (2023a). Tarım Kanunu, 18.06.2006, No: 5488, sayı: 26149, Cilt: 45
- Anonim, (2023b). <https://bolu.ktb.gov.tr>, Ulaşım: 27.04.2023, 03:01
- Anonim, (2023c). Bolu Tarım İl Müdürlüğü/ Arşiv/Tarımsal Brifing, 2022
- Armstrong, J. S. (1982). The value of formal planning for strategic decisions: Review of empirical research. Strategic Management Journal, 3(3), 197-211.
- Arslan, Ö., (2018). Muş İli Özelinde Doğal Tarım ve Hayvancılığa Dayalı Sürdürülebilir Bir Ekonomik Gelişim. Anemon Muş Alparslan Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 6 (1), 7590
- Ataseven, Y., (2016). Türkiye'de Tarımsal Destekleme Politikaları: Genel Bakış ve Güncel Değerlendirmeler. Çiftçi ve Köy Dünyası Dergisi. 375. 5459.

- Aygün, G., Akbulak, C. (2017). Ardahan İli Organik Hayvancılık Potansiyelinin Değerlendirilmesi. Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi , (53) , 144161
- Bayramoğlu, Z., Oğuz, C., Arısoy H., Karakayacı, Z., (2014). Türkiye’de Uygulanan Tarımsal Desteklerin Tarım İşletmelerinin Ekonomik Sürdürülebilirliğine Etkisi: Konya İli Örneği. TÜBİTAK Program Kodu: 1002. ProjeNo:113K455.[https://www.researchgate.net/publication/338864257\\_Turkiye'de\\_Uygulanan\\_Tarimsal\\_Desteklerin\\_Tarim\\_Isletmelerinin\\_Ekonomik\\_Surdurulebilirliğine\\_Etkisi\\_Konya\\_Ili\\_Ornegi](https://www.researchgate.net/publication/338864257_Turkiye'de_Uygulanan_Tarimsal_Desteklerin_Tarim_Isletmelerinin_Ekonomik_Surdurulebilirliğine_Etkisi_Konya_Ili_Ornegi). Erişim tarihi:28.04.2023
- Benzaghta, M. A., Elwalda, A., Mousa, M. M., Erkan, I., & Rahman, M. (2021). SWOT analysis applications: An integrative literature review. *Journal of Global Business Insights*, 6(1), 55-73.
- Bilgin, İ., Medeni, T. D. (2023). Tarımsal Hizmet Sunumunun Dijitalleştirilmesine Yönelik SWOT Analizi: Tarım ve Orman Bakanlığı ile KAYSIS Bağlantısallığı. *Kamu Yönetimi ve Teknoloji Dergisi*, 4 (2) , 189217
- Canan, İ., Agar, I. T., Gundogdu, M., (2015). Farklı Depo Koşullarında Muhafaza Edilen Kütdiken Limon (Citrus lemon L.) Çeşidinde Bazı Kalite Kriterlerinin Dönemsel Değişimi. *Yuzuncu Yil University Journal Of Agricultural Sciences* 25(3): 319–30.
- Çakar, H., Köse, M., Saraçoğlu, A., Ö. (2023). İzmir İli Bayındır İlçesi Peyzaj Özelliklerinin Eko turizm Olanakları Açısından Değerlendirilmesi. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 10 (1) , 768.
- Doğan, Z., Arslan, S. ve Berkman, A.N., (2015), Türkiye’de Tarım Sektörünün İktisadi Gelişimi ve Sorunları: Tarihsel Bir Bakış. *Niğde Üniversitesi, İİBF Fakültesi Dergisi*, C.8, S.1, (2941).
- Emir, G., (2012). Bartın ve Çevresi Kırsal Turizminin SWOT Analizi. *Mesleki Bilimler Dergisi (MBD)* , 1 (1) , 5056.
- Erbil, E., Taş, T., (2020) Yağlı Tohumlu Bitkiler Tarımının ve Yağ Sektörünün SWOT Analizi ile Değerlendirilmesi: GAP Bölgesi Örneği, *Geleceğin Dünyasında Bilimsel ve Mesleki Çalışmalar*, 2020.
- Ersoy, Y., Tehçi, A., Ersoy, B., (2018) Kırsal Turizm Potansiyelinin SWOT Analizi İle Değerlendirilmesi: Yozgat İli Örneği. *Hitit Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 11 (1), 649664
- Güven, B., Kaygın, E., (2015). Adıyaman İli SWOT Analizi. *Veritas Akademi*, ISBN: 9786054266
- Kansız, N., Acuner, Ş., Yavuz, M. A., (2008), Çay Sektörü SWOT Analizi, *Milli Prodüktivite Merkezi Raporu*, Haziran 2008.
- Kan, M., Gülçubuk, B., Kan, A., Küçükçongar, M., Küçükçongar, M., (2010). Coğrafi İşaret Olarak Karaman Divle Tulum Peyniri. *Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Sosyal ve Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, 2010 (2), 15-23. Retrieved from <https://dergipark.org.tr/tr/pub/kmusekad/issue/10217/125586>
- Polat, P., Ekinci, F. S., (2022). Optimal Tarım Alanlarının Planlanması Sürecinde SWOT Analizi Kullanımına Bir Örnek: Erzincan Ovası. *Mavi Atlas*, 10 (2) , 532545.
- Robinson, R. B., & Pearce, J. A. (1988). Planned patterns of strategic behavior and their relationship to business-unit performance. *Strategic Management Journal*, 9(1), 43-60.
- Sav, O., Sayın, C., (2015). Sebze Tohumculuk Sektörünün SWOT Analizi ile İncelenmesi: Antalya İli Örneği. *Tarım Ekonomisi Araştırmaları Dergisi*, 1 (1) , 1728
- Seki, İ., Biler, T., (2016). Büyük Baş Hayvan İşletmelerine Yönelik SWOT Analizi: Biga örneği. *ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 4(1), 5159.
- Taş, B., (2011). Tarım Alanlarının Planlaması Sürecinde SWOT Analizi Kullanımına Bir Örnek: Sandıklı İlçesi. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 9 (2) , 189208.
- Unakıtan, G., Başaran, B., (2018). Genç Çiftçi Projesinin Başarısı İçin Bir Öneri: Genç Çiftçi Kooperatifleri, *Balkan and Near Eastern Journal of Social Sciences* *Balkan ve Yakın Doğu Sosyal Bilimler Dergisi*, 2018: 04 (02).
- Wehrich, H., (1982). “The TOWS matrix—A tool for situational analysis”. *Long Range Planning* 15(2): 54–66.

## Bazı Melez Asma Genotiplerinin Küllemeye Duyarlılıklarının Küllemeye Dayanıklılıkla İlişkili Bazı Markörler ile İncelenmesi

Abdurrahim BOZKURT<sup>1\*</sup>  Adem YAĞCI<sup>2</sup> 

<sup>1</sup>Bahçe Kùltürleri Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Erzincan

<sup>2</sup>Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Tokat

\*Sorumlu Yazar: [abdurrahimbozkurt@hotmail.com](mailto:abdurrahimbozkurt@hotmail.com)

Geliş Tarihi: 18.03.2024 Düzeltme Geliş Tarihi: 18.04.2024 Kabul Tarihi: 18.04.2024

### ÖZ

Bu çalışma 2022-2023 yılları arasında Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Tarımsal Uygulama ve Araştırma Merkezine ait seralarda yürütülmüştür. Çalışmada 6 adet Narince × Kishmish Vatkana (NKV) ve 66 adet Narince × Regent (NRG) melezi *Ren1*, *Ren3* ve *Ren9* lokusları yönünden MAS yöntemiyle küllemeye dayanıklılıkla ilişkili markörler ile taranmıştır. PCR amplifikasyon ürünleri agaroz jel üzerinde görüntülenerek, örnekler bant var (+) bant yok (-) olarak incelenmiştir. Çalışma sonucunda; genlerin bant görüntü sonuçları genotipler arasında değişkenlik göstermiştir. NRG-7, NRG-146, NRG-183, NRG-195, NRG-196, NRG-197 ve NRG-200 genotiplerinin bant görüntü sonuçları, bu genotiplerde daha önce yapılmış olan külleme skorlamaları sonuçları ile uyumlu tespit edilmiştir. NRG-146 ve NRG-195 genotipleri; *Ren1*, *Ren3*, *Ren9*, NRG-7; *Ren3* ve *Ren9*, NRG-183 ve NRG-196; *Ren9*, NRG-197; *Ren1*, *Ren9*, ve NRG-200 genotipi *Ren1* ve *Ren3* lokusları bakımından bant (+) vermiştir. Son yıllarda, küllemeye karşı direnç genleri veya lokuslarının araştırılmasına olan ilgi artmış ve yeni direnç genleri veya lokusları keşfedilmiştir. *Ren* lokuslarında, külleme direncinden ve bunların etki mekanizmalarından hangi genlerin sorumlu olduğuna yönelik çalışmalar doğal olarak direnç genleri taşıyan üzüm çeşitlerinin geliştirilmesi, pestisit kullanımının azaltılması bakımından hayati derecede önem taşımaktadır.

**Anahtar kelimeler:** Direnç genleri, Melez genotipler, külleme (*Erysiphe necator*), Marköre dayalı seleksiyon.

### Investigation of Powdery Mildew Susceptibility of Selected Hybrid Vine Genotypes Using Markers Associated with Powdery Mildew Resistance

#### ABSTRACT

The study was conducted in greenhouses belonging to Tokat Gaziosmanpaşa University, Agricultural Application and Research Center between 2022 and 2023. In the study, six Narince × Kishmish Vatkana (NKV) hybrids and 66 Narince × Regent (NRG) hybrids were screened for *Ren1*, *Ren3* and *Ren9* locus with markers related to powdery mildew resistance using the MAS method. The polymerase chain reaction (PCR) amplification products were visualised on an agarose gel, and the samples were examined to determine whether they exhibited a band (positive result) or not (negative result). The results of the study indicated that the band image results of the studied genes varied among the genotypes. The band image results of NRG-7, NRG-146, NRG-183, NRG-195, NRG-196, NRG-197 and NRG-200 genotypes were found to be compatible with the powdery mildew scoring results previously carried out on these genotypes. NRG-146 and NRG-195 genotypes; *Ren1*, *Ren3*, *Ren9*, NRG-7; *Ren3* and *Ren9*, NRG-183 and NRG-196; *Ren9*, NRG-197; *Ren1*, *Ren9* and NRG-200 genotypes gave bands (+) with respect to the *Ren1* and *Ren3* locus. In recent years, interest in the study of powdery mildew resistance genes or loci has increased and new resistance genes or locus have been discovered. Studies of the genes responsible for powdery mildew resistance and their mechanisms of action at the resistance locus are crucial to developing grape varieties that naturally carry resistance genes and reducing pesticide use.

**Key words:** Hybrid genotypes, Marker-based selection, Powdery mildew (*Erysiphe necator*), Resistance genes.



## GİRİŞ

Külleme (*Erysiphe necator*) asmada verimi, meyve ve şarap kalitesini olumsuz etkileyen en önemli mantari hastalıkların başında gelmektedir (Pearson ve Gadoury, 1992; Feechan ve ark., 2011). *V. vinifera* türüne giren üzüm çeşitleri bu hastalığa karşı hassas olup (Gadoury ve ark., 2003), hassasiyet çeşitler arasında değişmektedir (Doster ve Schnathorst, 1985). Uygun hava koşullarının olduğu mevsimlerde veya sınırlı kontrol önlemleri uygulandığında, hastalık duyarlı çeşitler üzerinde şiddetli bir etki göstererek verim ve meyve kalitesinin düşmesine neden olabilmektedir (Halleen ve Holz, 2001). Asmanın vegetasyon periyodu içerisinde, külleme ile mücadelede çok yoğun miktarlarda fungusit uygulanmaktadır. Yoğun pestisit kullanımı hem insan hem de çevre sağlığını olumsuz etkilemekte ve aynı zamanda ciddi maliyetlere sebep olmaktadır (Belpoggi ve ark., 2006; Komárek ve ark., 2010; Pandey ve ark., 2020). Buna paralel olarak, hükümetler ve tüketiciler, azaltılmış pestisit uygulamaları da dahil olmak üzere daha sürdürülebilir üretim yöntemleri talep etmektedirler (Dumitriu ve ark., 2021). Bu nedenle omca verimini, meyve ve şarap kalitesini koruyan ve sürdürülebilir bağcılık için küllemeye karşı genetik olarak dirençli yeni üzüm çeşitlerinin geliştirilmesine yönelik ıslah çalışmaları başlatılmıştır (Einset ve Pratt 1975; Galet, 1998). ıslah çalışmaları 1870'lerin sonlarından itibaren başta filoksera olmak üzere, külleme ve mildiyö gibi hastalıklara dirençli çeşit geliştirilmesine yönelik olarak klasik melezleme ıslahı ile başlamıştır (Galet, 1998). Bu yöntemde amaca uygun seçilen ebeveynler ile genetik varyasyon meydana getirilmekte ve elde edilen genotipler arasından seçim yapılmaktadır (Alleweldt ve Possingham, 1988).

Klasik melezleme ıslahı ile birlikte ilerleyen yıllarda Marköre Dayalı Seleksiyon yöntemleri (MAS) kullanılmaya başlanmıştır (Michelmor ve ark., 1991; Pauquet ve ark., 2001; Zyprian ve ark., 2002; Grando ve ark., 2003; Marino ve ark., 2003). MAS uygulaması ile moleküler belirteçler kullanılarak genetik kaynakların genotiplendirilmesi ve optimize edilmiş melez kombinasyonlarının tanımlanması yapılmaktadır. Böylelikle ıslah süresinde 5-10 yıl gibi bir zaman tasarrufu sağlanmaktadır (Eibach ve Töpfer, 2015; Di Gaspero ve Foria, 2015). MAS tekniklerindeki ilerlemeler sayesinde örneğin, külleme direnci ile ilişkili bazı önemli özellikler için Kantitatif Özellik Lokusu (QTL) tanımlanmıştır (Fischer ve ark., 2004; Riaz ve ark., 2011; Pap ve ark., 2016). *Vitis* türlerinde direnç lokusları *Run* ve *Ren* olarak adlandırılan iki ana genden oluşmakta olup bu genler küllemeye karşı direnç sağlamaktadırlar (Agurto ve ark., 2107). Şimdiye kadar *Run* grubundan 5, *Ren* grubundan da 12 adet direnç geni tespit edilmiştir (SosaZuniga ve ark., 2022). Geçmişten günümüze kadar yapılan çalışmalar sonucu küllemeye dirençli birçok çeşit geliştirilmiş olup bu çeşitlerden bazıları *Vitis* Uluslararası Çeşit Kataloğu (*Vitis* International Variety Catalogue) <https://www.vivc.de/>de yayınlanmıştır. Asma ıslahı günümüzde külleme dahil olmak üzere farklı direnç programları ile devam etmektedir (Burger ve ark., 2009; Eibach ve Töpfer, 2015; Di Gaspero ve Foria, 2015). Bu çalışmalarda dirençli çeşit ve genotiplerin erken dönemde belirlenmesi için çeşitli markörler kullanılmaktadır (Dalbó ve ark., 2001; Pauquet ve ark., 2001; Riaz ve ark., 2011; Vezzulli ve ark., 2019). Bu markörler yardımı ile külleme gibi hastalıklara dirençli tür ve çeşitlerin genetik testlemeleri yapılmış ve bu testlemelerde dirençle ilişkili genler ve allel büyüklükleri belirlenmiştir (Fischer ve ark., 2004; Monteiro ve ark., 2013; Zyprian ve ark., 2016; Shidfar ve ark., 2019; Yıldırım ve ark., 2019; Akkurt ve ark., 2022). Belirlenen bu lokuslar küllemeye dirençli çeşitlerin erken safhada belirlenmesine yardımcı olması bakımından önem arz etmektedir.

Bu çalışmada külleme skorlamaları sonucu, külleme enfeksiyonu düşük olan 72 adet genotipin MAS yöntemiyle küllemeye dayanıklılıkla ilişkili markörler ile ilişkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

## MATERYAL ve METOT

### Materyal

Çalışma materyalini ana ebeveyn olarak Narince üzüm çeşidi, baba ebeveynler olarak; Isabella, Regent ve Kishmish Vatkana üzüm çeşitlerinin kullanıldığı ve 2019 yılında Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesinde başlatılan bir ıslah programı sonucunda elde edilen genotipler oluşturmaktadır. Bu genotipler 6 adet Narince × Kishmish Vatkana (NKV) melezi ile 66 adet Narince × Regent (NRG) melezinden oluşmaktadır.

### Metot

Genotipler; *Ren1*, *Ren3* ve *Ren9* lokusları yönünden MAS yöntemiyle küllemeye dayanıklılıkla ilişkili markörler ile taranmıştır. PCR amplifikasyon ürünleri agaroz jel üzerinde görüntülenerek, örnekler bant var (+) bant yok (-) olarak incelenmiştir.

### DNA izolasyonu

Genotiplerin sürgün uçlarındaki genç yapraklarından ortalama 150 mg doku alınarak steril ependorf tüplere aktarılmıştır. Daha sonra örnekler havanda ezilip ependorf tüplere konulmuştur. DNA izolasyonunda Piccolo ve ark. (2012) ile Alfonzo ve ark. (2012)'nin protokollerinden yararlanılmıştır.

### Polimeraz zincir reaksiyonu (PCR)

Yaprak örnekleri alınan genotiplerin külleme hastalığına dirençli olup olmadıklarını belirlemek için, *Ren1*, *Ren3* ve *Ren9* olmak üzere üç lokus bölgesi seçilmiştir. Her bir lokus için kullanılan primerlere yönelik bilgiler Çizelge 1’de verilmiştir. Tüm PCR reaksiyonları 25 µl son hacimde hazırlanmıştır. 25 µl’lik reaksiyon hacminin içeriği: 0.125 U Taq DNA polimeraz (Fermentas), 2.5 µl 10 x Taq Buffer (100 mM Tris-HCl, pH 8.8, 500 mM KCl and 0.8% Nonidet P-40), 10 pmol’lük (Macrogen) F ve R primerlerinden birer µl, 2.5 mM’lık dNTP (MBI Fermentas) 2.5 µl, 25 mM MgCl<sub>2</sub>’den 2.5 µl, 1 µl 100-500 ng kalıp DNA eklenip 25 µl son hacim ddH<sub>2</sub>O ile tamamlanmıştır. Her bir PCR reaksiyonunda, PCR çalışması yapılacak örneklerle beraber Regent ve Kishmish Vatkana çeşitleri Pozitif Kontrol (PK) olarak kullanılmıştır. Ayrıca bu her bir reaksiyonda kalıp DNA’nın olmadığı Negatif Kontrol (NK) olarak tanımlanan PCR mixi de kontaminasyon kontrolünde kullanılmıştır.

Çizelge 1. Çalışmada kullanılan primerler ve özellikleri.

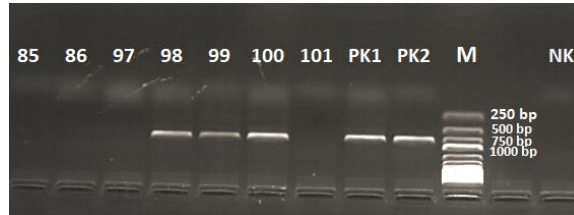
Lokus	Primer	Forward / Reverse primer	Referans
<i>Ren9</i>	CenGen6F	TGAATTTTGTCTTTAGGATTTGGA	Van Heerden ve ark., 2014
	CenGen6R	CACAAGAACAATTTCTACGCACA	
<i>Ren3</i>	ScORA7-760F	GAAACGGGTGTGAGGCAAAGGTGG	Akkurt ve ark., 2007
	ScORA7-760R	GGCCATTAGGAAATCAACATTAC	
<i>Ren1</i>	GF13-13F	GTGCATCTTCTTCCCAACC	Pozharskiy ve ark., 2020
	GF13-13R	GCATTTGTCAAAGTCGTACTTC	

### PCR aşamaları ve koşulları

PCR çalışması Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, İleri Teknoloji ve Uygulama Merkezi NGS laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Çalışmada, BIO RAD T100 Thermal Cycler marka ve model cihaz kullanılmıştır. PCR çalışması sonucu elde edilen ürünler %1’lik agaroz jel elektroforezinde yürütülmüştür. Yürütülen bu jelin görüntülenmesi aşamasında; belirlenen baz uzunluklarında amplifiye olduklarını kontrol etmek ve PCR örneklerinin dirençli olup olmadığını tespiti yapılmıştır (Çizelge 2, Şekil 1).

Çizelge 2. PCR aşamaları, koşulları ve döngü sayısı.

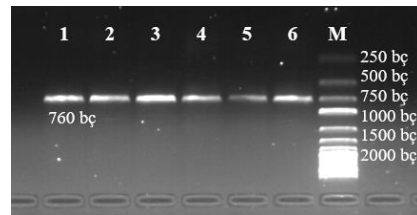
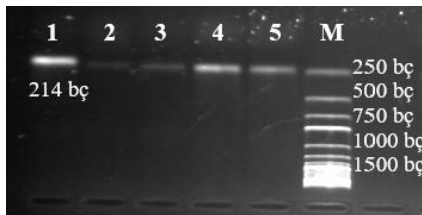
PCR aşamaları	PCR koşulları	Döngü sayısı
Başlangıç denatürasyonu	95 °C’de 7 dakika	30 döngü
Denatürasyon aşaması	94 °C’de 30 saniye	
Bağlanma aşaması	Primere özgü sıcaklığında (TA) 45 saniye	
Uzama aşaması	72 °C’de 30 saniye	
Son uzama aşaması	72 °C’de 5 dakika	

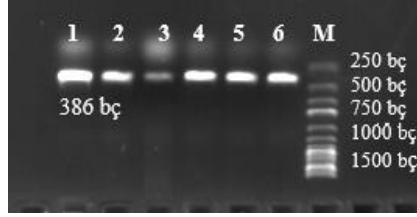


Şekil 1. *Ren3* lokusunun %1’lik agaroz jelde görüntüsü.

### BULGULAR ve TARTIŞMA

Marköre dayalı seleksiyon yöntemi ile genotipler; *Ren1*, *Ren3* ve *Ren9* lokusları bakımından PCR ile incelenmiştir. *Ren1*, *Ren3* ve *Ren9* lokuslarına özgü primerler ile yapılan PCR sonrasında *Ren1* geni için; 214 bç (bp) (Şekil 2), *Ren3* geni için; 760 bç (bp) (Şekil 3) ve *Ren9* geni için; 386 bç (bp)’lik PCR ürünü elde edilmiştir (Şekil 4).



Şekil 2. *Ren1* lokusuna ait PCR görüntüsü.Şekil 3. *Ren3* lokusuna ait PCR görüntüsü.Şekil 4. *Ren9* lokusuna ait PCR görüntüsü.

GF13-13F ve GF13-13R markörleri kullanılarak külleme direnci lokusu *Ren1* geni için; 36 adet genotip, ScORA7-760F ve ScORA7-760R markörlerinin kullanıldığı *Ren3* lokusu için; 38 genotip ve CenGen6F ile CenGen6R markörlerinin kullanıldığı *Ren9* lokusu için; 40 genotip bant (+) vermiştir (Çizelge 3).

Çizelge 3. Genotiplerde *Ren1*, *Ren3* ve *Ren9* lokuslarının dağılımı.

Sıra no	Genotip	<i>Ren1</i>	<i>Ren3</i>	<i>Ren9</i>	Sıra no	Genotip	<i>Ren1</i>	<i>Ren3</i>	<i>Ren9</i>
1	NKV-10	+	+	+	37	NRG-104	+	+	-
2	NRG-64	+	+	+	38	NRG-137	+	+	-
3	NRG-66	+	+	+	39	NRG-161	+	+	-
4	NRG-75	+	+	+	40	NRG-176	+	+	-
5	NRG-146	+	+	+	41	NRG-198	+	+	-
6	NRG-195	+	+	+	42	NRG-199	+	+	-
7	NRG-147	+	+	+	43	NRG-200	+	+	-
8	NRG-164	+	+	+	44	NRG-201	+	+	-
9	NRG-179	+	+	+	45	NRG-219	+	+	-
10	NRG-181	+	+	+	46	NRG-93	+	-	+
11	NKV-4	+	-	-	47	NKV-8	+	-	+
12	NRG-13	+	-	-	48	NKV-16	+	-	+
13	NRG-65	+	-	-	49	NRG-28	+	-	+
14	NRG-193	+	-	-	50	NRG-33	+	-	+
15	NRG-217	+	-	-	51	NRG-61	+	-	+
16	NRG-4	-	+	-	52	NRG-85	+	-	+
17	NRG-5	-	+	-	53	NRG-109	+	-	+
18	NRG-25	-	+	-	54	NRG-110	+	-	+
19	NRG-88	-	+	-	55	NRG-197	+	-	+
20	NRG-89	-	+	-	56	NRG-7	-	+	+
21	NRG-170	-	+	-	57	NRG-67	-	+	+
22	NRG-211	-	+	-	58	NRG-68	-	+	+
23	NRG-213	-	+	-	59	NRG-80	-	+	+
24	NKV-17	-	-	+	60	NRG-120	-	+	+
25	NRG-9	-	-	+	61	NRG-167	-	+	+
26	NRG-60	-	-	+	62	NRG-175	-	+	+
27	NRG-62	-	-	+	63	NRG-178	-	+	+
28	NRG-63	-	-	+	64	NRG-102	-	+	+
29	NRG-115	-	-	+	65	NKV-1	-	-	-
30	NRG-128	-	-	+	66	NRG-2	-	-	-
31	NRG-162	-	-	+	67	NRG-94	-	-	-
32	NRG-183	-	-	+	68	NRG-98	-	-	-
33	NRG-165	-	-	+	69	NRG-174	-	-	-
34	NRG-196	-	-	+	70	NRG-177	-	-	-
35	NRG-12	+	+	-	71	NRG-182	-	-	-
36	NRG-92	+	+	-	72	NRG-218	-	-	-

Lokusların dağılımı genotipler arasında değişkenlik göstermiştir. Şöyleki; NKV-10, NRG-64, NRG-66, NRG-75, NRG-146, NRG-195, NRG-147, NRG-164, NRG-179 ve NRG-181 genotipleri her üç lokus bakımından bant (+) vermiştir. NKV-4, NRG-13, NRG-65, NRG-193 ve NRG-217 genotipleri sadece *Ren1*, NRG-4, NRG-5, NRG-25,

NRG-88, NRG-89, NRG-170, NRG-211 ve NRG-213 sadece *Ren3*, NKV-17, NRG-9, NRG-60, NRG-62, NRG-63, NRG-115, NRG-128, NRG-162, NRG-183, NRG-165 ve NRG-196 genotipleri ise sadece *Ren9* lokusu için bant (+) vermişlerdir. NRG-12, NRG-92, NRG-104, NRG-137, NRG-161, NRG-176, NRG-198, NRG-199, NRG-200, NRG-201 ve NRG-219 genotipleri *Ren1* ve *Ren3*, NRG-93, NKV-8, NKV-16, NRG-28, NRG-33, NRG-61, NRG-85, NRG-109, NRG-110, NRG-197 genotipleri *Ren1* ve *Ren9*, NRG-7, NRG-67, NRG-68, NRG-80, NRG-120, NRG-167, NRG-175, NRG-178 ve NRG-102 genotipleri *Ren3* ve *Ren9* lokusları için bant (+) vermişlerdir. NKV-1, NRG-2, NRG-94, NRG-98, NRG-174, NRG-177, NRG-182, NRG-218 genotipleri ise herhangi bir lokus bakımından bant (-) vermemiştir (Çizelge 3).

Riaz ve ark., (2013), Özbekistan Muscat, Rizamat ve Katta-Kurgan çeşitlerinde 249 bp (sc47-18) ile 260 bp (VMCNg4e10.1) allel büyüklüklerini *Ren1* direnci ile ilişkili olarak tespit etmişlerdir. Pozharskiy ve ark., (2020), Alma-Ata çeşidi ve ebveyini Rizamat ile Muskat uzbekistansky çeşitlerinde 283 bp allel büyüklüğünü *Ren1* için dirençle ilişkili olarak belirlemiş, fakat çeşitlerde külleme enfeksiyonunun yüksek olmasından dolayı bu çeşitlerin dirençli olarak derecelendirilmediğini bildirmişlerdir. Aynı araştırmacılar Kazakistan çeşitlerinden olan Kyzyl tan, Kara koz, Muskat kazakhstankyi ve Aisulu çeşitlerinin külleme karşı hassas olduklarını ve *Ren1* için 214 bp'lik bir allel büyüklüğüne sahip olduklarını bildirmişlerdir.

Çalışmada *Ren1* için tespit edilen 214 bp'lik allel büyüklüğü Pozharskiy ve ark., (2020)'ın bulguları ile kısmen benzerlik göstermektedir. Nitekim, *Ren1* lokusu için bant (+) veren NRG-193 külleme skorlamalarında ilk yıl hassas (S), 2'nci yıl ise dirençli olarak tespit edilirken, NRG-217, NRG-13 ve NKV-4 genotipleri her iki yılda da hassas (S) ve oldukça hassas (HS) gruplarda yer almışlardır. Benzer farklılıklar diğer bazı genotiplerde de tespit edilmiştir (Bozkurt, 2023).

İncelenen genotipler *Ren3* için 760 bp'lik bir amplifikasyon ürünü bant (+) vermiştir. Akkurt ve ark., (2007), ScORA7-760 ve ScORN3-R markörlerinin ağırlıklı olarak dirençli bireylerde amplifikasyon ürünleri ürettiğini ve hastalık direnci ile ilişkili olduklarını bildirmişlerdir. MAS'da özellikle ScORA7-760 markörünün çeşit veya genotiplerde külleme direnci ile ilgili gen piramitlemesini kolaylaştırarak için kullanılabileceğini rapor etmişlerdir.

Shidfar ve ark., (2019), Regent × Boğazkere kombinasyonundan elde ettikleri melezleri külleme ve mildiyöye direnç yönünden testledikleri çalışmada, *Ren3* lokusu için ScORA7-760 markörünü kullanmışlardır. Yapılan çalışmada 169 genotip içerisinde 54'nün *Ren3* lokusu için, 760 bp'lik bir allel boyutu gösterdiklerinden dolayı külleme karşı dirençli aday genotipler olarak seçildiklerini bildirmişlerdir.

*Ren3* için 760 bp'lik bant (+) veren NRG-170, NRG-4, , NRG-199, NRG-179, NRG-198, ve NRG-201 genotipleri külleme skorlamaları sonuçlarında ilk yıl dirençli (R) ve oldukça dirençli (HR) grup arasında yer alırken, 2'nci yılındaki külleme skorlamalarında 7'nci haftadan sonra hassas olarak tespit edilmişlerdir. Yıldırım ve ark., (2019), *Ren3* lokusu için kullandıkları SCORA7 marköründen elde ettikleri sonuçlarda dirençle ilişkili 760 bp'lik fragmanın, Sugrate, Regent ve Phoenix çeşitleri dahil 10 çeşitte tespit edildiğini bildirmişlerdir. Çalışmada 360 bp'lik bant veren bazı genotiplerin, külleme skorlama sonuçlarında duyarlı olarak belirlendikleri rapor edilmiştir. Benzer bulgular yapılan bu çalışmada da tespit edilmiştir. *Ren3* lokusu için kullanılan ScORA7 markörü, incelenen genotiplerin tümünde 760 bp'lik allel büyüklüğü bant (+) vermiştir. Halbuki sera koşullarında 2 yıl boyunca yapılan suni inokulasyon sonuçları ile laboratuvar koşullarında elde edilen külleme skorlama sonuçları direnç yönünden bu genotiplerin tamamını teyit etmemiştir (Bozkurt, 2023).

*Ren9* lokusu için incelenen genotiplerin tümü 386 bp'lik amplifikasyon ürünü bant (+) vermiştir. Bant (+) veren genotiplerden NRG-7, NRG-196, NRG-183 ve NRG-197 genotipleri sera koşullarında yapılan külleme skorlama sonuçlarında dirençli (R) olarak tespit edilmişlerdir. Diğer genotiplerin külleme skorlama sonuçları yıllara göre farklılıklar göstermiştir (Bozkurt, 2023). Makarkina ve ark., (2021), direnç lokusları *Ren3* ve *Ren9*'un varlığını belirlemek için yaptıkları çalışmada, 18'i çekirdeksiz olmak üzere 25 adet üzüm çeşidini incelemişlerdir. *Ren9* lokusu için CenGen6 markörü kullanıldığı çalışmada, 287 bp'lik allel büyüklüğü tespit edilerek bu çeşitlerin dirençli oldukları bildirilmiştir.

MAS; ekonomik, zaman kazandıran ve dirençli genotiplerin seçimi için yararlıdır. Fakat bağda doğal enfeksiyonların gözlemlenmesi, bitki fenotipinin güvenilir ve eksiksiz bir şekilde değerlendirilmesi dayanıklılık ıslah çalışmalarında dikkate alınmalıdır. Dirençli üzüm çeşitlerinin arazi koşullarındaki davranışlarına ilişkin görsel verilerin ıslah programlarını destekleyebileceğini göz önünde bulundurmak gerekir. Nitekim, bu bulgular çeşitlerin genel ve organa özgü direnç seviyesini açıklayan hastalık yönetimi stratejilerinin geliştirilmesine katkıda bulunmaktadır (Salotti ve ark., 2022).

## SONUÇ ve ÖNERİLER


Sonuç olarak, NRG-7, NRG-146, NRG-183, NRG-195, NRG-196 ile NRG-197, ve NRG-200 genotiplerinin bant (+) görüntü sonuçları ile külleme skorlamaları sonuçları (Bozkurt, 2023) uyumlu olarak tespit edilmiştir. NKV-10, NRG-64, NRG-66, NRG-75, NRG-147, NRG-164 ve NRG-181 genotipleri her üç direnç lokusu bakımından bant (+) vermiş, fakat külleme skorlamaları her iki yılda farklılık göstermiştir. NRG-174 genotipi bant (-) göstermemiş, fakat külleme skorlamalarında dirençli olarak tespit edilmiştir. Bu genotiplerin külleme duyarlılık durumlarının moleküler düzeyde özellikle gen ifadesine göre daha detaylı incelenmesi gereklidir. Ayrıca külleme dayanıklılıkla ilişkilendirilen farklı gen kombinasyonlarından hangilerinin tek veya birlikte külleme karşı daha dayanıklılık sağladığına yönelik çalışmaların yapılması faydalı olacaktır.

**Teşekkür:** Bu çalışma Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Bilimsel Araştırma Fonu Başkanlığı tarafından 2022/09 nolu proje ile desteklenmiştir. Desteklerinden dolayı teşekkür ederiz.

**Çıkar Çatışması Beyanı:** Yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

**Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti:** Makalenin hazırlanmasında yazarlar aynı düzeyde katkı sağlamıştır.

## YAZAR ORCID NUMARALARI

Abdurrahim BOZKURT  <http://orcid.org/0000-0001-7315-202X>

Adem YAĞCI  <http://orcid.org/0000-0002-3650-4679>

## KAYNAKLAR

- Agurto, M., Schlechter, R.O., Armijo, G., Solano, E., Serrano, C., Contreras, R.A., Zúñiga, G.E., Arce-Johnson, P. 2017. RUN1 and REN1 pyramiding in grapevine (*Vitis vinifera* cv. Crimson Seedless) displays an improved defense response leading to enhanced resistance to powdery mildew (*Erysiphe necator*). *Front. Plant Sci.* 8: 758.
- Akkurt, M., Şenses, İ., Aktürk, B., Tozlu, İ., Özer, N., & Uzun, H. 2022. Marker assisted selection (MAS) for downy mildew resistance in grapevines using Rpv3. 1 associated markers. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 50: 1.
- Akkurt, M., Welter, L., Maul, E., Töpfer, R., Zyprian, E. 2007. Development of SCAR markers linked to powdery mildew (*Uncinula necator*) resistance in grapevine (*Vitis vinifera* L. and *Vitis sp.*). *Molecular Breeding*, 19 (2), 103-111.
- Alfonzo, A., Lo Piccolo, S., Conigliaro, G., Ventrino, V., Burruano, S., & Moschetti, G. 2012. Antifungal peptides produced by *Bacillus amyloliquefaciens* AG1 active against grapevine fungal pathogens. *Annals of Microbiology*, 62 (4), 1593-1599.
- Alleweldt, G., & Posingham, J. V. 1988. Progress in grapevine breeding. *Theoretical and Applied Genetics*, 75, 669-673.
- Belpoggi, F., Soffritti, M., Guarino, M., Lambertini, L., Cevolani, D., Maltoni, C. 2006. Results of Long-Term Experimental Studies on the Carcinogenicity of Ethylene-Bis-Dithiocarbamate (Mancozeb) in Rats. *Ann. N. Y. Acad. Sci.* 982: 123-136.
- Bozkurt, 2023. Sarmalık yaprak üretimine yönelik külleme toleranslı yeni üzüm çeşitlerinin geliştirilmesi (Doktora Tezi), Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Ana Bilim Dalı, Bağ Yetiştirme ve Islahı Bilim Dalı, Tokat.
- Burger, P., Bouquet, A., Striem, M. J. 2009. Grape breeding. *Breeding plantation tree crops: Tropical species*, 161-189.
- Dalbó, M.A., Ye, G.N., Weeden, N.F., Wilcox, W.F., Reisch, B.I. 2001. Marker-assisted selection for powdery mildew resistance in grapes. *J. Am. Soc. Hort. Sci.*, 12:, 83-89.
- Di Gaspero, G., Foria, S. 2015. Molecular grapevine breeding techniques. In *Grapevine breeding programs for the wine industry*. Woodhead Publishing, 23-37.
- Doster, M. A., & Schnathorst, W. C. 1985. Comparative susceptibility of various grapevine cultivars to the powdery mildew fungus *Uncinula necator*. *American Journal of Enology and Viticulture*, 36 (2), 101-104.

- Dumitriu, G.-D.; Teodosiu, C.; Cotea, V.V. 2021. Management of pesticides from vineyard to wines: Focus on wine safety and pesticides removal by emerging technologies. In *Grapes and Wine*; IntechOpen: London, UK, pp. 1-27.
- Eibach, R., Töpfer, R. 2015. Traditional grapevine breeding techniques. In *Grapevine breeding programs for the wine industry*. Woodhead Publishing, 3-22.
- Einset, J. and Pratt, C. 1975. Grapes. In: *Advances in Fruit Breeding*. J. Janick and J. N. Moore (Eds.), Purdue University Press, West Lafayette, Indiana, pp. 130-153.
- Feechan, A.; Kabbara, S. 2011. Dry, I.B. Mechanisms of powdery mildew resistance in the Vitaceae family. *Mol. Plant Pathol.*, 12: 263-274.
- Fischer, B.M., Salakhutdinov, I., Akkurt, M., Eibach, R., Edwards, K.J., Töpfer, R., Zyprian, E.M. 2004. Quantitative trait locus analysis of fungal disease resistance factors on a molecular map of grapevine. *Theor. Appl. Genet.* 108: 501-515.
- Gadoury, D.M.; Seem, R.C.; Ficke, A.; Wilcox, W.F. 2003. Ontogenic resistance to powdery mildew in grape berries. *Phytopathology*, 93: 547-555.
- Galet, P. 1998. *Grape Varieties and Rootstock Varieties*. Oenopluromedia, Chaintré, France.
- Grando, M.S., Bellin, D., Edwards, K.J., Pozzi, C., Stefanini, M., and Velasco, R. 2003. Molecular linkage maps of *Vitis vinifera* L. and *Vitis riparia* Michx. *Theor. Appl. Genet.* 106: 1213-1224.
- Halleen, F., Holz, G., 2001. An overview of the biology, epidemiology and control of *Uncinula necator* (powdery mildew) on grapevine, with reference to South Africa. *S. Afr. J. Enol. Vitic.* 22: 111-121.
- Komárek, M., Čádková, E., Chrástný, V., Bordas, F., Bollinger, J.C. 2010. Contamination of vineyard Soils with fungicides: A review of environmental and toxicological aspects. *Environ. Int.*, 36: 138-151.
- Marino, R., Sevini, F., Madini, A., Vecchione, A., Pertot, I., Serra, A.D., Versini, G., Velasco, R., and Grando, M.S. 2003. QTL mapping for disease resistance and fruit quality in grape. *Acta Hortic*, 603: 527-533.
- Michelmore, R.W., I. Paran, and R.V. Kesseli. 1991. Identification of markers linked to disease-resistance genes by bulked segregant analysis: A rapid method to detect markers in specific genomic regions by using segregating populations. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 88: 9828-9832.
- Monteiro, F., Sebastiana, M., Pais, M. S., & Figueiredo, A. 2013. Reference gene selection and validation for the early responses to downy mildew infection in susceptible and resistant *Vitis vinifera* cultivars. *PLoS one*, 8 (9), e72998.
- Pandey, A., Jaiswar, S., Ansari, N.; Deo, S., Sankhwar, P., Pant, S., Upadhyay, S. 2020. Pesticide risk and recurrent pregnancy loss in Females of subhumid region of India. *Niger Med. J.*, 61: 55.
- Pap, D., Riaz, S., Dry, I.B., Jermakow, A., Tenschler, A.C., Cantu, D., Oláh, R., Walker, M.A. 2016. Identification of two novel powdery mildew resistance loci, Ren6 and Ren7, from the wild Chinese grape species *Vitis piasezkii*. *BMC Plant Biol.*, 16: 170.
- Pauquet, J., Bouquet, A., This, P., and Adam-Blondon, A.F. 2001. Establishment of a local map of AFLP markers around the powdery mildew resistance gene Run1 in grapevine and assessment of their usefulness for marker assisted selection. *Theor. Appl. Genet.* 103: 1201-1210.
- Pearson, R.C. and Gadoury, D.M. 1992. Grape powdery mildew. In: *Plant Diseases of International Importance*, Vol. III. Diseases of Fruit Crops (J. Kumar, H.S. Chaube, U.S. Singh and A.N. Mukhopadhyay, eds), pp. 129–146. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.
- Piccolo SL, Alfonzo A, Conigliaro G, Moschetti G, Burrano S, Barone A. 2012. A simple and rapid DNA extraction method from leaves of grapevine suitable for polymerase chain reaction analysis. *Afr J Biotechnol* 11 (45), 10305-10309.
- Pozharskiy, A. S., Aubakirova, K. P., Gritsenko, D. A., Tlevlesov, N. I., Karimov, N. Z., Galiakparov, N. N., Ryabushkina, N. A. 2020. Genotyping and morphometric analysis of Kazakhstani grapevine cultivars versus Asian and European cultivars. *Genetics and Molecular Research*, 19 (1), 18482-18482.
- Riaz, S., Boursiquot, J.M., Dangl, G.S., Lacombe, T., et al., 2013. Identification of mildew resistance in wild and cultivated Central Asian grape germplasm. *BMC Plant Biol.* 13: 149.
- Riaz, S.; Tenschler, A.C.; Ramming, D.W.; Walker, M.A. 2011. Using a limited mapping strategy to identify major QTLs for resistance to grapevine powdery mildew (*Erysiphe necator*) and their use in marker-assisted breeding. *Theor. Appl. Genet.*, 122: 1059-1073.
- Salotti, I., Bove, F., & Rossi, V. 2022. Field evaluation of grapevines resistant to downy and powdery mildews. In *BIO Web of Conferences* (Vol. 50, p. 02003). EDP Sciences.
- Shidfar, M. 2014. Moleküler Markörlerin Bağlılıkta Külleme ve Mildiyö Hastalıklarına Dayanıklı Çeşit Islahında, Marköre Dayalı Seleksiyon (Marker Assisted Selection-Mas) Amaçlı Kullanılması (Doktora Tezi), Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Ankara.

- Sosa-Zuniga, V., Vidal Valenzuela, Á., Barba, P., Espinoza Cancino, C., Romero-Romero, J. L., Arce-Johnson, P. 2022. Powdery mildew resistance genes in vines: An opportunity to achieve a more sustainable viticulture. *Pathogens*, 11 (6), 703.
- Vezzulli, S., Dolzani, C., Nicolini, D., Bettinelli, P., Migliaro, D., Gratl, V., Stedile, T., Zatelli, A., Dallaserra, M., Clementi, S., ve ark. 2019. Marker-assisted breeding for downy mildew, powdery mildew and phylloxera resistance at FEM. *BIO Web Conf.*, 13, 01002.
- Vitis International Variety Catalogue. <https://www.vivc.de/>
- Yıldırım, Z., Atak, A., Akkurt, M. 2019. Determination of downy and powdery mildew resistance of some *Vitis* spp. *Ciência e Técnica Vitivinícola*, 34 (1), 15-24.
- Zyprian, E., Ochßner, I., Schwander, F., Šimon, S., Hausmann, L., Bonow-Rex, M., ... & Töpfer, R. 2016. Quantitative trait loci affecting pathogen resistance and ripening of grapevines. *Molecular Genetics and Genomics*, 291 (4), 1573-1594.
- Zyprian, E.; Eibach, R.; Töpfer, R.; 2002: Comparative Molecular Mapping of Fungal Disease Resistance Factors in Segregating Populations of Grapevine, 73-78. *Proc. VIIIth Int. Conf. Grape Genet. Breed.*, Kecskemét, Hungary.

## Determination of Some Physicochemical Properties of Binary Biodiesel and Binary Biodiesel-Diesel Blend Fuels Obtained from Waste Pumpkin Seed- Camelina Oils

Seda ŞAHİN<sup>1\*</sup> 

<sup>1</sup>Selçuk University, Faculty of Agriculture, Department of Agricultural Machinery and Technology Engineering, Konya

\*Sorumlu Yazar: [sedabacak@selcuk.edu.tr](mailto:sedabacak@selcuk.edu.tr)

Geliş Tarihi: 13.11.2023 Düzeltme Geliş Tarihi: 26.02.2024 Kabul Tarihi: 26.02.2024

### ABSTRACT

The primary aim of utilizing biodiesel is reduce dependency on fossil fuels, decrease harmful emissions, and promote the use of renewable energy sources. Studies on biodiesel commonly revolve around singular biodiesel-petroleum diesel blends. The combination of these diverse feedstocks with distinct properties can offer varying characteristics and benefits. Many studies regarding liquid biofuels primarily focus on blends of singular biodiesel with diesel. Raw materials constitute a substantial portion of the cost in biodiesel production. Hence, efforts have been made to favor non-edible and waste products as raw materials. Additionally, products that are suitable for cultivation in Turkey and easy to obtain as raw materials, supporting domestic biofuel production, have been chosen. Biodiesels obtained from waste pumpkin seeds and camelina oils through the transesterification method were blended at volumetric ratios of 1:1 and 1:3 to obtain binary biodiesel fuels (C50P50, C25P75, and C75P25). The binary biodiesel-diesel blend fuels were achieved by blending different volume ratios of binary biodiesel fuels (C25P25D50 and C10P10D80) with traditional petroleum diesel after their preparation. Subsequent analyses focused on determining the physicochemical properties (density, kinematic viscosity, flash point, water content, calorific value, cold filter plugging point, and copper strip corrosion) of the prepared binary biodiesel and binary biodiesel-diesel blend fuels. Compliance with biodiesel standards (EN 14214, ASTM D-6751) was observed for all fuels, and the results were compared with the reference fuel, diesel (petroleum). According to the analysis results, all the tested fuels met the standards, with the C10P10D80 blend fuel displaying the closest resemblance to diesel.

**Key words:** Waste pumpkin oil, Camelina oil, Binary biodiesel, Fuel properties.

### Atık Kabak Çekirdeği - Ketencik Yağlarından Elde Edilen İkil Biyodizel ve İkil Biyodizel – Dizel Karışım Yakıtlarının Bazı Fizikokimyasal Özelliklerinin Belirlenmesi

### ÖZ

Biyodizel kullanmanın temel amacı fosil yakıtlara olan bağımlılığı azaltmak, zararlı emisyonları azaltmak ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını teşvik etmektir. Biyodizel üzerine yapılan çalışmalar genellikle tekil biyodizel-petrol dizel karışımları etrafında dönüyor. İkil biyodizel genellikle farklı türdeki biyodizellerin karıştırılması veya bu karışımların petrol dizeli ile harmanlanmasıyla elde edilir. Bu farklı hammaddelerin farklı özelliklere sahip kombinasyonu, farklı özellikler ve faydalar sunabilir. Sıvı biyoyakıtlarla ilgili birçok çalışma öncelikle tekil biyodizelin dizel ile karışımlarına odaklanmaktadır. Biyodizel üretiminde maliyetin önemli bir kısmını hammaddeler oluşturmaktadır. Bu nedenle yenmeyen ve atık ürünlerin hammadde olarak tercih edilmesine yönelik çalışmalar yapılmıştır. Ayrıca Türkiye'de ekime uygun, hammadde olarak temini kolay, yerli biyoyakıt üretimini destekleyen ürünler tercih edilmiştir. Atık kabak çekirdeği ve keten tohumu yağlarından transesterifikasyon yöntemiyle elde edilen biyodizeller, hacimsel olarak 1:1 ve 1:3 oranlarında harmanlanarak ikil biyodizel yakıtlar (C50P50, C25P75 ve C75P25) elde edildi. İkil biyodizel-dizel karışımı yakıtlar, farklı hacim



oranlarındaki ikili biyodizel yakıtların (C25P25D50 ve C10P10D80) geleneksel petrol dizeli ile hazırlandıktan sonra harmanlanmasıyla elde edilmiştir. Daha sonraki analizler, hazırlanan ikili biyodizel ve ikili biyodizel-dizel karışımı yakıtların fizikokimyasal özelliklerinin (yoğunluk, kinematik viskozite, parlama noktası, su içeriği, kalorifik değer, soğuk filtre tıkanma noktası ve bakır şerit korozyonu) belirlenmesini kapsamaktadır. Tüm yakıtlarda biyodizel standartlarına (EN 14214, ASTM D-6751) uygunluk gözlemlenmiş ve sonuçlar referans yakıt olan dizel (petrol) ile karşılaştırılmıştır. Analiz sonuçlarına göre, test edilen yakıtların tamamı standartlara uygun olup, dizele en yakın benzerliği C10P10D80 karışım yakıtı göstermiştir.

**Anahtar kelimeler:** Atık kabak yağı, Ketencik yağı, İkili biyodizel, Yakıt özellikleri

## INTRODUCTION

Derived from organic sources like vegetable oils, animal fats, or recycled cooking greases, biodiesel stands as a sustainable and cleaner alternative to traditional diesel fuel, widely applicable in transportation and diverse industrial sectors. A major advantage of biodiesel lies in its significant environmental impact. In comparison to petroleum-based diesel, biodiesel notably diminishes greenhouse gas emissions, including carbon dioxide, sulfur dioxide, and particulate matter, crucial contributors to air pollution and global warming. Its integration in diesel engines leads to reduced levels of harmful emissions, potentially mitigating the environmental footprint associated with transportation and various industries. Ongoing research and development consistently explore advanced technologies, alternative feedstocks, and more efficient production methods to bolster the viability and scalability of biodiesel as a mainstream fuel option.

The blending of biodiesels obtained from different sources offers the potential to create a product with optimized properties that are not inherent in individual feedstocks. Through binary biodiesel blending, the balancing of raw material supply and cost becomes feasible. The amalgamation of diverse biodiesels enables a more stable and cost-effective production process. Fuels resulting from blending various biodiesels may possess superior combustion properties, thereby proving more effective in reducing emissions.

This approach could potentially offer advantages in diversifying biodiesel sources, improving performance, and rendering the production process more adaptable and cost-effective. However, the specific composition and effects of such blends can significantly vary based on the combination of raw materials used and the blending ratios applied.

In a study by Gupta and Sharma (2023), the fuel properties, engine performance, and emissions of binary mixtures of *Jatropha curcas* biodiesel and waste cooking oil (WCO) were analyzed. They found that the 80% WCO biodiesel and 20% *J. curcas* biodiesel blend exhibited the most suitable fuel properties when tested in a diesel engine compared to diesel fuel. For this binary mixture, they observed a substantial decrease in engine emissions of carbon monoxide and unburned hydrocarbons but noted increased carbon dioxide and nitrogen oxide (NOx) emissions in comparison to diesel. At full load, they determined the BSFC to be 396.82 g/kWh (15.76% higher than diesel) and the BTE to be 22.7% lower than diesel.

Singh et al. (2020) investigated the impact of a blend consisting of 70% amla seed oil biodiesel and 30% eucalyptus oil (AB70EU30) on engine and emission parameters. Through adjustments to the engine's compression ratio, injection timing, and pressure, they observed that the use of AB70EU30 fuel in a modified engine led to increased Brake Thermal Efficiency (BTE) and decreased Brake Specific Fuel Consumption (BSFC) in comparison to conventional diesel fuel. Additionally, they noted enhanced combustion, resulting in reduced emissions.

Nita et al. (2011), explored the utilization of a dual blend comprising poppy and waste cooking (PWC) biodiesel-diesel blends in a CI engine. Through experiments, they mixed PWC fuel with diesel at varying ratios of 5%, 10%, and 20% under different engine loads. Their investigation unveiled a significant decline in carbon monoxide (CO), hydrocarbon (HC), and particulate matter (PM) emissions during full load conditions compared to conventional diesel usage. Nevertheless, an uptick in NOx emissions was noted.

Da Ponte et al. (2015) study aimed to produce second-generation biodiesel by blending castor oil with cotton, rapeseed, and soybean oils. They generated binary mixtures of plant oils at varying mass ratios through alkali transesterification using methanol and ethanol. Results indicated that binary mixtures of plant oils might serve as an alternative with reduced use of edible raw materials for biodiesel production. In another study by Nayak et al. (2021), the performance of a binary mixture of fish oil and WCB was tested, revealing superior quality fuel with reduced smoke, CO, and HC emissions.

Habibullah et al. (2015) conducted a study evaluating the performance and emissions of a single-cylinder diesel engine using blends of palm or coconut biodiesel and their combinations. They found that a fixed final blend of combined palm-coconut biodiesel reduced NOx emissions by 0.54% to 1.85%, slightly

enhancing brake power and Brake Specific Fuel Consumption (BSFC). This blend combined the advantages of coconut's high cetane number and palm's excellent ignition quality.

In our research, biodiesel derived from two different types of oils was produced to ensure diversity in raw materials. Fuels obtained from mixtures of camelina and waste pumpkin seed oils were blended with diesel fuel in various ratios, creating binary biodiesel-diesel mixtures and binary biodiesel blends at volumetric ratios of 1:1 and 1:3 among themselves. The study aimed to determine the physicochemical properties of these binary biodiesels and binary biodiesel-diesel fuels, assessing their compliance with relevant biodiesel standards (EN 14214, ASTM D-6751).

## MATERIAL and METHODS

The waste pumpkin seed used for biodiesel production in the research was obtained from Çumra Pumpkin Producers Association (Figure 1). Camelina seeds used to produce Camelina biodiesel were of Arslanbey variety and obtained from the Central Research Institute of Field Crops of the Ministry of Agriculture and Forestry (Figure 2). The oil extraction process from camelina and waste pumpkin seeds was carried out in 3 stages. The seeds were first crushed in a crushing machine for pre-treatment, heated and annealed, and then cold pressed in a 200 ton hydraulic press to separate the oil from the oil meal. Petrodiesel, which will be used as a reference for comparison in blend fuels, was obtained from the market.



Figure 1. Waste pumpkin seeds



Figure 2. Camelina seed (Arslanbey variety)

### Filtering of waste pumpkin seed and camelina oils

The waste pumpkin seed and camelina (Arslanbey variety) oils obtained by hydraulic pressing were firstly passed through filter paper and filtration process was applied. The conditions of the oils before and after the filtering process and the filtration process applied to the oils are shown in Figure 3.



Figure 3. Filtration process applied to waste pumpkin seed and camelina oils

### Stages of biodiesel production from waste pumpkin seed and camelina oils

After filtration of both oils, transesterification method was used for the production of waste pumpkin seed biodiesel (P100) and camelina biodiesel (C100). Methyl alcohol was used to decompose glycerol components in oils and sodium hydroxide (NaOH) was used as a catalyst to decompose triglyceride in biodiesel production from oils consisting of different raw materials (Şahin, 2021).

Methyl alcohol (CH<sub>3</sub>OH) was used at the rate of 20% of the filtered crude oil and 3.5 g of sodium hydroxide (NaOH) per 1 liter as catalyst. Methyl alcohol and sodium hydroxide were stirred until dissolution and methoxide was obtained. The methoxide was mixed with crude oil at 55 °C, the reaction temperature of which was kept constant in a thermostat controlled heater with magnetic stirrer. The reaction temperature was kept constant for 1 hour and the mixing process continued for 8 hours for the separation of methyl ester and glycerol in the oil and glycerin was separated from methyl ester. The temperature of the methyl ester separated from glycerin was raised to 75°C and the remaining methyl alcohol (CH<sub>3</sub>OH) was removed. Washing was performed for reasons such as removal of unreacted alcohol, fatty acids, catalyst material and remaining glycerol during esterification. The washing process was carried out using distilled water at 20% of the methyl ester and the used water and unreacted substances were allowed to settle and the waste water was separated from the crude biodiesel. The biodiesel was dried by stirring in a magnetic stirrer at a temperature of 100°C to remove the water. (Balci, 2017; Eryilmaz et al., 2022; Şahin, 2021)

The production steps described in the transesterification process were applied for both oils and C100 and P100 biodiesels were produced. The change of oils in the production stages described above is given in Figure 4.

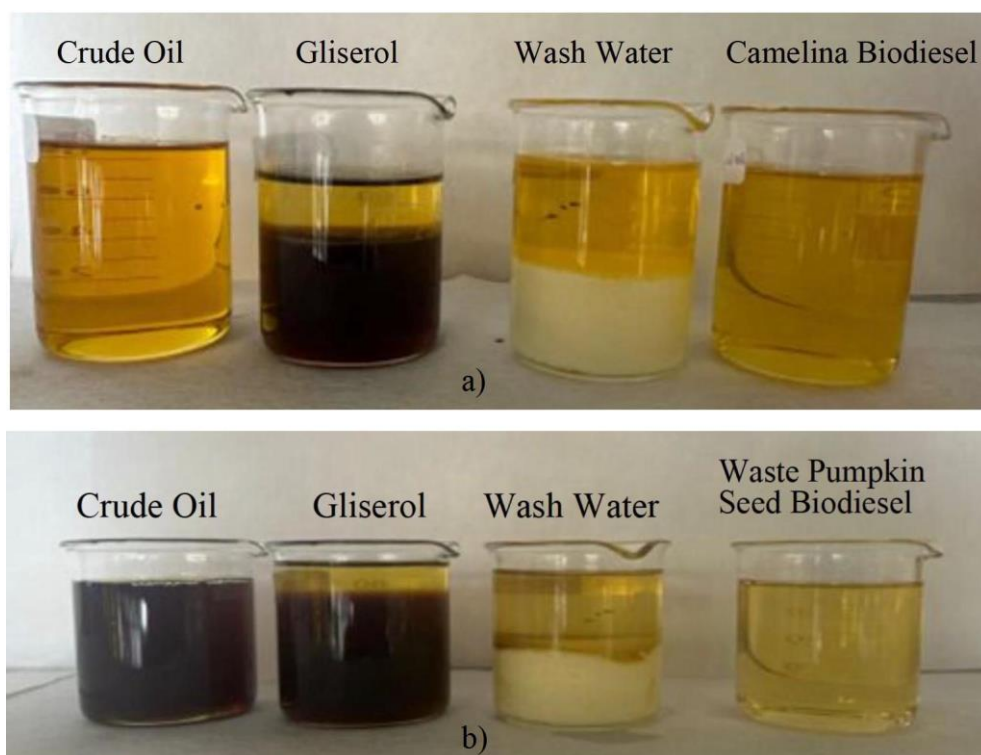


Figure 4. Production stages of camelina biodiesel (a) and Waste pumpkin seed biodiesel (b) produced by transesterification method

### Preparation of blend fuels

The % mixture ratios of the fuels and blends prepared for the determination of fuel properties and the general appearances of these fuels are shown in Table 1 and Figure 5, respectively. For ease of use, diesel is symbolised as "D", camelina biodiesel as "C" and waste pumpkin seed biodiesel as "P". The numbers added as indices under the symbols represent the blend ratios of the fuels.

Table 1. Prepared fuels and % mixture ratios

Fuels	P (%)	C (%)	D (%)
D100	-	-	100
P100	100	-	-
C100	-	100	-
P50C50	50	50	-
P25C75	25	75	-
P75C25	75	25	-
D50P25C25	25	25	50
D80P10C10	10	10	80

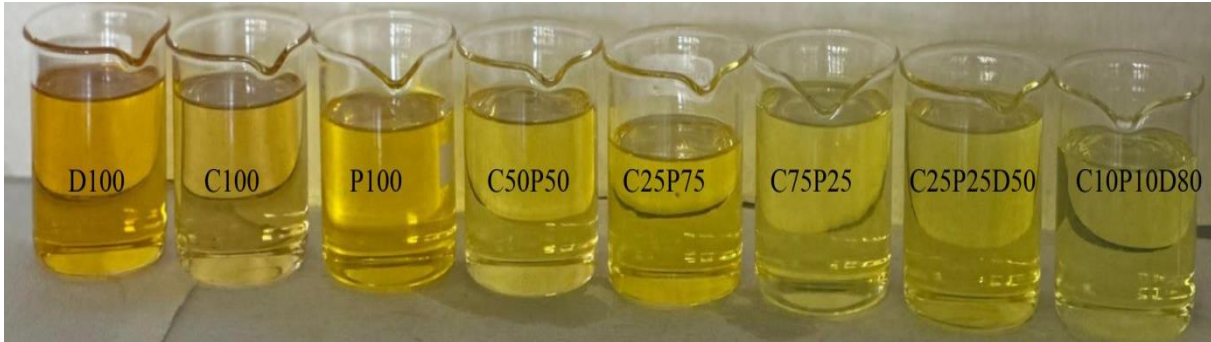


Figure 5. Prepared biodiesels and fuel blends

#### Determination of physicochemical properties of fuels and mixtures

In the study, the fuel analysis laboratory and the measurement devices in the laboratory, which was established within the scope of the DPT 2004/7 project (Öğüt et al., 2004) within the Department of Agricultural Machinery and Technologies Engineering, Faculty of Agriculture, Selçuk University, were used to determine the physicochemical properties (kinematic viscosity, density, calorific value, water content, flash point, cold filter plugging point, copper strip corrosion) of all fuels and blends.

The analyses of the fuels and blends were carried out according to the working methods of the devices used in the measurement (Table 2) and the results of the analyses were based on the EN 14214 European Union and ASTM D 6751 American standards applied for biodiesel today and their compliance with these standards was determined (Table 3).

Table 2. Specifications and measurement standards of test equipment

Fuel Property	Devices	Measurement Range	Unit	Measurement Accuracy	Standard
Density	Kem Kyoto DA-130N	0.0000 - 2.0000	g cm <sup>-3</sup>	±0.0001	EN ISO 3675 EN ISO 12185
Kinematic viscosity	Koehler K23377	Ambient temperature – 150	°C	±0.01	EN ISO 3104
Flash point	Koehler K16270	Ambient temperature -370	°C	±0.01	EN ISO 2719 EN ISO 3679
Water content	Kem Kyoto MKC-501	10µg-100mg	µg	±0.01	EN ISO 12937
Calorimeter	IKA C 200	0-40.000	J	±0.0001	DIN 51900
Cold filter plugging point	Tanaka AFP-102	With a coolant down to -60°C	°C	±0.01	ASTMD6379
Cloud and pour point	Koehler	-	°C	-	ASTM D97
Copper strip corrosion	Koehler K 25330	0-190	°C	±0.01	EN ISO 2160

Table 3. Biodiesel Standards

Property	Unit	European Standards			American Standards	
		EN 14214	EN16709	Test Method	ASTM D 6751	Test Method
Density (at 15°C)	(g cm <sup>-3</sup> )	0.86-0.90	0.82-0.86	EN ISO 3675 EN ISO 12185	-	-
Kinematic Viscosity (at 40°C)	(mm <sup>2</sup> s <sup>-1</sup> )	3.5-5.0	2.0-4.62	EN ISO 3675 EN ISO 12185	1.9-6.0	D 445
Flash Point	(°C)	≥120	≥55	EN ISO 3104 ISO 3105	≥130	D93
Calorific Value	Mj/kg	≥38	-		37.27	D4809
Water Content	(mg kg <sup>-1</sup> )	≤500	≤260	ISO 3987	≤500	D 2709
Copper Strip Corrosion (3h/50°C)	Degree of corrosion	Class 1	Class 1	EN ISO10370	≤3	D 130
Cold Filter Plugging Point	(°C)	<-10	<-20	EN 14107	-	-
		B100	B20			

## RESULTS and DISCUSSION

Some physicochemical properties values of diesel, camelina biodiesel, waste pumpkin oil biodiesel and blended fuels are given in Figure 6. The results were compared with TS EN 14214 and ASTM D 6751 standards.

Very little change was observed in the density values of C100, P100 biodiesel and C50P50, C25P75 and C75P25 binary biodiesel blends. Addition of diesel to biodiesel + biodiesel blends decreased the density values of the blend fuels. Researchers reported similar results in other studies (Eryilmaz et al., 2022; Nayak et al., 2021; Sirviö et al., 2018).

High viscosity causes poor fuel atomisation during spraying, increases carbon build-up in the fuel filter, demands more energy from the fuel pump and wears out fuel pumps and injectors (Meher et al., 2006; Tate et al., 2006). The higher viscosity causes the mixture to burn poorly in the engine due to the slow movement of the fuel through the fuel filter and fuel lines. In addition, the high viscosity of biodiesel fuel affects injection start, injection pressure and fuel spray characteristics, which are the main parameters affecting engine performance and exhaust emissions (Tesfa et al., 2010).

In this study, kinematic viscosity values of all biodiesel fuels (C100, P100, C50P50, C25P75 and C75P25) were within EN 14214 and ASTM D 6751 standards. Viscosity values of binary biodiesel blended fuels (C25P25D50 and C10P10D80) mixed with diesel were found in EN16709 and ASTM D 6751 standards. The viscosity values of C100 and P100 biodiesels were 4.58 mm<sup>2</sup> s<sup>-1</sup> and 4.32 mm<sup>2</sup> s<sup>-1</sup>, respectively. The viscosity value of camelina biodiesel was higher than that of waste pumpkin seed biodiesel. The high viscosity of biodiesel is due to the high content of saturated fatty acids and long carbon chains (Ghazali et al., 2015; H. C. Ong et al., 2014; Veluru et al., 2022). The unsaturated fatty acid content of pumpkin seed oil ranges between 80-82% (Yücelşengün et al., 2021), while that of camelina oil ranges between 85-86% (Eryilmaz et al., 2022). In biodiesel+biodiesel binary fuel blends, the viscosity value increased as the proportion of camelina increased. Addition of dizle to biodiesel+biodiesel+diesel triple blends decreased the viscosity value. Similar results were reported by Habibullah et al. (2015); Swarna et al., (2022).

Flash point means the lowest temperature necessary air and fuel vapours on the fuel to burn when heated. A high flashpoint is considered suitable for storing and transporting. The flash points of all biodiesel and fuel blends were found to be within EN 14214, EN 16709 and ASTM D6751 standards. The flash point of biodiesel is also affected by its volatility; higher flash point temperatures reduce the risk of fire and make biodiesel safer to handle and store than diesel fuels (Odega et al., 2021). The flash point of biodiesel and binary biodiesel blends varied between 140 oC and 145 oC. In binary biodiesel blends, increase in diesel by volume decreased the flash point. Similar results were reported by Eryilmaz et al. (2022); Nayak et al. (2021) in their studies.

Calorific value is an important characteristic in fuel selection (Atabani and César, 2014). It is one of the most important properties to characterise a fuel (Ong et al., 2013; Silitonga et al., 2013). The presence of chemically bound oxygen explains the low calorific value of biodiesel (Mansourpoor and Shariati, 2012), whereby an increase in the oxygen content reduces the calorific value of biodiesel fuel compared to traditional petroleum-based diesel fuel. The calorific value of C100 and P100 biodiesel fuels were 11.25% and 10.33%

lower than diesel, respectively. Oxygen content in biodiesel caused the calorific value to decrease. Calorific values of C50P50, C25P75 and C75P25 binary biodiesel blends were measured as 39.4 MJ/kg, 39.52 MJ/kg and 39.29 MJ/kg, respectively. Addition of diesel to the binary biodiesel blends increased the calorific value. The reason for this can be attributed to the decrease in the oxygen content of the fuels and the increase in the calorific value accordingly. Studies in the literature also reported similar results (Ciubota-Rosie et al., 2013; Sirviö et al., 2018).

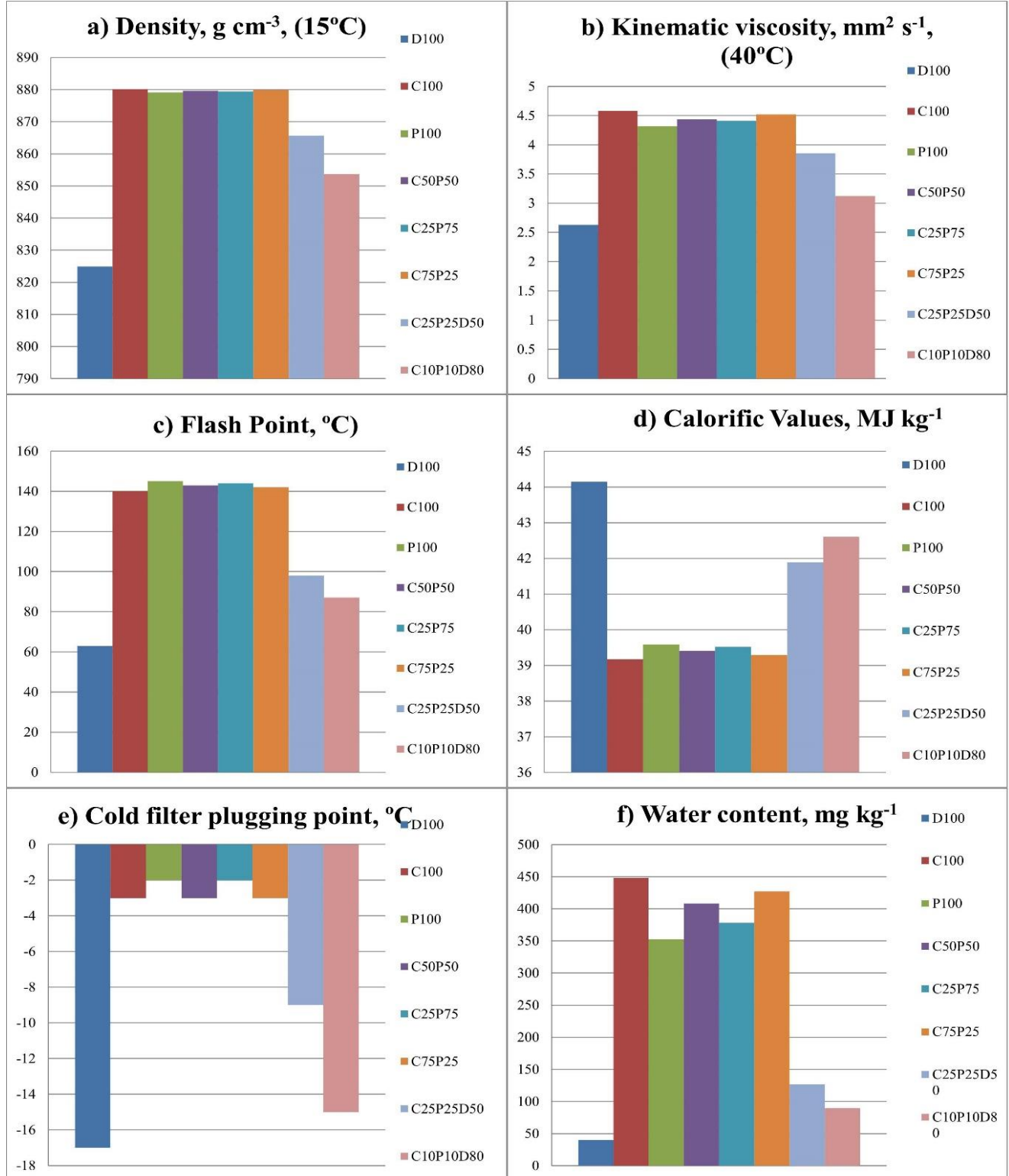


Figure 6. Fuel properties of diesel, camelina biodiesel, waste pumpkin oil biodiesel, binary biodiesel and binary biodiesel+diesel blends

CFPP determines the temperature at which fuel begins to form wax crystals, which can clog fuel lines and filters, causing engine failures (Sirviö et al., 2019). In this study, the CFPP values of C100 and P100 biodiesel were -3 °C and -2 °C, respectively. The CFPP value of C100 was lower than P100. The reason for this may be attributed to the excess of saturated fatty acids in camelina oil biodiesel. Saturated fatty acids have a higher melting point and tend to solidify at lower temperatures, resulting in poor cold flow properties (Leng et al., 2020). The increase in diesel by volume in binary biodiesel fuel blends decreased the CFPP value.

Copper strip corrosion values were determined as 1a in all fuels and were similar to Ciubota-Rosie et al. (2013); Eryilmaz et al. (2022).

The water content in biodiesel is a critical parameter that significantly affects its quality and performance. Excessive water content can result in reduced oxidation stability, reduced shelf life and potential for microbial growth, which can lead to clogging of the fuel filter and corrosion of the fuel delivery system (Jalil et al., 2022). The water contents of all fuels and blends were found to be within EN14214, EN16709 and ASTM D 6751 standards. It was determined that camelina biodiesel had 27% higher water content than waste pumpkin seed oil biodiesel. In binary biodiesel fuel blends, the increase in the volume of camelina biodiesel increased the water content. In ternary fuel blends, the increase in diesel fuel by volume and the decrease in biodiesel fuel ratios decreased the water content.

## CONCLUSION and RECOMMENDATIONS

In this study, the fuel quality and relationships of biodiesel (C100) produced from camelina crude oil, biodiesel (P100) produced from waste pumpkin oil, binary biodiesel blends (C50P50, C25P75 and C75P25) and ternary fuel blends (C25P25D50, C10P10D80) were investigated.

Physicochemical properties of all fuel samples (D100, C100, P100, C50P50, C25P75, C75P25, C25P25D50, C10P10D80) were as follows; density ( $\text{g cm}^{-3}$ ) (at 15 °C) 824.9; 880.2; 879.1; 879.6; 879.4; 879.9; 865.7 and 853.7, kinematic viscosity ( $\text{mm}^2 \text{s}^{-1}$ ) (at 40 °C) 2.63; 4.58; 4.32; 4.44; 4.41; 4.52; 3.86; 3.12, flash point (°C) 63; 140; 145; 143; 144; 142; 98; 87, calorific value ( $\text{Mj kg}^{-1}$ ) 44.14; 39.17; 39.58; 39.4; 39.52; 39.29; 41.88; 42.6, cold filter plugging point (°C) -17; -3; -2; -2; -3; -2; -3; -9; -15, water content (ppm) 40.15; 448.28; 352.51; 408.16; 378.06; 427.14; 126.5; 89.78, copper strip corrosion (3h at 50°C) was determined as 1a in all fuels. The values closest to diesel fuel quality were obtained in C10P10D80 triple fuel blend. According to these results, the use of binary biodiesel blends with different physicochemical properties in fuel blends with high biodiesel content (such as B20) can improve the properties of fuels.

**Acknowledgment:** This study was presented as an oral presentation at the 1. Bilsel International Aspendos Scientific Researches Congress held in Antalya on 24-25 February 2024 and published in the abstract book.

## AUTHOR ORCID NUMBERS

Seda ŞAHİN  <http://orcid.org/0000-0003-1743-9530>

## REFERENCES

- Atabani, A., Silva C.A. 2014. Calophyllum inophyllum L.–A prospective non-edible biodiesel feedstock. Study of biodiesel production, properties, fatty acid composition, blending and engine performance, Renewable and sustainable energy reviews, 37, 644-655.
- Balci, A.B. 2017. Examination of Fuel Properties of Biodiesel which Obtained from Terebinth Oil and Blending, Selçuk University, Graduate School of Natural and Applied Sciences, Doktora tezi, p.64.
- Ciubota-Rosie, C., Ruiz, J.R., Ramos, M.J. and Pérez, Á. 2013. Biodiesel from Camelina sativa: A comprehensive characterisation, Fuel, 105, 572-577.
- Da Ponte, F., Vasques, R. and Oliveira, V. 2015. Studies of second generation biodiesel formulated using binary blends of castor oil with cotton, canola and soybean oils, Eur Int J Sci Technol, 4, 195-204.
- Eryilmaz, T., Şahin, S., Ertuğrul, M. and Çelik, S. A. 2022. Investigation of the Physicochemical Properties of Camelina [Camelina sativa (L.) Crantz] oil Biodiesel and its Fuel Blends, Konya Journal of Engineering Sciences, 10 (2), 287-300.
- Ghazali, W. N. M. W., Mamat, R., Masjuki, H. H. and Najafi, G. 2015. Effects of biodiesel from different feedstocks on engine performance and emissions: A review, Renewable and sustainable energy reviews, 51, 585-602.

- Gupta, S., Sharma, M. P. 2023. Impact of binary blends of biodiesels on fuel quality, engine performance and emission characteristics, *Clean Energy*, 7 (2), 417-425.
- Habibullah, M., Rizwanul Fattah, I., Masjuki, H. and Kalam, M. 2015. Effects of palm–coconut biodiesel blends on the performance and emission of a single-cylinder diesel engine, *Energy & Fuels*, 29 (2), 734-743.
- Jalil, N., Lau, H. L. N. and Jalal, R. I. A. 2022. The Cold Flow Properties of Palm Biodiesel For Diesel Blends Mandate in Malaysia’s Highlands, *Journal of Oil Palm Research*, 34 (1), 116-128.
- Leng, L., Li, W., Li, H., Jiang, S. and Zhou, W. 2020. Cold flow properties of biodiesel and the improvement methods: A review, *Energy & Fuels*, 34 (9), 10364-10383.
- Mansourpoor, M. and Shariati, A. 2012, Optimization of biodiesel production from sunflower oil using response surface methodology, *J Chem Eng Process Technol*, 3 (5), 1-5.
- Meher, L. C., Sagar, D. V. and Naik, S. 2006. Technical aspects of biodiesel production by transesterification—a review, *Renewable and sustainable energy reviews*, 10 (3), 248-268.
- Nayak, S., Hoang, A., Nayak, B. and Mishra, P. 2021. Influence of fish oil and waste cooking oil as post mixed binary biodiesel blends on performance improvement and emission reduction in diesel engine, *Fuel*, 289, 119948.
- Nita, I., Geacai, S. and Iulian, O. 2011. Measurements and correlations of physico-chemical properties to composition of pseudo-binary mixtures with biodiesel, *Renewable Energy*, 36 (12), 3417-3423.
- Odega, C., Anguruwa, G. and Fakorede, C. 2021. Biodiesel Production and Characterization from Used Vegetable Oil, *Journal of Applied Sciences and Environmental Management*, 25 (4), 537-542.
- Ong, H., Silitonga, A., Masjuki, H., Mahlia, T., Chong, W. and Boosroh, M. 2013. Production and comparative fuel properties of biodiesel from non-edible oils: *Jatropha curcas*, *Sterculia foetida* and *Ceiba pentandra*, *Energy conversion and Management*, 73, 245-255.
- Ong, H. C., Masjuki, H., Mahlia, T., Silitonga, A., Chong, W. and Leong, K. 2014. Optimization of biodiesel production and engine performance from high free fatty acid *Calophyllum inophyllum* oil in CI diesel engine, *Energy conversion and Management*, 81, 30-40.
- Öğüt, H., Akinerdem, F., Pehlivan, E., Aydın, M. E. and Oğuz, H. 2004. Investigation of biodiesel production processes from some oil crops in Turkey and its use in diesel engines in terms of agriculture, environment, food, chemistry and technological aspects :DPT Project No:2004/7 Bioenergy 2004 Symposium, Izmir.
- Silitonga, A., Masjuki, H., Mahlia, T., Ong, H., Chong, W. and Boosroh, M. 2013. Overview properties of biodiesel diesel blends from edible and non-edible feedstock, *Renewable and sustainable energy reviews*, 22, 346-360.
- Singh, P., Chauhan, S., Goel, V. and Gupta, A. K. 2020. Enhancing diesel engine performance and reducing emissions using binary biodiesel fuel blend, *Journal of Energy Resources Technology*, 142 (1), 012201.
- Sirviö, K., Heikkilä, R., Niemi, S. and Hiltunen, E. 2018. Properties of local produced animal-fat based biodiesel and its blend with fossil fuel, *Agronomy Research* 16(S1), 1237-1246.
- Sirviö, K., Niemi, S., Heikkilä, S., Kijärvi, J., Hissa, M. and Hiltunen, E. 2019. Feasibility of new liquid fuel blends for medium-speed engines, *Energies*, 12 (14), 2799.
- Swarna, S., Swamy, M., Divakara, T., Krishnamurthy, K. and Shashidhar, S. 2022. Experimental assessment of ternary fuel blends of diesel, hybrid biodiesel and alcohol in naturally aspirated CI engine, *International Journal of Environmental Science and Technology*, 19 (9), 8523-8554.
- Şahin, S. 2021. Determination of the effects on fuel properties, engine performance, and emission values of some additives added to diesel and safflower biodiesel mixtures Selcuk University, Institute of Science and Technology, Doctoral Thesis, p. 164.
- Tate, R., Watts, K., Allen, C. and Wilkie, K. 2006. The viscosities of three biodiesel fuels at temperatures up to 300 C, *Fuel*, 85 (7-8), 1010-1015.
- Tesfa, B., Mishra, R., Gu, F. and Powles, N. 2010. Prediction models for density and viscosity of biodiesel and their effects on fuel supply system in CI engines, *Renewable Energy*, 35 (12), 2752-2760.



Veluru, S., Hamzah, H. T., Tukaram, B. M., Poiba, V. R. and Mahdi, H. S. 2022. A Review on Biodiesel Production from Various Feedstocks by Transesterification, IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 012024.

Yücelşengün, İ., Yücel, E., Kılıç, G. and Öztürk, B. 2021. Determination of Fatty Acid Composition and Bioactive Properties of Pumpkin Seed and Apricot Kernel Oils, The Journal of Food, 46 (3), 608-620.

## Tarımsal Verimlilik ile İlişkili Faktörlerin Tespiti: BRICS-T Ülkeleri Örneği

Gökçen AYDINBAŞ<sup>1\*</sup> 

<sup>1</sup>Anadolu Üniversitesi, SBE, İktisat Bölümü, Eskişehir, Türkiye

\*Sorumlu Yazar: [gkcnaydnbs@gmail.com](mailto:gkcnaydnbs@gmail.com)

Geliş Tarihi: 07.12.2023 Düzeltme Geliş Tarihi: 20.03.2024 Kabul Tarihi: 28.04.2024

### ÖZ

Ekonomik ve sosyal etkileri sayesinde tarım, bir ülke ekonomisinin temelini oluşturan unsurlardandır. Tarım sektörü birçok sektöre hammadde tedarik etmekte ve daha fazla katma değerli ürün ortaya çıkmasını sağlamaktadır. Ayrıca tarım sektörü, tarımsal faaliyetlerin yapıldığı kırsal alanlarda zamanla ortaya çıkan nüfus kaybına rağmen kentleri gıda ve çeşitli hammaddeler açısından beslemeyi sürdürmesi, ülkelerin tarımsal alanlarda verimliliğini artırıcı etkisi ve dış ticaretteki yeri ile önemini korumaktadır. Tarım 4.0 (akıllı tarım) ise emek gücü ile üretim girdi maliyetlerini minimize ederek yüksek kaliteli, miktarlı ürün üretimi ve bu üretim karşılığında çiftliklerden temin edilen gelirlerin artırılması noktasında ekonomik katkılar sunmaktadır. Bu çalışmanın amacı, BRICS-T ülkelerinde akıllı tarım (Tarım 4.0) bağlamında tarımsal verimlilik ile ilişkili faktörlerin araştırılmasıdır. Çalışmada panel veri analiz yöntemi kullanılmıştır. Bu çalışmanın özgün değeri, ilgili yıl aralığı ve ülke grubu için Tarım 4.0 kapsamında tarımsal verimlilik ile ilişkilendirilen faktörlerin ekonometrik bir yöntem ile incelenmesi noktasında ortaya çıkmaktadır. Dumitrescu-Hurlin Panel Nedensellik Test sonuçlarına göre, tarımsal verimlilik endeksinden (TVE) kentleşme oranına (KNT) doğru tek yönlü; beşeri sermaye endeksi (BS) ile TVE arasında ise çift yönlü nedensellik ilişkisi tespit edilmiştir. Sonuç olarak, tarımsal kalkınma ve kentleşme politikaları kapsamında beşeri sermayenin geliştirilmesine de odaklanılması gerekmektedir. Bu durum, tarımsal üretkenliği ve genel refahı artırmada ülkeler için faydalı olabilir.

**Anahtar kelimeler:** Tarım 4.0, Tarımsal Verimlilik, Tarımsal İstihdam, Panel Veri Analizi

### Determination of Factors Associated with Agricultural Productivity: The Case of BRICS-T Countries

#### ABSTRACT

Thanks to its economic and social impacts, agriculture is one of the pillars of a country's economy. The agricultural sector supplies raw materials to many sectors and enables the creation of more value-added products. In addition, the agricultural sector maintains its importance by continuing to feed the cities in terms of food and various raw materials despite the loss of population in rural areas where agricultural activities are carried out over time, increasing the productivity of countries in agricultural areas and its place in foreign trade. Agriculture 4.0 (smart agriculture), on the other hand, offers economic contributions in terms of minimizing labor power and production input costs, producing high quality and quantity products and increasing the income from farms in return for this production. The aim of this study is to investigate the factors associated with agricultural productivity in the context of smart agriculture (Agriculture 4.0) in BRICS-T countries. Panel data analysis method was used in the study. The unique value of this study lies in the econometric analysis of the factors associated with agricultural productivity within the scope of Agriculture 4.0 for the relevant year range and country group. According to the results of Dumitrescu-Hurlin Panel Causality Test, a unidirectional causality relationship was found between agricultural productivity index (API) and urbanization rate (URR), and a bidirectional causality relationship between human capital index (HCI) and API. Consequently, agricultural development and urbanisation policies should also focus on human capital development. This may be beneficial for countries in increasing agricultural productivity and overall welfare.

**Key words:** Agriculture 4.0, Agricultural Productivity, Agricultural Employment, Panel Data Analysis

## GİRİŞ

İktisadi anlamda bir ülke, sanayileşme düzeyi ile paralel şekilde kalmaktadır. Tarım sektöründe gelişim gösteremeyen bir ülkenin ise büyümesi bir hayli zor olmaktadır. Bir ülke ekonomisi için tarımsal üretimin katkılarını; nüfus, toplum beslenmesi, iş gücü, sanayi, gayrisafi yurt içi hasıla (GSYH) ve dış ticaret olarak sıralamak mümkündür. Dijitalleşen dünyanın yeni tarım anlayışı olarak bilinen akıllı tarım (Tarım 4.0) ile amaçlanan ise insansız traktörler, ucuz ve kolay şekilde toprak analizi, yeşil enerji kullanılarak ürünlerin kalitesinin artırılmasıdır. Ayrıca teknolojik imkânlar ile otonom hareket edebilen tarımsal robotlar, tarımsal üretim verimliliğinin ve ürün kalitesinin artırılmasını sağlamaktadır (Aydınbaş, 2023a).

Geçmişte olduğu gibi günümüzde de tarım sektörü çeşitli yönleriyle ekonomiye yön verirken, tarımsal üretim insanlığın gelişiminde ve nüfusun devamlılığında tüm toplumlar için hayati önem arz etmektedir. Gelenen son noktada ise tarım sektörünün artan küresel nüfusun gıda talebini karşılayabilmesi, yüksek teknolojilerin tarımsal üretim sürecinde kullanımına bağlıdır. Nitekim "Tarım 4.0", akıllı tarım, tarımda teknolojik yenilikler, dijitalleşme ile ortaya çıkan bir dönüşüm olup, çevre dostu ve sürdürülebilir bir tarımsal üretimin sinyallerini vermektedir (Ercan ve ark., 2019).

Tarım 4.0, akıllı tarım sistemleri, uygulamalarına yönelik yatırımların sayısı giderek artmaktadır. Tarım 4.0, akıllı tarım teknolojileri Amerikan çiftçilerinin %80'i tarafından kullanırken, Avrupa'da ise bu oran yaklaşık %24 düzeyinde olmaktadır. Dolayısıyla da Amerikan pazarındaki güçlü büyümenin asıl sebebi, söz konusu ülkedeki çiftçilerin teknolojileri benimsenme oranının yüksek olmasıdır (T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, 2020). Ayrıca 2017 yılında dünyada akıllı tarımın küresel pazar boyutu yaklaşık 9.58 milyar ABD doları olarak kaydedilirken, 20 milyardan fazla da kablosuz bağlantılı tarım aracının olduğu belirtilmektedir (Ercan ve ark., 2019; Aydınbaş, 2023a).

Bu çalışmada amaç, BRICS-T ülkelerinde akıllı tarım (tarım 4.0) bağlamında tarımsal verimlilik ile ilişkilendirilen faktörleri 2000-2019 dönem aralığında panel veri analiz yöntemiyle incelemektir. BRICS-T ülkelerinin tarım sektörleri farklı dinamiklere sahiptir. Bu nedenle de ilgili ülkelerdeki tarım sektörlerinin dijitalleşme ve otomasyon konusundaki uygulanabilirliğini araştırmak son derece önemlidir. Bu araştırma sayesinde söz konusu ülke grubunun ihtiyaçlarını ve zorluklarını belirlemek mümkün olabilecektir. Böylece bu ülke grubunun tarım sektörlerini daha verimli konuma getirmek amacıyla da daha iyi politika ve teknoloji stratejileri geliştirmelerine katkıda bulunulabilmektedir. Tarım 4.0 dijital dönüşümü, BRICS-T ülkelerinin tarım sektöründe daha sürdürülebilir, rekabetçi, verimli ve gıda güvencesini sağlamaları için bir yol izlemelerini teşvik etmektedir. Nitekim bu çalışmanın literatüre katkısı ve özgün değeri, Tarım 4.0 kapsamında tarımda verimlilik ile ilişkili faktörlerin söz konusu ülke grubu için ilgili yıl aralığında panel veri analiz yöntemi kullanılarak incelenmesi noktasında ortaya çıkmaktadır.

Öncelikle Tarım 4.0 ve BRICS-T ülkelerine etkisine ilişkin teorik altyapı oluşturulmuştur. Ardından da konuya ilişkin uygulamalı literatür tartışılmış olup, ekonometrik analiz kapsamında veri seti, model, yöntem ve bulgular ele alınmıştır. Sonuç kısmında ise konuya ilişkin genel bilgilendirmeler yapılarak bulgular tartışılmış ve bu kapsamda politika önerilerinde bulunulmuştur.

## Tarım 4.0 Dönüşümü İle Brics-T Ülkelerine Etkisi: Teorik Altyapı

Yeni nesil teknolojilerle destekli Tarım 4.0, dijitalleşen tarımsal uygulamalar, çiftlik yönetimi kapsamında yazılımlar, çiftçilerin tarladaki gözü olarak dronlar, kablosuz bağlantılı tarımsal araçlar, susuz ya da topraksız tarım, yapay zekâ ile donatılmış makineler ve benzeri yeni tarım teknolojileri hem çiftçilerin hayatlarını kolaylaştırmakta hem de ülke ekonomisine katkı sunmaktadır (Aydınbaş, 2023a).

BRICS-T ülke grubu Brezilya, Rusya, Hindistan, Çin, Güney Afrika ve Türkiye ülkelerini kapsamaktadır. BRICS-T ülkeleri kendilerine özgü ekonomik ve sektörel yapılarına rağmen ortak özellikleri döviz rezervine dayalı ekonomik büyüme olmuştur. Nitekim bu grubu, hızlı bir şekilde büyüyen ekonomileri, demografik özellikleri ve gelecek vadeci potansiyelleri öteki gelişmekte olan pazarlardan farklılaştırmaktadır (Yavuz ve ark., 2022). Çizelge 1'de 2021 yılı için BRICS-T ülke grubuna ilişkin tarımsal istatistiklere yer verilmiştir.

Çizelge 1'den de takip edildiği üzere 2021 yılında tarımsal katma değer GSYH içindeki payı ile tarımsal istihdamın toplam istihdamdaki payında en yüksek değer, Hindistan'a ait iken, tarımsal alanın toplam alandaki payında en yüksek değer Güney Afrika'ya ve tarımsal hammadde ihracatının ticari mal ihracatındaki payında en yüksek değer ise Brezilya'nın olmuştur (Çizelge 1). Çizelge 2'de 2021 yılı için BRICS-T ülke grubuna ait Tarım 4.0 kapsamındaki istatistiklere yer verilmiştir. Tarımsal üretim için Tarım 4.0, bir devrim yaratma potansiyeli taşımaktadır. Tarımsal makine stoğu ve tarımsal verimlilik endeksi, ilgili teknolojilerin tarımsal üretime etkisinin ölçümü ve izlenmesinde son derece önemli göstergelerdir. Tarımsal makine stoğu ve verimlilik endeksinin takip ederek, gerek tarım işletmeleri gerekse yatırımcılar, hangi teknolojilere ve ekipmanlara yatırım yapacaklarını

belirleyebilecektir. Ayrıca tarımsal makine stoğu ve verimlilik endeksi, bir ülkede tarımsal sektörün rekabet gücünü değerlendirmekte kullanılabilir.

**Çizelge 1.** BRICS-T Tarımsal İstatistikler, 2021

Ülke	Tarımsal Katma Değer (GSYH, %)	Tarımsal İstihdam (Toplam İstihdam, %)	Tarımsal Alan (Toplam Alan, %)	Tarımsal Hammadde İhracatı (Ticari Mal İhracatı, %)
Brezilya	7.486	9.689	28.639	4.781
Rusya	3.870	5.801	13.158	2.313
Hindistan	17.326	43.959	60.045	1.469
Çin	7.241	24.405	55.462	0.339
Güney Afrika	2.467	21.296	79.417	1.704
Türkiye	5.543	17.121	49.490	0.608

**Kaynak:** Dünya Bankası, 2021

**Çizelge 2.** BRICS-T Tarım 4.0 Kapsamında İstatistikler, 2021

Ülke	Tarımsal Makine Stoku (1000 Metrik Beygir Gücü "CV")	Tarımsal Verimlilik Endeksi, 2015=100)
Brezilya	47251.487	98.883
Rusya	13242.897	111.176
Hindistan	469789.871	116.101
Çin	1463535.010	110.744
Güney Afrika	4258.185	111.266
Türkiye	49975.752	115.928

**Kaynak:** USDA, Economic Research Service, 2021

Çizelge 2’den de izlendiği üzere 2021 yılında tarımsal makine stokundaki en yüksek değer, Çin’e ait iken, tarımsal verimlilik endeksinde en yüksek değer Hindistan’ın olmuştur. Ayrıca aynı yıl bazında hem tarımsal makine stoku hem de tarımsal verimlilik endeksi değerleri olarak bu ülke grubu içerisinde Türkiye’nin ikinci sırada yer aldığı görülmektedir (Çizelge 2). BRICS-T ülkelerinde Tarım 4.0 dijital dönüşüm sürecindeki gelişmeler sırasıyla aşağıda sunulmuştur:

**Brezilya:** Brezilya, tarımsal üretim ve ihracatında önemli başarılar elde eden ülkelerden biridir. 1991 yılından itibaren Brezilya Tarımsal Araştırma Kurumu, temel araştırmalarda ve tarımsal sanayi uygulamalarında kullanılmak amacıyla çeşitli bilgisayarlı sistemler geliştirmekten sorumlu, özellikle Bilgi Teknolojilerine dayalı bir ajansa sahip bulunmaktadır. Tarım 4.0 ile beraber tarımsal-endüstriyel teknolojik sistemlerdeki ilerlemeler sonucunda Brezilya’nın her ne kadar tarımsal iş gücü piyasasında azalma olmuşsa da daha uzmanlaşmış iş gücü ihtiyacında artışlar olmuştur. Brezilya’da Tarım 4.0 kapsamında ekim alanlarının optimum büyüklüğünün hesaplanması ve soya hasadının tahmini için yapay sinir ağları uygulanmaktadır. Brezilya’da “BovChain” olarak adlandırılan uygulamalar büyük veri ve bulut bilişim aracılığıyla sosyo-çevresel parametrelerin yönetimini yapmaktadır. Bu uygulamalar ile çiftçiler, mezbahalar, alıcılar ve yatırımcılar birbirine bağlanmaktadır. Bu şekilde tarım ve hayvancılık üretim zincirlerinin hesap verebilirliği ve çevresel yönetimi kolaylaştırıcı ortak bir dijital pazar içinde hem sürüler hem de ticari işlemler gerçek zamanlı olarak izlenebilmektedir. Ayrıca Brezilya hassas tarım konusunda da ciddi anlamda ilerleme sağlamıştır. Bu kapsamda uydudan izleme, mahsullerin ve sürülerin hesaplamalı görselleştirilmesi, akıllı sulama, zirai ilaç kullanımının optimizasyonu konularında uygulamalar geliştirilmiştir. Bu kapsamda verilebilecek bir başka örnek de, çevresel etkilerin azaltılması ve ürün performansının artırılmasını amaçlayan “Agrosmart” olarak adlandırılan bir Brezilya platformudur (Viola ve Mendes, 2022).

**Rusya:** Son 10-15 yıldan beri Rusya, dünya tarım pazarında kilit bir unsur haline gelmiştir (Nadezhda ve Dmitry, 2022). Rusya, yaklaşık 130 milyon tonluk tahıl rekoltesi ile dünyanın en önemli ilk 5 üretici ülkesinden biridir. Son dönemlerde tarımsal mekanizasyon, Rusya’da tarım sektöründeki yüksek üretim artışlarında önemli etki yaratan bir faktördür. Rosspetsmash’e göre, 01 Ocak 2022 tarihinden itibaren Rusya’da 100’den fazla yerli tarımsal makine üreticisi faaliyet göstermektedir. Rusya’da üretilen tarım makinelerinin alımı için Rus tarım sektöründeki üreticiler, indirimli fiyatlardan yararlanabilmektedir. Rus menşeli tarım makine ve ekipmanı alımı için 2020 yılında 14 milyar rublelik (\$189 milyon) destek sağlanmıştır. Rus menşeli tarım makinelerinin ihracatı

2020 yılına kıyasla 2021 yılında %46.8 artarak 452 milyon doları geçmiştir (T.C. Moskova Büyükelçiliği Ticaret Müşavirliği, 2022). Nitekim Rusya'nın geniş toprakları ve tarım potansiyeli, makineleşmeyi teşvik etmektedir. Ancak, coğrafi olarak farklı bölgelerde iklim ve toprak koşulları açısından büyük farklılıkların olması, tarım uygulamalarının farklılaşmasına neden olabilmektedir. Sanayide yaşanan yeni genişlemelerle birlikte Rusya tarımsal pozisyonunu güçlendirme, gıda güvenliğini temin etme ve rekabet gücünü artırma amacıyla Tarım 4.0'a yönelmeye başlamıştır. Tarım 4.0'ın, Rus ekonomisinin tarım sektöründe bilgi araçlarının kullanımının önündeki engellerin aşılmasına katkıda bulunabileceği ifade edilmektedir (Fedotova ve ark., 2020).

Hindistan: Ülkenin büyüyen ekonomisinde tarımın önemi son derece büyüktür. Dünya meyve ve sebze üretiminde Hindistan, Çin'den sonra ikinci sırada konumlanmaktadır. Hindistan'ın kırsal bölgelerinde her ne kadar geleneksel tarım yöntemleri hala yaygın olsa da makineleşme tarımsal verimliliğin ve iş gücü veriminin artırılması noktasında son derece önemli bir faktördür. Hindistan tarımının sürdürülebilir ve kârlı bir şekilde büyümesi açısından azalan, bozulan arazi ve su kaynakları, kuraklık, sel gibi sorunlar ile karşılaşmak da mümkündür. Verimlilik ve kârlılıkta artış için modern teknolojilerin kullanımına duyulan ihtiyaç, Hindistan'da Tarım 4.0'ın ortaya çıkmasına neden olmuştur. Tarım 4.0, tarım sektöründe teknolojik yenilikler, dolayısıyla Hindistan için tarımsal üretimde verimliliğin artırılması, yeni istihdam alanları yaratılması ve yoksulluğun azaltılarak eşitlikçi ve sürdürülebilir büyümenin teşvik edilmesi bakımından son derece önemlidir. Hindistan'da çok sayıda yeni nesil çiftçi, çiftliklerde kullanılan gübrelerin optimum düzeyini belirlemek adına toprak haritalama yazılımı kullanmaktadır. Ayrıca gıda değer zincirinde üretimi iyileştirmek amacıyla Aggrotech start-up'ları ve geleneksel çiftçiler en son çözümleri ve trendleri tercih etmeye başlamıştır. Bu anlamda Hindistan için önemli bir gelişme de Hindistan Dijital Tarım Ekosistemi (IDEA) olmuştur. IDEA'nın temel görevi, Hindistan'da tarım için daha iyi bir ekosistem oluşturulması açısından önemli katkılar sunmak, gelişen teknolojilerden yararlanarak tarım odaklı yenilikçi çözümler oluşturmaktır. Bu ekosistem, çiftçilerin gelirinin ve tarım sektöründe verimliliğin artırılmasına yönelik etkili planlamalar açısından hükümet için önemli bir destekçidir (IBEF, 2023). Son zamanlarda ise Hindistan'ın odağındaki konu, verimlilik ve iş takibi konusunda çalışmalarını hızlandırarak Blockchain teknolojisi tabanlı yeni bir tarım alt yapısını kullanmaktadır. Bu alt yapı oluşturulduğunda yetiştirilen ürünlerin gıda işleme şirketlerine dağıtımı, depolanması ve benzeri işlemler için IoT sensörleri ve veri analizleri kullanılması planlanmaktadır. Bu şekilde tüketiciler de dahil olmak üzere ürünlerin geçtiği tedarik sürecinin izlenmesi mümkün olacaktır (Kurt, 2023).

Çin: Önemli bir tarım ülkesi olup, aynı zamanda 1.4 milyarı aşkın toplam nüfusu ile dünya nüfusunun %22'sini oluşturarak dünyanın en kalabalık ülkesidir. Ancak nüfusu dünyadaki ekilebilir arazilerin sadece %9'u ile beslemektedir (Jiang ve ark., 2022). Dolayısıyla ülke, nüfusunu yeterince desteklenmesi için iç gıda talebinin karşılanması bakımından zorluklarla karşılaşmaktadır (Chandio ve ark., 2020). Bu anlamda Çin'in karşılaştığı zorlukların çözümünde tarımsal mekanizasyon önemli rol üstlenmektedir. 2017 yılında, ülke topraklarının yaklaşık %70'ini kaplayan batı Çin'de toplam 266 milyon kilovat gücünde tarım makinesi kullanılırken, Çin'in başka bölgelerinde toplam 717 milyon kilovat gücü kullanılmıştır (Xiaoming ve ark., 2020). Ülkede tarım sektörünün modernizasyonu için büyük bir çaba harcanmıştır. Tarımın makineleşmesi Çin'de tarımsal üretimi artırmak ve iş gücü verimini yükseltmek açısından son derece önemlidir. Nitekim Çin, Tarım 4.0'ın sektör üzerinde olumlu etkileri olduğunu görmüştür. Ülkede bu teknolojilere yatırım yapılarak verimlilik artırımı, sürdürülebilirlik teşviki ve kırsal kalkınmanın desteklenmesi amaçlanmıştır. Bu noktada şunu belirtmek gerekir ki, Çin'de Tarım 4.0'ın temelini 2019 yılında açıklanan "Tarım ve Kırsal Alanların Dijitalleştirilmesi Kalkınma Planı (2019-2025)" oluşturmaktadır. Çin'de Tarım 4.0 kapsamında pek çok gelişme yaşanmıştır. Örneğin pestisit püskürtmek amacıyla kullanılabilen tarımsal dronlar Çin'deki tarımsal bitki korumanın yalnızca %2'sini oluşturmaktadır. Bununla birlikte Çin, dünyanın en büyük tarımsal e-ticaret pazarı olarak küçük/orta ölçekli çiftçileri ulusal pazara bağlayabilmektedir. Çin'in kuzeydoğusundaki bir eyalet olan Heilongjiang'da ise tarım faaliyetlerinde önemli bir destekçi olarak akıllı makineler insan gücünden tasarruf ederek verimliliği artırmaktadır (Aydemir, 2023).

Güney Afrika: Ülke topraklarının %13'ü tarıma elverişli olan ve nüfusunun %21'inin geçimini tarımdan sağlayan Güney Afrika, 96 milyon 341 bin hektar alan ile dünyanın en geniş tarım arazilerine sahip ülkelerinden biridir (Güneş, 2023). Ancak Güney Afrika'da tarımsal üretimi sınırlayan en temel unsur; su temini iken, su tedarikinin %50'si tarımsal üretim için kullanılmaktadır (Dış Ekonomik İlişkiler Kurulu "DEİK", 2013). Güney Afrika'da tarım, ülke ekonomisi açısından son derece önemlidir ve tarım makineleşmesi sürdürülebilir üretim hedeflerine katkıda bulunabilmektedir. Tarımdaki son teknolojik gelişmelerle birlikte Güney Afrika tarım sektörünü dijitalleştirmeye odaklanmıştır. Güney Afrika'da kuraklık ve iklim değişikliği nedeniyle su kaynaklarının etkili bir şekilde yönetilmesi gerekmektedir. Tarım 4.0, su kaynakları üzerinde daha iyi kontrol imkânı sağlamaktadır. Bu anlamda Güney Afrika için Tarım 4.0 hayati nitelikte bir dönüşümdür (Boakye, 2023).

Türkiye: 2020 yılında tarım sektörü; çalışan nüfusun yaklaşık %18'ine istihdam sağlayarak GSYH'nin %6.6'sını oluşturmuştur. Aynı yıl bu sektörün GSYH'ye katkısı 47.3 milyar dolar olup dünyanın en büyük onuncu

tarım üreticisidir. 2003-2020 yıl aralığında yıllık ortalama büyüme tarım sektörü için %2.5 olarak gerçekleşmiştir (Invest in Turkey, 2021; Oğul, 2022). Ayrıca Türkiye’de tarım makineleri sektöründe sürekli bir şekilde artışlar olmaktadır. Tarım makineleri sektör büyüklüğü 2012 yılında 1 milyar 836 milyon dolar düzeyindeyken, 2017 yılına gelindiğinde, 3.5 milyar dolar düzeyine ulaşmıştır (Bulut, 2021). 2018 yılında ise yaklaşık olarak 120 ülkeye, 830 milyon dolar değerinde tarım makineleri ihracatı yapılmıştır. Bu değer 423 milyon doları traktör iken, 406 milyon doları ekipmandır (Şahin Ulucan, 2020). 2019 yılında Türkiye’nin tarım makineleri pazar büyüklüğü 1.1 milyar dolara; tarım makineleri ihracatı ise 868 milyon dolara ulaşmıştır (T.C. Yatırım Ofisi, 2023). Son zamanlarda ise Tarım 4.0’a ilişkin Türkiye’de önemli gelişmeler yaşanmaktadır. Türkiye’de üreticilerin (çiftçiler), özel sektör (imalatçılar, teknoloji tedarikçileri), birlik ve kooperatifler ile kamu ve üniversitelerden oluşan bir sektörün bütün paydaşlarının işbirliği ile tarımdaki teknolojik dönüşümün gerçekleştirilmesi planlanmaktadır. Vodafone Türkiye ve Tarımsal Bilişim ve İletişim Teknolojileri (TABİT) ortaklığında kırsal kalkınmanın desteklenmesi için Aydın’da kurulan “Vodafone Akıllı Köy”, Turkcell Akıllı Tarım, Farmbot, Ege Üniversitesi İ.İ.B.F ve İzmir Ticaret Borsası ortaklığında yürütülen “Türk Tarımının Global Entegrasyonu: Tarım 4.0” projesi Türkiye özelinde akıllı tarıma (Tarım 4.0) ilişkin örneklerden bazılarıdır (Kaya, 2019). Özellikle de Vodafone Akıllı Köy, dünyada ve Türkiye’de uçtan uca dijital teknolojilerle donatılmış ilk akıllı köy olma yolunda hızlı bir şekilde ilerleme kaydetmektedir. Geleneksel tarım yöntemlerinin yüksek teknoloji ile birleştirildiği “Vodafone Akıllı Köy”ün, tarımsal üretimde verimliliği bilgi ve teknolojileri ile arttırmak, tarımda genç istihdamı arttırmak, teknolojinin başka köylere de yayılmasına imkân tanımak gibi temel hedefleri bulunmaktadır. Ayrıca Akıllı Köy ile minimum olarak bitkisel üretim maliyetlerinde ve sulamada %20, hayvansal üretim maliyetlerinde %22 tasarruf hedeflenmektedir (İTTM, 2019).

## LİTERATÜR TARAMASI

Son zamanlarda gelişen teknoloji ile Tarım 4.0 süreci, tarımda mekanizasyon kullanımını artırmıştır. Tarım 4.0 kapsamında değerlendirilebilecek literatürdeki ekonometrik çalışmalara bakıldığında, tarımsal Ar-Ge harcamaları ve tarımsal verimlilik, tarımsal mekanizasyon, makineleşme, tarımın yeşil dönüşümü, tarımsal yeşil kalkınma ve tarımsal teknolojilere yönelik konular bulunmaktadır. Aşağıda söz konusu çalışmalar ve bunlardan elde edilen bulgular kategorize edilerek ayrı ayrı tartışılmaktadır:

Subaşı ve Ören (2013) tarafından yapılan çalışmada 1990-2010 dönem aralığı için tarımsal Ar-Ge harcamaları ile tarımsal büyüme arasındaki ilişkinin incelenmesi amaçlanmıştır. Yazarlar, tarımsal Ar-Ge harcamaları ile tarımsal büyüme arasında uzun vadede bir ilişkinin var olduğunu Johansen eşbütünleşme testi ile ortaya koymuştur. Ayrıca toplam faktör verimliliği ile tarımsal Ar-Ge harcamaları arasında ve tarımsal Ar-Ge harcamalarından tarımsal büyümeye doğru tek yönlü nedensellik ilişkisi bulunmuştur. Pakdemirli (2019), Türk tarım sektöründe yapılan Ar-Ge harcamaları ile tarımsal hasıla ilişkisini 2003-2017 yıllık verileri bazında Granger nedensellik testi ile araştırmış ve çalışmada Ar-Ge harcamalarının tarımsal hasılayı, tarımsal hasılanın ise Ar-Ge harcamalarını olumlu yönde etkilediği bulunmuştur. Bu kapsamda literatürde yer alan bir diğer çalışmada ise Soyçiğit ve Akyol (2021) tarafından yapılmıştır. Çalışmada, seçilmiş AB üyesi Geçiş Ekonomileri (Çekya, Estonya, Kıbrıs, Letonya, Litvanya, Macaristan, Slovakya ve Slovenya) üzerinden 2005-2016 yıl aralığı bazında kamusal Ar-Ge harcamalarının tarımsal verimliliğe etkisinin Swamy rassal katsayılı panel regresyon modeli ile tahmin edilmesi amaçlanmıştır. Bu çalışmada, tarımsal üretime ilişkin kamusal Ar-Ge harcamaların tarımsal üretim üzerinde kısmen de olsa pozitif bir etki yarattığı sonucuna varılmıştır.

Alene (2010) yapmış olduğu çalışmada, 1970-2004 dönem aralığında Afrika tarımındaki toplam faktör verimliliği (TFV) büyümesini eşzamanlı ve ardışık teknoloji sınırları altında ölçmeyi ve karşılaştırmayı amaçlamıştır. Yazar tarafından verimlilik artışının nedenleri, sabit etkili bir regresyon modeli ile tarımsal Ar-Ge harcamaları için polinom dağılımlı bir gecikme yapısı kullanılarak araştırılmıştır. Çalışmada, tarımsal Ar-Ge harcamaları, hava koşulları ve ticaret reformlarının Afrika’da tarımsal verimlilik üzerinde önemli etkileri olduğu sonucuna varılmıştır. Koç ve ark. (2016) yaptıkları çalışmada 1991-2013 verileri ile TFV artışı üzerinde tarımsal Ar-Ge harcamaları, tarımda sabit sermaye yatırımları tarımsal destekler ve birim alana düşen yıllık ortalama yağış miktarının etkisini ekonometrik olarak analiz etmiştir. Yazarlar bu çalışmalarında; tarımsal Ar-Ge, tarımsal kredi kullanımı, tarım sektöründe sabit sermaye yatırımları, tarımsal destekleri ve yıllık yağış miktarının TFV büyüme hızındaki değişimin önemli bir kısmını (%65’ini) açıkladığı sonucuna ulaşmıştır. Süt (2021) tarafından yapılan çalışmada, 17 gelişmekte olan ülke ve 1992-2018 yılları arasında panel veri analiz yöntemi kullanılarak tarımsal verimlilik ile kentleşme ve çevre ilişkisi incelenmiştir. Yazar bu çalışmada, Dumitrescu Hurlin nedensellik testi ile kentleşmedeki değişimin tarımsal verimlilik düzeyini etkilediği, ancak tarımsal verimliliğin değişiminin kentleşmeyi etkilemediği sonucuna ulaşmıştır. Ayrıca karbon emisyonu ile tarımsal verimlilik arasında nedensellik ilişkisine rastlanırken, diğer sektörlerle kıyasla nispeten daha az karbon salınımına sebep olan tarımsal faaliyetlerde üretkenlik artışı ile karbon salınımı arasında nedensellik ilişkisi bulunamamıştır.

Türkiye’de 2009-2018 dönem aralığı için Yücel ve Çalışkan (2020) tarafından yapılan çalışmada tarımsal mekanizasyon düzeyi, verimlilik ve ortalama gelirin, tarımsal istihdam oranına etkisinin ARDL modeli ile araştırılmıştır. Çalışmada tarımdaki makineleşme düzeyi ile uzun vadede tarımsal istihdam oranı arasında anlamlı ve ters yönlü bir ilişki bulunmuştur. Bununla birlikte kısa vadede verimliliğin tarımsal istihdam oranını etkilediği sonucuna varılmıştır. Ayrıca uzun vadede Türkiye’de tarım sektöründe ortalama gelirin istihdam oranını olumsuz etkilediği saptanmıştır. Peng ve ark., (2022) çalışmalarında, tarımsal mekanizasyon düzeyinin tarımsal üretim ve gelir üzerindeki etkisini En Küçük Kareler (EKK) yöntemi ile analiz etmiştir. Çalışmanın verileri, 2018 yılında Hubei Eyaletinde 1.116 çiftçiyle yapılan bir saha araştırmasından elde edilmiştir. Çalışmada, tarımsal mekanizasyon düzeyinin her bir ürünün üretim maliyeti, çıktı değeri, verimliliği ve satışından elde edilecek gelir üzerinde önemli bir pozitif etkiye sahip olduğu sonucuna varılmıştır. Tandoğan (2022) çalışmasında Türkiye için 2006-2019 dönemi itibarıyla tarımsal üretim ile tarımsal makineleşme arasındaki ilişkiyi ARDL modeli ile araştırmış, tarımsal üretimin uzun dönemde gelir, arazi ve makine kullanımı ile pozitif, iş gücü ile negatif bir ilişki içinde olduğu sonucuna varmıştır. Sun ve ark. (2023) çalışmalarında, Çin’de 1998-2020 dönem aralığı bazında Johansen eş-bütünlük testi ile tarımsal ekonomik kalkınma endeksini ölçmüştür. Çalışmada Çin’in tarımsal ekonomik kalkınmasının dönüşümünün dalgalı bir yükseliş içinde olduğu belirlenmiştir. Ayrıca Çin’in tarımsal mekanizasyon gelişiminin 2012 yılından sonra altın bir döneme girdiği sonucuna varılmıştır.

Xiaoming ve ark. (2020) tarafından yapılan çalışmada 2008-2017 dönem aralığında ML Endeksi ve Mekansal panel modeline dayalı olarak Çin’in 30 eyaleti, özellikle de Batı Çin’de tarımsal mekanizasyon gelişiminin tarımsal yeşil dönüşüm üzerindeki etkisi incelenmiştir. Çalışmada, Batı Çin’deki tarımsal yeşil dönüşümün dalgalanmalı bir artış eğilimi gösterdiği ancak genel dönüşüm düzeyinin halen ulusal ortalama düzeyinden daha düşük olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, batı bölgesindeki tarımsal mekanizasyon operasyon düzeyi, tarımın yeşil dönüşümünü teşvikinde olumlu bir etkiye sahipken, tarımsal mekanizasyon ekipman düzeyi ise tam tersi yönde bir etki göstermiştir. Güneybatı Çin’e kıyasla kuzeybatı Çin’deki tarımsal mekanizasyon operasyon düzeyi daha olumlu bir yönde bir etki bırakmaktadır. Son olarak da çiftçilerin gelirinin ve tarımsal teknolojinin artışı, batı bölgesinin tamamında tarımın yeşil dönüşümü üzerinde olumlu etkilere sahipken, tarımsal insan sermayesi ise kuzeybatı ve güneybatıda ters yönlü bir etki bıraktığı ortaya çıkmıştır. Jiang ve ark. (2022) yapmış oldukları çalışmada, 2011-2020 dönem aralığında 30 Çin eyaletinin panel verileri bazında dijital ekonominin tarımsal yeşil kalkınmaya etkisini ampirik bir analiz ile incelemiştir. Ortaya çıkan sonuçlar şu şekildedir: (i) Dijital ekonominin Çin tarımının yeşil kalkınma düzeyini ciddi anlamda artırabileceğini; doğu bölgesi ve orta bölgesindeki kâr paylarının batı bölgesindekinden büyük oranda daha yüksek olduğunu ve bölgesel heterojenliğin söz konusu olduğunu ortaya koymaktadır. (ii) Dijital ekonominin tarımsal yeşil kalkınmayı teşvikindeki rolü, artan “marjinal etki” gibi doğrusal olmayan bir özelliğe sahiptir. (iii) Dijital ekonomi, tarımsal yeşil kalkınmaya katkıda bulunabilecek önemli bir mekansal yayılma etkisine sahiptir. (IV) “Geniş Bant Kırsal”ın kurulumu, kırsal dijital ekonominin gelişimini iyileştirebilecek ve dolaylı olarak da tarımsal yeşil kalkınmayı teşvik edebilecek niteliktedir.

Bekele (2020) Etiyopya için 2010-2018 dönemini baz alan çalışmasında, ülke düzeyinde tarımsal teknolojilerin benimsenmesini etkileyen temel faktörleri rassal etkiler modeli ile belirlemeyi amaçlamıştır. Çalışmada, tarımsal teknolojilerin benimsenmesi üzerinde hanehalkı reisinin yaşının, eğitim seviyesinin, işletme büyüklüğünün, hayvan varlığının, yayım hizmetlerine ve kredi hizmetlerine erişiminin, kooperatif üyeliğinin ve pazara uzaklığın istatistiksel açıdan anlamlı ve olumlu yönde etkili olduğu sonucuna varmıştır.

“Akıllı Tarım (Tarım 4.0) Bağlamında Tarımsal Verimlilik ile İlişkili Faktörler: BRICS-T Ülkeleri Örneği” başlıklı bu çalışmanın orjinal yönü ve literature katkısı ise Tarım 4.0 bağlamında tarımsal verimlilik ile ilişkili faktörlerin BRICS-T ülke grubu için 2000-2019 dönem aralığında panel veri analiz yöntemi kullanılarak incelenmesiyle ortaya çıkmaktadır.

## EKONOMETRİK ANALİZ

### Araştırmanın modeli ve veri seti

Çalışmada tarımsal verimlilikteki değişimin, tarımsal katma değer, tarımsal istihdam, beşeri sermaye ve kentsel nüfus ile ilişkisini belirlemek amaçlanmıştır. “Bu çalışma, kapsamı gereği etik kurul onayı gerektirmemektedir.”

BRICS-T ülkelerinde akıllı tarım (Tarım 4.0) bağlamında tarımsal verimlilik ile ilişkili faktörlerin araştırıldığı bu çalışmada kurulan model aşağıdaki gibi tanımlanmıştır:

$$TVE_{it} = \beta_0 + \beta_1TKD_{it} + \beta_2TİS_{it} + \beta_3KNT_{it} + \beta_4BS_{it} + e_{it} \quad (1)$$

Bu modelde; “i” ile birim (ülke), “t” ile zaman (yıl) gösterilirken, katsayıyı “β”, sabit terimi “α”, hata terimini ise “e” ile temsil etmektedir.

**Çizelge 3.** Değişkenler, Açıklamaları ve Kaynakları

Değişken	Sembol	Değişken Türü	Gözetim Aralığı	Veri Kaynakları
Tarımsal Verimlilik Endeksi	<b>TVE</b>	Bağımlı Değişken	2000-2019	Ekonomik Araştırma Servisi (Economic Research Service “ <i>USDA</i> ”)
Tarımsal Katma Değer (GSYH %)	<b>EMP</b>	Bağımsız Değişken		Dünya Bankası (World Bank “ <i>WB</i> ”)
Tarımsal İstihdam (Toplam İstihdam %)	<b>TİS</b>	Bağımsız Değişken		
Kent Nüfus Oranı	<b>KNT</b>	Bağımsız Değişken		
Beşeri Sermaye	<b>BS</b>	Bağımsız Değişken		Penn Dünya Tablosu (Penn World Table “ <i>PWT</i> ”)

Çizelge 3’te modele dâhil edilen değişkenler, açıklamalar ve kaynaklara değinilmiştir. Modelde 2000-2019 dönemi için yıllık veriler kullanılmış olup “TVE”; tarımsal verimlilik endeksini, “TKD”; tarımsal katma değer GSYH’deki payını (%), “TİS”; tarımsal istihdamın toplam istihdamdaki payını (%), “KNT” kent nüfus oranını ve “BS” beşeri sermaye endeksini göstermektedir. Kullanılan veriler WB ve PWT istatistiksel veri tabanından temin edilmiştir (Çizelge 3).

Tarım 4.0 bağlamında tarımsal verimlilik endeksi ile ilişkili faktörler olarak ilgili değişkenlerin seçilmesi neden önemlidir? Bunu şu şekilde açıklamak mümkündür: “Tarımsal katma değer GSYH içindeki payı”, tarım sektörünün ekonomideki rolünü göstermektedir ki; yüksek bir pay, hem tarıma yönelik yatırımların ekonomiye etkisini artırabilmekte hem de modernizasyon için kaynak sağlayabilmektedir. “Tarımsal istihdam”, tarım sektöründeki iş gücü miktarını göstermektedir. “Kent nüfusu” artışı, tarım sektöründeki iş gücü kaymasını tetikleyebilmektedir. Kentleşme, bir taraftan tarımda daha az iş gücüne gereksinim duyulmasına yol açabilirken, diğer taraftan da teknolojik çözümlere yönelimi artırabilmektedir. “Beşeri Sermaye” ise akıllı tarım dönüşümü için gerekli teknik bilgi ve becerilerin bulunması noktasında son derece önemlidir. Eğitimli bir iş gücünün, tarım teknolojilerini daha etkili bir şekilde kullanabilmesi mümkün olmaktadır. Nitekim ilgili faktörlerin seçilmesi, tarımsal verimlilik endeksinin sosyo-ekonomik etkilerinin değerlendirilmesi ve uygun politikaların geliştirilmesi açısından gereklidir.

### Araştırmanın Yöntemi

Panel veri analizi kapsamında öncelikli olarak değişkenler ve model için yatay kesit bağımlılığı Breusch-Pagan  $CD_{LM}$  (1980) testi ile incelenmiştir. Çünkü yatay kesit kesit bağımlılığı dikkate alınmazsa, analiz sonuçları sapmalı (yanıltıcı) ve tutarsız olabilmektedir. Bu çalışmada Breusch-Pagan  $CD_{LM}$  (1980) testinin uygulanma sebebi, yatay kesit bağımlılığı  $T > N$  olmasıdır. İlgili testin sıfır hipotezi “ $H_0$ : Yatay kesit bağımlılığı yoktur.” alternatif hipotezi ise “ $H_1$ : Yatay kesit bağımlılığı vardır.” biçimindedir.  $H_0$  hipotezinin reddedilebilmesi için olasılık değerinin 0.05’ten küçük olması gerekir ki, bu durumda yatay kesit bağımlılığının var olduğu kanıtlanmaktadır. Devam eden aşamada ise ikinci nesil birim kök testleri uygulanmaktadır. Eğer tersi bir durum söz konusu ise yatay kesit bağımlılığı bulunmamakta, birinci nesil birim kök testleri ile analize devam edilmektedir. Panel veri analiz yönteminde, serilerin durağanlık şartını sağlayıp sağlamadığının belirlenmesi tahminlerin güvenilirliği açısından son derece önemlidir. Yatay kesit bağımlılığı sınanmasında elde edilen sonuçlara uygun olarak bir sonraki aşamada da panelin durağanlığının sınanmasında Pesaran (2007) tarafından geliştirilen CIPS birim kök testi kullanılmıştır. İlgili testin hipotezleri “ $H_0$ : Seride birim kök vardır.” ve “ $H_1$ : Seride birim kök yoktur.” biçimindedir. Westerlund (2008), Durbin-H grup testinde otoregresif parametrenin kesitler arası farklılaşmasına imkân tanınmaktadır. Bu testin hipotezlerine göre  $H_0$  hipotezi eşbütünleşmenin olmadığı, alternatif hipotez ise en azından kesitlerden bazıları için eşbütünleşme ilişkisinin var olduğu belirtilmektedir. Westerlund (2008) Durbin-H panel testinde kabul edilen durum ise otoregresif parametrenin tüm kesitler için aynı olduğudur. Bu noktada  $H_0$  hipotezi eşbütünleşme yoktur iken, alternatif hipotez ise bütün panel için eşbütünleşme ilişkisi varlığına işaret etmektedir. Panel veri analizi çerçevesinde Dumitrescu ve Hurlin (2012) testi, zaman boyutunun kesit boyutundan büyük veya küçük olması fark etmeden etkin sonuçlar vermektedir. Çalışmanın amacına uygun olarak seriler arası nedensellik ilişkisinin araştırılmasında, Dumitrescu ve Hurlin (2012) tarafından geliştirilen yöntem kullanılmıştır. Bu yöntemin avantajları; paneli oluşturan ülkeler arası yatay kesit bağımlılığını ve heterojenliği dikkate alabilmesi; zaman boyutu, yatay kesit boyutundan (N) büyük ya da küçük olması fark etmeksizin uygulanabilmesi ve dengesiz panel veri setlerinde dahi etkin sonuçlar ortaya koyabilmesi olarak sıralandırılabilmektedir. Dumitrescu ve Hurlin testinin bir diğer özelliği ise hem eş-bütünleşik



ilişkinin varlığında hem de ilişki bulunmadığında analiz edilebilmesidir. Testin  $H_0$  hipotezi yatay kesitlerin tamamında “X’ten Y’ye nedensellik ilişkisi yoktur.” şeklinde kurgulanmaktadır (Alper ve Oransay, 2015; Aydınbaş, 2023b).

## ARAŞTIRMA BULGULARI

Çalışmanın bu bölümünde, BRICS-T ülkelerinde akıllı tarım (Tarım 4.0) bağlamında tarımsal verimlilik ile ilişkilendirilen faktörler panel veri analizi ile araştırılmıştır. Ekonometrik analiz ile elde edilen sonuçlar Eviews 12, Stata 16 ve Gauss 16 paket programları ile hesaplanmıştır. Analiz sonucunda elde edilen bulgular sırasıyla yorumlanmıştır.

**Çizelge 4.** Yatay Kesit Bağımlılık Test Sonuçları

Test	Her Bir Değişken ve Model için Yatay Kesit Bağımlılık Testi Sonuçları	
	Breusch-Pagan (1980) $CD_{LM}$	
<i>Değişken ve Model</i>	<i>İstatistik</i>	<i>p-değeri</i>
TVE	267.164*	0.000
TKD	154.202*	0.000
TİS	247.620*	0.000
KNT	291.199*	0.000
BS	298.840*	0.000
MODEL: TVE = F (TKD, TİS, KNT, BS)	247.629*	0.000

Çizelge 4’te yatay kesit bağımlılık test sonuçları değerlendirilmiştir. Gerek değişkenler gerekse model için  $H_0$  hipotezi reddedilmiş olup, yatay kesit bağımlılığının varlığı kanıtlanmıştır (Çizelge 4). CIPS birim kök test sonuçlarına Çizelge 5’te yer verilmiştir.

**Çizelge 5.** CIPS Birim Kök Test Sonuçları

CIPS İstatistik	Kritik Değer			
Değişken	Düzye	Fark		
TVE	-2.042	-3.353	1%	-2.600
TKD	-2.111	-4.099		
TİS	-3.661	-3.677	5%	-2.340
KNT	-2.040	-2.896	10%	-2.210
BS	-1.928	-3.688		

Çizelge 5’te yer verilen CIPS Panel birim kök testi sonuçlarına bakıldığında, TVE, TKD, KNT ve BS değişkenleri  $I(1)$ ’de yani birinci fark alındığında durağanlaşırken, TİS değişkeni  $I(0)$ ’da yani düzeyde durağan çıkmıştır. Bu neticede ise Westerlund (2008) eş-bütünleşme testinin çalışmanın bir sonraki aşaması için uygun olacağı kanısına varılmıştır (Çizelge 5). Panel birim kök testi sonrası nedensellik analizine geçilmeden önce, eğim katsayılarının her bir ülke için homojen-heterojenlik durumu, Pesaran & Yamagata (2008) delta testleri ve Swamy-S testi ile saptanmıştır. Çizelge 6’da Pesaran & Yamagata (2008) ve Swamy-S homojenlik test sonuçlarına yer verilmiştir. Bu sonuçlar ile her bir ülke için eğim katsayılarının heterojen olduğu tespit edilmiştir.

**Çizelge 6.** Homojenlik Test Sonuçları

Pesaran & Yamagata (2008) Homojenlik Test Sonuçları		
Test istatistik	t-istatistik	p-değeri
<i>Delta Tilde (<math>\Delta</math>)</i>	6.199*	0.000
<i>Düzeltilmiş Delta Tilde (<math>\Delta_{adj}</math>)</i>	7.410*	0.000
Swamy-S Homojenlik Test Sonuçları		
$\chi^2$	p-değeri	
3831.81	0.000	

Pesaran & Yamagata (2008) homojenlik test sonuçları, Swamy-S homojenlik testinin sonuçları ile de desteklenmiştir. Bir sonraki aşamada ise seriler arası uzun dönem ilişkisi, Westerlund (2008) testi (Durbin-H) panel eş-bütünleşme testiyle sınanmıştır. Bunun nedeni, CIPS Panel birim kök testi sonuçlarına göre değişkenlerin I(0) ve I(1) karışık bir şekilde durağan hale gelmesidir (Çizelge 6). Çizelge 7’de Gauss 16 paket programı ile hesaplanan Westerlund (2008) Durbin-H eşbütünleşme testi sonuçları verilmiştir.

**Çizelge 7.** Westerlund (2008) Durbin-H Eşbütünleşme Test Sonuçları

<i>Testler</i>	<i>Panel</i>
<b>Durbin-H grup istatistik</b>	1.467** [0.019]
<b>Durbin-H panel istatistik</b>	1.908* [0.007]

Birim kök testi sonucunun I(0) ve I(1) düzeylerinde durağanlaşmasından dolayı, model için Westerlund (2008) testi (Durbin-H eşbütünleşme testi) uygulanmıştır. Çizelge 7’e göre, bu model için Durbin H-Grup istatistiği ve Durbin H-Panel istatistiğinde eşbütünleşme ilişkisinin olmadığı  $H_0$  hipotezi reddedilerek seçilen ülkeler arasında eşbütünleşme ilişkisinin var olduğu kanıtlanmıştır (Çizelge 7).

Çizelge 8’de Eviews 12 paket programı ile hesaplanan Dumitrescu-Hurlin Panel Nedensellik Test sonuçlarına yer verilmiştir.

**Çizelge 8.** Dumitrescu-Hurlin Panel Nedensellik Test Sonuçları

<b>H<sub>0</sub> Hipotez</b>	<b>W İstatistik</b>	<b>Z-bar İstatistik</b>	<b>P-Değeri</b>
KNT, TVE’nin Nedenseli değildir.	11.795	8.101	0.000*
BS, TVE’nin Nedenseli değildir.	8.102	4.948	0.000*
TVE, BS’nin Nedenseli değildir.	4.725	2.036	0.041**
KNT, TKD’nin Nedenseli değildir.	6.515	3.580	0.000*
TKD, KNT’in Nedenseli değildir.	7.284	4.243	0.000*
TKD, BS’nin Nedenseli değildir.	6.097	3.219	0.001*
KNT, TİS’nin Nedenseli değildir.	5.583	2.776	0.005*
TİS, KNT’in Nedenseli değildir.	5.988	3.125	0.001*
BS, TİS’nin Nedenseli değildir.	6.008	3.143	0.001*
BS, KNT’in Nedenseli değildir.	6.137	4.818	0.000*
KNT, BS’in Nedenseli değildir	4.526	1.864	0.062***

Not: \*, \*\* ve\*\*\* sırasıyla %1, %5 ve %10 düzeyinde anlamlılığı ifade etmektedir.

Çizelge 8’e göre Dumitrescu-Hurlin panel nedensellik test sonuçlarına dayanarak tarımsal verimlilik endeksinden (TVE) kentleşme oranına (KNT) doğru nedensellik ilişkisi tespit edilmiştir. İlgili bulgu, Süt (2021) tarafından yapılan çalışma ile desteklenmektedir. Bunun yanı sıra beşeri sermaye endeksi (BS) ile TVE arasında çift yönlü bir ilişki bulunmuştur. Tarımsal katma değer GSYH’deki payı (TKD) ile KNT arasında nedensellik ilişkisi tespit edilmiştir. Söz konusu bulgu, Erdinç ve Aydınbaş (2021) tarafından yapılan çalışma ile desteklenmektedir. TKD’den tarımsal istihdama (TİS) doğru tek yönlü bir nedensellik ilişkisi bulunurken, TKD’den BS’ye doğru tek yönlü bir nedensellik ilişkisi saptanmıştır. Ayrıca KNT ile TİS arasında çift yönlü bir ilişki belirlenmiştir. HC’den TİS’e doğru tek yönlü bir ilişki tespit edilmiştir. Son olarak da KNT ile HC arasında ise çift yönlü bir nedensellik ilişkisi saptanmıştır. Söz konusu bulgu Ahmed ve ark. (2020) tarafından yapılan çalışma ile desteklenmektedir (Çizelge 8).

## SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu çalışmanın amacı, BRICS-T ülkeleri için akıllı tarım (Tarım 4.0) bağlamında tarımsal verimlilik ile ilişkili faktörlerin 2000-2019 dönem aralığında panel veri analiz yöntemi ile araştırılmasıdır. Dumitrescu-Hurlin panel nedensellik test sonuçlarına göre tarımsal verimlilik endeksinden (TVE) kentleşme oranına (KNT) doğru nedensellik ilişkisi belirlenmiştir. İlgili bulgu, Süt (2021) tarafından yapılan çalışmayı da desteklemektedir. Bununla birlikte beşeri sermaye endeksi (BS) ile TVE arasında çift yönlü bir ilişki tespit edilmiştir. Tarımsal katma değer GSYH’deki payı (TKD) ile KNT arasında nedensellik ilişkisi bulunmuştur. Söz konusu bulgu, Erdinç ve

Aydınbaş (2021) tarafından yapılan çalışma ile desteklenmektedir. TKD'den tarımsal istihdama (TİS) doğru tek yönlü bir nedensellik ilişkisi bulunurken, TKD'den BS'ye doğru tek yönlü bir nedensellik ilişkisi saptanmıştır. Ayrıca KNT ile TİS arasında çift yönlü bir ilişki belirlenmiştir. HC'den TİS'e doğru tek yönlü bir ilişki saptanmıştır. Son olarak da KNT ile HC arasında ise çift yönlü bir nedensellik ilişkisi tespit edilmiştir. Söz konusu tespit, Ahmed ve ark. (2020) tarafından yapılan çalışma ile desteklenmektedir.

Çalışmada elde edilen tarımsal verimlilik endeksi ile kentleşme oranı arasındaki ilişki bulgusuna yönelik politika önerilerini şu şekilde sıralamak mümkündür: (i) Tarım alanlarının belli bir plan dahilinde korunması ve kentleşmenin söz konusu alanlara yönlendirilmesiyle tarımsal verimlilik artırılabilir. (ii) Su kaynaklarının etkili biçimde yönetilmesi, sulama sistemlerinin geliştirilmesi ile su tasarrufu önlemleri sayesinde tarımsal verimlilik artırılabilir. (iii) Tarım uygulamalarının çevresel etkilerini azaltıcı yöntemlere odaklanması, uzun dönemde çevre ve verimlilik için faydalı sonuçlar yaratabilir. (iv) Çiftçiler arasında işbirliği ve bilgi paylaşımını teşvik edici yerel ağların oluşturulması, daha etkili tarım uygulamalara destek niteliğinde olabilir. Bu ağlar sayesinde çiftçiler, daha etkili bir şekilde bilgi ve deneyimlerini paylaşabilir, yeni teknikler öğrenebilir ve ortak problemlerle karşılaştıklarında bunlara çözüm üretebilir.

Beşeri sermaye endeksi ile tarımsal verimlilik arasındaki ilişki bulgusu doğrultusunda verilebilecek politik öneriler ise şu şekildedir: (i) Çiftçilere tarım teknikleri, gübre kullanımı, su yönetimi ve benzeri konulara yönelik eğitimler verilmesi ve bu doğrultuda bilgi aktarımının teşviki, beşeri sermayenin gelişimi için destekleyici nitelikte olabilir. (ii) Çiftçilerin sağlıklı olarak çalışabilmeleri adına sağlık hizmetlerine erişimin artırılması, beşeri sermayenin güçlenmesine katkı sağlayabilir. (iii) Tarım sektöründe çalışanların becerilerinin artırılması için eğitim programları ve istihdam olanakları sağlanması, beşeri sermayenin kalitesini artırabilir. (iv) Çiftçilerin modern tarım teknolojileri kullanımı konusunda desteklenmesi sayesinde beşeri sermayenin teknolojik altyapısı güçlendirilebilir.

Gelecekteki çalışmalar için ekonometrik analiz yapılabilecek düzeyde verilerin oluşturulabilmesi halinde araştırmacıların "Tarım ürünleri e-ticaretin pazar yapısına etkisi", "Çiftçilerin çevrimiçi platformlarda ürün satışının ekonomik sonuçları", "Çiftçilikteki otomasyonun verimlilik üzerine etkisi" ve davranışsal iktisat kapsamında "Çeşitli veri kaynaklarından temin edilen bilgilerin tarımsal üretim kararları üzerindeki etkisi" gibi konuları değerlendirmeleri önerilmektedir.

## YAZAR ORCID NUMARASI

Gökçen Aydınbaş  <https://orcid.org/0000-0001-9435-5387>


## KAYNAKLAR

- Ahmed, Z., Zafar, M.W., & Ali, S. (2020). Linking urbanization, human capital, and the ecological footprint in G7 countries: An empirical analysis. *Sustainable Cities and Society*, 55, 102064.
- Alene, A. D. (2010). Productivity growth and the effects of R&D in African Agriculture. *Agricultural Economics*, 41(3-4), 223-2384. <https://doi.org/10.1111/j.1574-0862.2010.00450.x>
- Alper, A., & Oransay, G. (2015). Cari açık ve finansal gelişmişlik ilişkisinin panel nedensellik analizi ekseninde değerlendirilmesi. *Uluslararası Ekonomi ve Yenilik Dergisi*, 1(2), 73-85. <https://doi.org/10.20979/ueyd.182896>
- Aydemir, S. (2023). Akıllı tarım makineleri Çin'de işgücü tasarrufu sağlıyor. <https://haber-alanya.com.tr/akilli-tarim-makineleri-cinde-ismucu-tasarrufu-sagliyor/> (Erişim Tarihi: 13.11.2023)
- Aydınbaş, G. (2023a). A Study on smart agriculture (agriculture 4.0) from an economic perspective. *BILTURK, The Journal of Economics and Related Studies*, 5(2), 63-86. doi: 10.47103/bilturk.1218500
- Aydınbaş, G. (2023b). Politik istikrar ve kişisel gelir arasındaki nedensellik ilişkisi: Brics ve Mist ülkeleri örneği. *Bingöl Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 26, 438-452. <https://doi.org/10.29029/busbed.1295438>
- Bekele, W. F. (2020). Determinants of agricultural technology adoption in Ethiopia: A meta-analysis. *Cogent Food & Agriculture*, 6(1), 1855817. doi: 10.1080/23311932.2020.1855817
- Boakye, A. Estimating agriculture technologies' impact on maize yield in rural South Africa. *SN Business & Economics*, 3, 149 (2023). <https://doi.org/10.1007/s43546-023-00530-4>
- Breusch, T. S., & Pagan, A. R. (1980). The Lagrange Multiplier Test and its Applications to Model Specification in Econometrics, *The Review of Economic Studies*, 47(1), Pages 239-253, <https://doi.org/10.2307/2297111>
- Bulut, R. (2021). Dünya ve Türkiye tarımında makineleşme. *Göller Bölgesi Aylık Ekonomi ve Kültür Dergisi Ayrıntı*, 9(105), Aralık 2021. <https://www.dergiayrinti.com/index.php/ayr/article/view/1607> (Erişim Tarihi: 13.11.2023)

- Chandio, A. A., Jiang, Y., Rehman, A. and Rauf, A. (2020). Short and Long-Run Impacts of Climate Change on Agriculture: An Empirical Evidence from China. *International Journal of Climate Change Strategies and Management*, 12: 201-221.
- DEİK, 2013. Güney Afrika ülke bülteni. [www.deik.org.tr › uploads › guney-afrika-ulke-bulteni-2013](http://www.deik.org.tr/uploads/guney-afrika-ulke-bulteni-2013) (Erişim Tarihi: 13.11.2023)
- Dumitrescu, E. I., & Hurlin, C. (2012). Testing for granger noncausality in heterogeneous panels. *Economic Modelling*, 29(4), 1450-1460. <https://doi.org/10.1016/j.econmod.2012.02.014>
- Dünya Bankası, 2021, <https://www.worldbank.org/tr/country/turkey>
- Ercan, Ş., Öztep, R., Güler, D., & Saner, G. (2019). Tarım 4.0 ve Türkiye'de uygulanabilirliğinin değerlendirilmesi. *Tarım Ekonomisi Dergisi*, 25(2), 259-265.
- Erdinç, Z., & Aydınbaş, G. (2021). Panel Data Analysis of Value-Added Agriculture Determinants. *Anadolu University Journal of Social Sciences*, 21(1): 213-232.
- Fedotova, G. V., Larionova, I. S., Maramygin, M. S., Sigidov, Yu I., & Bolaev, B. K., Kulikova, N. N. (2020). Agriculture 4.0. as a New Vector Towards Increasing the Food Security in Russia. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 677, IV International Scientific Conference: AGRITECH-IV-2020: Agribusiness, Environmental Engineering and Biotechnologies (18-20, November, Krasnoyarsk, Russian Federation) doi: 10.1088/1755-1315/677/3/032016
- Güneş, M., 2023. Güney Afrika ve Türkiye'nin tarım yönünden karşılaştırılması. <https://www.afrikacalismalarimerkezi.com/guney-afrika-ve-turkiyenin-tarim-yonunden-karsilastirilmesi/> (Erişim Tarihi: 13.11.2023)
- IBEF, 2023. Agriculture 4.0: Future of Indian Agriculture. <https://www.ibef.org/agriculture-4-0-future-of-indian-agriculture> (Erişim Tarihi: 13.11.2023)
- Invest in Turkey. 2021. Turkish agri-food industry outlook. <https://www.invest.gov.tr/tr/sectors/sayfalar/agrofood.aspx> (Erişim Tarihi: 13.11.2023)
- İTTM, 2019. Türk tarımının global entegrasyonu ve Tarım 4.0. <https://itb.org.tr/dosya/akillitarimrapor/proje-sonuc-raporu.pdf?1553592263> (Erişim Tarihi: 13.11.2023)
- Jiang, Q., Jizhi, L., Hongyun, S. and Yangyue, S. (2022). The Impact of The Digital Economy on Agricultural Green Development: Evidence from China. *Agriculture*, 12(8), 1107. <https://doi.org/10.3390/agriculture12081107>
- Kaya, M. (2019). Smart farming (Agriculture 4.0) Proposal for the Development of Ağrı. *Akademik Bakış Dergisi*, (75), 130-156.
- Koç, A. A., Bayaner, A., Uysal, P., & Subaşı, S. 2016. Factor Demand and Total Factor Productivity in Turkish Agriculture. VII. Tarım Ekonomisi Kongresi (25-27 Mayıs, Isparta), 859-869 ss.
- Kurt, C. A., 2023. Hindistan Blockchain'i tarım verimini desteklemek için kullanacak. <https://tr.cointelegraph.com/news/blockchain-to-support-agricultural-exports-to-be-used>
- Mendes, V., & Viola, E. (2023). Green digitalization? Agriculture 4.0 and the Challenges of Environmental Governance in Brazil. In: Søndergaard, N., de Sá, C. D., Barros-Platiau, A. F. (eds) *"Sustainability Challenges of Brazilian Agriculture"*. Environment & Policy, 64, Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-29853-0\\_11](https://doi.org/10.1007/978-3-031-29853-0_11)
- Nadezhda V. O., & Dmitry V. N. (2022). Russian Agricultural Innovations Prospects in the Context of Global Challenges: Agriculture 4.0. *Russian Journal of Economics*, ARPHA Platform, 8(1), 29-48.
- Oğul, B. (2022). Tarımsal Destekler ve Tarımsal Üretim İlişkisi: Türkiye Ekonomisi Üzerine Ampirik Bulgular. *Tarım Ekonomisi Araştırmaları Dergisi*, 8(1), 44-56.
- Pakdemirli, B., (2019). R&D Expenditures and Growth: An Empirical Analysis on Agricultural Sector of Turkey. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 6(3), 342-348. doi: 10.19159/tutad.626298
- Peng, J, Zhao, Z., & Liu, D. (2022). Impact of Agricultural Mechanization on Agricultural Production, Income, and Mechanism: Evidence From Hubei Province, China. *Frontiers in Environmental Science*, 10. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2022.838686>
- Pesaran, H. M. (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., & Yamagata, T. (2008). Testing Slope Homogeneity in Large Panels. *Journal of Econometrics*, 142(1), 50-93.
- Soyyigit, S., & Akyol, M. (2021). The Impact of Public R&D Supports on the Increase of Agricultural Productivity: The Case of the EU Member Transition Economies. *Turkish Journal of Agricultural and Natural Sciences*, 8(1), 30-42. doi: 10.30910/turkjans.726440
- Subaşı, O., & Ören, M. (2013). The Relationship between Agricultural Research Expenditures and Agricultural Growth in Turkey. *Akdeniz University Journal of the Faculty of Agriculture*, 26(2), 99-104.

- Sun, L., Zhu, D., & Chen, A. (2023). Research on the Relationship Between Agricultural Mechanisation and Economic Development Based on Big Data Analysis. In book: Proceedings of the 2022 International Conference on Bigdata Blockchain and Economy Management (ICBBEM) (pp.712-720). doi:10.2991/978-94-6463-030-5\_71
- Süt, A. T. (2021). Gelişmekte Olan Ülkelerde Kentleşmenin Tarımsal Verimlilik Üzerindeki Etkisi. International Eurasian Economic Conference (Ağustos 2021, İstanbul), 493-499 ss. <https://avekon.org/papers/2504.pdf>
- Şahin Ulucan, A., 2020. Tarım makineleri ihracatında rekor. <http://turktarim.gov.tr/Haber/403/tarim-makineleri-ihracatinda-rekor> (Erişim Tarihi: 13.11.2023)
- Tandoğan, N. Ş. (2022). How Effective is Agricultural Mechanization on Agricultural Production? A Panel Data Analysis. *Turkish Journal of Agricultural Economics (TJAE)*, 28(1), 13-20. doi: 10.24181/tarekoder.1013081
- T.C. Moskova Büyükelçiliği Ticaret Müşavirliği, 2022. Rusya Federasyonu tarım alet ve makineleri raporu. <https://ticaret.gov.tr/data/5bcc5d4813b876034cfece26/Rusya%20Tar%C4%B1m%20Alet%20ve%20Makinalar%C4%B1%20Raporu%202022.pdf> (Erişim Tarihi: 13.11.2023)
- T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, 2020. <https://Arastirma.Tarimorman.Gov.Tr/Koyunculuk/Menu/76/Tarim-4-0>. (Erişim Tarihi: 13.11.2023)
- T.C. Yatırım Ofisi, 2023. Makine. <https://www.invest.gov.tr/tr/sectors/Sayfalar/machinery.aspx> (Erişim Tarihi: 13.11.2023)
- Thomala, L., 2020. Number of internet users in China from 2017 to 2023. Statista.
- Xiaoming, G., Sen, H., & Yu, W. (2020). Influence of Agricultural Mechanization Development on Agricultural Green Transformation in Western China, Based on the ML Index and Spatial Panel Model. *Mathematical Problems in Engineering*, 2020, 1-17. doi: 10.1155/2020/6351802
- USDA, Economic Research Service, 2021, <https://www.ers.usda.gov/> (Erişim Tarihi: 13.11.2023)
- Viola, E., & Mendes, V. (2022). Agriculture 4.0 and Climate Change in Brazil. *Ambiente & Sociedade*, 25(1), 1-23.
- Yavuz, M. S., Bozkurt G., Kayacan, M., & Çelik, E. İ. (2022). The Relationship Between Alternative Financial Assets and Stock Markets: BRICS-T Example. *The Academic Elegance*, 9(19), 393-413.
- Yücel, M. H., & Çalışkan, Z. (2020). The Impact of Agricultural Productivity and Mechanization on Agricultural Employment: Turkey Case. *Ekonomik Yaklaşım Dergisi*, 31(117), 525-553.
- Westerlund, J. (2008). Panel Cointegration Tests of The Fisher Effect, *Journal of Applied Econometrics*, 23, 193-233.

## Türkiye’de Tarımsal Faaliyetler Karbon Emisyonunu Etkiler mi? “ARDL Testinden Elde Edilen Kanıtlar”

Ülkü ÖZBAY<sup>1\*</sup> 

<sup>1</sup>İstanbul Arel Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İşletme Bölümü, İstanbul

\*Sorumlu Yazar: [ulkubildirici@arel.edu.tr](mailto:ulkubildirici@arel.edu.tr)

Geliş Tarihi: 23.10.2023 Düzeltme Geliş Tarihi: 23.04.2024 Kabul Tarihi: 29.04.2024

### ÖZ

Bu çalışmanın amacı; Türkiye’de karbon emisyonu ile tarımsal faaliyetler arasındaki ilişkiyi 1990-2020 dönemi için analiz etmektir. Çalışmada karbon emisyonunu temsilen; CO<sub>2</sub> emisyonu değişkeni, tarımsal faaliyetleri temsilen; bitkisel üretim endeksi, gıda üretim endeksi, hayvancılık üretim endeksi ve tarımsal katma değer değişkenleri kullanılmıştır. Söz konusu değişkenler arasındaki eşbütünleşme ilişkisi ARDL Sınır Testi yaklaşımı ile araştırılmıştır. Analiz bulgularına göre tüm değişkenler arasında istatistiki olarak anlamlı eşbütünleşme ilişkisi tespit edilmiştir. Uzun dönemli sonuçlara göre; gıda üretim endeksi değişkeni ile CO<sub>2</sub> emisyonu değişkeni arasında pozitif ilişki tespit edilmiştir. Buna karşın, tarımsal katma değer, hayvancılık endeksi ve bitki üretim endeksi değişkenleri ile CO<sub>2</sub> emisyonu değişkeni arasında negatif ilişki söz konusudur. Araştırmadan elde edilen sonuçlar CO<sub>2</sub> emisyonu ve tarımsal faaliyetlere ilişkin literatüre katkı ve politika yapıcılar için aydınlatıcı bilgi sağlayacaktır

**Anahtar kelimeler:** Tarımsal Faaliyetler, CO<sub>2</sub> Emisyonu, Tarım Ekonomisi, Çevre Ekonomisi, Zaman Serileri

## Do Agricultura Activities Affect Carbon Emissions in Türkiye? “Evidence From ARDL Testing”

### ABSTRACT

The aim of this study is to analyze the relationship between carbon emissions and agricultural activities in Turkey for the 1990-2020 period. In the study, the CO<sub>2</sub> emission variable represents carbon emissions. In addition, crop production index, food production index, livestock production index and agricultural added value variables represent agricultural activities. The cointegration relationship between the variables was investigated with the ARDL Bounds Test approach. According to the analysis findings, a statistically significant cointegration relationship was found between all variables. According to long-term results; A positive relationship was detected between the food production index variable and the CO<sub>2</sub> emission variable. On the other hand, a negative relationship was found between the variables of agricultural added value, livestock index, crop production index and the CO<sub>2</sub> emission variable. The results obtained from the research will contribute to the literature on CO<sub>2</sub> emissions and agricultural activities and these results will provide enlightening information for policy makers.

**Key words:** Agricultural Activities, CO<sub>2</sub> Emission, Agricultural Economics, Environmental Economics, Time Series

### GİRİŞ

Maslow'un (1943) İhtiyaçlar Hiyerarşinin en altında temel yaşamsal ihtiyaçları içeren fizyolojik ihtiyaçlar yer almaktadır. İnsan yaşamı için en temel fizyolojik ihtiyaç olan beslenme ihtiyacının giderilmesi için kuşkusuz gıdaya ihtiyaç duyulmaktadır. Hiyerarşinin ikinci kademesinde olan güvenlik ihtiyacı ise fiziksel ve ekonomik güvenliğin yanı sıra gıda güvencesini temsil etmektedir. Gıda güvencesi insanların sürekli ve yeterli miktarda

gıda temin edebilmesidir. Maslow'un (1943) teorisinde de ileri sürdüğü gibi gıda ve beslenme insanlığın temel ihtiyaçlarının merkezinde yer almaktadır. Dolayısıyla gıda talebi ve bununla doğrudan ilişkili olan tarımsal faaliyetler insanlığın var oluşundan bu yana insanların beslenme ihtiyaçlarını karşılamak için vazgeçilmez rol oynamaktadır.

Tarımsal faaliyetler temel olarak gıda üretimi için gereklidir ve dünya nüfusu arttıkça bu önem daha da artmaktadır. Tarım sektörü insanların ihtiyaç duyduğu besin maddelerini sağlamakla kalmayıp, istihdama ve milli gelirin önemli bir kısmına katkı sağlamaktadır (Ijeh, 2014). Ayrıca, tarımsal faaliyetler diğer sanayilere hammadde sağlaması, tarım dışı sektörlerin gelişmesine katkıda bulunması ve uluslararası ticareti yapılan bir emtia olarak döviz kazancı sağlaması nedeniyle ulusal ekonomilerinin kalkınmasında büyük rol oynamaktadır (Zinchuk vd., 2021). Diğer yandan, dünya nüfusu arttıkça gıdaya olan talep de artmaktadır (Kruse, 2010). FAO tahminlerine göre; artan nüfus artışının yarattığı gıda talebinin karşılanabilmesi için 2050 yılına kadar gıda üretiminin %60 artması gerekmektedir (FAO, 2015). Nüfus artışının yanı sıra ülkelerin daha fazla büyüme ve tüketme eğilimleri daha fazla tarımsal ürün talebini beraberinde getirmektedir. Bu durum tarım sektöründe daha fazla tarımsal ürün üretimine ve gıda talebinin karşılanmasına yönelik büyük baskıya neden olmaktadır. Söz konusu baskı çalışmanın temel motivasyonunu oluşturmaktadır.

Artan tarımsal ürün üretimi baskısı daha fazla tarımsal arazi, enerji, yakıt, su, gübre vb. kaynakların kullanılmasını gerektirmektedir. Tarımsal faaliyetlerde yenilenemez enerji kaynaklarının kullanılması, fosil yakıtların tercih edilmesi, orman tahribatları, sürdürülemez tarım metotları gibi uygulamaların tercih edilmesi CO<sub>2</sub> emisyonlarının artışına katkıda bulunmaktadır (Raihan vd., 2022). Diğer yandan, toprak ve tarımsal faaliyetler sonucu üretilen bitkiler atmosferdeki CO<sub>2</sub>'yi emme ve depolama kapasitesine sahiptir (Simard, 2010). Tarımsal faaliyetlerde sürdürülebilir ve çevreci metotlar benimsendiğinde tarımsal faaliyetlerin CO<sub>2</sub> emisyonu üzerinde azaltıcı etkiye sahip olabilmektedir (Rehman vd., 2021b). Başka bir ifadeyle tarımsal faaliyetler CO<sub>2</sub> emisyonlarını hem artırabilir hem de azaltabilir. Nitekim ilgili literatürde tarımsal faaliyetlerin CO<sub>2</sub> üzerindeki etkisi ile ilgili bir fikir birliğine sahip değildir. Dolayısıyla çalışma Türkiye'de tarımsal faaliyetler CO<sub>2</sub> emisyonunu etkiler mi? sorusuna cevap aramaktadır.

Bu bağlamda çalışmanın amacı Türkiye'de karbon emisyonu ile tarımsal faaliyetler arasındaki ilişkiyi 1990-2020 dönemi için analiz etmektir. Çalışmada karbon emisyonunu temsilen; CO<sub>2</sub> emisyonu, tarımsal faaliyetleri temsilen; bitkisel üretim endeksi, gıda üretim endeksi, hayvancılık üretim endeksi ve tarımsal katma değer değişkenleri kullanılmıştır. Söz konusu değişkenler arasındaki eşbütünlüğe ilişkisi ARDL sınır testi yaklaşımı ile açıklanmıştır. ARDL sınır testi öncesinde değişkenlerin analize uygunluğunu belirlemek amacıyla serilere durağanlık testi uygulanmıştır. Ayrıca modelin anlamlılığını test etmek amacıyla bir takım tanısal testler kullanılmıştır.

Bu çalışma, Türkiye'deki mevcut literatüre ve politika yapımına çeşitli şekillerde katkıda bulunacaktır. İlk olarak; Türkiye'de tarımsal faaliyetlerdeki değişimlerin CO<sub>2</sub> emisyonlarını ne yönde ve ne ölçüde etkilediğine ilişkin yeni ampirik bilgiler mevcut akademik literatürdeki araştırma ihtiyacını karşılayacaktır. İkinci olarak, çalışmada tarımsal faaliyetleri temsilen; bitkisel üretim endeksi, gıda üretim endeksi, hayvancılık üretim endeksi ve tarımsal katma değer değişkenleri kullanılmıştır. Bilindiği kadarıyla tüm bu değişkenlerin CO<sub>2</sub> emisyonu ile ilişkisini Türkiye için ele alan bir çalışma mevcut değildir. Son olarak, çalışma sadece literatürü zenginleştirmekle kalmayıp aynı zamanda daha düşük karbon emisyonlu bir ekonomi olmak için tarım sektörünün de içinde olduğu politikalar oluşturulmasına yardımcı olmaktadır.

Dört bölümden oluşan çalışmada, giriş bölümü, literatür özeti, materyal ve yöntem, araştırma sonuçları ve tartışma sırasıyla yer almaktadır. Son bölümde ise yapılan ampirik analizler sonucunda ortaya çıkan bulgular yorumlanmış ve bir takım önerilere yer verilmiştir.

## LİTERATÜR ÖZETİ

Son yıllardaki CO<sub>2</sub> emisyonlarındaki artış ve bu artışın yarattığı dışsallıklar dünya çapındaki işletmeler, endüstriler ve politika yapıcılar için önemli hale gelmektedir. Küresel ısınmadaki artış, çevre üzerindeki etkisi azımsanmayacak önemde olan CO<sub>2</sub> emisyonlarına dikkati çekmiştir (Kaya ve Göv, 2023). Dolayısıyla, küresel ısınmanın başlıca etmenlerinden biri olarak kabul edilen CO<sub>2</sub> emisyonlarına ilişkin çalışma literatürde yoğunluktadır. Literatürde CO<sub>2</sub> emisyonlarına ilişkin yapılan çalışmalar değerlendirildiğinde genellikle sanayileşme ve enerji kullanımı ile CO<sub>2</sub> emisyonu arasındaki ilişkiye odaklanıldığı görülmektedir. Oysa IIPC (2014) raporuna göre; tarım, ormancılık ve diğer arazi kullanımı küresel sera gazına katkıda bulunan ikinci sektördür. Ayrıca tarım sektörü iklim değişikliklerine duyarlı bir sektördür. İklim değişikliklerinde ve sera gazlarında oluşabilecek değişimler tarımsal üretkenliği etkilediği gibi tarımsal üretim de iklim değişiklikleri üzerinde etki yaratabilmektedir (IPCC, 2014).

Literatürdeki çalışmalar incelendiğinde CO<sub>2</sub> emisyonunun yanı sıra metan (CH<sub>4</sub>) ve nitroz oksidin (N<sub>2</sub>O) gibi farklı sera gazı değişkenlerinin de kullanıldığı görülmektedir (Lynch vd., 2021; Göv ve Kaya, 2023). Ancak

çalışmaların çoğunluğunda CO<sub>2</sub> emisyonu değişkeni kullanılmaktadır (Kaya ve Göv, 2023). Tarım sektörünü ve tarımsal faaliyetleri temsil eden genel kabul görmüş bir değişken söz konusu değildir. Tarımsal katma değer, tarımsal üretim, tarım, ormancılık ve balıkçılık katma değeri, tarımsal arazi kullanımı, hayvancılık üretimi endeksi, bitki üretim endeksi, gıda üretim endeksi vb. değişkenler tarımsal üretimi temsilen kullanılan değişkenlerden bazılarıdır. Ayrıca tarımın CO<sub>2</sub> emisyonuna etkisine ilişkin yapılan çalışmaların sonuçları itibarıyla de bir takım tutarsızlıklar söz konusudur. Başka bir ifadeyle; gerek kullanılan değişkenlerin farklılığı, gerekse kullanılan metot, örneklem ve zaman aralıklarının farklılığından dolayı çalışmalarda tarımsal faaliyetlerin CO<sub>2</sub> emisyonuna etkisi konusunda genel kabul görmüş bir kanı mevcut değildir.

Çetin (2020)'in Türkiye üzerine 1968-2016 dönemini kapsayan çalışmasında tarım sektörünü temsilen tarımsal katma değer ve tarımsal arazi kullanımı değişkenlerini kullanmıştır. Tarım ile CO<sub>2</sub> emisyonları arasındaki ilişkiyi ARDL modeli ile açıklayan çalışmasında değişkenler arasında eşbütünlük ilişkisi olduğunu tespit etmiştir. Çalışma sonuçlarına göre; tarımsal katma değer ve tarımsal arazi kullanımı CO<sub>2</sub> emisyonunu azaltmaktadır. Zhang vd. (2022)'nin ASEAN ülkeleri için yaptıkları çalışmada ise tarımsal emtiaların katma değerindeki artışların CO<sub>2</sub> emisyonlarının azaltılmasına yardımcı olacağını savunmaktadır. Balogh (2022) 152 AB üyesi olmayan ülkeyi kapsayan çalışmasında, 2000-2018 dönemi için tarımsal gelişmenin CO<sub>2</sub> emisyonunu azaltmanın yanı sıra ekonomik gelişmeyi teşvik ettiği sonucuna ulaşmıştır. Ancak, tarımda, hayvancılık sektörü ve gübre yönetiminin yüksek karbon emisyonuna sahip olmasının çevreyi olumsuz etkilediğine de vurgu yapmaktadır. Raihan (2023) Vietnam için yaptığı çalışmasında tarım sektöründeki tarımsal katma değerdeki artışların uzun ve kısa vadede CO<sub>2</sub> emisyonlarını azaltarak çevre kalitesinin iyileştirilmesine katkı sağladığını tespit etmiştir. Benzer şekilde; Liu vd. (2017 ) ASEAN Ülkeleri'nde 1970-2013 dönemi için tarımsal katma değerdeki artışların CO<sub>2</sub>'yi azalttığını ileri sürmüştür.

Waheed vd.(2018) Pakistan'da yenilenebilir enerji tüketiminin, tarımsal üretimin ve ormanın CO<sub>2</sub> emisyonu üzerindeki etkilerini araştırmıştır. 1990-2014 dönemine ait yıllık verileri ile ARDL modelini kullandığı çalışmasında uzun vadede tarımsal üretimin CO<sub>2</sub> emisyonunu artırıcı yönde ve önemli ölçüde etkilediğini ancak kısa vadede bu etkinin istatistiksel olarak anlamsız olduğu sonucuna ulaşmıştır. Khan vd.(2022)'nin Türkiye'nin içinde olduğu 22 ülkeyi kapsayan çalışmasında tarımsal katma değer CO<sub>2</sub> emisyonları üzerinde yüzde 15.16 oranında olumlu, yüzde 2.92 oranında olumsuz bir olduğu sonucuna ulaşmıştır. Bu ikili sonucu tespit etmesinin yanı sıra, özellikle gelişmekte olan ülkelerde, yem mahsulü, ormansızlaşma, biyokütle yakma ve sıvı yakıt kullanımının ekosistem üzerinde zararlı sonuçlarının olduğunu savunmuştur. Prastiyo vd. (2020) ise Endonezya üzerine yaptığı çalışmada tarımsal katma değer CO<sub>2</sub> emisyonları üzerinde olumsuz etkilerinin olduğu sonucuna ulaşmıştır. Benzer şekilde Jebli ve Youssef ( 2017 ), Tunus'ta 1980-2011 dönemi için tarımsal değer artışının uzun vadede emisyonlarda artışa neden olduğunu sonucuna ulaşmışlardır. Oğul (2023) 1990-2018 dönemi Türkiye'de tarım sektörü çevre kirliliği ilişkisini ARDL analizi ile incelemiştir. Analiz sonuçlarına göre, ekonomik büyüme, tarımsal katma değeri ve ticari serbestleşme CO<sub>2</sub> emisyonunu artırdığı sonucuna ulaşmıştır. Adedoyin vd. (2021) tarımsal kalkınmanın CO<sub>2</sub> üzerindeki etkisini eşbütünlük ve nedensellik testleri yardımıyla incelemiştir. E7 ülkeleri üzerinde yaptığı çalışma sonuçlarına göre; katma değerli tarım CO<sub>2</sub> emisyonunun artırmaktadır. Çalışma sonuçları; CO<sub>2</sub> emisyonu ile katma değerli tarım arasında geri beslemeli bir nedensellik olduğunu göstermektedir. Balsalobre-Lorente vd. (2019)'nin BRICS Ülkeleri için 1990-2014 dönemi kapsayan çalışmasında tarımsal üretimin çevre üzerinde olumsuz etki yarattığını tespit etmiştir. Anwar vd. (2019), 1982-2015 dönemine ait yıllık verileri kullanarak 59 ülke için tarım katma değeri, tarım teknolojileri ve CO<sub>2</sub> emisyonu arasındaki ilişkiyi araştırmıştır. Orta gelirli ülkelerde tarım katma değerinin CO<sub>2</sub> emisyonunda azalttığı sonucunu tespit etmiştir. Ghosh (2018) Hindistan'da CO<sub>2</sub> emisyonu, tarım katma değeri, enerji tüketimi, ticaretin liberalleşmesi ve finansal kalkınma arasındaki eşbütünlük ilişkisini 1971-2013 dönemi için analiz etmiştir. Analiz sonuçlarına göre; uzun vadede enerji tüketimi, finansal kalkınma, tarım katma değeri ve ticaret CO<sub>2</sub> emisyonunu artırmaktadır.

Çevredeki değişiklikler ile tarım arasındaki ilişki dinamik hale geldikçe, tarımın bir parçası olan bitki ve hayvancılığın da ekosistem üzerindeki etkisi daha belirgin hale gelmektedir. Söz konusu etkinin analizini yapan Sarkodie ve Owusu (2017), Gana'da bitkisel üretim endeksi ve hayvansal üretim endeksindeki artışların CO<sub>2</sub> emisyonlarında artışa neden olduğu sonucuna ulaşmıştır. Çalışma ayrıca CO<sub>2</sub> emisyonu ile bitki üretim endeksi arasındaki çift yönlü nedenselliği ortaya çıkarmıştır. Zhou vd. (2022) Çin için 1971-2019 dönemi hayvancılık üretimi endeksi, bitki üretim endeksi, gıda üretim endeksi ve CO<sub>2</sub> emisyonu verileri ile çalışmıştır. Çalışmalarında hayvancılık üretiminin kısa ve uzun vadede CO<sub>2</sub> emisyonlarının azaltılmasına yardımcı olduğu ancak bitkisel üretimdeki artışların çevre kalitesini bozduğu sonucuna ulaşmışlardır. Ayrıca, gıda üretimindeki artışların CO<sub>2</sub> emisyonlarını azalttığını tespit etmişlerdir. Ayyıldız ve Erdal (2021) 184 ülke için yaptıkları analizde bitkisel üretim endeksi ve hayvancılık üretim endeksindeki artışların CO<sub>2</sub> emisyon oranlarını artırdığını tespit etmişlerdir. Chowdhury vd.(2022) 1985-2017 yılları arasında Bangladeş'te tarımsal ekonomik atmosfer ile CO<sub>2</sub> arasındaki ilişkiyi eşbütünlük testleri yardımıyla araştırmıştır. Uzun vadeli tahminlerde hayvancılığın, hasat



edilen pirinç alanının, tahıl üretiminin ve diğer mahsul üretiminin çevresel bozulmayı engellediği sonucuna ulaşmışlardır. Hussain (2022) Pakistan üzerine yaptığı çalışmada hayvancılık üretimine ilişkin değişkenleri oldukça spesifik incelemiştir. Uzun vadeli sonuçlara göre; süt, koyun eti, yağlar, deriler ve kan üretimi değişkenlerinin CO<sub>2</sub> emisyonunu azalttığı sonucuna ulaşmıştır. Ancak, kümes hayvanları et, yumurta, saç, deri, kemik, sığır eti ve yün üretimi CO<sub>2</sub> emisyonu ile olumsuz etkileşime sahiptir. Appiah vd. (2018), BRICS Ülkeleri'nde mahsul üretim endeksi ve hayvancılık üretim endeksinin seçilen gelişmekte olan ülkelerde CO<sub>2</sub> emisyonlarını artırdığı sonucuna ulaşmıştır. Rehman vd. (2021a) Çin üzerinde yaptığı çalışmada, bitkisel üretimin ve hayvancılık üretiminin CO<sub>2</sub> emisyonları üzerinde olumsuz etkileri olduğu sonucuna ulaşmıştır. Ali vd.(2019) Pakistan için 1961-2014 dönemi için ARDL testi uyguladığı çalışmada; uzun vadede Pakistan'da bitki üretiminin CO<sub>2</sub> emisyonlarını azaltacağı sonucuna ulaşmıştır. Ayrıca, tarımsal üretimden karbondioksit emisyonlarının tek yönlü nedensellik tespit edilmiştir. Ali vd.(2023)'nin 1997-2020 dönemi seçilmiş Sahraaltı Afrika ekonomileri üzerine yaptığı çalışmada gıda üretimi, sermaye ve doğrudan yabancı yatırımlarının çevre kirliliğini artırdığı ancak tarımsal üretim ve işgücünün çevre kirliliğini azalttığı sonucuna ulaşmıştır. Ali vd. (2019) ve Ali vd.(2023)'nin çalışmalarının aksine Rehman vd.(2020) 1988-2017 dönemi için Pakistan'da uzun vadede, bitkisel üretimin CO<sub>2</sub> emisyonu üzerindeki etkisinin pozitif olduğunu tespit etmiştir.

Literatür genel olarak değerlendirildiğinde; tarımsal faaliyetlerin CO<sub>2</sub> emisyonları üzerinde belirgin bir etkisi olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Ancak yapılan çalışmaların sonuçları karmaşıktır. Bunun nedeni literatürde yer alan çalışmalarda ele alınan dönem, örneklem, değişken ve metodlardaki değişkenliktir. Literatürle ilgili genel bir çıkarım yapmak gerekirse; tarımsal endüstrinin modernleşmesi ve teknolojik gelişmelerin etkisi altında, CO<sub>2</sub> emisyonlarının artmakta fakat tarımsal uygulamalarda sürdürülebilir önlemlerinin alınmasıyla CO<sub>2</sub> emisyonlarının azaltılabileceği sonucuna ulaşılabilir. Bu çalışmanın literatürdeki diğer çalışmalardan farklılaştığı yön ise, Türkiye'deki tarımsal faaliyetler ile CO<sub>2</sub> emisyonları arasındaki karmaşık ilişkiyi kapsamlı bir şekilde analiz etmesidir. Böylece çalışma, Türkiye'nin tarımsal faaliyetlerinin çevresel etkilerini anlamak ve gelecekteki politika kararlarını desteklemek adına önemli bir katkı sağlayacaktır.

## MATERYAL ve METOT

Bu çalışmanın temel amacı Türkiye'de 1990-2020 dönemi için tarımsal faaliyetler ile CO<sub>2</sub> emisyonu arasındaki ilişkiyi analiz etmektir. 1990-2020 döneminin seçilmesinin nedeni tarımsal faaliyetleri ve CO<sub>2</sub> emisyonunu temsil eden değişkenlere ilişkin verilerin ortak mevcudiyeti ile ilgilidir. Çalışmada Türkiye için 1990-2020 yıllık zaman periyodundaki güncel seriler Dünya Bankası (WDI) veri tabanından elde edilmiştir. Kullanılan tüm değişkenlerin doğal logaritması alınmış ve modele dahil edilmiştir. Çalışmada bağımlı değişken olarak CO<sub>2</sub> emisyonu değişkeni, bağımsız değişken olarak; tarımsal katma değer, bitkisel üretim endeksi, hayvansal üretim endeksi ve gıda üretim endeksi değişkenleri kullanılmıştır. Çizelge 1'de çalışmada kullanılan değişkenlere ilişkin açıklayıcı bilgilere yer verilmiştir.

Çizelge 1. Kullanılan Değişkenler ve Açıklayıcı Bilgiler

Değişkenler	Birim	Değişkenin Kısaltması	Değişkenin Türü
CO <sub>2</sub> Emisyonu	GSYH başına kg	CO2	Bağımlı Değişken
Tarımsal Katma Değer	GSYH'nin yüzdesi	AVA	Bağımsız Değişken
Bitkisel Üretim Endeksi	2014-2016=100	CPI	Bağımsız Değişken
Gıda Üretim Endeksi	2014-2016=100	FPI	Bağımsız Değişken
Hayvancılık Üretim Endeksi	2014-2016=100	LPI	Bağımsız Değişken

Çalışmada çevre kirliliği tarım sektörü arasındaki ilişkiyi araştırmak amacıyla 3.1'deki model oluşturulmuştur. Ancak değişkenler arasındaki varyans salınımını önleyebilmek amacıyla tüm değişkenlerin logaritması alınarak 3.2 'deki model oluşturulmuştur.

$$CO_2 = f(AVA, CPI, FPI, LPI) \quad (3.1)$$

$$\ln CO2_t = B_0 + B_1 \ln AVA_t + B_2 \ln CPI_t + B_3 \ln FPI_t + B_4 \ln LPI_t + \varepsilon_t \quad (3.2)$$

Modelde; “CO2” karbondioksit emisyonunu, “AVA” tarım, hayvancılık ve balıkçılık katma değerini, “CPI” bitkisel üretim endeksini, “FPI” gıda üretim endeksini ve “LPI” hayvancılık üretim endeksini temsil etmektedir. Denklemde “ln” logaritmik formu, “t” zaman periyodunu, “ε” hata terimini, “B<sub>i</sub>” katsayıları (i= 1, 2, 3, 4 ) uzun dönemli esnekliği temsil etmektedir.

Çalışmada değişkenler arasındaki ilişki zaman serileri yöntemlerinden ARDL sınır testi yaklaşımıyla analiz edilmiştir. ARDL sınır testi, değişkenlerin durağanlığına bakılmaksızın değişkenler arasındaki eşbütünleşme ilişkisinin ortaya konulmasına olanak sağlamaktadır. Ancak değişkenlerden hiç birinin I(2) olmaması gerekmektedir (Pesaran vd. 2001). ARDL Sınır Testi değişkenler arasında eşbütünleşmenin varlığını test etmenin yanı sıra aynı zamanda seçilen zaman serisi verileri arasındaki kısa ve uzun vadeli dengeyi kontrol etmek için de kullanılmaktadır. ARDL değişkenlerin esnek durağanlık özellikleri kapsamı nedeniyle diğer eşbütünleşme yaklaşımlarına göre avantaj taşımaktadır (Pesaran ve Shin 1998). ARDL tahmin teknikleri, küçük örneklerde dahi tutarlı ve etkili kanıtlar sunabilmektedir (Haugi 2002; Narayan ve Narayan 2004). Aynı zamanda kısa ve uzun dönemde bir değişkenin diğeri üzerindeki katsayılarını ve endojen açıklayıcı değişkenin etkisini de tahmin edebilmektedir (Pesaran ve Shin 1998 ; Pesaran vd. 2001). Bu avantajlarından dolayı çalışmada ARDL modeli tercih edilmiştir.

Çalışmada yer alan değişkenler için uzun dönem ARDL tahmin modeli 3.3 numaralı eşitlikte gösterilmiştir.

$$\ln CO2_t = B_0 + \sum_{i=1}^m B_{1i} \ln CO2_{t-i} + \sum_{i=1}^n B_{2i} \ln AVA_{t-i} + \sum_{i=1}^p B_{3i} \ln CPI_{t-i} + \sum_{i=1}^r B_{4i} \ln FPI_{t-i} + \sum_{i=1}^s B_{5i} \ln LPI_{t-i} + \varepsilon_t \quad (3.3)$$

Eşitlik 3.3'te “i” zamanı, “m,n,p,r” gecikme uzunluğunu temsil etmektedir. Toplama işareti hata düzeltme dinamiklerini, “B<sub>0</sub>” sabiti, “ε<sub>t</sub>” hata terimini temsil etmektedir. ARDL modelinin tahmin edilebilmeden önce gecikme uzunlukları belirlenmeli ve ardından ARDL hata düzeltme modeli tahmin edilmelidir. Böylece değişkenler arasındaki kısa dönemli ilişki tespit edilebilmektedir. Çalışmada yer alan değişkenler için kısa dönem ARDL Tahmin modeli 3.4 numaralı eşitlikte gösterilmiştir.

$$\ln CO2_t = C_0 + \sum_{i=1}^m C_{1i} \Delta \ln CO2_{t-i} + \sum_{i=1}^n C_{2i} \Delta \ln AVA_{t-i} + \sum_{i=1}^p C_{3i} \Delta \ln CPI_{t-i} + \sum_{i=1}^r C_{4i} \Delta \ln FPI_{t-i} + \sum_{i=1}^s C_{5i} \Delta \ln LPI_{t-i} + \delta ECT_{t-1} + \varepsilon_t \quad (3.4)$$

3.4 numaralı eşitlikte “Δ” fark operatörünü, “ECT” hata terimini simgelemektedir.

Değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisinin varlığını sınamak amacıyla Wald Testi (F istatistiği) kullanılmaktadır. Wald Testi ile eşbütünleşme ilişkisinin olup olmadığını ortaya koyan H<sub>0</sub> ve H<sub>1</sub> hipotezlerinin test edilmesi amacıyla kullanılmaktadır. Çalışmaya ilişkin olarak Wald Testinin hipotezleri 3.5 ve 3.6 numaralı eşitlikte yer almaktadır.

$$H_0: B_1 = B_2 = B_3 = B_4 = B_5 = 0 \quad (\text{Eşbütünleşme yoktur}) \quad (3.5)$$

$$H_1: B_1 \neq B_2 \neq B_3 \neq B_4 \neq B_5 \neq 0 \quad (\text{Eşbütünleşme vardır}) \quad (3.6)$$

3.5 ve 3.6 numaralı eşitlikte yer alan hipotezlerin sınanması Wald Testi (F istatistiği) ile mümkündür. F istatistiği alt ve üst kritik değerlere göre yorumlanarak değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisinin tespit edilmesinde kullanılmaktadır. F istatistik değerinin kritik üst sınırdan büyük olması durumunda H<sub>1</sub> hipotezi reddedilmekte, kritik alt sınırdan küçük olması durumunda ise H<sub>0</sub> hipotezi reddedilememektedir (Pesaran vd., 2001).

## BULGULAR ve TARTIŞMA

### Birim Kök Testi Sonuçları

ARDL sınır testinin uygulanabilmesi için değişkenlerden hiçbirinin I(2) olmaması gerekmektedir. Bu nedenle analiz yapılmadan önce ADF birim kök testi yardımı ile serilere birim kök testi uygulanmış ve serilerin durağanlıkları sorgulanmıştır. Çalışmada kullanılan serilere ilişkin birim kök testi sonuçları Çizelge 2’de sunulmuştur.

Çizelge 2. ADF Birim Kök Testi Sonuçları

Düzye	Birinci Fark
-------	--------------

	Sabitli ve Trendli			Sabitli ve Trendli		
	t-istatistiği		Olasılık	t-istatistiği		Olasılık
CO <sub>2</sub>	-2.3413	[0]	0.4006	-5.4048*	[0]	0.0007
AVA	-1.8821	[0]	0.6387	-4.6070*	[0]	0.0050
CPI	-5.6299*	[0]	0.0004			
FPI	-2.0167	[1]	0.5682	-11.0699*	[0]	0.0000
LPI	-3.6927**	[0]	0.0385			

Not: \* ve \*\* sırasıyla %1 ve %5 anlamlılık düzeyinde istatistiksel anlamlılığı göstermektedir. Köşeli parantez içerisindeki değer uygun gecikme uzunluklarını göstermektedir. Uygun gecikme uzunlukları için Schwarz bilgi kriteri kullanılmıştır.

Çizelge 2’de yer alan sonuçlara bakıldığında zaman CO<sub>2</sub> emisyonu, tarımsal katma değer, gıda üretim endeksi ve hayvancılık üretim endeksi değişkenlerinin sabitli ve trendli modelde birim kök taşıdığı ancak birinci farkları alındığında durağanlaştığı görülmektedir. Çalışmada kullanılan hiçbir değişken I(2) değildir. Çalışmada kullanılan bağımlı değişken I(1)’dir. Dolayısıyla çalışmada kullanılan seriler arasındaki eşbütünlük ilişkisinin ARDL Sınır Testi Yaklaşımı ile sınanılmasının uygun olduğu tespit edilmiştir.

### ARDL Sınır Testi Sonuçları

ARDL sınır testinde değişkenler arasında eşbütünlük ilişkisini ortaya koymak amacıyla F-istatistiğinin tespit edilmesi gerekmektedir. Çizelge 3’te CO<sub>2</sub> emisyonu, tarımsal katma değer, bitkisel üretim endeksi, gıda üretim endeksi ve hayvancılık üretim endeksi değişkenlerine ilişkin ARDL sınır testi sonuçları sunulmuştur.

Çizelge 3. ARDL Sınır Testi Sonuçları

F İstatistiği	k	Anlamlılık	Alt Kritik Değer	Üst Kritik Değer
4.491505	4	10%	2.2	3.09
		5%	2.56	3.49
		2.5%	2.88	3.87
		1%	3.29	4.37

Çizelge 3’te yer alan ARDL sınır testi sonuçlarına göre; tespit edilen F istatistik değeri “4.491505” %1 düzeyinde anlamlıdır. Ayrıca F istatistik değeri tüm anlamlılık düzeylerinde üst kritik değerden büyüktür. Bu durum modeldeki değişkenler arasında eşbütünlük ilişkisinin olduğunu göstermektedir. Akaike Bilgi Kriteri kullanılarak belirlenen ARDL (2, 3, 0, 1, 1) modeli için hesaplanan uzun ve kısa dönem katsayı tahminleri Çizelge 4’de sunulmuştur. Bu sonuçlar, çalışmanın zaman serisi değişkenleri arasında uzun ve kısa vadeli korelasyonun varlığına dair kanıtlar sunmaktadır.

Çizelge 4. Kısa ve Uzun Dönem Katsayı Sonuçları

Kısa Dönem Katsayılar				
Değişken	Katsayı	Standart Hata	t-İstatistiği	Olasılık
D(LCO <sub>2</sub> (-1))	0.182062	0.125569	1.449895	0.1664
D(LAVA)	-0.001840	0.062694	-0.029347	0.9770
D(LAVA(-1))	0.000187	0.059889	0.003128	0.9975
D(LAVA(-2))	0.203419	0.064162	3.170381*	0.0059
D(LCPI)	-2.199057	0.672870	-3.268172*	0.0048
D(LFPI)	2.926686	0.828197	3.533806*	0.0028
D(LLPI)	-0.958996	0.232230	-4.129508*	0.0008
ECT(-1)	-0.802817	0.118628	-6.767499	0.0000
Uzun Dönem Katsayılar				
LAVA	-0.209456	0.089382	-2.343381**	0.0324
LCPI	-2.907202	1.487976	-1.953797***	0.0684
LFPI	4.773629	2.131089	2.239995**	0.0396
LLPI	-1.995941	0.697477	-2.861659**	0.0113
C	-0.726658	1.131615	-0.642142	0.5299

Not: \*, \*\* ve \*\*\* sırasıyla %1, %5 ve %10 anlamlılık düzeyinde istatistiksel anlamlılığı göstermektedir. ECT(-1), Hata Düzeltme terimini ifade etmektedir.

Tahmin edilen kısa dönem ilişkisi için katsayılar incelendiğinde, tarımsal katma değer ve iki dönem gecikmeli gıda üretim endeksi değişkenlerinin CO<sub>2</sub> emisyonu değişkeni üzerinde pozitif etkiye sahip olduğu

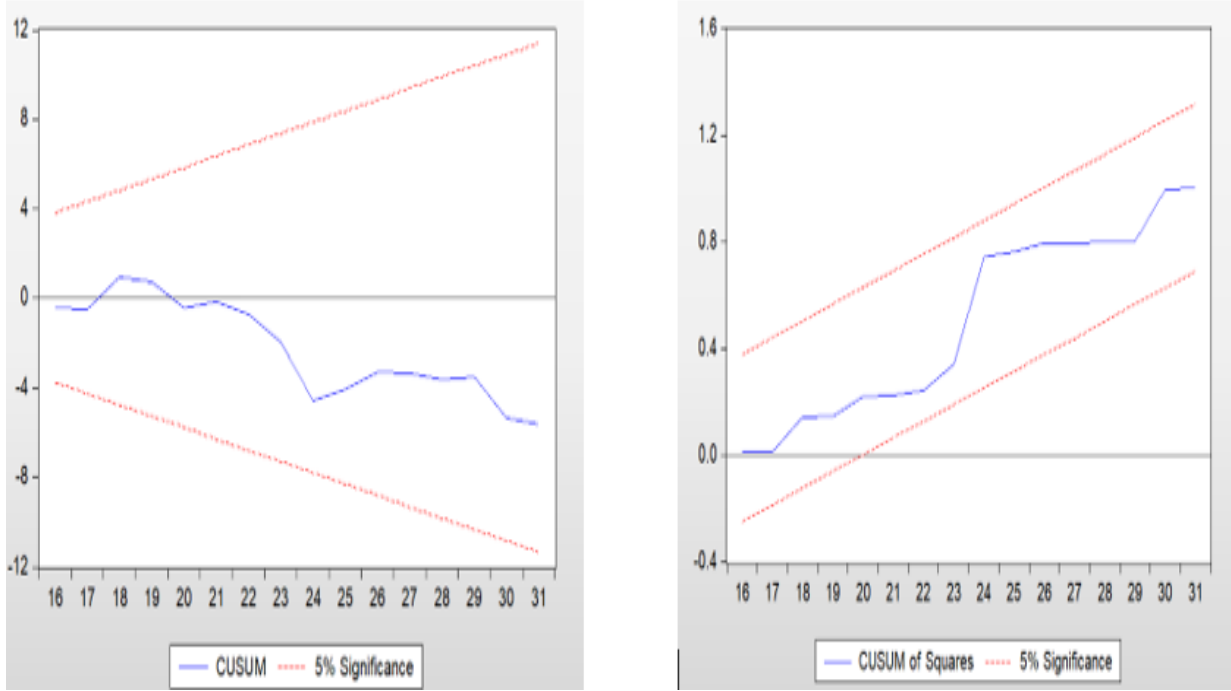
tespit edilmiştir. Buna karşın, hayvancılık üretim endeksi, ve bitkisel üretim endeksi değişkenlerinin CO<sub>2</sub> emisyonu üzerinde negatif bir etkiye sahiptir. Analiz sonuçlarına göre; kısa dönemde tarımsal katma değerdeki %1'lik artış CO<sub>2</sub> emisyonunda %0.2 artışa neden olmaktadır. Benzer şekilde, gıda üretim endeksindeki %1'lik artış CO<sub>2</sub> emisyonunu %2.9 oranında artırmaktadır. Ancak, kısa dönemde hayvancılık üretim endeksindeki %1'lik artış CO<sub>2</sub> emisyonunu %0.9 oranında ve bitkisel üretim endeksindeki %1'lik artış CO<sub>2</sub> emisyonunu %2.1 oranında azaltmaktadır.

Tahmin edilen uzun dönem ilişkisi için katsayılar incelendiğinde ise; gıda üretim endeksi değişkeninin CO<sub>2</sub> emisyonu değişkeni üzerinde pozitif etkiye sahip olduğu tespit edilmiştir. Buna karşın, tarımsal katma değer, hayvancılık üretim endeksi ve bitkisel üretim endeksi değişkenlerinin CO<sub>2</sub> emisyonu üzerinde negatif etkiye sahip olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Analiz sonuçlarına göre; uzun dönemde tarımsal katma değerdeki %1'lik bir artış CO<sub>2</sub> emisyonunda %0.2 azalışa neden olmaktadır. Uzun dönemde tarımsal katma değer ile CO<sub>2</sub> emisyonu arasında negatif ilişkinin bulunması sonucu Çetin (2020), Zhang vd. (2022), Balogh (2022), Raihan (2023), Liu vd. (2017), Prastiyo vd. (2020) ve Anwar vd. (2019)'nin çalışmaları ile uyumludur. Ancak bu sonuç, Jebli ve Youssef (2017), Adedoyin vd. (2021), Balsalobre-Lorente vd. (2019), Ghosh (2018) ve Oğul (2023)' un çalışmaları ile benzerlik göstermemektedir. Çalışmanın diğer sonucuna göre; uzun dönemde gıda üretim endeksi ile CO<sub>2</sub> emisyonu arasında Zhou vd.(2022), Appiah vd. (2018)'nin çalışmaları ile uyumlu olarak pozitif ilişki tespit edilmiştir. Ancak bu sonuç Chowdhury vd. (2022), Ali vd. (2023)'nin çalışmaları ile uyumsuzdur. Uzun dönemde gıda üretim endeksinde %1'lik bir artış CO<sub>2</sub> emisyonunda % 4.7 artışa neden olmaktadır. Çalışmada Balogh (2022), Sarkodie ve Owusu (2017), Ayyıldız ve Erdal (2021), Appiah vd. (2018)'nin çalışmalarının aksine uzun dönemde hayvancılık üretim endeksi ile CO<sub>2</sub> arasında negatif ilişkinin tespit edilmesidir. Bu bulgu Zhou vd. (2022), Chowdhury vd.(2022), Hussain (2022)'nin çalışmaları benzerlik göstermektedir. Uzun dönemde hayvancılık üretim endeksinde %1'lik artış CO<sub>2</sub> emisyonunda %1.9 azalış neden olmaktadır. Ayrıca, Chowdhury vd. (2022), Ali vd.(2019), Ali vd. (2023)' nin çalışma sonuçları ile benzer şekilde bitkisel üretim endeksi ile CO<sub>2</sub> emisyonu arasında negatif ilişki tespit edilmiştir. Ancak bu sonuç, Waheed vd. (2018), Sarkodie ve Owusu (2017), Zhou vd. (2022), Ayyıldız ve Erdal (2021), Rehman vd. (2020)'nin çalışma sonuçları ile örtüşmemektedir.

Çizelge 5. Tanısal Test İstatistikleri

<b>Breusch-Godfrey Serisel Korelasyon LM Testi</b>			
Gecikme Uzunluğu (2, 3, 0, 1, 1)	Kikare	LM-Test İstatistiği 2.192174	Olasılık Değeri 0.5651
<b>Değişen Varyans Testi</b>			
Gecikme Uzunluğu (2, 3, 0, 1, 1)	Kikare 9.371990	F-İstatistik Değeri 0.731800	Olasılık Değeri 0.6958
<b>Ramsey Reset Testi</b>			
Gecikme Uzunluğu (2, 3, 0, 1, 1)		F-İstatistik Değeri 0.272851	Olasılık Değeri 0.6091
<b>Normallik Testi</b>			
Gecikme Uzunluğu (2, 3, 0, 1, 1)		Jarque-Berra 1.971899	0.373085

Çizelge 5'te kurulan modelin anlamlılığını sınamak için uygulanan tanısal test sonuçları raporlanmıştır. Tanısal testlerle modelde otokorelasyon sorununun, normal dağılım sorununun, değişen varyansın ve model kurma hatasının olmadığı sonucuna ulaşılmıştır.



Şekil 1. Cusum ve CusumsQ Testi Sonuçları

Şekil 1’de yer alan CUSUM ve CUSUMSQ test sonuçları modelin yapısal olarak istikrarlı olduğu ve yapısal kırılmaların olmadığını göstermektedir.

## SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu çalışmada, Türkiye’de tarımsal faaliyetler ile karbon emisyonu arasındaki ilişkinin 1991-2020 dönemi zaman serisi verileri kullanılarak ARDL modeli yardımıyla araştırılması amaçlanmıştır. Çalışmada karbon emisyonunu temsilen CO<sub>2</sub> emisyonu değişkeni tarımsal faaliyetleri temsilen; bitkisel üretim endeksi, gıda üretim endeksi, hayvancılık üretim endeksi ve tarımsal katma değer değişkenleri kullanılmıştır. ARDL sınır testini uygulanmadan önce değişkenlere birim kök testi uygulanmış ve CO<sub>2</sub> emisyonu, tarımsal katma değer, hayvancılık üretim endeksi ve gıda üretim endeksi değişkenlerinin birim kök taşıdığı ancak birinci farkları alındığında durağanlaştığı görülmektedir. Çalışmada kullanılan hiçbir değişken I(2) olmaması çalışmada kullanılan seriler arasındaki eşbütünleşme ilişkisinin ARDL sınır testi yaklaşımı ile sınanılmasının uygun olduğunu göstermektedir. Ayrıca, ARDL analizinin güvenilirliği ve anlamlılığını sınamak amacıyla değişkenlere Breusch-Godfrey değişen varyans, Jarque-Bera Normallik, Ramsey Reset ve Cusum ve Cusum-SQ tanısal testler uygulanmıştır. Tanısal test sonuçlarına göre çalışma modelinde otokorelasyon, değişen varyans, model kurma hatası, yapısal kırılmanın olmadığı ve hata teriminin normal dağıldığı tespit edilmiştir.

ARDL sınır testi bulgularına göre; Türkiye’de tarımsal faaliyetler ile CO<sub>2</sub> emisyonu arasında eşbütünleşme ilişkisi söz konusudur. ARDL (2, 3, 0, 1, 1) modeline bağlı hata düzeltme modeli sonuçlarına göre, hata düzeltme katsayısının -0.80 olarak tespit edilmesi eşbütünleşme ilişkisini desteklemektedir. Kısa dönem sonuçlarına göre; tarımsal katma değer ve iki dönem gecikmeli gıda üretim endeksi değişkenlerinin CO<sub>2</sub> emisyonu değişkeni üzerinde pozitif etkiye sahip olduğu görülmektedir. Buna karşın, hayvancılık üretim endeksi değişkeninin CO<sub>2</sub> emisyonu üzerinde negatif bir etkiye sahiptir. Kısa dönemde, tarımsal katma değerdeki %1’lik artış CO<sub>2</sub> emisyonunu %0.2 oranında artırdığı tespit edilmiştir. Benzer şekilde, kısa dönemde gıda üretim endeksinde %1’lik artış CO<sub>2</sub> emisyonunu %2.9 oranında artırmaktadır. Ancak, kısa dönemde hayvancılık üretim endeksinde %1’lik artış CO<sub>2</sub> emisyonunu %0.9 oranında ve bitkisel üretim endeksindeki %1’lik artış CO<sub>2</sub> emisyonunu %2.1 oranında azaltmaktadır.

Tahmin edilen uzun dönem ilişkisi için katsayılar incelendiğinde; gıda üretim endeksi değişkeninin CO<sub>2</sub> emisyonu değişkeni üzerinde pozitif etkiye sahip olduğu tespit edilmiştir. Buna karşın, tarımsal katma değer, hayvancılık üretim endeksi ve bitkisel üretim endeksi değişkenlerinin CO<sub>2</sub> emisyonu üzerinde negatif etkiye sahip olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Uzun dönemde tarımsal katma değer, hayvancılık üretim endeksindeki %1’lik bir artış CO<sub>2</sub> emisyonunu sırasıyla %0.2 ve %1.9 oranında azaltmaktadır. Diğer yandan gıda üretim endeksindeki %1’lik artış CO<sub>2</sub> emisyonunu %4.7 artırmaktadır. Sonuç olarak ampirik bulgular; Türkiye’de

tarımsal faaliyetler ile CO<sub>2</sub> emisyonu arasında uzun dönemde güçlü bir ilişkinin olduğunu kanıtlamaktadır. Dolayısıyla karar vericiler tarım sektörüne ve CO<sub>2</sub> emisyonuna ilişkin politikaları oluştururken tarımsal faaliyetler ile CO<sub>2</sub> emisyonu arasındaki eşbütünlüşme ilişkisini göz önünde bulundurmalıdır.

Çalışmada uzun dönemde gıda üretim endeksi arttıkça CO<sub>2</sub> emisyonlarının da arttığı sonucuna ulaşılmıştır. Bu beklenen bir sonuçtur. Çünkü gıda üretimi için kullanılan tarım yöntemleri fosil yakıtların kullanılmasını gerektirmektedir. Tarımsal yöntemlerde fosil yakıtların kullanılması CO<sub>2</sub> emisyonlarını artmasına neden olmaktadır. Buna ek olarak gıda üretimini artırmak amacıyla ormanların kesilerek tarım arazilerine dönüştürülmesi gibi uygulamalar CO<sub>2</sub> emisyonlarını artırabilmektedir. Dolayısıyla sürdürülebilir tarım politikaları oluşturularak ve tarımsal faaliyetlerde yenilenebilir enerji kaynaklarını teşvik ederek gıda üretiminin CO<sub>2</sub> emisyonlarını artırıcı etkisi önlenabilir. Orman alanlarının tarımsal üretime açılması hususunda oldukça titiz denetim ve planlama aşamaları gereklidir. Gereksiz orman tahribatları ormanların CO<sub>2</sub> depolamaları üzerinde olumsuz etki yaratacağı için çevreye önemli zararları bulunacaktır. Ağaçlandırma projeleri ile orman tahribatlarının CO<sub>2</sub> emisyonlarının artırıcı etkisi kısmen de olsa önlenabilir.

Çalışmanın bir diğer bulgusu, uzun dönemde tarımsal katma değer artışlarının CO<sub>2</sub> emisyonu azaltmasıdır. Bu durum tarımsal katma değerdeki artışların daha yüksek tarımsal verimliliğe sahip tarımsal yöntemlerin kullanılması ile ilişkilendirilebilir. Daha yüksek katma değerli tarımsal üretim için daha dikkatli ve sürdürülebilir tarımsal teknikleri gereklidir. Tarımsal katma değer için kullanılan teknikler CO<sub>2</sub> emisyonlarını azaltıcı yönde etkileyecektir. Bu bağlamda karar vericiler için sürdürülebilir tarım uygulamalarının artırılmasına yönelik politikalar öncelik haline gelmelidir. Sürdürülebilir tarım politikalarındaki artış ile tarımsal katma değer artmakta ve bu yöntemler CO<sub>2</sub> emisyonlarını azaltarak daha sürdürülebilir, çevreye duyarlı tarımsal üretime katkı sağlamaktadır.

Bitki üretimin CO<sub>2</sub> emisyonunu azaltmada önemli bir rolü bulunmaktadır. Nitekim çalışma bulguları bunu destekler niteliktedir. Analiz sonuçlarına göre; uzun dönemde bitki üretim endeksi arttıkça CO<sub>2</sub> emisyonunun azalacağı tespit edilmiştir. Bitkiler fotosentez yaparak ve bünyesinde karbonu depolayarak atmosferdeki CO<sub>2</sub> seviyesini azaltmaktadır. Dolayısıyla karar vericiler sürdürülebilir tarım uygulamaları ile bitkisel üretimi artırıcı politikalar uygulamaya koymalıdır. Daha fazla bitki üretimi CO<sub>2</sub> emisyonunu azaltarak çevresel sürdürülebilirliğe katkı sağlayacaktır. Karar vericilerin bitkisel üretkenliği artırmasının yanı sıra farklı bitki türlerinin de yetiştirilmesini teşvik etmesi CO<sub>2</sub> emisyonlarının azaltılmasına ve biyoçeşitliliğin artırılmasına olanak sağlayacaktır. Bitkisel üretim hayvanların beslenmesi için gerekli olan yem hammaddelerinin yetiştirilmesini sağlamaktadır. Hayvan atıkları bitkiler için gübre olarak kullanılmaktadır. Dolayısıyla hayvancılık ile bitkisel üretim birbiriyle yakından ilişkilidir. Çalışma sonuçları söz konusu ilişki ile uyumlu olacak şekilde tutarlıdır. Analiz sonuçlarına göre; uzun dönemde hayvancılık üretimi ile CO<sub>2</sub> emisyonu arasında negatif yönlü bir ilişki söz konusudur. Hayvancılık arttıkça hayvanların temel besin maddesi olan bitkilerin de üretimin artacağına bu durum CO<sub>2</sub> emisyonlarını azaltıcı yönde etkileyecektir. Ayrıca hayvan gübrelerinin kimyasal gübreler yerine kullanılması da CO<sub>2</sub> emisyonları azaltabilmektedir. Dolayısıyla karar vericiler hayvancılık üretiminin CO<sub>2</sub> emisyonlarını azaltabilmesi için bitkisel üretim ile entegre sürdürülebilir politikaları benimsemelidir. Sonuç olarak Türkiye’de tarımsal faaliyetler ile CO<sub>2</sub> emisyonu arasında güçlü bir ilişki söz konusudur. Dolayısıyla Türkiye’deki politika yapıcılar ve karar vericiler, ülkenin sürdürülebilir bir ekosisteme ulaşmak için oluşturdukları CO<sub>2</sub> emisyonlarına ilişkin politikalarını tarımsal faaliyetler bağlamında ele almalıdır. Söz konusu politikalar bölgesel nitelikte kalmayıp ulusal stratejilere, politikalara ve planlamalara entegre etmelidir.

Bu çalışma Türkiye örneğinde tarımsal faaliyetler ile CO<sub>2</sub> emisyonları arasındaki ilişkiyi ortaya koymaktadır. Ancak Türkiye bölgeleri düzeyinde tarımsal faaliyetler ile CO<sub>2</sub> emisyonu arasındaki ilişki değişebilmektedir. Türkiye’de tarımsal faaliyetler CO<sub>2</sub> emisyonunu etkiler mi? sorusuna tam ve etkin cevap verebilmek için bölgesel farklılıkları da değerlendirmek gereklidir. Fakat Türkiye’de bölgeler düzeyinde tarımsal faaliyetler ve CO<sub>2</sub> emisyonlarına ilişkin eksiksiz, kapsamlı ve güncel verilerin bulunmaması çalışmanın sınırlılığını oluşturmaktadır. Gelecek çalışmalarda tarımsal faaliyetlerin CO<sub>2</sub> emisyonları üzerindeki etkilerini anlamak için iklim değişikliği ve tarımsal uygulamalarda kullanılan teknolojik yenilikler değişkenlerinin kullanıldığı modellerle farklı ampirik metodlarla çalışma genişletilebilir. Bu çalışmalar, tarımsal faaliyetler ile CO<sub>2</sub> emisyonları arasındaki karmaşık ilişkiyi belirlemeye yardımcı olacaktır.

## YAZAR ORCID NUMARALARI

Ülkü ÖZBAY  <http://orcid.org/0000-0003-0183-1247>

## KAYNAKLAR

Adedoyin, F. F., Bein M.A., Gyamfi B.A., Bekun F.V. 2021. Does Agricultural Development Induce Environmental Pollution in E7? A Myth or Reality. *Environmental Science and Pollution Research*, 28, 41869–41880.

- Ali E.B., Gyamfi B.A., Bekun F.V., Ozturk I., Nketiah P. 2023. An Empirical Assessment of the Tripartite Nexus between Environmental Pollution, Economic Growth and Agricultural Production in Sub-Saharan African Countries. *Environmental Science and Pollution Research*, 30, 71007–71024.
- Ali S., Gucheng L., Ying L., Ishaq M., Shah T. 2019. The Relationship between Carbon Dioxide Emissions, Economic Growth and Agricultural Production in Pakistan: An Autoregressive Distributed Lag Analysis. *Energies*, 12, 4644.
- Anwar A., Sarwar S., Amin W., Arshed N. 2019. Agricultural Practices and Quality of Environment: Evidence for Global Perspective. *Environmental Science Pollution Research*, 26(15):15617–15630.
- Appiah K., Du J., Poku J. 2018. Causal Relationship between Agricultural Production and Carbon Dioxide Emissions in Selected Emerging Economies. *Environmental Science Pollution Research*, 25(25), 24764–24777.
- Ayyildiz M., Erdal G. 2021. The Relationship between Carbon Dioxide Emission and Crop and Livestock Production Indexes: A Dynamic Common Correlated Effects Approach. *Environmental Science Pollution Research*, 28, 597–610.
- Balogh J.M. 2022. The Impacts of Agricultural Development and Trade on CO<sub>2</sub> Emissions? Evidence from the Non-European Union Countries, *Environmental Science & Policy*, 137(2),99-108.
- Balsalobre-Lorente D., Driha O.M., Bekun F.V., Osundina O.A., 2019. Do Agricultural Activities Induce Carbon Emissions? The BRICS Experience. *Environmental Science Pollution Research*. 26(24):25218–25234.
- Chowdhury S., Khan S., Sarker M.F.H., Islam M.K., Tamal M.A., Khan N.A. 2022. Does Agricultural Ecology Cause Environmental Degradation? Empirical Evidence from Bangladesh. *Heliyon*, 8(6), e09750.
- Çetin, M., Saygın, S., Demir, H. 2020. Tarım Sektörünün Çevre Kirliliği Üzerindeki Etkisi: Türkiye Ekonomisi İçin Bir Eşbütünleşme ve Nedensellik Analizi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 17(3), 329-345.
- FAO. 2015. The Food Systems of the Future Need to Be Smarter, More Efficient. <http://www.fao.org/news/story/en/item/275009/icode/> (Erişim Tarihi: 10.10.2023)
- Ghosh S.. 2018. Carbon Dioxide Emissions, Energy Consumption in Agriculture: A Causality Analysis for India. *Journal of Economic Theory and Practice*, 17(2), 183–207.
- Göv, A., Kaya, S.K. 2023. Türkiye Örneğinde Çevresel Kalitenin Belirleyicileri: LASSO Yaklaşımı. *Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 54, 25-37.
- Haug A.A. 2002. Temporal Aggregation and the Power of Cointegration Tests: a Monte Carlo Study. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 64(4), 399-412.
- Hussain I., Rehman A. 2022. How CO<sub>2</sub> Emission Interacts with Livestock Production for Environmental Sustainability? Evidence from Pakistan. *Environment, Development and Sustainability: A Multidisciplinary Approach to the Theory and Practice of Sustainable Development*, 24(6), 8545–8565.
- Ijeh, S. O. 2014. Promoting Sustainable Development in Nigeria through the Non-oil Export. *Research on Humanities and Social Sciences*, 4(8).
- IPCC. 2014. Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. <https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg3/>. Erişim Tarihi 16.09.2023
- Jebli B.M, Youssef B.S.. 2017. 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.
- Kaya, S.K., Göv, A. 2023. BRICS Ülkeleri ve Türkiye Örneğinde Ekolojik Ayak İzine Yönelik Çevresel Politika Şokları Kalıcı mı?. *Bingöl Üniversitesi İktisadi Ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 7(1), 31-44.
- Khan R., Zhuang W., Najumddin O., Butt R.S., Ahmad I., Al-Faryan M.A.S. 2022. The Impact of Agricultural Intensification on Carbon Dioxide Emissions and Energy Consumption: A Comparative Study of Developing and Developed Nations. *Frontiers Environmental Science*, 10:1036300.
- Kruse, J. 2010. Estimating Demand for Agricultural Commodities to 2050. Global Harvest Initiative. <https://pdf4pro.com/view/estimating-demand-for-agricultural-commodities-132658.html> (Erişim Tarihi: 12.10.2023)
- Liu X., Zhang S., Bae J. 2017. 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.
- Lynch J., Cain M., Frame D., Pierrehumbert R. 2021. Agriculture's Contribution to Climate Change and Role in Mitigation Is Distinct From Predominantly Fossil CO<sub>2</sub>-Emitting Sectors. *Frontiers Sustainable Food Systems*, 4:518039.
- Maslow, A. H. 1943. A Theory of Human Motivation. *Psychological Review*, 50 (4), 370–396.
- Narayan S., Narayan P.K. 2004. Determinants of Demand for Fiji's Exports: An Empirical Investigation. *The Developing Economies*, 42(1), 95-112.

- Oğul B.2023. Tarım Sektöründeki Gelişmeler Çevresel Kirliliği Etkiliyor mu? Türkiye Üzerine Ampirik Bulgular. *MANAS Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 12(3), 1016-1026.
- Pesaran M.H, Shin Y., 1998. An Autoregressive Distributed-Lag Modelling Approach to Cointegration Analysis. *Econometric Society Monographs*, 31,371–413
- Pesaran M.H., Shin Y., Smith R.J. 2001. Bounds Testing Approaches to the Analysis of Level Relationships. *Journal of Applied Econometrics*, 16, 289–326.
- Prastiyo S.E., Irham I., Hardiyastuti S, Jamhari j. 2020. How Agriculture, Manufacture and Urbanization Induced Carbon Emission? The Case of Indonesia. *Environmental Science and Pollution Research*. 27(33):42092–42103.
- Raihan A., Begum R.A., Nizam M.,Said M., Pereira J. J. 2022. Dynamic Impacts of Energy Use, Agricultural Land Expansion and Deforestation on CO2 Emissions in Malaysia. *Environmental and Ecological Statistics*, 29, 477–507.
- Raihan A. 2023. An Econometric Evaluation of the Effects of Economic Growth, Energy Use and Agricultural Value Added on Carbon Dioxide Emissions in Vietnam. *Asia-Pacific Journal of Regional Science*, 7, 665-696.
- Rehman A., Ma H., Ozturk I. 2020. Decoupling the Climatic and Carbon Dioxide Emission Influence to Maize Crop Production in Pakistan. *Air Quality, Atmosphere & Health*, 13(1).
- Rehman A., Ma H., Chishti M.Z., Ozturk I., Irfan M., Ahmad M. 2021a. Asymmetric Investigation to Track the Effect of Urbanization, Energy Utilization, Fossil Fuel Energy and CO2 Emission on Economic Efficiency in China: Enother Outlook. *Environmental Science Pollution Research*, 28(1),7319–30.
- Rehman A., Ulucak R., Murshed M., Ma H., Işık C. 2021b. Carbonization and Atmospheric Pollution in China: The Asymmetric Impacts of Forests, Livestock Production, and Economic Progress on CO2 Emissions. *Journal of Environment Managment*, 294.
- Sarkodie S.A., Owusu P.A. 2017. The Relationship between Carbon Dioxide, Crop and Food Production Index in Ghana: By Estimating the Long-Run Elasticities and Variance Decomposition. *Environmental Engineering Research*, 22(2), 193–202.
- Waheed R., Chang D., Sarwar S., Chen W. 2018. Forest, Agriculture, Renewable Energy and CO2 Emission. *Journal of Cleaner Production*, 172, 4231-4238.
- Zhang J., Cherian J., Parvez A.M., Samad S., Sial M.S., Ali M.A., Khan M.A. 2022. Consequences of Sustainable Agricultural Productivity. *Renewable Energy, and Environmental Decay: Recent Evidence from ASEAN Countries. Sustainability*, 14, 3556.
- Zhou G., Li H., Ozturk I.,Ullah S. 2022. Shocks in Agricultural Productivity and CO2 Emissions: New Environmental Challenges for China in the Green Economy. *Economic Research-Ekonomska Istraživanja*, 35(1), 5790-5806.
- Zinchuk T., Kutsmus N., Prokopchuk O., Lagodiienko V., Nych T., Naumko Y. 2021. Multifunctionality of Agriculture in the Reality of Globalization Crisis. *Inzynieria Ekologiczna (Ecological Engineering & Environmental Technology)*, 22(1): 51–59.



## ILSEN Arazi Değerlendirme Yöntemi Kullanılarak Tarımsal Arazi Uygunluk Haritalarının Oluşturulması-Vezirköprü Örneği

Fikret Saygın<sup>1\*</sup>, Orhan Dengiz<sup>2</sup>, Halil Aytop<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Sivas Bilim Ve Teknoloji Üniversitesi

<sup>2</sup>Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi Ve Bitki Besleme Bölümü

<sup>3</sup>T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Doğu Akdeniz Geçit Kuşağı Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Kahramanmaraş, Türkiye

\*Sorumlu yazar: [fsaygin@sivas.edu.tr](mailto:fsaygin@sivas.edu.tr)

Geliş Tarihi: 28.02.2024 Düzeltme Geliş Tarihi: 28.03.2024 Kabul Tarihi: 01.04.2024

### ÖZ

Arazi değerlendirme çalışmaları sonucunda hazırlanan tarımsal arazi uygunluk haritaları, tarım alanlarının korunması ve sürdürülebilir tarımın sağlanması açısından önemli bir yere sahiptir. Bu çalışmada, Vezirköprü ilçesi sınırları içerisinde yer alan çalışma alanının tarımsal arazi uygunluk haritalarının oluşturulması amacıyla ILSEN arazi değerlendirme metodu kullanılmıştır. Arazi değerlendirme metodunda kullanılan, haritalama birimleri ve bunların toprak karakteristikleri, çalışma alanına ait toprak etüt ve haritalama işlemleri sonucunda elde edilmiş olan verilerden alınmıştır. Çalışma sonucunda, S1 (uygun) uygunluk sınıfında yer alan arazi kullanım türleri sırasıyla, 6608 ha ile Buğday, 4632.43 ha ile bağ, 1686.28 ha ile kavun, karpuz, çilek ve böğürtlen olmuştur. Ayrıca, çalışma alanının sadece %9.19'u tarım dışı kullanıma (Orman ve mera) uygun olarak belirlenmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Arazi uygunluğu sınıflandırması, ILSEN, arazi değerlendirme, toprak etüt ve haritalama

## Creation of Agricultural Land Suitability Maps Using ILSEN Land Evaluation Method - Vezirköprü Example

### ABSTRACT

Agricultural land suitability maps prepared from land assessment studies are essential in protecting agricultural lands and ensuring sustainable agriculture. In this study, the ILSEN land evaluation method was used to create agricultural land suitability maps of the study area located within the borders of Vezirköprü district. The mapping units and their soil characteristics used in the land assessment method were taken from the data obtained from the soil survey and mapping of the study area. As a result of the study, the land use types in the S1 suitability class were wheat with 6608 ha, vineyard with 4632.43 ha, melon, watermelon, strawberry and blackberry with 1686.28 ha. In addition, only 9.19% of the study area was deemed suitable for non-agricultural use (forest and pasture).

**Key words:** Land suitability classification, ILSEN, land evaluation, soil survey and mapping

### GİRİŞ

Kentsel, endüstriyel alanların giderek büyümesi sonucunda gezegenin limitlerine ulaşıyor olmamız (IPCC, 2022) kıymetli tarım arazilerinin kalitesinin ve yüz ölçümünün azalmasına neden olmaktadır (Chen, 2007; Montgomery ve ark., 2016). Artan nüfusun baskısı ve sanayileşmenin etkisi ile gerek gıda ve istihdam gerekse barınma amaçlı yapılara olan ihtiyaç sürekli artma eğilimindedir. Bu talebin karşılanması çoğunlukla işlemeli tarıma müsait olan tarım alanları üzerinde gerçekleşmektedir.

Küresel iklim değişikliğinin olumsuz etkilerinin (Malhi ve ark., 2021) ve biyolojik çeşitlilik kaybının kontrol altında tutulmasının yanı sıra artan dünya nüfusunun temel gıda ihtiyaçlarını da karşılayabilecek şekilde tarım arazilerinin varlığının ve kalitesinin korunması gerekmektedir (Hossain ve ark., 2020; Zhou ve ark., 2021). Bunu sağlayabilmenin en temel yollarından biri, tarım arazilerinin yeteneklerine ve özelliklerine göre kullanılmasıdır. Tarım alanlarının özelliklerinin değerlendirilerek, kapasitelerinin belirlenmesi ve belirli arazi kullanım türlerine uygunluğunun (FAO, 1977) ölçülmesinde, arazi değerlendirme yöntemleri kullanılmaktadır.

Arazi değerlendirmesi, arazilerin farklı kullanım türlerine yönelik potansiyellerini ortaya koymak ve uygun bir şekilde yönetilmesini sağlamak amacıyla tasarlanmış bir süreçtir (George, 2005). Arazi değerlendirme metodları, arazilerin özelliklerinin daha iyi anlaşılmasını sağlayarak, arazi kullanım planlamaları için altlık verileri oluştururlar. Arazi değerlendirilmesi sonucunda oluşturulan arazi uygunluk haritaları, arazinin yetenekleri dışında kullanımının önüne geçilmesindeki ilk aşamalardan biridir (Dengiz ve Sarıoğlu, 2011; Aytop ve Şenol, 2022a). Arazi kullanım planlamaları sonucunda oluşturulan senaryolar, tarımsal alanların, ormanların, meraların ve deniz-kıyı gibi kaynakların geliştirilmesi ve bu kaynakların korunmasında en temel görevi üstlenir (Erpul ve ark., 2014).

Arazi değerlendirme sistemlerinde, çevresel, ekonomik, ekolojik ve sürdürülebilirlik kriterleri önemli olsa da araştırmacılar bu kriterleri arazi değerlendirme yöntemlerine entegre ederken zorlanmaktadırlar (Aytop ve Şenol, 2022a). Bu zorluğu aşabilmek için uygulanacak arazi değerlendirme metodlarının, uygulanacak bölgenin ekolojik şartlarına uyumlu olması önemli bir kriterdir. ILSEN arazi değerlendirme metodu, FAO (1977)'nin arazi değerlendirme kriterlerini gözeterek, Türkiye'nin ekolojik şartlarına uyumlu olacak şekilde oluşturulan niceliksel bir metottur (Şenol ve Tekeş, 1995). Bu yüzden Samsun ili Vezirköprü ilçesi sınırları içerisinde yer alan ve yoğun tarımsal faaliyetlerin yanında, farklı arazi kullanım türlerini (orman, mera vb.) de içerisinde barındıran çalışma alanının farklı arazi kullanım türlerine yönelik tarımsal arazi uygunluk haritalarının oluşturulması amacıyla ILSEN arazi değerlendirme metodu kullanılmıştır.

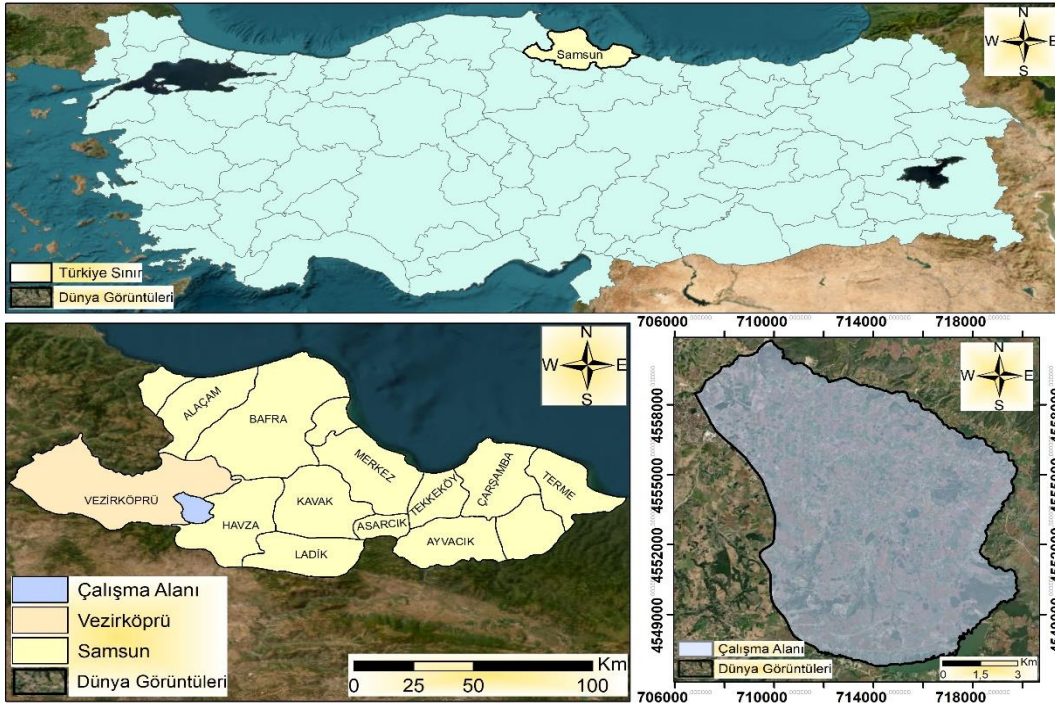
Vezirköprü ilçe sınırları içerisinde yürütülen bu çalışmada, ilçede yetiştiriciliği yapılan ve yapıma potansiyeli olan ürünler ile Tarım ve Orman Bakanlığı'nın havza bazlı destekleme projesi kapsamında önermiş olduğu ürünler ile toplam 38 adet kullanım türü dikkate alınarak seri düzeyinde detaylı sayısal toprak haritası oluşturmak suretiyle çalışma alanının farklı kullanım türlerine ait uygunluk sınıflarının belirlenmesi ve alan içerisindeki dağılımlarını gösteren haritalarının oluşturulması amaçlanmıştır.

## **MATERYAL ve METOT**

### **Çalışma alanının genel özellikleri**

Çalışma Orta Karadeniz Bölümü'nde yer alan Samsun ilinin Vezirköprü ilçesi sınırları içerisinde gerçekleşmiştir. İlçe, 35° 01'-35° 48' doğu boylamları ile 41° 00'- 41° 19' kuzey enlemleri arasında bulunmaktadır. Yüzölçümü 1713 km<sup>2</sup> olan Vezirköprü ilçesi, Samsun iline 115 km mesafededir (Saygın ve Dengiz, 2023) (Şekil 3.1). Vezirköprü, doğudan Havza, kuzeydoğudan Bafra, kuzeyden Alaçam ve Sinop ilinin Durağan ilçesi, güneybatıdan Çorum'un Osmancık ve batıdan Sinop ilinin Saraydüzü ilçeleriyle çevrilmiştir (Anonim, 2024). Toplam çalışma alanı 111 km<sup>2</sup> olup, deniz seviyesinden ortalama yüksekliği 240-750 m arasındadır.

Vezirköprü iklim koşulları bakımından geçiş kuşağında olması nedeniyle hem karasal hem de Karadeniz iklim özelliklerini bir arada yansıtmaktadır. Bu sebeple kış ayları kıyı kesimine göre daha soğuk, yaz ayları ise daha sıcaktır (Saygın ve ark., 2023). Uzun dönem yıllık ortalama sıcaklık 12.5 °C, ortalama yağış 527.0 mm olarak belirlenmiştir (Anonim, 2024). Alan içerisinde yayılım gösteren toprakların sıcaklık rejimi Mesic, nem rejimleri ise Typic Xeric, olarak belirtilmiştir (Van Wambeke, 2000; Turan ve ark., 2018; Saygın ve Dengiz, 2023).



Şekil 1. Çalışma alanı lokasyon haritası

### Çalışmada uygulanan yöntem

Çalışmada öncelikle bölgenin ekolojik koşulları dikkate alınmak suretiyle arazi kullanım harita birimlerine yönelik arazi karakteristikleri ve alt sınıfları belirlenmiştir. (Çizelge 1). Bu amaçla bölgede yetiştirilen ürünler ve yetiştirilmesi mümkün olan arazi kullanım türleri dikkate alınmıştır. Yetiştiricilik açısından benzer olan ürün desenlerini ortak çatı altında değerlendirmek suretiyle toplam 38 adet arazi kullanım türü (Çizelge 2) dikkate alınmıştır. Literatür taraması yapılarak arazi kullanım türlerine yönelik arazi ve yönetim istekleri belirlenmiştir. Sulu tarla bitkileri, sulu bahçe bitkileri, meyve, kuru tarla bitkileri ve tarım dışı olmak üzere arazi kullanım türleri 5 sınıfta değerlendirmeye alınmıştır. Arazi değerlendirmesi için, alanının detaylı sayısal toprak haritası kullanılmıştır (Saygın ve Dengiz, 2023).

Çizelge 1. Çalışmaya ait arazi karakteristikleri ve sınıfları

Eğim (%)			Üst Toprak Tekstürü			Alt Toprak Tekstürü		
Sınıf	Sembol	Yüzde	Sınıf	Sembol	Tanım	Sınıf	Sembol	Tanım
A	EGM-1	0-2	1	C, SiC, SC	İnce	1	C, SiC, SC	İnce
B	EGM-2	2-6	2	CL,SCL,SiCL	Orta İnce	2	CL,SCL,SiCL	Orta İnce
C	EGM-3	6-12	3	Si, SiL, L	Orta	3	Si, SiL, L	Orta
D	EGM-4	12-20	4	SL, FSL	Orta Kaba	4	SL, FSL	Orta Kaba
E	EGM-5	20-30	5	LS, S	Kaba		LS, S	Kaba
F	EGM-6	30+						
Verimlilik			Derinlik			Erozyon		
Sınıf	Sembol	Yüzde	Sınıf	Sembol	cm	Sınıf	Sembol	Tanım
1	VER1	>80	1	DER-1	0-20	1	ERZ-1	Hafif -Yok
2	VER2	80-50	2	DER-2	20-50	2	ERZ-2	Orta
3	VER3	50-20	3	DER-3	50-90	3	ERZ-3	Şiddetli
4	VER4	<20	4	DER-4	90+	4	ERZ-4	Çok şiddetli
Drenaj			Kireç			Taşlılık		
Sınıf	Sembol	Tanım	Sınıf	Sembol	Tanım (%)	Sınıf	Sembol	Tanım (%)
I	DRJ-1	İyi	1	KRC-1	Yok: 0-5	t1	TAS-1	Taşsız
O	DRJ-2	Orta	2	KRC-2	Az: 5-10	t2	TAS-2	Orta taşlı
Y	DRJ-3	Yetersiz	3	KRC-3	Orta: 10-15	t3	TAS-3	Aşırı taşlı
			4	KRC-4	Fazla: 15-30			
			5	KRC-5	Marn: 30+			

C: Kil, SiC: Siltli Kil, SC: Kumlu Kil, CL: Killi Tın, SCL: Kumlu Killi Tın, SiCL: Siltli Killi Tın, Si: Silt, SiL: Siltli Tın, SL: Kumlu Tın, L: Tın, SL: Kumlu Tın, FSL: İnce Kumlu Tın, LS: Tınlı Kum, S: Kum

Mevcut arazi kullanım ve arazi örtüsünün belirlenmesi çalışmanın en önemli aşamalarından birisidir. Bu amaçla çalışma alanı içerisindeki kullanım türleri mera, orman, tarım dışı ve tarım olarak belirlenmiştir. Arazi kullanımı Arc-GIS 10.8 ve ENVI 5.6 yazılımlarının yanında 04.06.2018 tarihinde alınan 80 cm çözünürlüğe sahip TRIPLESAT arşiv uydu görüntüsü kullanılarak oluşturulmuştur.

Çizelge 2. Alan içerisinde tanımlanan Arazi Kullanım Türleri (AKT)

Sulu Tarla Bitkileri Arazi Kullanım Türleri (S.T.A.K.T)			
K01	Buğday	K05	Yonca
K02	Arpa	K06	Şekerpancarı
K03	Mısır	K07	Tütün
K04	Ayçiçeği		
Sulu Bahçe Bitkileri Arazi Kullanım Türleri (S.B.A.K.T)			
K08	Soğan, Sarımsak	K13	Fasulye, Bezelye
K09	Patates	K14	Kavun, Karpuz
K10	Domates, Biber	K15	Çilek, Böğürtlen
K11	Hıyar	K16	Kabak
K12	Patlıcan	K17	Marul, Lahana
Meyve Arazi Kullanım Türleri (M.A.K.T)			
K18	Elma	K24	Badem
K19	Kiraz, Vişne	K25	Armut
K20	Şeftali	K26	Ceviz
K21	Erik	K27	Bağ
K22	Ayva	K28	Zeytin
K23	Kayısı		
Kuru Tarla Bitkileri Arazi Kullanım Türleri (K.T.A.K.T)			
K29	Buğday	K33	Fiğ, Korunga
K30	Arpa	K34	Aspir
K31	Çavdar, Yulaf	K35	Ayçiçeği
K32	Tritikale	K36	Nohut, Mercimek
Tarım Dışı Arazi Kullanım Türleri (T.D.A.K.T)			
K37	Orman		
K38	Çayır-Mera		

Tanımlanan her bir arazi kullanımı için arazi karakteristiklerinin farklı düzeylerine göre uygunluklarını belirleyebilmek açısından 0.00-1.00 arasında Oransal Beklenen Ürün (OBÜ) değerleri verilmiştir. Yetiştiriciliği yapılan ürünlerde eğer bir arazi karakteristiği ürünün gelişimini sınırlandırmıyor ise 1.00 değeri, yetişmesine imkân vermiyor ise 0.00 değeri tanımlanmıştır (Aydın ve Dengiz, 2020). Tanımlanan değerler ve arazi karakteristikleri İLSEN arazi değerlendirme programı yardımıyla (Şenol ve Tekeş, 1995) karşılaştırması yapılarak fiziksel haritalama birim endeksi (FHBE) değerleri elde edilmiştir. FHBE değerlerinin uygunluk sınıfları Çizelge 4'de verilmiştir. ArcGIS 10.8 programı kullanılarak her bir ürünün uygunluk sınıflarını gösteren dağılım haritaları oluşturulmuştur. Bir haritalama birimi için S1 sınıfı yetiştiricilik açısından en uygun sınıfı, S2 orta uygun, S3 az uygun kullanım sınıfını, N1 geçici uygun olmaya, N2 ise sürekli uygun olamayan sınıfları ifade etmektedir (Çizelge 3).

Çizelge 3. Arazi kullanım türlerine ait uygunluk sınıflarını gösteren Fiziksel Haritalama Birimi Endeksi (FHBE) değerleri

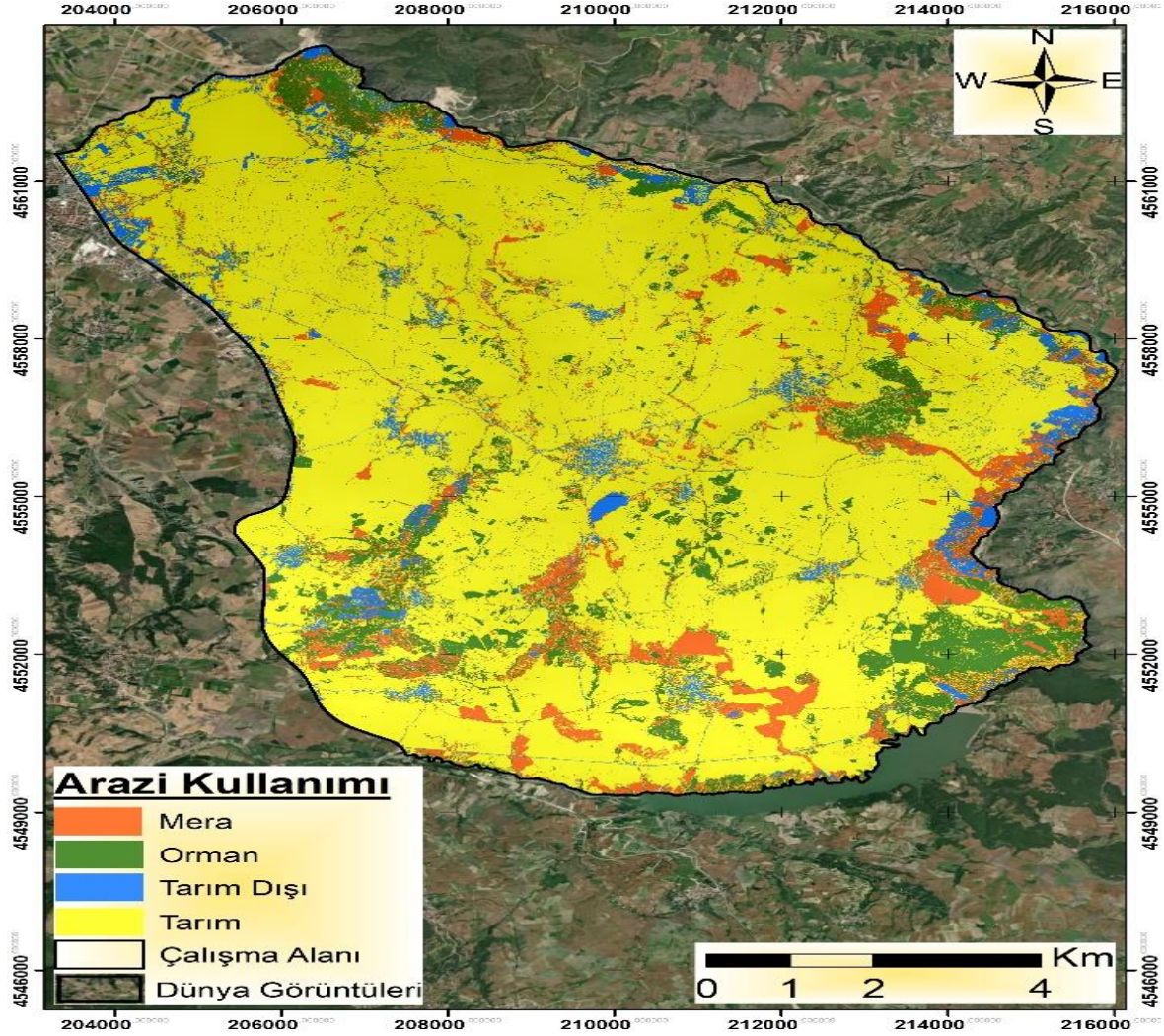
FHBE	Sembol	Uygunluk Sınıfı
1.00-0.90	S1	Uygun
0.89-0.75	S2	Orta uygun
0.74-0.50	S3	Az uygun
0.49-0.25	N1	Uygun değil (geçici)
0.24-0.00	N2	Uygun değil (devamlı)

## BULGULAR ve TARTIŞMA

### Mevcut arazi kullanım ve arazi örtüsünün belirlenmesi

Arazi kullanım örtüsünün belirlenmesinde CBS sıklıkla kullanılmaktadır (Yüksel ve ark.,2018; Aytop ve Şenol, 2022b). Alan içerisindeki kullanım türleri mera, orman, tarım dışı ve tarım olarak belirlenmiştir. Alanda yer alan kullanım türleri en yüksek olasılık tahminine dayalı, kontrollü sınıflandırma sistemi olan Maximum

Likelihood yöntemine göre üretilerek dağılım haritası oluşturulmuştur (Şekil 2). Sınıflandırma sonuçları arazide kontrol edilerek istatistiksel olarak doğrulanmış (accuracy assessment) ve proje alanının güncel arazi kullanımı ve arazi örtüsü pateni belirlenmiştir. Maximum Likelihood yöntemine göre yapılan çalışmanın doğruluğu %95.88 ve Kappa değeri ise 0.94 olarak bulunmuştur.



Şekil 2. Alana ait mevcut arazi kullanım haritası

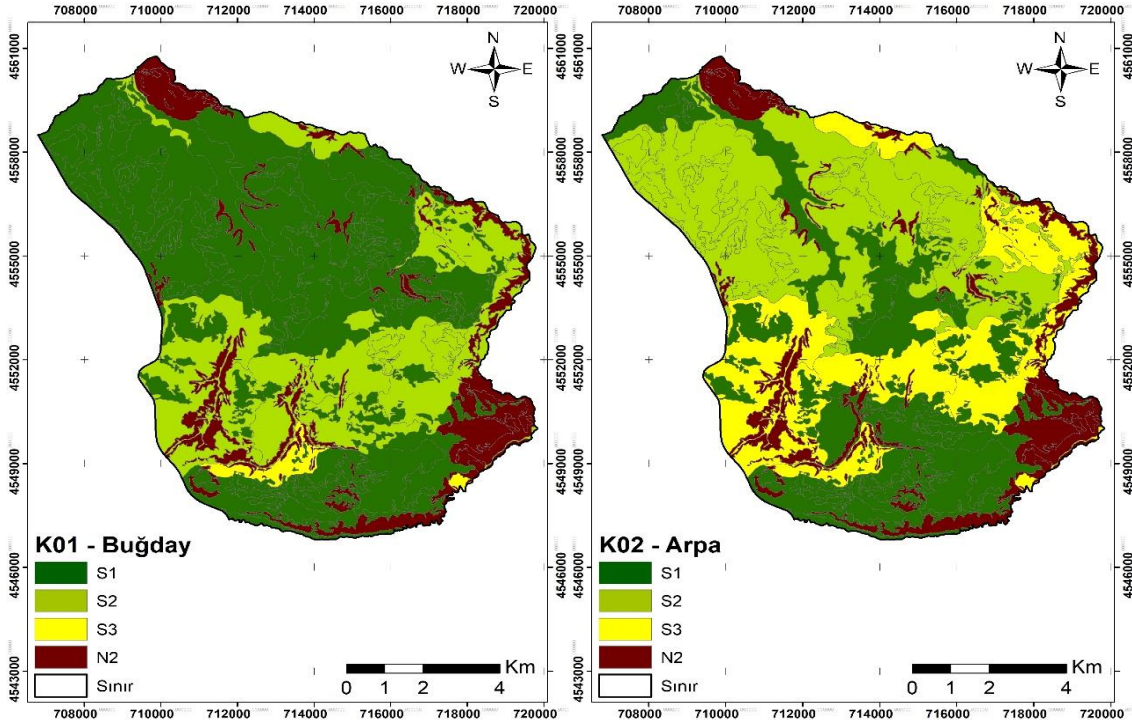
Toplam alan içerisindeki varlığı 8108 ha alan ile % 73.13'lük bir paya sahip olan tarım alanları en geniş yeri kaplamaktadır. Tarım alanlarını 1311 ha'lık ile % 11.83'lük paya sahip ormanlar takip etmektedir. Alan içerisinde tarım, orman ve mera olarak kullanılmayan kaya, çıplak arazi, yol, yerleşim yeri olarak tanımlanan tarım dışı araziler 550 hektarlık bir alan kaplamaktadır. Tarım dışı arazilerin toplam alan içerisindeki payı ise % 4.96'tır. Kullanım türlerine ait alansal ve oransal dağılımları Çizelge 4'te gösterilmiştir. Kaya ve ark. (2020) farklı konumsal çözünürlüğe sahip 3 farklı uydu görüntülerinden yararlanarak CORINE Sınıflandırma Sistemine göre arazi kullanım sınıflarını belirledikleri çalışmada; 1. Düzeyde tarım alanlarının, toplam alan içerisindeki oranını Landsat uydu görüntüsü ile % 74.4, Sentinel uydu görüntüsü ile % 86.1 ve Tripletat uydu görüntüsü ile % 87.3'lük kısım kapladığını belirtmişlerdir.

Çizelge 4. Çalışma alanı içerisinde bulunan kullanım türlerinin alansal ve oransal dağılımları

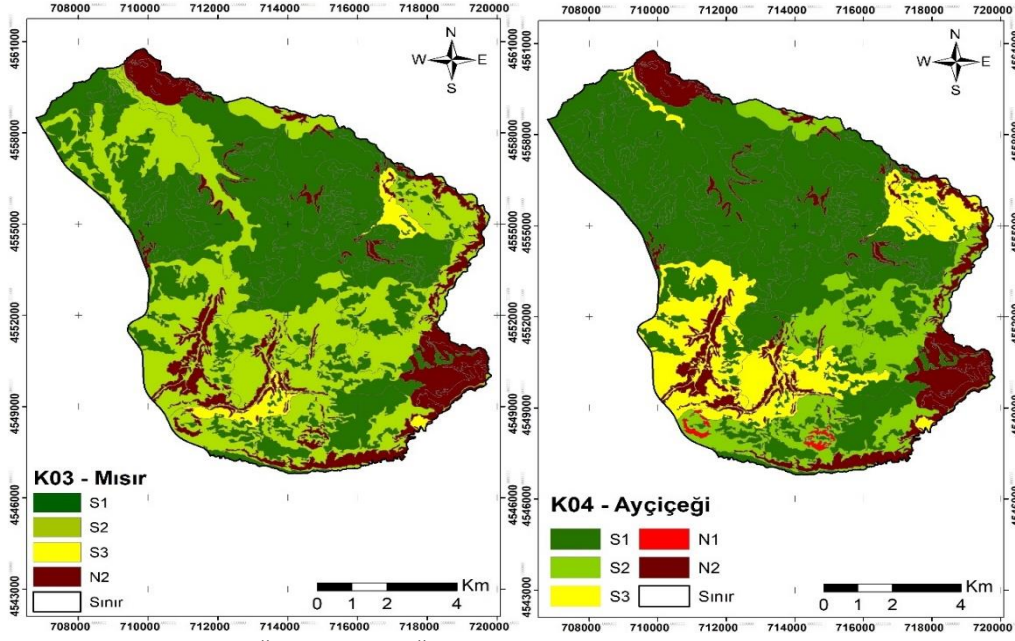
Kullanım Türü	Alan (ha)	Oran (%)
Mera	1117	10.08
Orman	1311	11.83
Tarım Dışı	550	4.96
Tarım	8108	73.13
TOPLAM	11086	100.00

### Sulu Tarla Bitkileri Arazi Kullanım Türleri (S.T.A.K.T.)

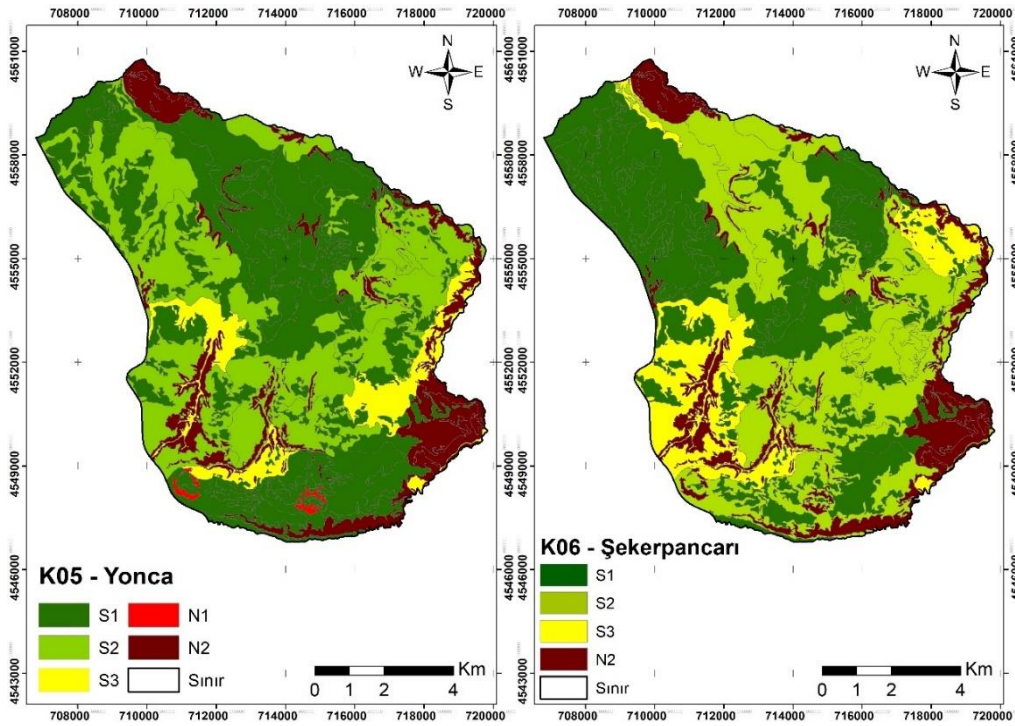
Sulu şartlarda yetiştiriciliği yapılan bitkiler içerisinde çalışma sahasının tamamı değerlendirildiğinde, S1 sınıfı açısından en uygun olan bitki türü 6608 ha ile Buğday bitkisi olarak belirlenmiştir. Yine S1 uygunluk sınıfı için Buğday bitkisini sırasıyla 6234,32 ha ile Ayçiçeği, 5227,28 ha ile Mısır bitkisi izlemiştir. Bunun yanı sıra 1251,39 ha ile Tütün bitkisi S1 sınıfı açısından en düşük değere sahiptir. Khan ve Kahn, 2014 yılında Batı Uttar Pradesh' de bulunan Ganga Yamuna Doab'ın bir parçası olan Bulandşahr ilçesinde çeltik, buğday, arpa, mısır, inci darı, bakliyat, hardal, patates ve şeker kamışı gibi önemli bitkiler için arazi uygunluk analizini yaparak haritalandırmıştır. Arazi kategorilerinin kalitesini S1 (Son derece uygun), S2 (orta derecede uygun), S3 (marjinal olarak uygun) ve N1 (uygun olmayan) sınıf içerisinde değerlendirmişlerdir. Çalışma sonuçlarına göre buğday, darı, arpa, hardal ve patates için S1 düzeyinde arazi uygunluğu çalışma alanının % 82.89'u, mısır ve şeker kamışı için S1 kategorisinde uygunluğu ilçenin % 32.79'u ve pirinç için S2 düzeyinde orta derecede uygunluğu ise ilçenin % 12.15'inden fazla olduğunu belirtmişlerdir. Everest ve Özcan (2016) Çanakkale ili Karamenderes alt havzası taşkın ovasının çeltik yetiştiriciliğine uygunluğunun belirlenmesi amacıyla arazi değerlendirme çalışması yapmışlardır. Çalışmada çeltik tarımı yapılan arazilerin % 38.89' unun S1(çok uygun), % 26.16' sının S3 (az uygun) ve 34.45' inin N1 (geçici uygun değil) sınıfında olduğunu belirlemişlerdir. Sulu tarla bitkileri arazi kullanım türlerinin uygunluk sınıflarının dağılım haritaları ise sırasıyla Şekil 3 – Şekil 6'da verilmiştir.



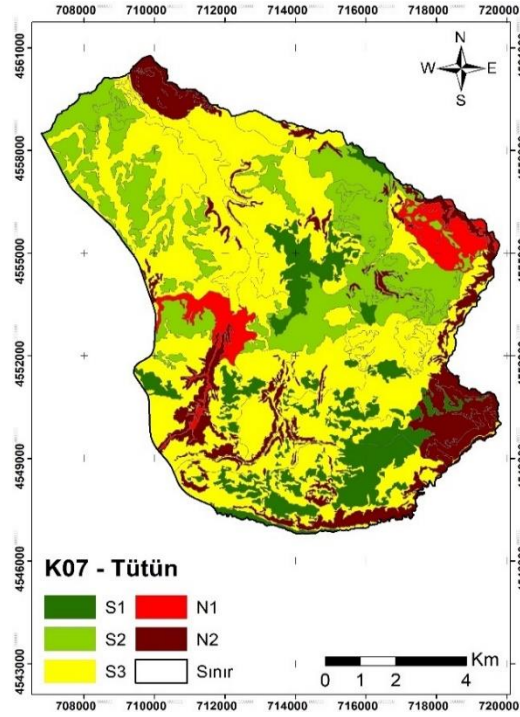
Şekil 3. Buğday (sulu) ve Arpa (sulu) uygunluk dağılım haritası



Şekil 4. Mısır uygunluk ve Ayçiçeği uygunluk dağılım haritası



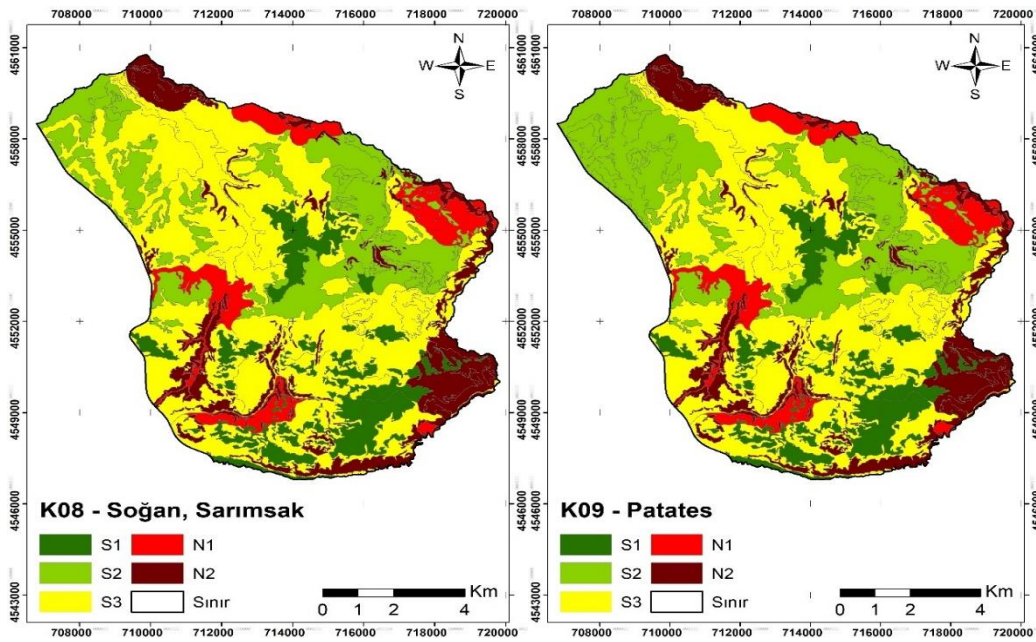
Şekil 5. Yonca ve Şekerpancarı uygunluk dağılım haritası



Şekil 6. Tütün uygunluk dağılım haritası

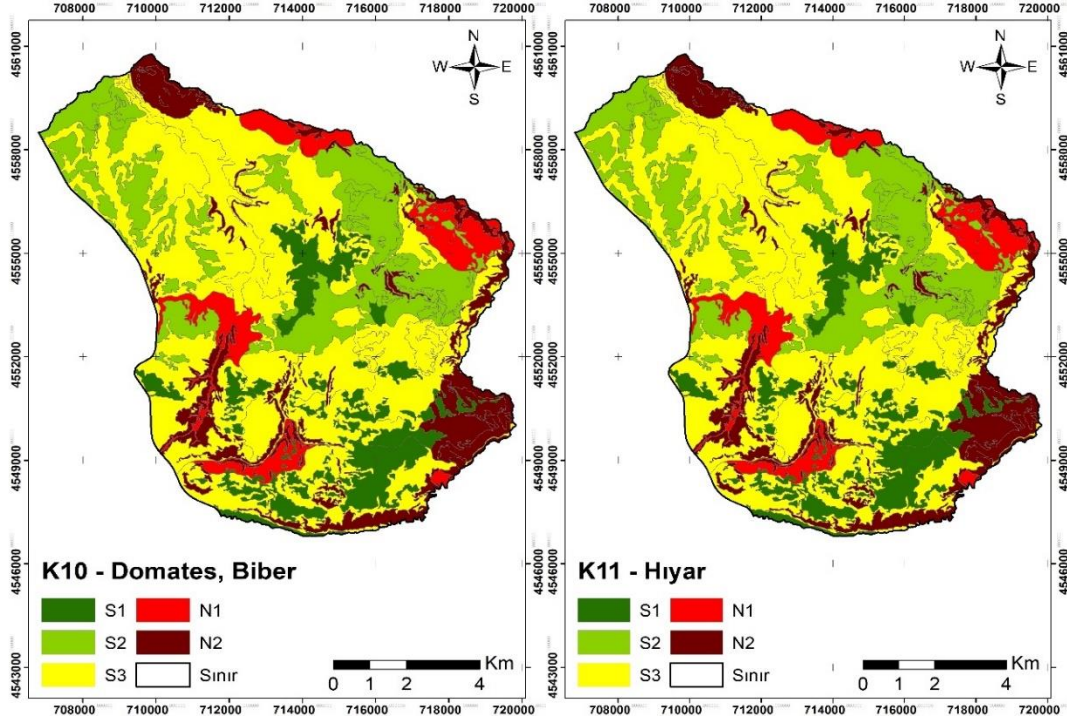
#### Sulu Bahçe Bitkileri Arazi Kullanım Türleri (S.B.A.K.T.)

Sulu şartlarda yetiştiriciliği yapılan bahçe bitkileri içerisinde çalışma sahasının tamamı değerlendirildiğinde S1 sınıfı açısından en uygun olan bitki türü 1686,28 ha ile Kavun, karpuz, çilek ve böğürtlen bitkileri ön plana çıkmıştır. Bunun yanı sıra S2 uygunluk sınıfı içerisinde en uygun bitki türünün 4110,92 ha ile %37,08 lik alanda yetişebilecek nitelikte olan marul ve lahana bitkileri olduğu belirlenmiştir. Öte yandan S3 uygunluk sınıfı içerisinde en fazla alanda yetiştirilebilecek nitelikte olan bitki türü ise patlıcan olarak belirlenmiştir. Sulu bahçe bitkileri arazi kullanım türlerinin, uygunluk sınıflarının dağılım haritaları ise sırasıyla Şekil 7 – Şekil 11 'de verilmiştir.

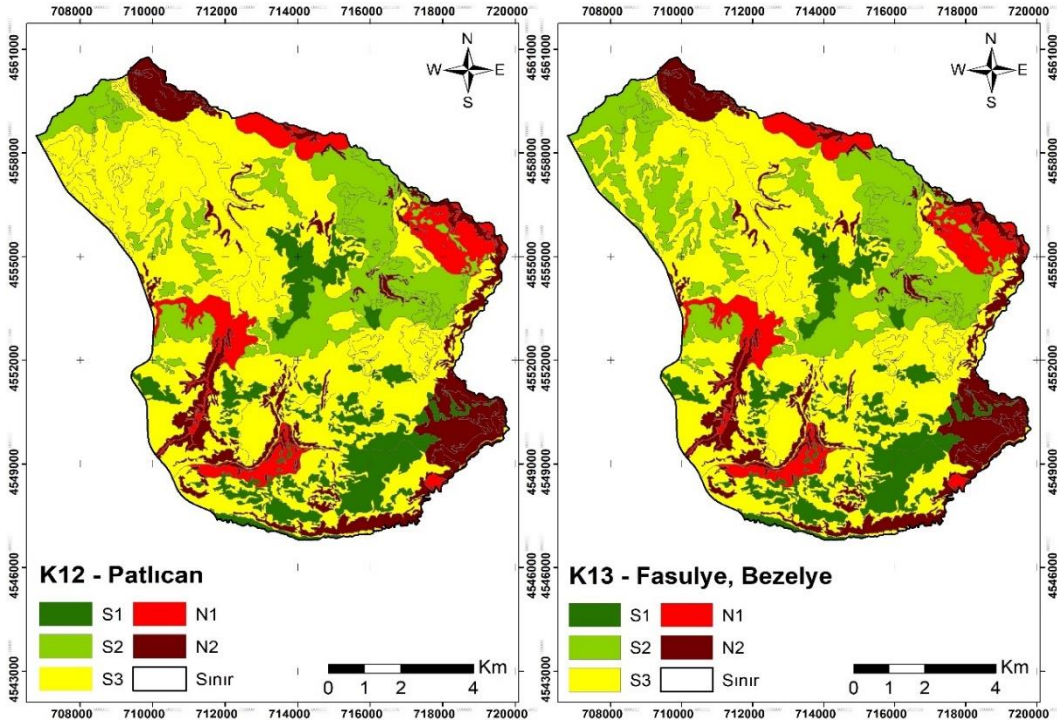


Şekil 7. Soğan, sarımsak ve Patates uygunluk dağılım haritası

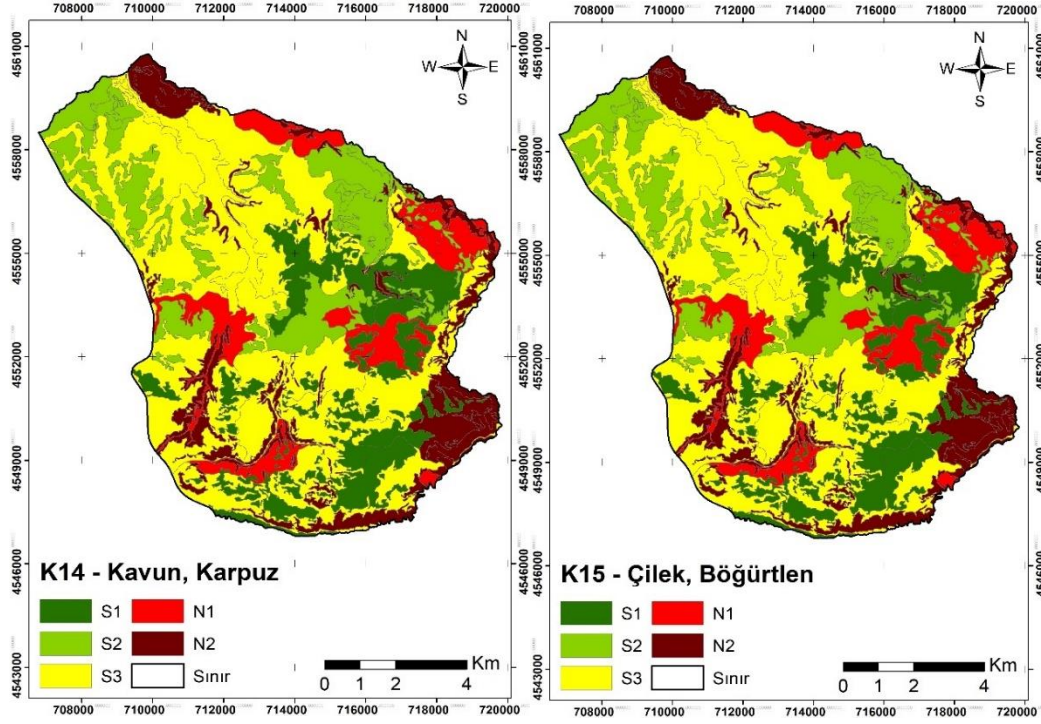




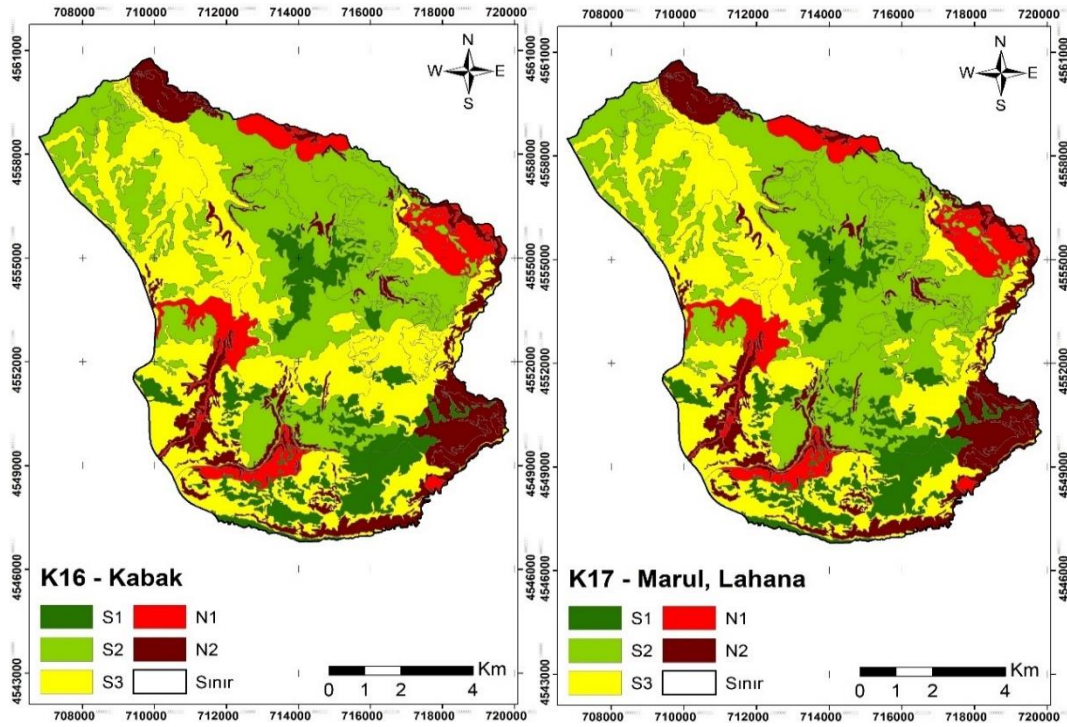
Şekil 8. Domates, biber ve Hıyar uygunluk dağılım haritası



Şekil 9. Patlıcan ve Fasulye, bezelye uygunluk dağılım haritası



Şekil 10. Kavun, karpuz ve Çilek, böğürtlen uygunluk dağılım haritası

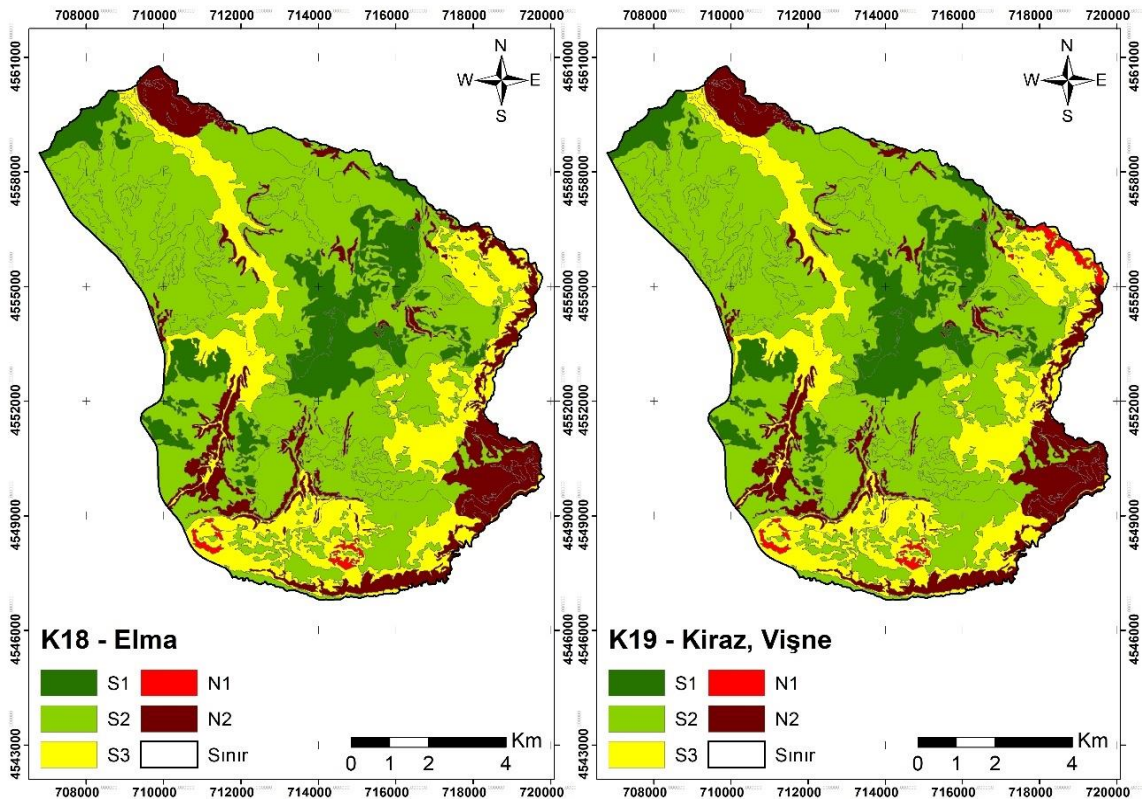


Şekil 11. Kabak ve Marul, lahana uygunluk dağılım haritası

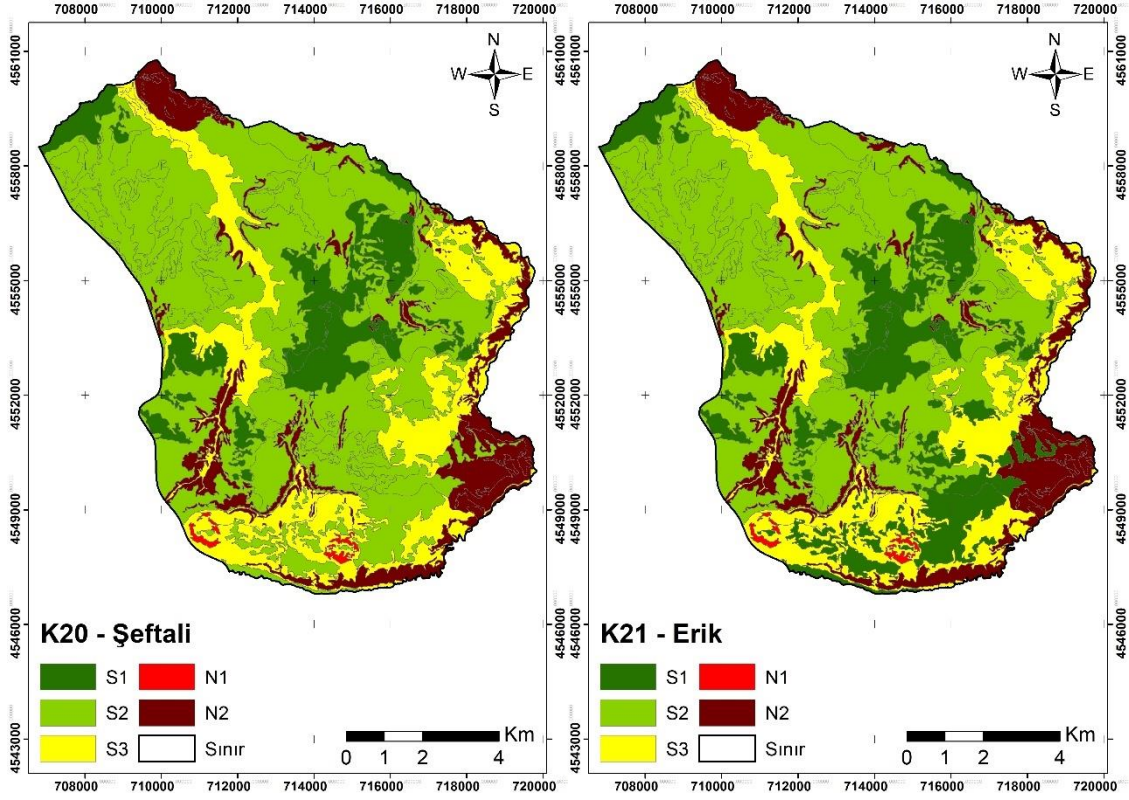
#### Meyve Arazi Kullanım Türleri (M.A.K.T)

Meyve arazi kullanım türleri içerisinde çalışma sahasının tamamı değerlendirildiğinde S1 sınıfı açısından en uygun olan bitki türü 4632,43 ha % 41,78 oranında bağ bitkisi ön plana çıkmıştır. Bunun yanı sıra S2 uygunluk

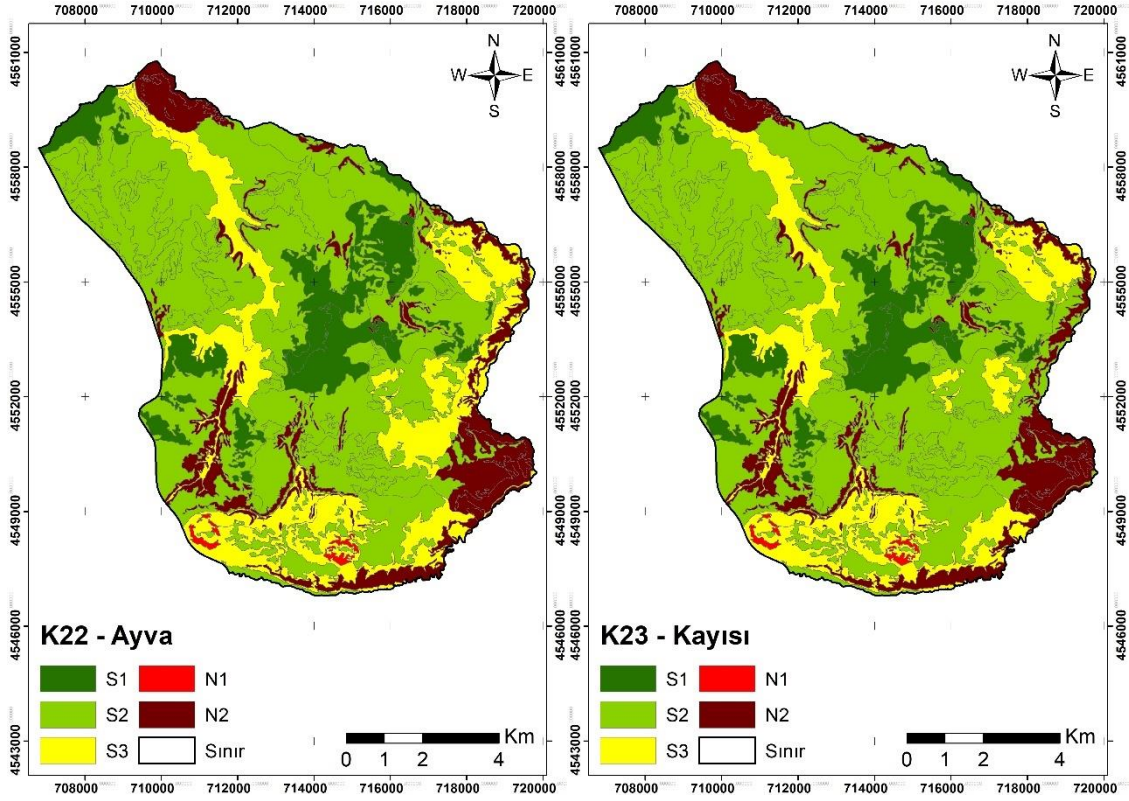
sınıfı içerisinde en uygun bitki türünün 6530,44 ha ile %58,90 lik alanda yetişebilecek nitelikte olan kayısı bitkisi olduğu belirlenmiştir. Öte yandan S3 uygunluk sınıfı içerisinde en fazla alanda yetiştirilebilecek nitelikte olan bitki türleri ise 2156,29 ha ile % 19,45'lik alanda az uygun şartlarda elma, kiraz, vişne, şeftali, erik ve armut olarak belirlenmiştir. Öztekin ve ark. (2008), Tokat Kazova arazilerinin şeftali yetiştiriciliğine uygunluklarının CBS yardımıyla belirlenmesi amacıyla uygunluk sınıflamasını yapmayı amaçlamışlardır. Sonuç olarak çalışma alanı arazilerinin % 18' inin şeftali yetiştiriciliğine uygun, %38' inin orta derecede uygun, % 15' inin düşük derecede uygun, % 11' inin çok düşük derecede uygun ve % 19' unun ise uygun olmadığını belirlemişlerdir. Dengiz ve ark., (2009) Ordu İli Ünye İlçesi Tekkiraz Beldesindeki fındık arazilerinin fiziksel arazi değerlendirmesini yapmışlardır. Bu amaçla İLSEN arazi değerlendirmesi modelini kullanarak Tarımsal kullanıma uygunluklarını belirlemişlerdir. Çalışma sonuçlarına göre alanın % 28.4'ünü tarım dışı arazilerden oluştuğunu, % 34.6'sının tarımsal kullanım için uygun ve oldukça iyi tarım arazileri oluştuğunu, diğer taraftan sadece fındık yetiştiriciliğine uygun alanların 2006.7 ha (% 63.7) iken geri kalan 1141.8 ha arazinin ise toprak şartlarının elverişsizliği nedeniyle fındık yetiştiriciliğine uygun olmadığını ifade etmişlerdir. Meyve arazi kullanım türlerinin uygunluk sınıflarının dağılım haritaları ise sırasıyla Şekil 12– Şekil 17'de verilmiştir.



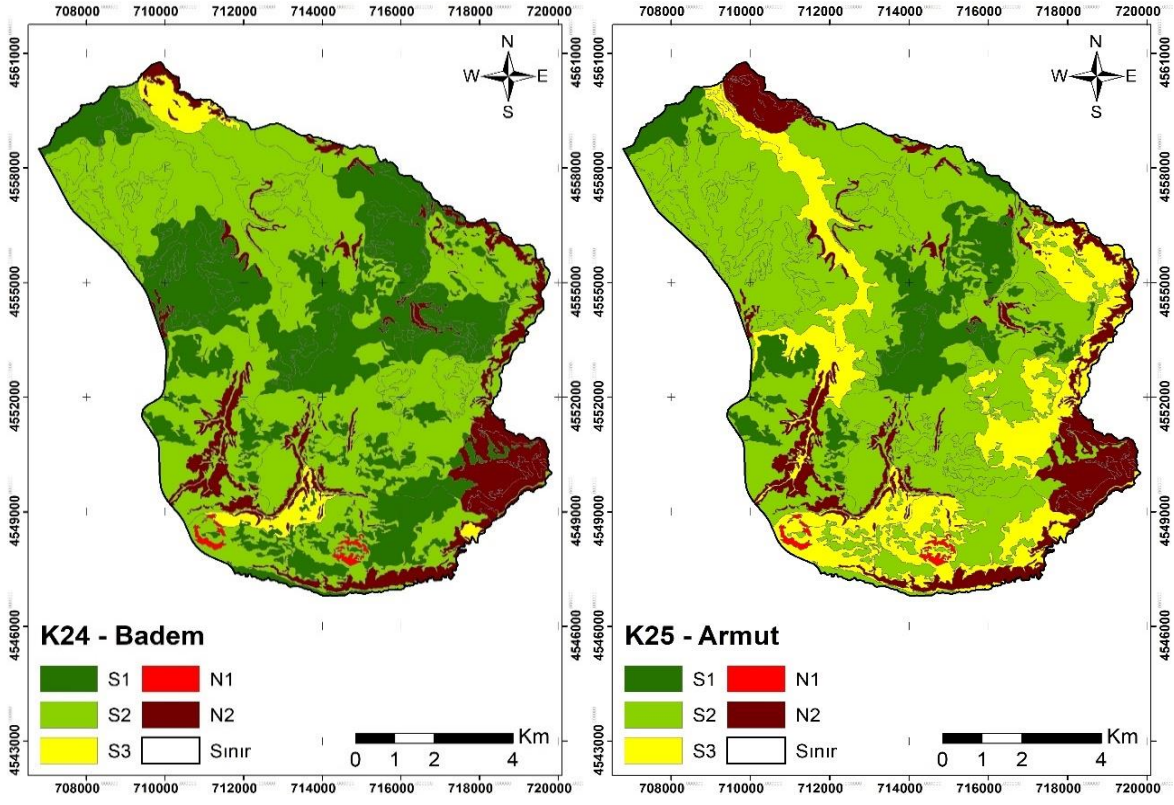
Şekil 12. Elma ve Kiraz, vişne uygunluk dağılım haritası



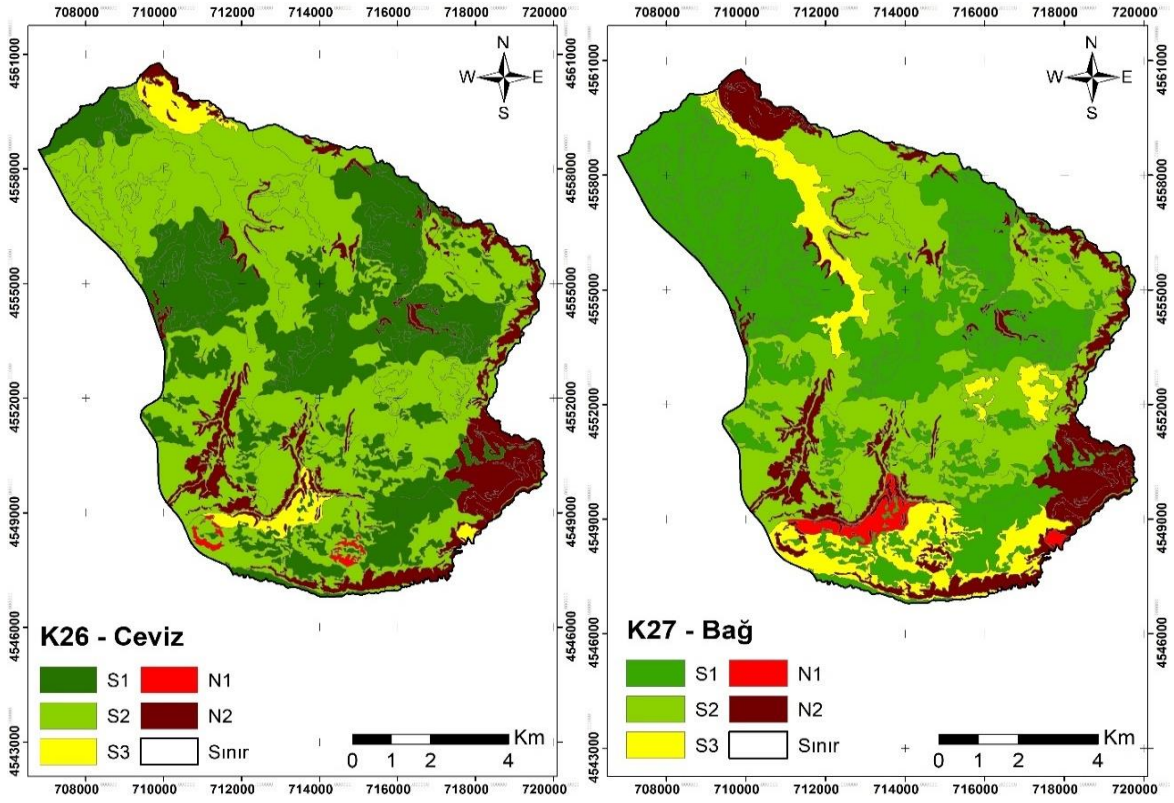
Şekil 13. Şeftali ve Erik uygunluk dağılım haritası



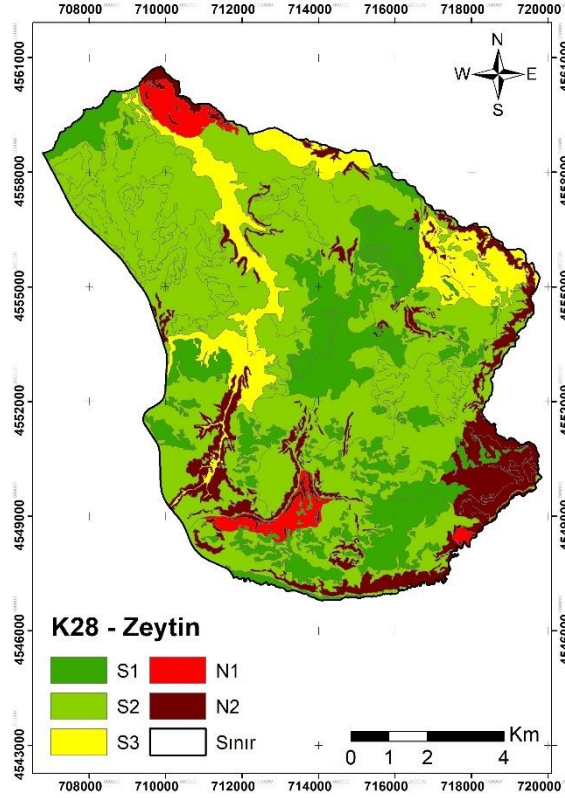
Şekil 14. Ayva ve Kayısı uygunluk dağılım haritası



Şekil 15. Badem ve Armut uygunluk dağılım haritası



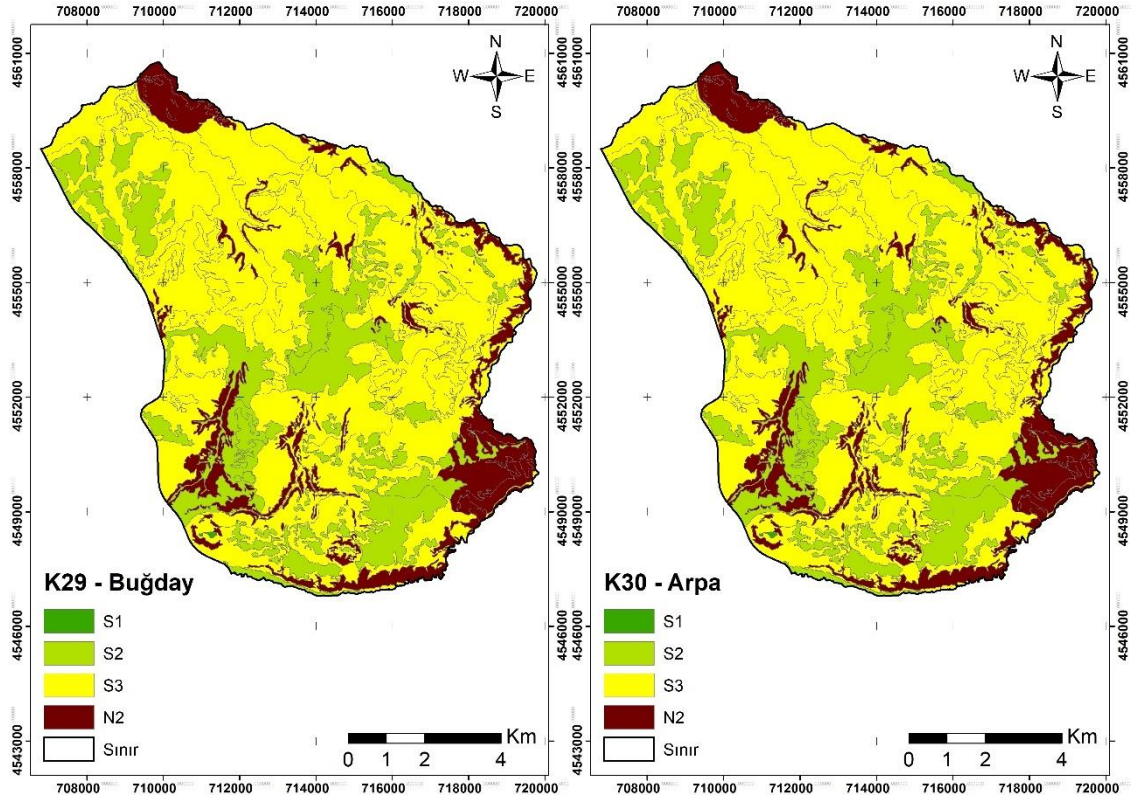
Şekil 16. Ceviz ve Bağ uygunluk dağılım haritası



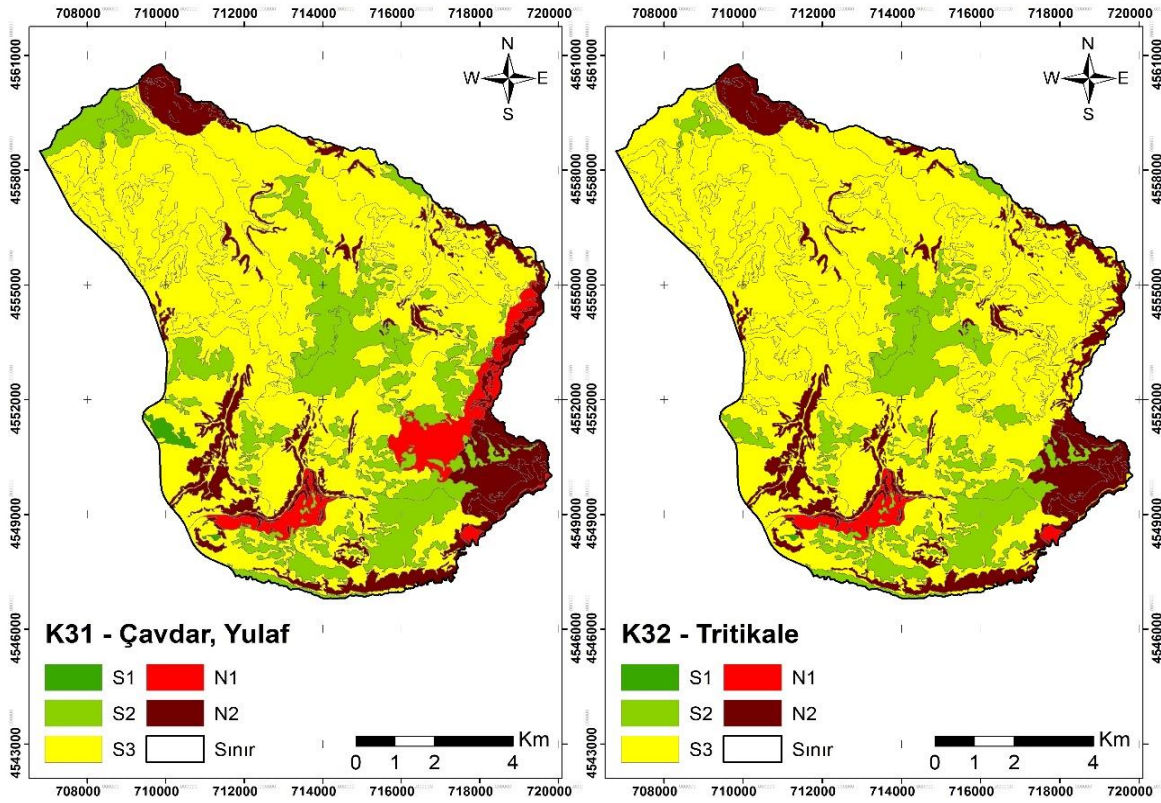
Şekil 17. Zeytin uygunluk dağılım haritası

#### Kuru Tarla Bitkileri Arazi Kullanım Türleri (K.T.A.K.T)

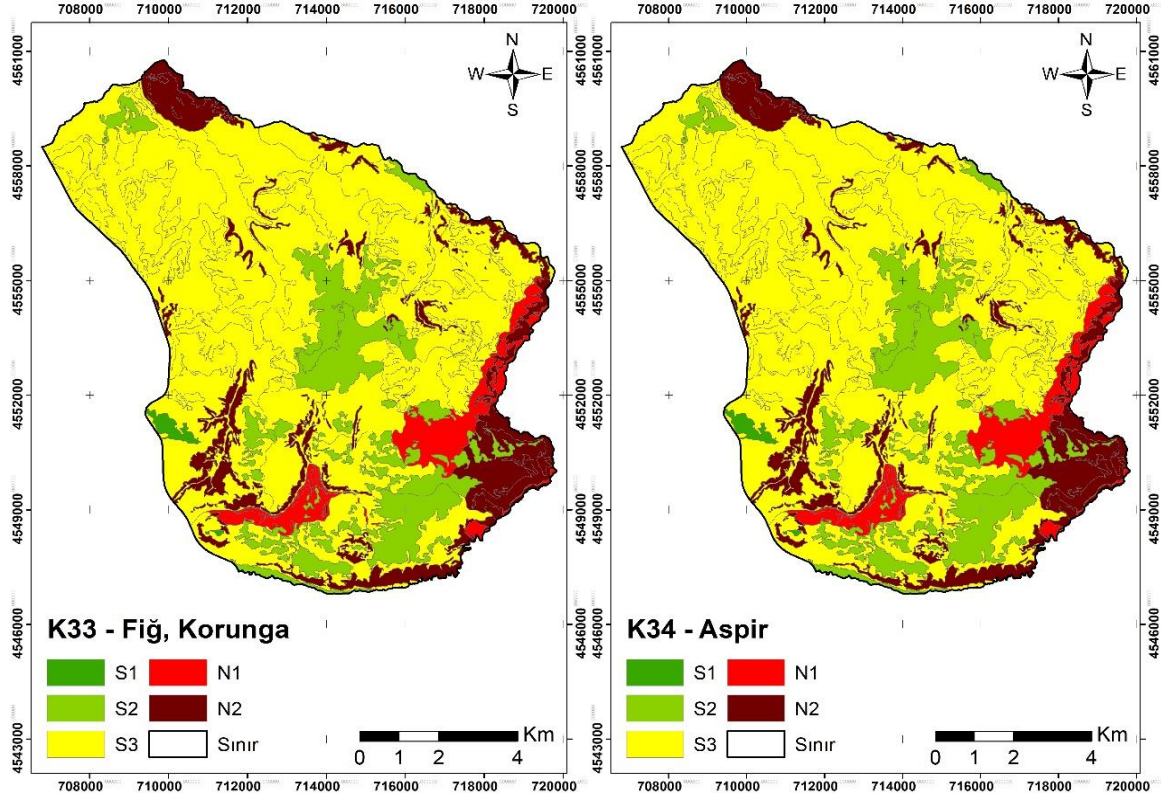
Kuru tarla arazi kullanım türlerinin çalışma sahasının tamamı değerlendirildiğinde S1 sınıfı açısından uygun olan bitki türü 50,82 ha % 0,46 fiğ, korunga, aspir bitkisi ön plana çıkmıştır. Bunun yanı sıra S2 uygunluk sınıfı içerisinde en uygun bitki türünün 2467,22 ha ile %22,25 lik alanda yetişebilecek nitelikte olan buğday, arpa, ayçiçeği, nohut ve mercimek bitkileri olduğu belirlenmiştir. Öte yandan S3 uygunluk sınıfı içerisinde en fazla alanda yetiştirilebilecek nitelikte olan bitki türleri ise 2156,29 ha ile % 19,45'lik alanda az uygun şartlarda elma, kiraz, vişne, şeftali, erik ve armut olarak belirlenmiştir. Kuru tarla arazi kullanım türlerinin uygunluk sınıflarının dağılım haritaları ise sırasıyla Şekil 18 – Şekil 21'de verilmiştir.



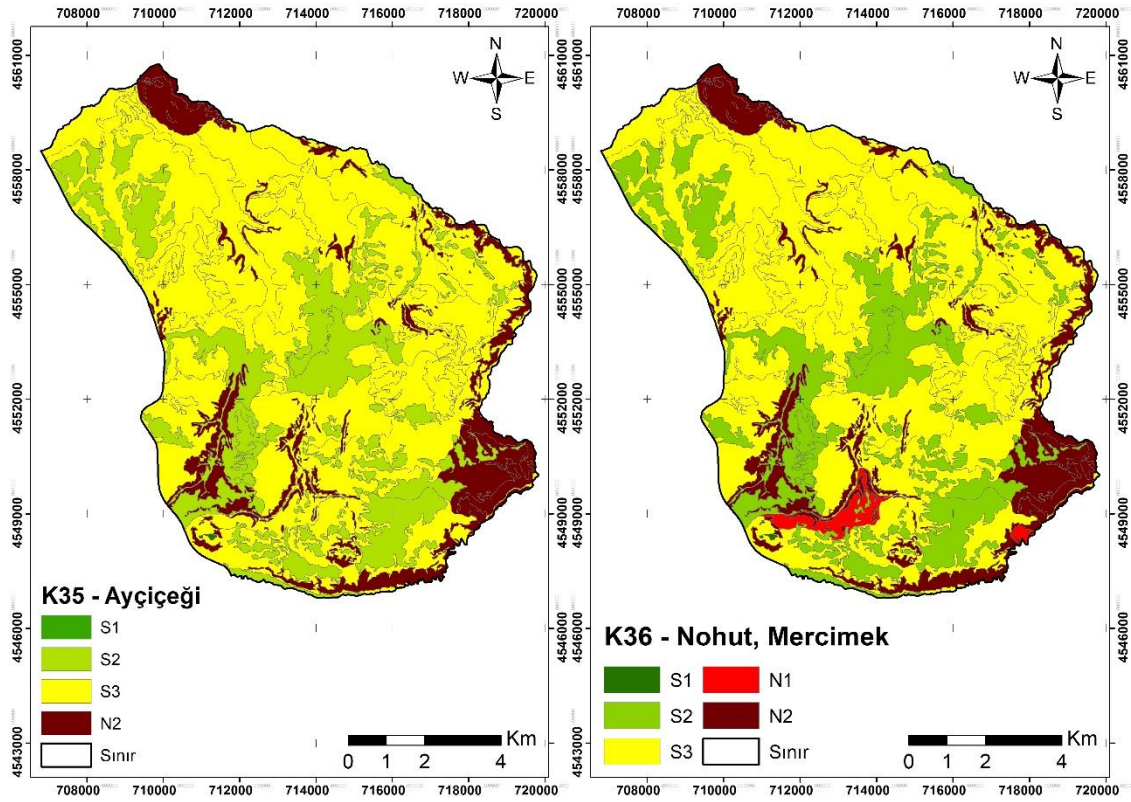
Şekil 18. Buğday (kuru) ve Arpa (kuru) uygunluk dağılım haritası



Şekil 19. Çavdar, Yulaf ve Tritikale uygunluk dağılım haritası



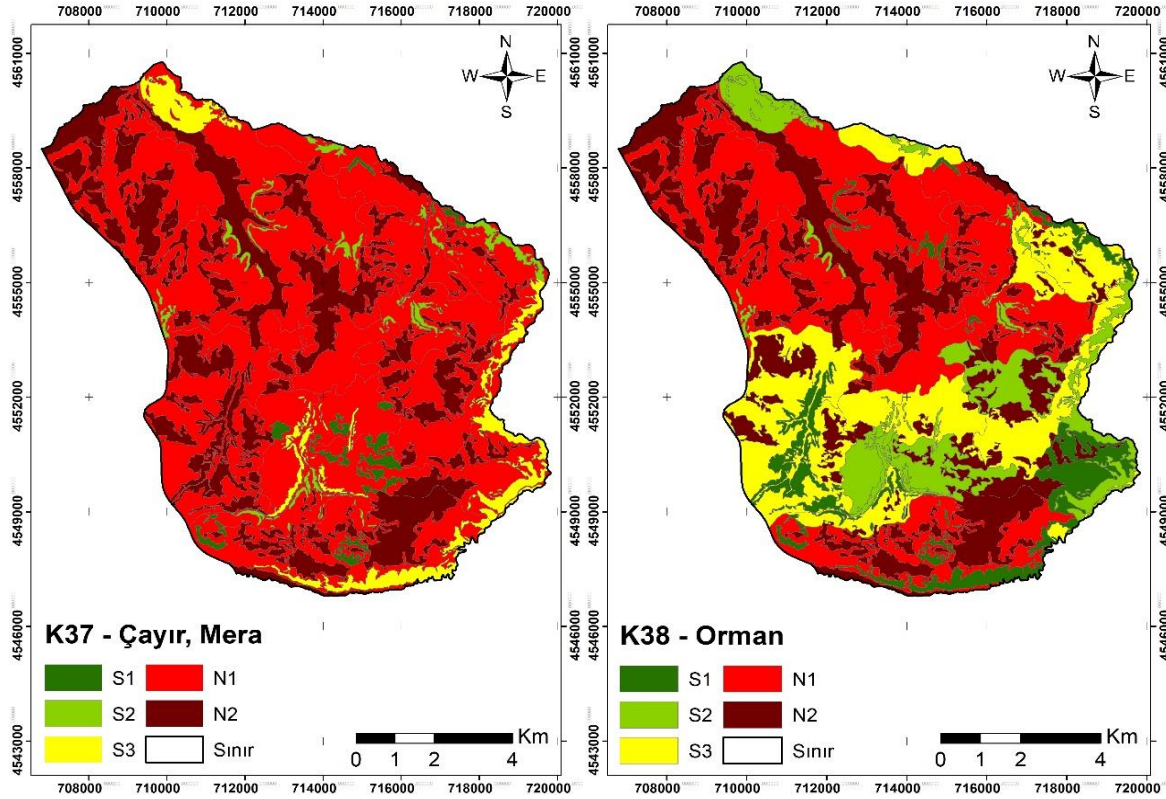
Şekil 20. Fiğ, Korunga ve Aspır uygunluk dağılım haritası



Şekil 21. Ayçiçeği (kuru) ve Nohut, Mercimek (kuru) uygunluk dağılım haritası



Çalışma alanı tarım dışı arazi kullanım türleri açısından değerlendirildiğinde çayır, mera ve orman yapıları dikkate alınmıştır. Bu kullanım türleri tarımın yapılamadığı elverişsiz arazi karakteristikleri göz önünde bulundurularak, uygunluk haritaları oluşturulmuştur. Tarım için elverişli olan bir arazi kullanım türü tarım dışı kullanımlar yönünden N2 yani sürekli olarak uygun değil olarak değerlendirilmeye alınmak zorundadır. Bu nedenle yersel gözlemler ve uydu görüntüsü yardımıyla ormanlık ve meralık alanlar bu sınıf içerisinde değerlendirilmiştir. Tarım dışı arazi kullanım türlerinin uygunluk sınıflarının dağılım haritaları ise sırasıyla Şekil 22' de verilmiştir.



Şekil 22. Çayır, Mera ve Orman uygunluk dağılım haritası

Tunçay ve ark., (2021) Ankara İli Kalecik İlçesinde Tarımsal arazi kullanım planlamasına yönelik yapmış oldukları çalışmada İLSEN arazi değerlendirme programını kullanmışlardır. Çalışma sonucunda araştırma alanında 4562,4 ha (% 3,9) arazinin “iyi” “S1”, 2761,1 ha (%2,4) arazinin “orta” “S2” ve 14605,6 ha (% 12,6) arazinin “az” “S3” olduğunu belirleyerek tarımsal kullanıma uygunluklarını değerlendirmişlerdir. Aydın ve Dengiz, (2020) tarafından Samsun İli Kavak İlçesinde sürdürülebilir arazi yönetimi açısından arazi değerlendirme çalışması yürütülmüştür. Çalışmada tarımsal kullanım uygunluk sınıfları içerisinde “oldukça seçkin” ve “oldukça iyi” olarak tanımlanan tarım arazilerine yönelik bir alanın belirlenmediğini, buna karşın, alanın yaklaşık %51’ini “sorunlu” olarak tanımlanan tarım arazilerinin ve sadece %1.2’sini de “tarım dışı” arazilerin oluşturduğunu belirlemişlerdir. Dengiz ve ark., (2006) tarafından Ankara İli sınırları içerisindeki Atatürk Orman Çiftliği arazilerinin tarımsal kullanım durumunu değerlendirmek amacıyla yapılan çalışmada, alanının sadece % 8.2’ sinin tarım dışı arazilerden oluştuğu, % 54.4’ ünün ise tarımsal kullanım yönünden oldukça iyi arazilerden meydana geldiği belirtilmiştir.

## SONUÇ ve ÖNERİLER

Tarımsal üretim için yapılan uygunluk değerlendirmeleri, tarımın gelişimi ve sürdürülebilir bir şekilde planlanması için temel ve önemli bilgiler vermektedir. Yapılan bu çalışma ile büyük bölümü basınçlı sulama sistemlerine sahip çalışma alanında tarım, orman ve mera kullanımını içerisinde alan 38 adet bitki türüne ait FAO arazi değerlendirme yaklaşımı dikkate alınarak İLSEN arazi değerlendirme metodu ile uygunluk haritaları

oluşturulmuştur. Araştırma sonucuna göre çalışma alanına S1 düzeyinde en yüksek uygunluk gösteren ürünler sulu tarla bitkileri içerisinde 6608 ha ile Buğday bitkisi, sulu bahçe bitkileri içerisinde 1686.28 ha ile kavun, karpuz bitkisi, meyve arazi kullanım türleri içerisinde 4623.43 ha ile bağ bitkisi, kuru tarla bitkileri arazi kullanım türleri içerisinde 50.82 ha ile fiğ, korunga ve aspir bitkisi ön plana çıkarken, tarımın yapılamadığı elverişsiz arazi karakteristikleri göz önünde bulundurularak oluşturulan sorunlu tarım arazileri, mera ve orman arazi kullanım türleri için S1, S2, S3 sınıfları içerisinde değerlendirilmiştir.


Arazi kullanım türlerinin yetiştiricilik açısından uygunluğunu belirlemek üzere eğim, tekstür, toprak derinliği, kireç, erozyon, taşlılık gibi bir çok arazi karakteristiği dikkate alınmıştır. Yapılan detaylı arazi çalışmaları neticesinde eğimin yüksek ve bitki örtüsünün zayıf olarak görüldüğü alanlarda; sıg toprak derinliğinin yanı sıra yüksek kireç içeriği ile erozyon riskine sahip toprak sorunları ön plana çıkmıştır. Kireç sorununun belirli ölçüde azaltılabilmesi için derin ve kuvvetli sürüm ile pulluk katmanının patlatılması, erozyon riskinin düşürülmesi için ise amacına uygun olarak arazilerin kullanımı ve mümkün olduğunda arazi yüzeyinin bitki örtüsünce kaplanması önerilebilir. Ayrıca, bu çalışma stratejik tarım ürünlerinin üretimindeki risklerin azaltılmasına yönelik karar vericilere önemli bilgiler sunabilecek rehber niteliği taşımaktadır.


**Teşekkür:** Bu çalışma Türkiye Cumhuriyeti Tarım ve Orman Bakanlığı'na bağlı Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü tarafından desteklenen "Coğrafi Bilgi Sistem Modellemesi ile Tarımsal Arazi Kullanım Planının Yapılması- Vezirköprü Örneği" TAGEM/TSKAD/B/18/A9/P2/1017 kodlu proje kapsamında üretilmiştir.


**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

Fikret SAYGIN  <http://orcid.org/0000-0001-7771-806X>

Orhan DENGİZ  <http://orcid.org/0000-0002-0458-6016>

Halil AYTOP  <http://orcid.org/0000-0003-0506-3724>

#### KAYNAKLAR

- Anonim., 2024. Vezirköprü ilçesinin iklimi. <https://tr.wikipedia.org/wiki/Vezirk%C3%B6pr%C3%BC> Erişim Tarihi: 20/02/2024.
- Aydın, A., & Dengiz, O. 2020. Sürdürülebilir arazi yönetimi için arazi değerlendirmesi çalışması; Samsun-Kavak İlçesinde örnek bir çalışma. Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 34(1), 1-17.
- Aytop, H., & Şenol, S. 2022a. The effect of different land use planning scenarios on the amount of total soil losses in the Mikail Stream Micro-Basin. Environmental Monitoring and Assessment, 194(5), 321.
- Aytop, H., & Şenol, S. 2022b. Farklı Ana Materyaller Üzerinde Oluşmuş Mikail Çayı Mikro Havzası Toprakları. Türk Tarım Ve Doğa Bilimleri Dergisi, 9(1), 85-96.
- Chen, J. 2007. Rapid urbanization in China: A real challenge to soil protection and food security. Catena, 69(1), 1-15.
- Çelik, P. ve Dengiz, O. 2018. Akselendi Ovası tarım topraklarının temel toprak özellikleri ve bitki besin elementi durumlarının belirlenmesi ve dağılım haritalarının oluşturulması. Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi, 5(1): 9-18.
- Demir, M., Demircioğlu Yıldız, N., Bulut, Y., Yılmaz, S., Özer, S. 2011. Alan Kullanım Planlamasında Potansiyel Tarım Alanlarının Ölçütlerinin Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) Yöntemi ile Belirlenmesi (İspir Örneği). Iğdır Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 1(3): 77-86.
- Dengiz, O., Özdemir, N., Öztürk, E., Yakupoğlu, T. 2009. Doğu Karadeniz Bölgesi Fındık Arazilerinin Tarımsal Kullanıma Uyguluk Sınıflarının Belirlenmesi, Pilot Çalışma; Ünye-Tekiraz Beldesi. Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi, 24(3), 174-183.
- Dengiz, O., Sarioğlu, F. 2011. Samsun İlinin Potansiyel Tarım Alanlarının Genel Dağılımları ve Toprak Etüd Ve Haritalama Çalışmalarının Önemi, Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi, 26 (3), 241-253.

- Dengiz, O., Usul, M., Keçeci, M. 2006. Atatürk Orman Çiftliği Arazilerinin Tarımsal Kullanım Durumlarının Değerlendirilmesi. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 21(1), 55-64.
- Erpul, G., Saygın, S.D., Samray, H., Pınar, M.Ö., Şengören, A. 2014. FAO- Arazi Kullanım Planlamasının Esasları (Birleşmiş milletler Gıda ve Tarım Örgütü- Roma, 1993). Ankara Üniversitesi Yayınları. Yayın No:439.ISBN:978-605-84875-0-5.
- Everest. T., Özcan, H. 2016. Çanakkale İli Karamenderes Alt Havzası Taşkın Ovasının Çeltik Yetiştiriciliğine Uygunluğunun Arazi Değerlendirmesi. *Toprak Su Dergisi*. 5(2): (18-24).
- FAO 1977. A Framework for Land Evaluation, International Institute for Land Reclamation and Improvement/ILRI, Publication 22, Wageningen, The Netherlands, (87 s.).
- George, H. 2005. An overview of land evaluation and land use planning at FAO. FAO (ed.). Rome: FAO.
- Hossain, A., Krupnik, T. J., Timsina, J., Mahboob, M. G., Chaki, A. K., Farooq, M., ... & Hasanuzzaman, M. 2020. Agricultural land degradation: processes and problems undermining future food security. In *Environment, climate, plant and vegetation growth* (pp. 17-61). Cham: Springer International Publishing.
- IPCC, 2022. Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. <https://www.ipcc.ch/>.
- Kaya, N. S., Turan, İ. D., Dengiz, O., & Saygin, F. (2020). Farklı konumsal çözünürlüğe sahip uydu görüntüleri kullanarak CORINE arazi örtüsü/arazi kullanım sınıflarının belirlenmesi. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 7(2), 207-218.
- Khan, M. S. N., Khan, M. M. A. 2014. Land suitability analysis for sustainable agricultural land use planning in Bulandshahr District of Uttar Pradesh. *International J. of Scientific and Res. Publications*, 4, 1-11.
- Maddahi Z., Jalalian A., Kheirkhah Zarkesh M.M., Honarjo N. 2017. Land suitability analysis for rice cultivation using a GIS-based fuzzy multi-criteria decision making approach: central part of Amol District, Iran. *Soil & Water Res.* 12: 29–38.
- Malhi, G. S., Kaur, M., & Kaushik, P. 2021. Impact of climate change on agriculture and its mitigation strategies: A review. *Sustainability*, 13(3), 1318.
- Montgomery, B., Dragičević, S., Dujmović, J., & Schmidt, M. 2016. A GIS-based Logic Scoring of Preference method for evaluation of land capability and suitability for agriculture. *Computers and Electronics in Agriculture*, 124, 340-353.
- Öztekin, T., Susam, T., Gerçekçioğlu, R. 2008. Tokat Kazaova Arazilerinin Şeftali Yetiştiriciliğine Uygunluklarının Coğrafi Bilgi Sistemi Yardımıyla Belirlenmesi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*. 5 (2).
- Özyazıcı, M.A., Dengiz, O., Sağlam, M., Erkoçak, A., Türkmen, F. 2017. Mapping and assessment-based modeling of soil fertility differences in the central and eastern parts of the Black Sea region using GIS and geostatistical approaches. *Arabian Journal of Geoscience*, 1045: 1-9. DOI 10.1007/s12517-016-2819-6.
- Saygın, F., & Dengiz, O. 2023. Detailed soil mapping and classification study for sustainable agricultural land management; Samsun-Vezirköprü example. *Soil Studies*, 12(1), 40-53.
- Saygın, F., Aytıp, H., Dengiz, O., Koç, Y., & İmamoğlu, A. 2023. Yarı Kurak Ekolojik Koşullara Sahip Toprakların Verimlilik Özelliklerine Yönelik Konumsal Dağılımlarının Belirlenmesi; Samsun-Vezirköprü Örneği. *Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Mühendislik ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 5(2), 131-151.
- Şenol, S. ve Tekeş, Y. 1995. Arazi değerlendirme ve arazi kullanım planlaması amacıyla geliştirilmiş bir bilgisayar modeli. I. Akalan Toprak ve Çevre Sempozyumu. Ankara.
- Tunçay, T., Saygın, F., İmamoğlu, A., Dengiz, O., Keçeci, M., Usul, M., & Başkan, O. 2021. Yarı Kurak Ekolojik Koşullar Altında Tarımsal Arazi Kullanım Planlamasının Hazırlanması: Ankara-Kalecik Örneği. *ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 9(2), 339-358.
- Turan, M., Dengiz, O., & Turan, D, İ. 2018. Samsun İlinin Newhall Modeline Göre Toprak Sıcaklık ve Nem Rejimlerinin Belirlenmesi. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 5(2), 131-142. Doi: 10.19159/tutad.382340
- Van Wambeke AR. 2000 The Newhall Simulation Model for Estimating Soil Moisture and Temperature Regimes. Ithaca, N.Y., Washington, DC: Department of Crop and Soil Sciences, U.S. Department of Agriculture.
- Yüksel, A., Meral, A., Demir, Y., & Eroğlu, E. 2018. Yamaç Mikrohavzası'nda (Bingöl) Arazi Kullanımı Durumunun CBS ile Belirlenmesi ve Agro-Turizm Potansiyelinin Değerlendirilmesi. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 5(3), 236-244.
- Zhou, Y., Li, X., & Liu, Y. 2021. Cultivated land protection and rational use in China. *Land Use Policy*, 106, 105454.

## Responses of Alkali Grass (*Puccinellia ciliata* Bor) Genotypes to Geothermal Water

Volkan Mehmet ÇINAR<sup>1\*</sup> , Aydın ÜNAY<sup>2</sup> 

<sup>1</sup>Postdoctoral Researcher, Faculty of Agriculture, Department of Field Crops, Aydın Adnan Menderes University, Aydın, Türkiye

<sup>2</sup>Faculty of Agriculture, Department of Field Crops, Aydın Adnan Menderes University, Aydın, Türkiye

\*Corresponding Author e-posta : [vmcinar@gmail.com](mailto:vmcinar@gmail.com)

Geliş Tarihi: 01.03.2024 Düzeltme Geliş Tarihi: 22.04.2024 Kabul Tarihi: 25.04.2024

### ABSTRACT

The increasing use of geothermal resources for generating electrical energy has brought the negative impact of geothermal fluids on the surrounding agricultural areas in Turkey. Alkali grass is a halophyte plant that spreads in marginal areas such as waterlogged, excessively alkaline, and salty areas. A study was conducted to test the response of 12 different alkaline grass genotypes improved by us to geothermal and mineral water used as irrigation water in the Faculty of Agriculture of Aydın Adnan Menderes University. Geothermal water had significantly higher values than mineral water in terms of EC and mineral content. In a Split-Plot Completely Randomized Design, irrigation treatment was assigned in the main plots and genotypes were assigned in the sub-plots. The treatment of geothermal water reduced the panicle length and seed yield by 14.01% and 64.21%, respectively. Genotypes II, VI and VII produced the highest biomass despite geothermal water. The highest seed yield and harvest index were recorded in genotypes IX and XI under geothermal water conditions, although they had low biomass values. The determinant traits were the number of tillers per plant for biomass, the number of panicles per plant, and plant height for seed yield. Genotypes XII and XI were seed-type, whereas genotypes IX and VIII were biomass-type, according to the Biplot graph.

**Keywords:** Alkali grass genotypes, biomass, biplot, geothermal water, seed yield

### Çorak Çimi (*Puccinellia ciliata* Bor) Genotiplerinin Jeotermal Su Uygulamasına Tepkisi

#### ÖZ

Elektrik enerjisi üretimi için jeotermal kaynakların artan kullanımı, Türkiye'de jeotermal akışkanların çevredeki tarım alanları üzerindeki olumsuz etkilerini de beraberinde getirmiştir. Alkali çim su göllenmiş, aşırı alkali ve tuzlu olarak tanımlanan bu marjinal alanlarda yayılan halofit bitki türlerinden biridir. Tarafımızdan ıslah edilen 12 farklı alkali çim genotipinin sulama suyu olarak kullanılan jeotermal ve mineral suya tepkisini test etmek için Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesinde bir çalışma yürütülmüştür. Jeotermal su, EC ve mineral içeriği açısından mineralli sudan önemli ölçüde daha yüksek değerlere sahipti. Tesadüf parsellerinde bölünmüş parseller deneme desenine göre yürütülen çalışmada, sulama uygulamaları ana parsellere, genotipler ise alt parsellere yerleştirilmiştir. Jeotermal su uygulaması salkım uzunluğunu ve tohum verimini sırasıyla %14,01 ve %64,21 oranında azaltmıştır. Biyokütle için kardeş sayısı, tohum verimi için ise salkım sayısı ve bitki boyu belirleyici özellikler olmuştur. Biplot grafiğine göre XII ve XI genotipleri tohum tipi olarak belirlenirken, IX ve VIII genotipleri biyokütle tipi olarak saptanmıştır.

**Anahtar kelimeler:** Biplot, biyokütle, çorak çimi genotipleri, jeotermal su, tohum verimi

## INTRODUCTION

Water resources have started to be used in many ways, such as drinking water, agricultural irrigation, energy production, transportation and recreation with the advancement of technology (Hacisalihoğlu et al., 2023). The climate irregularities experienced in recent years have necessitated more efficient and effective use of soil and water resources and all natural resources (Coşkun et al., 2020). Türkiye has many geothermal resources with different contents and characteristics that can be used for energy production, medical purposes and other fields (Doğanay and Soyulu, 1999; Akbulut, 2010; Karatepe et al., 2023). As an inevitable consequence of industrialization, the recharge of wastewater in agricultural areas is increasing day by day (Ali et al., 2020). When geothermal resources are used, discharge water is released directly or indirectly uncontrolled. Büyük Menderes basin is rich in geothermal resources, and the fluids mostly flow into the Büyük Menderes River (Koç, 2007). This situation harms the heavy metal pollution of drainage waters that could be used for irrigation, groundwater, soil, and plants (Derin et al., 2020).

Alkaline grass (*Puccinellia ciliata* Bor) is a natural habitat where the mineral content in the soil reaches toxic levels, waterlogged, saline and marshy (Zhang et al., 2021), and is especially widespread in areas close to geothermal water sources in Aegean Region, Türkiye (Tan and Sorger, 1986; Yavaş and Ünay, 2017; Yavaş et al., 2020; Çınar and Ünay, 2020). Geothermal fluids are saline and alkali waters with a dissolved matter content of 2-4 g l<sup>-1</sup>, which contain large amounts of Ca, Na, SO<sub>4</sub> and Cl (Lee et al., 1996; Haddad et al., 2003), Zn, Fe and Al (Poyraz, 2016). The most crucial problem with geothermal water fluids in the Büyük Menderes River is B content (Koç, 2007), while B content in *Puccinellia* distribution areas is above toxic levels (Yavaş, 2017).

Meriç et al. (2021) show that using geothermal fluid in irrigation is a promising and economical method, provided that caution is exercised regarding its potential to be harmful to the plant. It was emphasized that EC and exchangeable sodium will increase the use of geothermal water; therefore, the irrigation method is important, and the leaching irrigation method should be preferred (Stanley and Schmitt, 1980). In studies where geothermal water was used, the response of different plant species was investigated during the germination, early seedling and advanced development periods. As the geothermal water dose increased, plant height, root length, number of leaves and dry matter content decreased with the decrease in the number of conduction bundle fractions in the early seedling period of rice (Lee et al., 1996). It was determined that the mahogany (*Swietenia macrophylla* King) plant formed a density around the geothermal fluids and that the main problem in this plant in the geothermal water applied in this plant was due to salinity and firstly, the edges of the old leaves dried up and then leaf fall occurred with complete drying (Tuyor et al., 2005). In another study, geothermal water decreased chlorophyll fragments and carotenoids in the early growing stages of wheat and barley while B, Mg and Na significantly increased (Karatepe et al., 2023).

The initial origin of the alkaline grass genotypes we studied is mainly in the Söke (37°49'N, 27°30'E) and Germencik/Aydın locations (37°50'N, 27°50'E), which are close to geothermal electricity production facilities and areas where geothermal water is used in greenhouses. Studies on the effects of geothermal water on the spreading areas of alkaline grass are lacking. Therefore, this study was conducted to investigate the effect of geothermal water on biomass and seed yield in different genotypes.

## MATERIAL and METHODS

A pot study was carried out in Aydın Adnan Menderes University Faculty of Agriculture Research and Training areas. The alkali grass (*Puccinellia ciliata* Bor) seeds used in this study belonged to 12 superior genotypes developed through recurrent selection by us (Yavas et al., 2017). Pots with 20 cm wide, 51 cm long and 17 cm wide were filled with ½ torf and ½ perlite (Hosseini et al., 2023). Each pot received 4 g of 15-15-15 composed fertilizer before planting.

### Water source and treatments

The experimental design was a split-plot arrangement in a Completely Randomized Design (CRD) with three replications. Two irrigation treatments were assigned to the main plots, while twelve genotypes were assigned to the sub-plots. Pots were irrigated to field capacity (10% w/w) by checking the soil moisture meter (ProCheck, Decagon Devices, Inc., United States). Fifty seeds were sown in pots and thinned to 25 seeds ten days after emergence. Irrigation was continued every ten days according to the field capacity until the pre-harvest period in the plots of each irrigation treatment.

Table 1 represents the geothermal and mineral water characteristics. The results of the analyses showed that the mineral water is suitable for irrigation, whereas the thermal water is salty and extremely rich in macro and micro elements containing high salts.

### Data collection

Before harvesting, ten plants in the center of each pot were sampled. Plant height (PH; cm), the number of tillers per plant (TN), panicle length (PL; cm) and the number of panicles per plant (PN) were measured. In the harvest period, sampled plants in each pot were cut to determine the total dry biomass (BM; mg plant<sup>-1</sup>) and seed yield (SY; mg plant<sup>-1</sup>) according to recommended by Tarasoff et al. (2007) and Liu and Coulman (2015). After separating the seeds, other parts were dried at 105 °C for 48 hours to determine dry biomass. The harvest index (HI; %) was calculated by proportioning seed weight to total dry biomass.

### Data analysis

The observed data were subjected to analysis of variance (ANOVA) (Steel et al., 1997) following the split-plot design in CRD using the 'agricolae' package (Mendiburu and Mendiburu 2019) in R free software environment for statistical computing. Fisher's LSD (Least Significant Difference; Fisher, 1935) test was used to compare the means of water treatments and Tukey's HSD (Honestly Significant Difference; Tukey, 1949) test was used to compare the means of water treatments × genotypes interaction at  $p \leq 0.05$  level.

Table 1. Biochemical analysis results for geothermal and mineral water

Characters	Geothermal Water	Mineral Water
pH	6.33	7.65
EC	4.39	0.50
K (mg lt <sup>-1</sup> )	97.68	0.10
Na (mg lt <sup>-1</sup> )	1093.36	4.51
Ca (mg lt <sup>-1</sup> )	51.28	13.00
Mg (mg lt <sup>-1</sup> )	37.67	0.03
HCO <sub>3</sub> (mg lt <sup>-1</sup> )	2697.83	11.62
CO <sub>3</sub> (mg lt <sup>-1</sup> )	123.47	0.00
SO <sub>4</sub> (mg lt <sup>-1</sup> )	130.98	4.07
SiO <sub>2</sub> (mg lt <sup>-1</sup> )	173.34	
Fe (ppb)	174.26	
Cu	29.67	
B	2.69	
Cr	6.09	
Mn	8.92	
Co	0.26	
Cd	TE	
Ni	TE	
Pb	TE	
Zn	TE	

## RESULTS and DISCUSSION

Genotypic differences were significant for all examined traits, while water treatment significantly affected all parameters except the number of tillers per plant (Table 2). It has been reported in many studies that interspecific and intraspecific variation in *Puccinellia* plants against abiotic stress factors was high (Kenkel et al., 1991; Tarasoff et al., 2007; Gilbert and Fraser, 2016). It was also emphasized that stress did not reduce variation in *Puccinellia* species (Hill, 1990). Significant interactions showed that the genotypes differed in their responses to water treatments for the traits studied. The application of geothermal water affected all traits significantly and negatively (Table 3). The negative effect of agriculturally used geothermal water on crop yields has been emphasized in many studies (Elyakoubi, 1992; Lee et al., 1996; Haddad et al., 2003). It has been reported that geothermal water, especially its high EC and sodium content, is the most important factor in reducing the examined traits by negatively affecting all metabolisms, such as photosynthesis and respiration in plants (Kenkel et al., 1991). Panicle length was the least affected trait (14.91%), while geothermal water reduced seed yield by 64.21%.

Table 2. The ANOVA for examined traits

SOV	df	PH	PL	PN	TN	BM	SY	HI
Water Tre. (WT)	1	2544.22**	232.92*	86.68*	107.56	122.62**	91734.70*	6.37**
Error-1	2	25.40	4.41	1.94	3.81	0.47	1914.64	0.18
Genotype (G)	11	385.67**	130.47**	25.83**	52.39**	9.60**	19673.70**	8.30**
WT × G	11	269.71**	52.18**	27.80**	34.07**	14.82**	18918.90**	9.85**
Error-2	44	28.02	3.27	1.10	2.96	1.08	1314.60	0.19
General	71							

\*:  $p \leq 0.05$ ; \*\*:  $p \leq 0.01$ . PH: Plant height (cm), PL: Panicle length (cm); PN: The number of panicles per plant; TN: The number of tillers per plant, BM: Total dry biomass (mg plant<sup>-1</sup>); SY: Seed yield (mg plant<sup>-1</sup>); HI: Harvest index (%).

Since water treatment × genotype interaction was significant for all traits examined, it was compared genotypes under water treatment factors. While genotypes IX and XII had the highest plant height in normal irrigation, genotypes II and XI produced the highest in geothermal water treatment. V and VII genotypes exhibited the lowest plant height in geothermal water treatment plots. Geothermal water treatment positively affected panicle length in genotypes II, IX and XI compared to other genotypes, while there was no difference between both irrigation treatments in genotypes III and X. While the panicle number of many genotypes was negatively affected by geothermal water treatment, it increased in genotypes such as I, VI, VIII and XI. It was found that panicle number was the most affected yield component in many crops under stresses such as salinity and drought (Khatun et al., 1995; Hasanuzzaman et al., 2009).

Table 3. The mean values of treatments and genotypes for examined traits

Water Tre.	Gen.	PH	PL	PN	TN	BM	SY	HI
Geothermal	I	35.67 c-e	22.33 e-i	7.67 b-e	6.67 c-e	3.68 f-h	56.67 de	1.60 c-g
	II	41.67 cd	31.17 ab	4.33 f-i	2.67 e	6.67 c-f	14.00 e	0.22 h
	III	26.67 d-g	22.17 f-i	3.33 hi	9.67 a-d	4.17 f-h	76.67 de	1.88 c
	IV	20.67 e-g	15.33 j-k	2.67 i	4.33 de	4.97 e-h	16.67 e	0.33 gh
	V	11.33 g	13.00 k	4.00 g-i	4.33 de	3.33 gh	16.67 e	0.49 d-h
	VI	20.33 e-g	16.00 jk	6.00 c-h	5.00 c-e	5.23 e-h	18.33 e	0.36 e-h
	VII	18.33 fg	23.00 e-h	5.00 d-i	6.00 c-e	5.13 e-h	25.00 e	0.49 d-h
	VIII	34.67 c-f	23.00 e-h	7.33 b-f	7.00 c-e	5.07 e-h	56.67 de	1.16 c-h
	IX	30.33 c-f	20.83 f-j	6.33 c-h	14.33 ab	4.25 f-h	76.67 de	1.82 cd
	X	27.00 c-g	17.00 i-k	4.33 f-i	3.00 e	3.28 gh	13.33 e	0.40 e-h
	XI	40.33 cd	18.00 g-k	10.33 b	3.00 e	2.30 h	90.00 b-e	3.92 b
	XII	29.67 c-f	24.67 c-f	4.67 e-i	9.67 a-d	5.40 e-h	16.67 e	0.31 gh
	<b>Ave.</b>	<b>28.06 B</b>	<b>20.54 B</b>	<b>5.50 B</b>	<b>6.31 B</b>	<b>4.46 B</b>	<b>39.78 B</b>	<b>1.08 B</b>
Mineral	I	34.67 c-f	28.00 a-e	5.00 d-i	7.00 c-e	5.21 e-h	46.67 de	0.91 c-h
	II	25.00 d-g	26.00 b-f	5.33 c-i	6.33 c-e	5.45 e-h	16.67 e	0.33 f-h
	III	43.67 bc	23.67 d-g	6.00 c-h	6.67 c-e	5.37 e-h	55.00 de	1.03 c-h
	IV	36.67 c-e	28.00 a-e	8.00 b-d	9.33 b-d	6.42 d-g	60.00 de	0.94 c-h
	V	29.00 c-f	20.50 f-j	4.67 e-i	3.33 e	3.91 f-h	23.33 e	0.68 c-h
	VI	29.67 c-f	24.17 c-f	5.67 c-i	4.33 de	4.86 e-h	36.67 e	0.76 c-h
	VII	33.67 c-f	29.67 a-c	6.33 c-h	12.67 ab	8.03 b-e	62.33 de	0.78 c-h
	VIII	41.67 cd	29.33 a-d	6.67 c-g	13.67 ab	9.88 a-c	86.67 c-e	0.86 c-h
	IX	60.00 ab	16.00 jk	10.33 b	15.00 a	11.56 a	203.33 b	1.71 c-e
	X	41.00 cd	17.33 h-k	8.33 bc	12.67 ab	10.15 ab	193.33 bc	1.93 c
	XI	41.67 cd	14.00 k	8.00 b-d	10.33 a-c	9.35 a-d	156.67 b-d	1.69 c-f
	XII	62.67 a	33.00 a	18.00 a	3.67 e	4.59 f-h	393.33 a	8.51 a
	<b>Ave.</b>	<b>39.94 A</b>	<b>24.14 A</b>	<b>7.69 A</b>	<b>8.75 A</b>	<b>7.07 A</b>	<b>111.17 A</b>	<b>1.68 A</b>

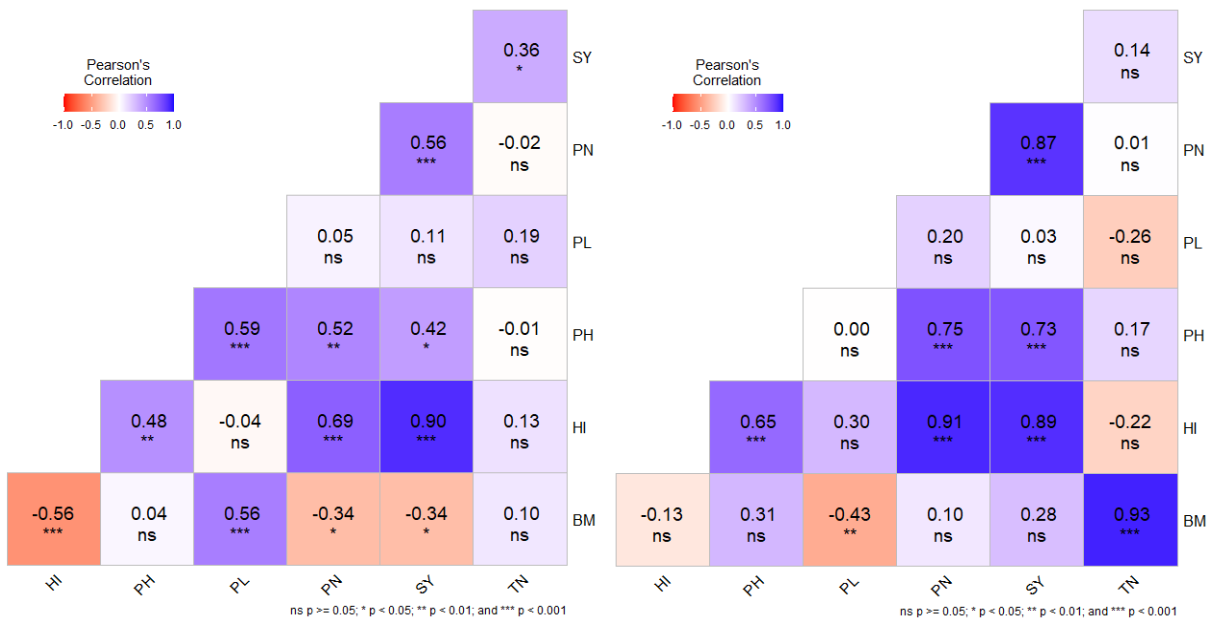
PH: Plant height (cm), PL: Panicle length (cm); PN: The number of panicles per plant; TN: The number of tillers per plant, BM: Total dry biomass (mg plant<sup>-1</sup>); SY: Seed yield (mg plant<sup>-1</sup>); HI: Harvest index (%). Means not followed by the same letter(s) in the same column are significantly different. Upper- and lower-case letters were used to compare water treatments and water treatment × genotype interaction, respectively.

Biomass production of alkali grass is very important for animal feeding. In genotypes IX, X, VIII and XI, biomass was quite high in mineral water treatment, but these genotypes were the most affected by the negative effect of geothermal water. Genotypes II, XII and VI produced the highest biomass under geothermal

conditions. Similar to the results of our study, Haider et al. (2013) emphasized that alkali grass can be successfully grown in saline and waterlogged conditions for animal feeding. Seed yield per plant is vital for spreading and establishing alkaline grass. Genotypes with substantial biomass also had higher seed yields. While genotype XI gave the highest yield in geothermal water treatment, it was determined that the negative effect of geothermal water triggered seed yields in genotypes I and III compared to mineral water. It was determined that genotype XI had the highest harvest index under geothermal water conditions, and genotype XII had the highest harvest index under mineral water conditions.

It was calculated the correlation coefficients to determine the plant type with high biomass and seed yield in alkaline grass and to determine the traits that can be selection criteria in breeding studies (Table 4). Plant height and the number of panicles per plant positively and significantly correlated with seed yield and harvest index under both water treatment conditions. A significant and positive correlation coefficient between plant height and the number of panicles per plant indicated that seed type was associated with longer plant height and a greater number of panicles per plant.

Table 4. Correlations between the examined traits under geothermal (left) and mineral (right) water treatments. PH: Plant height (cm), PL: Panicle length (cm); PN: The number of panicles per plant; TN: The number of tillers per plant, BM: Total dry biomass (mg plant<sup>-1</sup>); SY: Seed yield (mg plant<sup>-1</sup>); HI: Harvest index (%).



Extracted Eigenvalue > 1 indicated that two components, PC1 and PC2, carried 50.33% and 24.51% of the supply of information input variables, respectively. Alkali grass genotypes and examined traits were positioned on the plot as vectors in the PC biplot (Figure 1). Vector lengths showed that all traits except panicle length had a wide variability. The number of tillers per plant and biomass versus other traits were found to be located in different regions. Plant height, panicle length, the number of panicles per plant and seed yield were close to each other. This finding confirmed the interpretations made for the correlations. Our results agree with those of Liu and Coulman (2015), who found a significant and positive correlation coefficient between the number of tillers per plant and biomass yield in alkaline grass. Moreover, in perennial ryegrass (Yamada et al., 2004) and Napier grass (Xia et al., 2009), the number of tillers per plant was the essential indicator of biomass. The negative and significant correlation between dry matter yield and seed yield in both water treatment conditions contradicted the findings of Liu and Coulman (2015). The biplot graph indicated that genotypes XII and XI were seed-type, whereas genotypes IX and VIII were biomass-type. Grime (1979) and Tarasoff et al. (2007) emphasized that Puccinellia species grown in normal soil are less competitive (i.e. shorter plants, fewer tillers, lower biomass and yield) than when grown in saline soil. Gray and Scott (1980) revealed that variation in the biomass-type, a measure of tillering rate, overall plant leaf size, and the tendency to produce several large



or many small tillers was associated with variation in growth habit (erectness) and that genotypes collected from originally grazed salt marshes tended to be fast tillering, small, short-leaved, and prostrate.

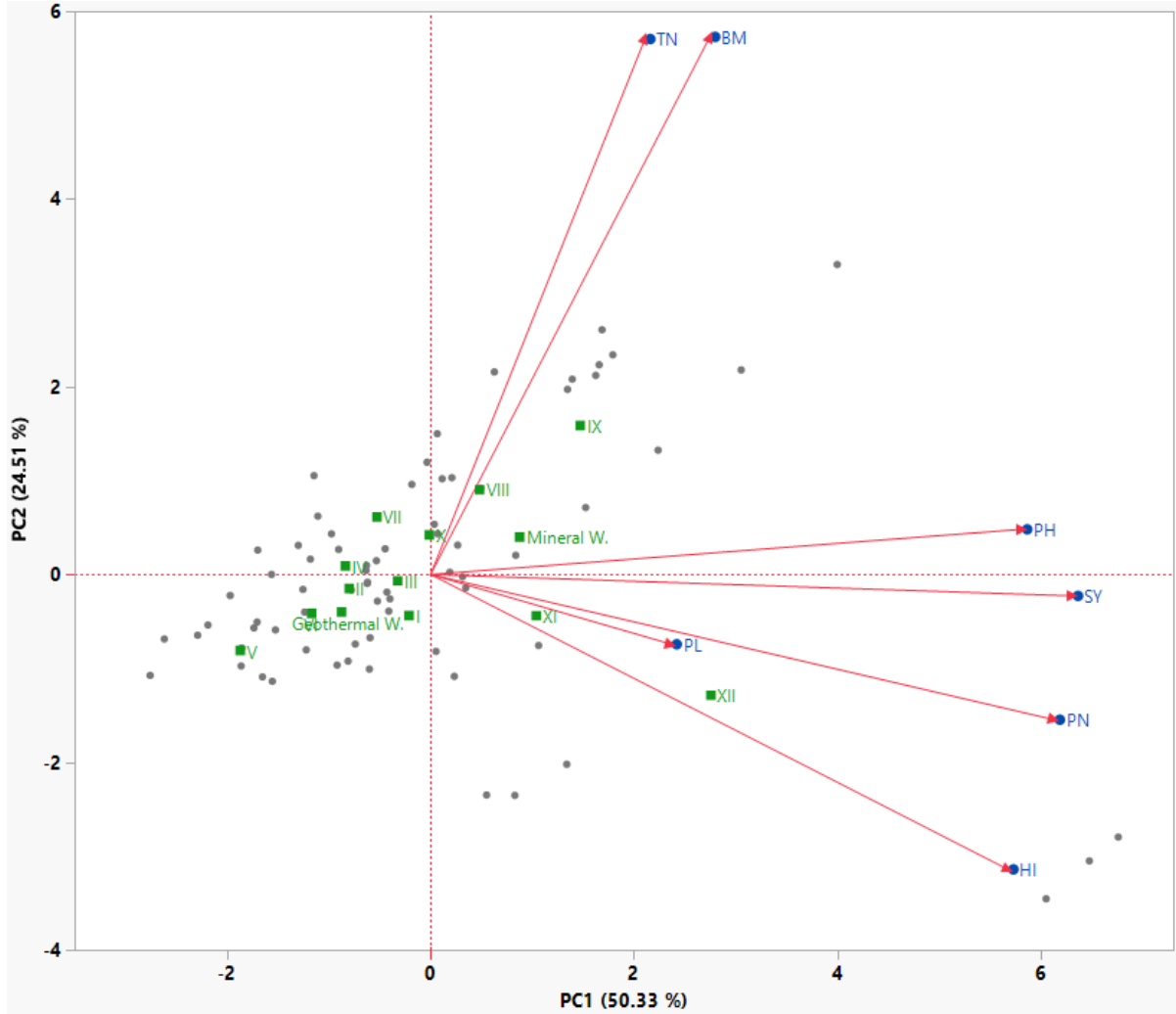


Figure 1. PCA biplot graph for pooled water treatment data

## CONCLUSION

The present study revealed the difference between genotypes's responses to adverse conditions caused by geothermal water in the alkaline grass plant. Seed yield, hence the spread of alkali grass and the possibility of establishing new areas, was most affected by geothermal water. Biomass-type genotype IX and seed-type genotype XII distinguished sharply over other alkaline grasses. It was observed that the number of tillers per plant for biomass and the number of panicles per plant for seed yield were the most important selection criteria.

**Conflicts of Interest:** The authors declare that they have no conflict of interest.

**Authorship Contribution Statement:** The authors declare that their contributions are equal.

## YAZAR ORCID NUMARALARI

Volkan Mehmet ÇINAR  <http://orcid.org/0000-0001-5822-5649>

Aydın ÜNAY  <http://orcid.org/0000-0002-7278-4428>

## REFERENCES

- Akbulut, G. (2010). The thermal spring tourism in Turkey and problems. *Gaziantep University Journal of Social Sciences*, 9 (1): 35-54.
- Ali, S., Abbas, Z., Rizwan, M., Zaheer, I.E., Yavaş, İ., Ünay, A., Abdel-Daim, M.M., Bin-Jumah, M., Hasanuzzaman, M. and Kalderis, D. (2020). Application of floating aquatic plants in phytoremediation of heavy metals polluted water: A review. *Sustainability*, 12 (5): 1927. <https://doi.org/10.3390/su12051927>
- Coşkun, Y., İsmail, T. A. S., Akçura, M., Ayhan, O., Tütenocaklı, T., and Yeter, T. (2020). The effects of different irrigation water salinity levels on seedling development of maize. *Turkish Journal of Agricultural and Natural Sciences*, 7(4), 1139-1147. <https://doi.org/10.30910/turkjans.728571>
- Çınar, V. M. and Ünay, A. (2022). Biological and Agronomic Characterization of Improved Alkali Grass Genotypes (*Puccinellia ciliata* Bor) in the Aegean Region of Turkey. *Current Journal of Applied Science and Technology*, 41 (28): 33-43. <https://doi.org/10.9734/cjast/2022/v41i2831794>
- De Mendiburu, F. and De Mendiburu, M. F. (2019) Package 'agricolae'. R Package, Version, 1, 3. Available from: <https://cran.rproject.org/web/packages/agricolae/agricolae.pdf>
- Derin, P., Yetiş, A. D., Yeşilnacar, M. İ. and Yapıcıoğlu, P. (2020). Investigation of Potential Heavy Metal Pollution Caused by Geothermal Waters in GAP's Largest Irrigation Area. *Geological Bulletin of Turkey*, 63 (1): 125-136. <https://doi.org/10.25288/tjb.626743>
- Doğanay, H. and Soylu, H. (1999). The importance of Deliçermik Thermal spring from the point of view of tourism. *Turkish Geographical Review*, 34: 1-18. <https://doi.org/10.17211/tcd.69686>
- Elyakoubi, A. (1992). Influence du substrat de culture et de la solution fertilisante sur la production du melon d'arrière saison et de primeur. Thèse de 3<sup>ème</sup> Cycle. INAT. Tunisie.
- Fisher, R. A. (1935). Design of Experiments. London: Oliver and Boyd. <http://tankona.free.fr/fisher1935.pdf>
- Gilbert, A. A. and Fraser, L. H. (2016). Effects of Competition, Salinity and Disturbance on the Growth of *Poa pratensis* (Kentucky Bluegrass) and *Puccinellia nuttalliana* (Nuttall's Alkaligrass). In: Khan, M., Boër, B., Öztürk, M., Clüsener-Godt, M., Gul, B., Breckle, SW. (eds) *Sabkha Ecosystems. Tasks for Vegetation Science*, pp. 349-367, vol 48. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-27093-7\\_19](https://doi.org/10.1007/978-3-319-27093-7_19)
- Gray, A. J. and Scott, R. (1980). A genecological study of *Puccinellia maritima* Huds.(Parl.) I. Variation estimated from single-plant samples from British populations. *New Phytologist*, 85 (1): 89-107. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.1980.tb04451.x>
- Grime, J. (1979). Plant Strategies, vegetation processes, and ecosystem properties. John Wiley & Sons, London, UK.
- Hacısalihoğlu, S., Kaynar, E. and Darat, V. D. (2023). Evaluation of Mustafakemalpaşa stream water quality in terms of environmental quality standards and usage purposes. *Turkish Journal of Agricultural and Natural Sciences*, 10(4), 750-760. <https://doi.org/10.30910/turkjans.1225692>
- Haddad, M., Mougou, A. and Boukhris, M. (2003). Growth and quality of tomato plants grown in sand and perlite by the use of geothermal water. *Acta Horticulturae*, 609: 447-452. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2003.609.69>
- Haider, M. S., Ibrahim, M., Athar, H. R., Sarwar, G. and Tahir, M. A. (2013). Ability of *Puccinellia ciliata* to grow in a waterlogged saline environment. *Agrochimica*, 57 (3): 279-288.
- Hasanuzzaman, M., Fujita, M., Islam, M. N., Ahamed, K. U. and Nahar, K. (2009). Performance of four irrigated rice varieties under different levels of salinity stress. *International Journal of Integrative Biology*, 6 (2): 85-90.
- Hill, M. I. (1990). Population differentiation in *Spartina* in the Dee estuary—common garden and reciprocal transplant experiments. *Spartina anglica—A Research Review from Institute of Terrestrial Ecology Research Publication*, No: 2, pp. 15-19.
- Hosseini, S., Shabani, L., Sabzalian, M. R. and Gharibi, S. (2023). Foliar spray of commercial seaweed and amino acid-derived biostimulants promoted phytoremediation potential and salinity stress tolerance in halophytic grass, *Puccinellia distans*. *International Journal of Phytoremediation*, 25 (4): 415-429. <https://doi.org/10.1080/15226514.2022.2088688>
- Karatepe, V., Elveren, M. and Etem, O. (2023). Investigation of the effects of geothermal and mineral water on barley (*Hordeum vulgare* L.) and Wheat (*Triticum aestivum* L.). *Eskişehir Technical University Journal of Science and Technology C- Life Sciences and Biotechnology*, 12 (1): 19-29. <https://doi.org/10.18036/estubtdc.1195951>
- Kenkel, N. C., McIlraith, A. L., Burchill, C. A. and Jones, G. (1991). Competition and the response of three plant species to a salinity gradient. *Canadian Journal of Botany*, 69 (11): 2497-2502. <https://doi.org/10.1139/b91-310>

- Khatun, S., Rizzo, C. A. and Flowers, T. J. (1995). Genotypic variation in the effect of salinity on fertility in rice. *Plant and Soil*, 173: 239-250. <https://doi.org/10.1007/BF00011461>
- Koç, C. (2007). Effects on environment and agriculture of geothermal wastewater and boron pollution in Great Menderes Basin. *Environmental Monitoring and Assessment*, 125: 377-388. <https://doi.org/10.1007/s10661-006-9378-3>
- Lee, D. J., Zamora, O. B. and Chae, J. C. (1996). Effect of geothermal water on germination, seedling growth and development of vascular bundle in rice. *Korean Journal of Crop Science*, 41(1): 53-61.
- Liu, Y. and Coulman, B. E. (2015). Morphological and agronomic variation of *Puccinellia nuttalliana* populations from the Canadian Great Plains. *Canadian Journal of Plant Science*, 95 (1): 67-76. <https://doi.org/10.4141/cjps-2014-275>
- Meriç, M. K., Kurttaş, Y. S. K., Özçakal, E., Barlas, N. T., Cakici, H., Jarma, Y. A., Kabay, N. and Baba, A. (2021). Use of geothermal fluid for agricultural irrigation: Preliminary field tests prior to irrigation studies at Balçova–Narlidere Geothermal Field (Turkey). *Turkish Journal of Earth Science*, 30 (9): 1186-1199. <https://doi.org/10.3906/yer-2106-10>
- Poyraz, G. (2016). Investigation of the pollutions parameters in soil and plant samples which is irrigated by geothermal water in Aydın Buharkent region (Master's thesis, Aydın Adnan Menderes University, Graduate School of Natural and Applied Sciences).
- Tan, K. and Sorger, F. (1986). Even more new taxa from South and East Anatolia I. *Plant Systematics and Evolution*, 154: 111-128. <https://doi.org/10.1007/BF00984872>
- Tarasoff, C. S., Mallory-Smith, C. A. and Ball, D. A. (2007). Comparative plant responses of *Puccinellia distans* and *Puccinellia nuttalliana* to sodic versus normal soil types. *Journal of Arid Environments*, 70 (3): 403-417. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2007.01.008>
- Tukey, J. W. (1949). Comparing individual means in the analysis of variance. *Biometrics*, 5 (2): 99-114. <https://doi.org/10.2307/3001913>
- Tuyor, J. B., de Jesus, A. C., Medrano, R. S., Garcia, J. R. D., Salinio, S. M. and Santos, L. S. (2005). Impact of geothermal well testing on exposed vegetation in the Northern Negros Geothermal Project, Philippines. *Geothermics*, 34 (2): 252-265. <https://doi.org/10.1016/j.geothermics.2004.09.004>
- Xia, Z., ChengLong, D., JingSong, R. and NengXiang, X. (2009). Relation analysis between yield and morphological traits in *Pennisetum purpureum* Schum. *Acta Agrestia Sinica*, 17 (5): 670-674. <https://doi.org/10.11733/j.issn.1007-0435.2009.05.021>
- Yamada, T., Jones, E. S., Cogan, N. O. I., Vecchies, A. C., Nomura, T., Hisano, H., Shimamoto, Y., Smith, K. F., Hayward, M. D. and Forster, J. W. (2004). QTL analysis of morphological, developmental, and winter hardiness-associated traits in perennial ryegrass. *Crop Science*, 44 (3): 925-935. <https://doi.org/10.2135/cropsci2004.9250>
- Yavaş, İ. and Ünay, A. (2017). The evaluation of alkali grass (*Puccinellia ciliata* Bor) populations in Aydın province of Turkey. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 5 (8): 858-863. <https://doi.org/10.24925/turjaf.v5i8.858-863.1114>
- Yavaş, İ., Çınar, V. M. and Ünay, A. (2020). Physiologic and seed yield responses of different alkali grass (*Puccinellia ciliata*) populations to salinity stress. *European Journal of Science and Technology*, 20: 10-15. <https://doi.org/10.31590/ejosat.775085>
- Zhang, Y., Liu, M., Qin, Y., Liu, W. and Wei, X. (2021). Characterization of the complete chloroplast genome of *Puccinellia distans*. *Mitochondrial DNA Part B*, 6 (3): 784-785. <https://doi.org/10.1080/23802359.2021.1882899>

**Reactions of Tetraploid Wheat Species to *Septoria tritici* Blotch**Ahmet ÇAT<sup>1</sup> \*<sup>1</sup> Siirt Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Siirt, Türkiye\*Corresponding Author e-posta : [ahmetcat@siirt.edu.tr](mailto:ahmetcat@siirt.edu.tr)

Geliş Tarihi: 24.10.2023 Düzeltme Geliş Tarihi: 17.04.2024 Kabul Tarihi: 20.04.2024

**ABSTRACT**

*Septoria tritici blotch* (STB), caused by the ascomycete fungal pathogen *Zymoseptoria tritici* is one of the destructive diseases of wheat global scale and it causes severe yield losses in suitable conditions. The aim of this study was to evaluate on the 84 tetraploid wheat species to STB disease during 2020-2021 and 2021-2022 growing seasons. The experiment was conducted randomized block design with two replications at campus of Akdeniz University. Based on the disease observations, it was determined that 39 (46.4%) of the tested genotypes showed susceptible and highly susceptible reaction in 2021, while 18 (21.4%) showed resistant and moderately resistant reaction. In addition, 44 (52.4%) of the genotypes showed susceptible and highly susceptible reaction, and 15 (17.8%) showed resistant and moderately resistant reaction in 2022. Overall, while all Polish wheat species showed highly susceptible reaction, only one emmer wheat species (*T. dicoccum* var. *haussknechtianum*) showed immune reaction in two seasons. Besides, durum wheat varieties namely Akbaşak 073/144, Çakmak 79, Altıntaş 95, Yelken 2000, Fırat-93 and Fuatbey 2000 showed resistant reaction and also no highly susceptible reaction was detected in durum wheat varieties. To sum up, identified resistant durum and emmer wheat species/varieties can be used in breeding programs to be conducted for resistance to STB disease.

**Key words:** Tetraploid wheat species, *Septoria tritici blotch*, disease severity, infection type, resistance**Tetraploid Buğday Türlerinin *Septoria tritici* Blotch Hastalığına Karşı Reaksiyonları****ÖZ**

Ascomycetes fungal patojen *Zymoseptoria tritici*'nin neden olduğu *Septoria tritici blotch* (STB) buğdayın küresel düzeyde yıkıcı hastalıklarından biridir ve uygun koşullarda önemli verim ve kalite kayıplarına neden olur. Bu çalışma, 84 tetraploid buğday türünün STB hastalığına karşı dayanıklılığını belirlemek amacıyla 2020-2021 ve 2021-2022 yetiştirme sezonlarında gerçekleştirilmiştir. Çalışmada kullanılan çeşitler tesadüf parselleri deneme desenine göre iki tekerrür olacak şekilde Akdeniz Üniversitesi yerleşkesinde yetiştirilmiştir. Hastalık gözlemlerine göre; 2021'de, test edilen genotiplerin 39 (%46.4) 'nun STB hastalığına karşı hassas ve çok hassas reaksiyonlar gösterdiği belirlenmiştir. Yine aynı yıl, genotiplerin 18 (%21.4)' i dayanıklı ve orta derecede dayanıklı olduğu saptanmıştır. 2022'de, genotiplerin 44 (%52.4)'ü STB hastalığına karşı hassas ve çok hassas reaksiyonlar gösterirken, 15 (%17.8) 'i dayanıklı ve orta derecede dayanıklı reaksiyon göstermiştir. Özellikle tüm Polonya buğday türlerinin STB hastalığına karşı çok hassas reaksiyonlar gösterdiği belirlenmiştir. Öte yandan, bir gernik buğday türü, *Triticum dicoccum* var. *haussknechtianum*, her iki sezonda da dayanıklı olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, Akbaşak 073/144, Çakmak 79, Altıntaş 95, Yelken 2000, Fırat-93 ve Fuatbey 2000 gibi makarnalık buğday çeşitleri STB hastalığına karşı dayanıklı olduğu ve makarnalık buğday çeşitlerinde çok hassas reaksiyon saptanmamıştır. Sonuç olarak, belirlenen dayanıklı durum ve emmer buğday türleri/çeşitleri, STB hastalığına karşı dayanıklılık ıslah programlarında kullanıma potansiyeline sahiptir.

**Anahtar kelimeler:** Tetraploid buğday türleri, septoria yaprak lekesi, hastalık şiddeti, enfeksiyon tipi, dayanıklılık**INTRODUCTION**

Wheat (*Triticum* spp.) is major staple crop and is intensively grown globally. According to the FAO (2021) statistical data, it has been cultivated 220.7 million hectares area with a production of 770 million tonnes. There are two types of wheat commonly used in the world. These are *Triticum aestivum* L. (2n=42=AABBDD) and

tetraploid durum wheat, *Triticum durum* Desf. ( $2n=28=AABB$ ) (Shewry and Hey, 2015). In addition to these species, there are hulled wheats with different genome structures, such as diploid einkorn wheat, tetraploid emmer wheat and hexaploid spelt wheat. These are considered transitional forms between modern and wild wheat species (Akar and Eser, 2016). Among these hulled wheat species, while spelt wheat is not cultivated in Türkiye, there has been an increased interest in einkorn wheat and emmer wheat in recent years compared to durum and bread wheat varieties (Coşkun et al., 2019). The history of the wheat, it is accepted that the source of the B genome is *Aegilops speltoides* Tausch ( $2n = 2x = 14, SS$ ). and the source of the A genome in modern tetraploid species is *T. urartu* (Levy and Feldman, 2004; Rudnoy et al., 2004). The wild emmer wheat (*T. dicoccoides*) originated through natural hybridization of the A and B genome sources (Shewry, 2009). The popularity of tetraploid wheat species namely durum wheat, emmer, and Polish wheat, has significantly increased. Among of them, durum wheat is widely cultivated and is the most economically important species of tetraploid wheat (Sissons, 2008) due to the using of the pasta and semolina production. A total of 19.750 million tons of wheat were produced and 3.750 million tons of its was the durum wheat in Türkiye in 2022 growing season according to the TUIK statistical data (TUIK, 2022).

Emmer wheat (*T. dicoccon*) is an important cereal that is among the first cultivated plants and has been a staple crop for millennia. It was cultivated in ancient times different regions of the world. Recently, it is a minor crop and grown mostly in rural areas where agricultural production is not economically grown. On the other hand, emmer wheat has a valuable resistance source for major fungal pathogens such as rusts, powdery mildew, fusarium head blight, septoria tritici blotch (STB) and tan spot (Singh et al., 2005; Zaharieva et al., 2010; Kashyap et al., 2022). In addition to this, nutrition values of emmer wheat is high in dietary fibre, biactive compounds and some mineral and vitamins (Kashyap et al., 2022).

*Triticum polonicum* known as Polish wheat is a species of wheat that is native to Poland and is cultivated some other regions of Europe. This species is considered as wild of wheat and it has a valuable genetic importance to in breeding of resistance and quality traits. In addition, Wiwart et al. (2013) indicated that this wheat species can be used in resistance breeding programs to Fusarium head blight.

Fungal diseases, mainly rusts, leaf blotch, powdery mildew and fusarium head blight negatively affect wheat yield and quality. Among these diseases, the ascomycetes fungus *Zymoseptoria tritici* formerly known as *Mycosphaerella graminicola*, anamorph *Septoria tritici* (Quaedvlieg et al., 2011), is a fungal pathogen that causes STB, a destructive disease primarily affecting wheat and yield losses cause up to 50% in severe infection conditions (Eyal, 1999). The pathogen is a hemibiotrophic that parasitizes living tissues and can also maintain its vitality in dead host tissues. There is a possibility of new virulent and fungicide-resistant pathotypes emerging due to commonly its reproduction sexually (Linde et al., 2002). Although there are many control methods available for management to STB, the most effective, environmentally safely, reliable and sustainable approach is genetic/host resistance (Fones and Gurr, 2015). Generally, majority of the durum wheat varieties were moderately to highly susceptible based on low genetic variation in the elite gene pool and this situation impede on resistance breeding in durum wheat (Clarke et al., 2010; Miedaner and Longin 2014). To overcome this, introgression of resistance gene(s) into durum wheat are needed which provides their relatives of durum wheat included in genetic pool. Several studies have been conducted on the different fungal diseases in tetraploid wheat in the world however tetraploid wheat species in Türkiye have not been evaluated for resistance to STB. The aim of this study was therefore to evaluate a set of 84 tetraploid wheat species consisting of 53 registered durum wheat varieties in Türkiye, 12 emmer wheat and 19 Polish wheat species, for reaction to STB under natural infections conditions at adult plant stages 2020-2021 and 2021-2022 seasons. The relationship between STB severity and their reactions were also evaluated in each year and overall. The findings obtained from current study will provide on the identification of resistant tetraploid species that can be used in breeding programs to STB in Türkiye.

## MATERIALS AND METHODS

In this study, a total of 84 tetraploid wheat species, consisting of 53 durum wheat, 12 emmer wheat and 19 polish wheat were used as plant materials. Information about of them were given in Table 1. These genotypes were provided by the Department of Field Crops of Akdeniz University, Antalya, Türkiye. In addition, susceptible bread wheat material "Morocco" was used as susceptible control. The 84 tetraploid wheat species were grown in a randomized complete block design with two replicates in the experimental site at the location of Akdeniz University in Antalya, Türkiye during 2020-2021 and 2021-2022 growing seasons to evaluate on natural infection conditions for the STB. The seeds were sown in rows that measured 100 cm in length, with a 35 cm gap between rows. Susceptible control "Morocco" was sown after 10 rows. The experiments were sprinkler-irrigated to ensure a humid setting conducive to the development of pathogen. In addition, Cultural practices were performed manually.

**Table 1.** Information about the tetraploid wheat species used in this study.

<b>Durum wheat genotypes</b>					
No	Variety name	Registration year	No	Variety name	Registration year
1	Akbaşak 073/144	1964	28	Fırat-93	2002
2	Kunduru 414/44	1963	29	Artuklu	2008
3	Berkmen 469	1967	30	Eyyubi	2008
4	Çakmak 79	1979	31	Şahinbey	2008
5	Kızıltan 91	1991	32	Zühre	2010
6	Altın 40/98	1998	33	Güney Yıldızı	2010
7	Yılmaz 98	1998	34	Gediz-75	1976
8	Ankara 98	1998	35	Ege 88	1988
9	Çeşit-1252	2000	36	Salihli 92	1992
10	Mirzabey 2000	2000	37	Şölen 2002	2002
11	Eminbey	2009	38	Tüten 2002	2002
12	İmren	2009	39	GAP	2004
13	Kunduru 1149	1967	40	Turabi	2004
14	Altıntaş 95	1995	41	Sham-1	1991
15	Kümbet 2000	2000	42	Amanos-97	1997
16	Yelken 2000	2000	43	Fuatbey 2000	2000
17	Dumlupınar	2006	44	Sarı Başak	2013
18	Fata Sel	-	45	Akçakale-2000	2002
19	Selçuklu-97	1997	46	Özberk	2005
20	Meram-2002	2002	47	Pınar-2001	2001
21	Tunca 79	1979	48	Zenit	2001
22	Gökgöl 79	1979	49	Svevo	2001
23	Diyarbakır-81	1987	50	Levante	2011
24	Ceylan 95	1995	51	Saragolla	2011
25	Sarı çanak 98	1998	52	Maestrale	2012
26	Altın toprak 98	1998	53	Bisante	2012
27	Aydın-93	2002			
No	Genbank accession no	<b>Emmer wheat genotypes</b>			
1	RXN Ab.146/12	<i>Triticum dicoccum</i> var. <i>haussknechtianum</i>			
2	RXN Ab.147/12	<i>Triticum dicoccum</i> var. <i>haussknechtianum</i>			
3	RXN Ab.148/12	<i>Triticum dicoccum</i> var. <i>haussknechtianum</i>			
4	RXN Ab.149/12	<i>Triticum dicoccum</i> var. <i>haussknechtianum</i>			
5	RXN Ab.153/12	<i>Triticum dicoccum</i> var. <i>aeruginosum</i>			
6	RXN Ab.154/12	<i>Triticum dicoccum</i> var. <i>aeruginosum</i>			
7	RXN Ab.156/12	<i>Triticum dicoccum</i> var. <i>haussknechtianum</i>			
8	RXN Ab.157/12	<i>Triticum dicoccum</i> var. <i>aeruginosum</i>			
9	RXN Ab.158/12	<i>Triticum dicoccum</i> var. <i>haussknechtianum</i> , var. <i>aeruginosum</i>			
10	RXN Qob. 2/2016	<i>Triticum dicoccum</i> var. <i>atratum</i>			
11	RXN Qob. 3/2016	<i>Triticum dicoccum</i> var. <i>haussknechtianum</i> , var. <i>aeruginosum</i>			
12	RXN Qob. 4/2016	<i>Triticum dicoccum</i> var. <i>haussknechtianum</i>			
No	<b>Polish wheat genotypes</b>				
1	<i>Triticum polonicum</i> var. <i>rubrosemineum</i>				
2	<i>Triticum polonicum</i> var. <i>chrysospermum</i>				
3	<i>Triticum polonicum</i> var. <i>chrysospermum</i>				
4	<i>Triticum polonicum</i> var. <i>pseudorubrosemineum</i> var. <i>nova</i>				
5	<i>Triticum polonicum</i> var. <i>rufescens</i>				
6	<i>Triticum polonicum</i> var. <i>chrysospermum</i>				
7	<i>Triticum polonicum</i> var. <i>rubrosemineum</i>				
8	<i>Triticum polonicum</i> var. <i>pseudorubrosemineum</i> var. <i>nova</i>				
9	<i>Triticum polonicum</i> var. <i>chrysospermum</i>				
10	<i>Triticum polonicum</i> var. <i>pissarevii</i>				
11	<i>Triticum polonicum</i> var. <i>skalasubovii</i>				
12	<i>Triticum polonicum</i> var. <i>caryopsirubrum</i>				
13	<i>Triticum polonicum</i> var. <i>pseudorubrosemineum</i> var. <i>nova</i>				
14	<i>Triticum polonicum</i> var. <i>heydelbergi</i>				
15	<i>Triticum polonicum</i> var. <i>pseudolevissimum</i>				
16	<i>Triticum polonicum</i> var. <i>pseudolevissimum</i>				
17	<i>Triticum polonicum</i> var. <i>chrysospermum</i>				
18	<i>Triticum polonicum</i> var. <i>rubrosemineum</i>				
19	<i>Triticum polonicum</i> var. <i>gorskyi</i>				

For the scoring of disease severity, the double digit scale (00-99) was used (Eyal et al., 1987) which the first digit shows intensity of disease same with the Saari-PreScott (0-9) scale (Saari and Prescott, 1975) and the second digit indicate to the leaf surface covered with the pycnidia. The tested tetraploid wheat species were scored at two weeks intervals starting with growth stage of Zadoks 70 to 75 (Zadoks et al., 1974). In the disease evaluations, the highest score was considered for each variety. To compare the all test materials in detail, in addition, the reactions of the each tetraploid wheat species based on the infection types (ITs) were group as immune (I), highly resistant (HR), resistant (R), moderately resistant (MR), moderately susceptible (MS), susceptible (S) and highly susceptible (HS). The constant values for ITs were calculated based on, I = 00, HR = 1-14, R = 15-34, MR = 35-44, MS = 45-64, S = 65-84, HS = 85-99 (Dalvand et al., 2014). Statistical data analysis was performed to determine the significance of the differences among the tetraploid wheat species for disease scoring. The variance analysis and comparing the average disease score values were analyzed in XLSTAT software (Addinsoft, New York, USA).

## RESULTS

Impact of the STB in 84 tetraploid wheat species were evaluated on natural infection conditions in 2020-2021 and 2021-2022 seasons. Data analysis showed that different ITs among tested wheat species were observed in two growing seasons. The analysis of variance (ANOVA) revealed that tetraploid wheat species had significant difference in terms of STB infection in adult plant stage ( $p < 0.001$ ). On the other hand Genotype x year interaction and among years were not statistically importance. Least significant difference (LSD) value for tetraploid wheat species were calculated as 6.92 (Table 2).

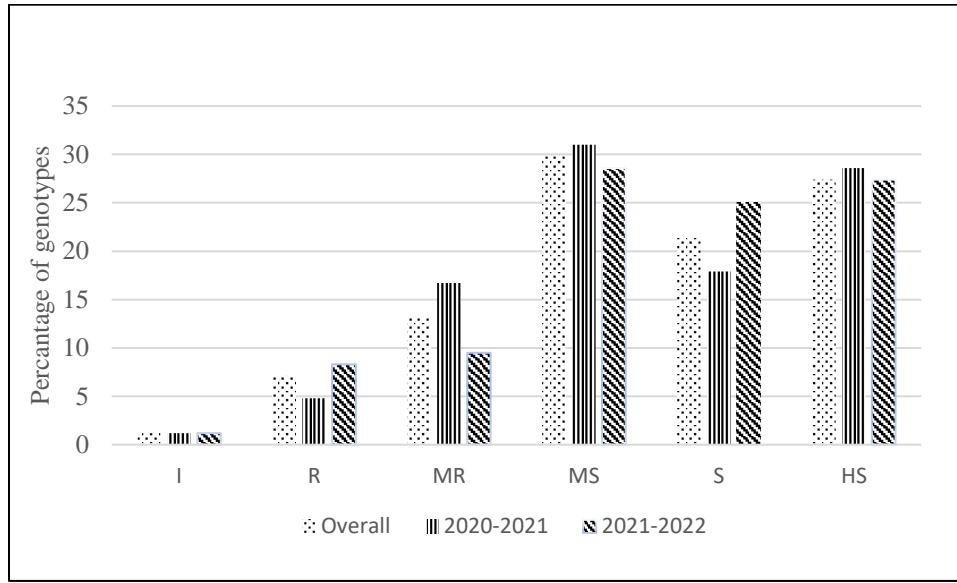
**Table 2.** Analysis of variance for Septoria tritici blotch reaction of the tetraploid wheat varieties in two years

Source of variance	d.f.	Mean squares	F
Genotype	83	1911.10	82.38***
Year	1	26.30	1.13 <sup>ns</sup>
Replication	1	146.68	6.32*
Genotype x year	83	17.57	0.76 <sup>ns</sup>
Error	167	23.20	
LSD value	6.72		

\* $p < 0.05$ , \*\*\* $p < 0.001$ , ns: non-significant

A total of 84 tetraploid wheat species comprising 53 of *T. durum*, 12 of *T. dicoccum* and 19 of *T. polonicum* average disease severity changed from 00 to 96.5 and 00 to 95.5 in 2020-2021 and 2021-2022 growing seasons respectively. In addition, susceptible control “Morocco” In the research, it was determined that 46.4% of the tested genotypes showed susceptible and highly susceptible reactions in 2020-2021 growing season, while 18 (21.4%) of the genotypes determined resistant and moderately resistant reactions. In addition, 44 (52.4%) of the genotypes showed susceptible and highly susceptible reactions, and 15 (17.8%) showed resistant and moderately resistant reactions in 2021-2022 season (Figure 1). When the tetraploid wheat species were evaluated separately, among the durum wheat varieties, the lowest disease severity was observed in Akbaşak 073/144, Yelken 2000, and Firat-93 varieties (ds: 30) in 2020-2021 season, while the highest disease severity was determined in the Şahinbey variety (ds: 82) (Table 3). In the same year, while 19 (22.6%) and 38 (45.3%) of tested durum wheat varieties showed susceptible and moderately susceptible reactions, 21 (24.5%) and 6 (7.5%) of them had moderately resistant and resistant reactions respectively. In 2021-2022 season, the lowest disease severity was found in the Yelken 2000 variety (ds: 27.5), while the highest disease score was observed in the Gediz-75 variety (ds: 78). Based on the infection types of durum wheat varieties, more than of 70% had moderately susceptible (39.6%) and susceptible reactions (32.1%), 28.3% of them had moderately resistant (15.1%) and resistant reactions (13.2%) (Table 3). STB severity among the emmer wheat genotypes ranged from 0 to 93, and among of them, one genotype *T. dicoccum* var. *hausknechtianum* was detected immune reaction while 66.6% of emmer genotypes were to susceptible and highly susceptible reaction (Table 3). Also, none of them was no resistant reaction. The nearest genotypes with one emmer genotype showing an immune reaction were Altıntaş 95, Firat 93 and Yelken 2000. Evaluated to the Polish wheat genotypes, on the other hand, were determined to be highly susceptible reaction to STB (>ds: 90). Furthermore, all Polish wheat genotypes and two emmer wheat genotypes (*Triticum dicoccum* var. *hausknechtianum*, var. *aeriginosum*) were statistically same group. Both years were evaluated, while 27.4%, 21.4% and 29.8% of the tested wheat species were highly

susceptible, susceptible and moderately susceptible reactions to STB disease, 13.1% and 7.1% of them moderately resistant and resistant reactions, respectively (Figure 1).



\*I: Immune; R: Resistant; MR: Moderately resistant; MS: Moderately susceptible; S: Susceptible and HS: Highly susceptible

**Figure 1.** Reactions of tetraploid wheat species to septoria tritici blotch disease in two growing seasons.

**Table 3.** Disease severity (DS) and infection types (ITs) of 84 tetraploid wheat species under natural STB infection conditions in two years.

Tetraploid wheat species	2021		2022		Overall	
	DS	ITs	DS	ITs	DS	ITs
Akbaşak 073/144	30	R	34.5	R	32.25 <sup>ae-ah</sup>	R
Kunduru 414/44	55	MS	51.5	MS	53.25 <sup>q-t</sup>	MS
Berkmen 469	58	MS	61.5	MS	59.75 <sup>k-q</sup>	MS
Çakmak 79	37	MR	31.5	R	34.25 <sup>ad-ah</sup>	R
Kızıltan 91	36	MR	37	MR	36.5 <sup>ab-ag</sup>	MR
Altın 40/98	37	MR	34	R	35.5 <sup>ac-ag</sup>	MR
Yılmaz 98	44	MR	41.5	MR	42.75 <sup>w-ab</sup>	MR
Ankara 98	37	MR	44	MR	40.5 <sup>x-ad</sup>	MR
Çeşit-1252	57	MS	62.5	MS	59.75 <sup>k-q</sup>	MS
Mirzabey 2000	60	MS	66.5	S	63.25 <sup>i-o</sup>	MS
Eminbey	68.5	S	65	S	66.75 <sup>g-j</sup>	S
İmren	54	MS	61	MS	57.5 <sup>n-r</sup>	MS
Kunduru 1149	55	MS	50.5	MS	52.75 <sup>r-u</sup>	MS
Altıntaş 95	32	R	28	R	30 <sup>g-ah</sup>	R
Kümbet 2000	40	MR	43	MR	41.5 <sup>x-ac</sup>	MR
Yelken 2000	30	R	27.5	R	28.75 <sup>ah</sup>	R
Dumlupınar	54	MS	58.5	MS	56.25 <sup>p-s</sup>	MS
Fata Sel	42	MR	46	MS	44 <sup>w-y</sup>	MR
Selçuklu-97	60	MS	66.5	S	63.25 <sup>i-o</sup>	MS
Meram-2002	42	MR	49.5	MS	45.75 <sup>v-x</sup>	MS
Tunca 79	46	MS	41	MR	43.5 <sup>w-z</sup>	MR
Gökgöl 79	55	MS	51	MS	53 <sup>r-t</sup>	MS
Diyarbakır-81	46.5	MS	55	MS	50.75 <sup>s-v</sup>	MS
Ceylan 95	54	MS	62.5	MS	58.25 <sup>m-r</sup>	MS
Sarı çanak 98	62	MS	70.5	S	66.25 <sup>g-k</sup>	S
Altın toprak 98	75	S	76.5	S	75.75 <sup>de</sup>	S
Aydın-93	72	S	67.5	S	69.75 <sup>e-i</sup>	S
Fırat-93	30	R	31.5	R	30.75 <sup>af-ah</sup>	R
Artuklu	73	S	70	S	71.5 <sup>e-g</sup>	S
Eyyubi	75	S	73.5	S	74.25 <sup>d-f</sup>	S
Şahinbey	82	S	76	S	79 <sup>cd</sup>	S
Zühre	52	MS	56.5	MS	54.25 <sup>p-t</sup>	MS
Güney Yıldızı	65	S	69.5	S	67.25 <sup>g-i</sup>	S
Gediz-75	81	S	78	S	79.5 <sup>cd</sup>	S
Ege 88	54	MS	54.5	MS	54.25 <sup>p-t</sup>	MS
Salihli 92	70	S	72.5	S	71.25 <sup>e-g</sup>	S
Şölen 2002	74	S	69.5	S	71.75 <sup>e-g</sup>	S



Tüten 2002	66	S	70	S	68 <sup>f1</sup>	S
GAP	58	MS	63	MS	60.5 <sup>l-p</sup>	MS
Turabi	64	MS	64	MS	64 <sup>h-n</sup>	MS
Sham-1	66	S	72.5	S	69.25 <sup>e-i</sup>	S
Amanos-97	56	MS	57.5	MS	56.75 <sup>o-s</sup>	MS
Fuatbey 2000	35	MR	30.5	R	32.75 <sup>ae-ah</sup>	R
Sarı Başak	60	MS	68.5	S	64.25 <sup>h-m</sup>	MS
Akçakale-2000	58.5	MS	60	MS	59.25 <sup>l-r</sup>	MS
Özberk	55	MS	54	MS	54.5 <sup>p-t</sup>	MS
Pınar-2001	38	MR	35.5	MR	36.75 <sup>aa-af</sup>	MR
Zenit	50	MS	47.5	MS	48.75 <sup>t-w</sup>	MS
Svevo	44	MR	48.5	MS	46.25 <sup>u-x</sup>	MS
Levante	62	MS	71.5	S	66.75 <sup>g-j</sup>	S
Saragolla	52	MS	56	MS	54 <sup>p-t</sup>	MS
Maestrone	36	MR	38	MR	37 <sup>z-af</sup>	MR
Bisante	41	MR	36	MR	38.5 <sup>y-ae</sup>	MR
<i>T. dicoccum</i> var. <i>haussknechtianum</i>	0	I	0	I	0 <sup>ai</sup>	I
<i>T. dicoccum</i> var. <i>haussknechtianum</i>	56.5	MS	50.5	MS	53.5 <sup>a-t</sup>	MS
<i>T. dicoccum</i> var. <i>haussknechtianum</i>	65	S	66	S	65.5 <sup>g-l</sup>	S
<i>T. dicoccum</i> var. <i>haussknechtianum</i>	72.5	S	67.5	S	70 <sup>e-h</sup>	S
<i>T. dicoccum</i> var. <i>aeruginosum</i>	56.5	MS	54	MS	55.25 <sup>p-t</sup>	MS
<i>T. dicoccum</i> var. <i>aeruginosum</i>	40.5	MR	46	MS	43.25 <sup>w-aa</sup>	MR
<i>T. dicoccum</i> var. <i>haussknechtianum</i>	69.5	S	74	S	71.75 <sup>efg</sup>	S
<i>T. dicoccum</i> var. <i>aeruginosum</i>	87.5	HS	81.5	S	84.5 <sup>bc</sup>	S
<i>T. dicoccum</i> var. <i>haussknechtianum</i>	93.5	HS	90	HS	91.75 <sup>a</sup>	HS
<i>T. dicoccum</i> var. <i>atratum</i>	89.5	HS	92.5	HS	91 <sup>ab</sup>	HS
<i>T. dicoccum</i> var. <i>haussknechtianum</i>	92.5	HS	91.5	HS	92 <sup>a</sup>	HS
<i>T. dicoccum</i> var. <i>haussknechtianum</i>	89	HS	93	HS	91 <sup>ab</sup>	HS
<i>T. polonicum</i> var. <i>rubrosemineum</i>	94.5	HS	92.5	HS	93.5 <sup>a</sup>	HS
<i>T. polonicum</i> var. <i>chrysospermum</i>	94.5	HS	91	HS	92.75 <sup>a</sup>	HS
<i>T. polonicum</i> var. <i>chrysospermum</i>	91.5	HS	93	HS	92.25 <sup>a</sup>	HS
<i>T. polonicum</i> var. <i>pseudorubrosemineum</i> var. <i>nova</i>	93	HS	91	HS	92 <sup>a</sup>	HS
<i>T. polonicum</i> var. <i>rufescens</i>	92.5	HS	91.5	HS	92 <sup>a</sup>	HS
<i>T. polonicum</i> var. <i>chrysospermum</i>	94	HS	90.5	HS	92.25 <sup>a</sup>	HS
<i>T. polonicum</i> var. <i>rubrosemineum</i>	92.5	HS	92	HS	92.25 <sup>a</sup>	HS
<i>T. polonicum</i> var. <i>pseudorubrosemineum</i> var. <i>nova</i>	91.5	HS	90	HS	90.75 <sup>ab</sup>	HS
<i>T. polonicum</i> var. <i>chrysospermum</i>	92.5	HS	91.5	HS	92 <sup>a</sup>	HS
<i>T. polonicum</i> var. <i>pissarevii</i>	94.5	HS	92.5	HS	93.5 <sup>a</sup>	HS
<i>T. polonicum</i> var. <i>skalabusovii</i>	94.5	HS	91.5	HS	93 <sup>a</sup>	HS
<i>T. polonicum</i> var. <i>caryopsirubrum</i>	93.5	HS	94.5	HS	94 <sup>a</sup>	HS
<i>T. polonicum</i> var. <i>pseudorubrosemineum</i> var. <i>nova</i>	93	HS	93	HS	93 <sup>a</sup>	HS
<i>T. polonicum</i> var. <i>heydelbergi</i>	91	HS	92.5	HS	91.75 <sup>a</sup>	HS
<i>T. polonicum</i> var. <i>pseudolevissimum</i>	95.5	HS	91.5	HS	93.5 <sup>a</sup>	HS
<i>T. polonicum</i> var. <i>pseudolevissimum</i>	93.5	HS	94.5	HS	94 <sup>a</sup>	HS
<i>T. polonicum</i> var. <i>chrysospermum</i>	96.5	HS	95.5	HS	96 <sup>a</sup>	HS
<i>T. polonicum</i> var. <i>rubrosemineum</i>	95.5	HS	95	HS	95.2 <sup>a</sup>	HS
<i>T. polonicum</i> var. <i>gorskyi</i>	93	HS	94.5	HS	93.75 <sup>a</sup>	HS

In addition to this, the resistant reactions to STB were determined among the durum wheat varieties including Akbaşak 073/144, Çakmak 79, Altıntaş 95, Yelken 2000, Fırat-93 and Fuatbey 2000. On the other hand, highly susceptible reactions were all polish wheat species and four emmer wheat genotypes. Among the emmer genotypes, subspecies *T. dicoccum* var. *aeruginosum*, was showed moderately resistant reaction and none of them showed resistant reaction.

## DISCUSSION

Breeding efforts for resistance and tolerance to biotic stresses have contributed significantly to control of them in the past, and they will continue to facilitate the increase in durum wheat yield without excessive chemical control usage in the future. However, the majority of research conducted worldwide has primarily focused on rusts, head blight, and tan spot diseases (Wivart et al., 2013; Martínez et al., 2007; Kokhmetova et al., 2021). Under field conditions, many pathogens contribute to diseases, and therefore, the consideration of the septoria in tetraploid wheat species should not be overlooked. In this study, some tetraploid wheat species in Türkiye were evaluated at the adult plant stage reaction in two growing seasons to STB disease that is considered one of the most important and destructive diseases of wheat in the world and it is observed routinely in each year. Results of the study showed that, highly phenotypic variation was determined in the tetraploid wheat species to STB. This finding is correlated with different studies conducted by several researchers (Ababa et al., 2022; Ben M'Barek et al., 2022). This variation could be explained by the genetic background among wheat

species and climatic conditions. Based on the 00-99 digit scale, lowest disease severity was determined in durum wheat variety Yelken 2000 (ds: 28.75) and one emmer genotype while highest disease severity was in Polish wheat species (ds>90) in two growing seasons under field conditions. Along with these findings, tested wheat species were grouped into seven categories including immune, resistant, moderately resistant, moderately susceptible and highly susceptible reactions. This finding are not similar with the study conducted by Omrani et al. (2023) who stated that three main groups of resistant, moderately resistant, and moderately susceptible reactions were reported in 44 commercial Iranian wheat varieties.

In a study conducted by Gulyaeva et al. (2020), host resistance to rust, glume blotch, tan spot, and STB was evaluated in 21 spring durum wheat accessions from Russia and Kazakhstan in 2017 and 2018 growing seasons. They stated that some accessions observed resistance to rust, glume blotch, and leaf blotch, and similarly were also resistant to rust or spots. On the other hand, it is difficult to control of the leaf spot diseases complex in wheat including tan spot (caused by *Pyrenophora tritici repentis*), Stagonospora nodorum blotch (caused by *Parastagonospora nodorum*) and Septoria tritici blotch (caused by *Zymoseptoria tritici*) hence use of the resistant wheat varieties is the most effective and economical way controlling of leaf spot. To date, 21 resistance genes (Stb) have been identified in common wheat to STB (Brown et al., 2015). In contrast, there have been very few resistance genes identified in durum wheat (Aouini, 2018). Similarly the same researcher revealed that the resistance observed in the “Agile 39” durum wheat landrace. Previous studies have been reported that durum wheat showed highly susceptible reactions to several fungal pathogens (Xu et al., 2004; Singh et al., 2006; Chu et al., 2008). Furthermore, majority of durum wheat varieties are susceptible to leaf spots disease (Gulyaeva et al., 2020). Similarly, only a few emmer and durum wheat genotypes showed resistant reaction to STB in this study. The main reason for this is due to narrow genetic base of durum wheat. Kolesova et al. (2022) stated that wheat relatives from the the N.I. Vavilov Institute of Plant Industry (VIR) collection containing valuable breeding material were evaluated under field conditions three leaf spot diseases and all samples were highly susceptible to Septoria nodorum blotch and Helminthosporium leaf blotch.

## CONCLUSION

The results of the current study showed that high diversity was determined on STB resistance when comparing reaction types among tetraploid wheat species. In accordance with this, one emmer genotype showed immune reaction whereas all Polish wheat genotypes used in this study were determined to be highly susceptible reactions under field conditions to STB. In addition, four emmer genotypes showed highly susceptible reactions to STB disease. In overall, 8.3% of the tetraploid wheat genotypes showed immune (1.2%) and resistant (7.1%) reactions in two growing seasons. Considering the results of this study, durum and emmer wheat species showing resistant reaction can be used an indicator of the breeding studies however more detail related of them should be analyzed molecularly which resistance gene/genes contained. Genotyping of resistant durum and emmer genotypes will further reveal their genetic differences or similarities and will also contribute to the identification and mapping of genes that are effective in STB.

**Conflict of Interest Statement:** The author declares no conflict of interest.

**Contribution Rate Statement Summary of Researchers:** The author: Conceptualization, formal analysis, investigation, software, validation, writing-original draft, writing-review and editing.

**Acknowledgments:** The author thanks Dr. Mehmet TEKİN from Akdeniz University, Department of Field Crops, for providing tetraploid wheat materials and assistance in field trials.

## YAZAR ORCID NUMARALARI

 <http://orcid.org/0000-0002-5638-0319>

## REFERENCES

- Ababa, G., Adugna, G. and Hundie, B. 2022. Seedling resistance of wheat cultivars to *Zymoseptoria tritici* disease in Ethiopia. *Indian Phytopathology*, 75(4): 1043-1054.
- Akar, T. and Eser, V. 2016. Ülkemizde kavuzlu buğday üretiminin dünü bugünü ve yarını. *TURKTOB Dergisi*, 18, 8-11.
- Aouini, L. 2018. Durum wheat and septoria tritici blotch: genes and prospects for breeding, PhD thesis, Wageningen University, Wageningen, The Netherlands, 281p.

- Ben M'Barek, S., Laribi, M., Kouki, H., Castillo, D., Araar, C., Nefzaoui, M., ... and Yahyaoui, A.H. 2022. Phenotyping Mediterranean durum wheat landraces for resistance to *Zymoseptoria tritici* in Tunisia. *Genes*, 13(2): 355.
- Brown, J.K., Chartrain, L., Lasserre-Zuber, P. and Saintenac, C. 2015. Genetics of resistance to *Zymoseptoria tritici* and applications to wheat breeding. *Fungal Genetics and Biology*, 79: 33-41.
- Chu, C.G., Friesen, T.L., Faris, J.D. and Xu, S.S. 2008. Evaluation of seedling resistance to tan spot and *Stagonospora nodorum* blotch in tetraploid wheat. *Crop Science*, 48(3): 1107-1116.
- Clarke, J.M., Clarke, F.R. and Pozniak, C.J. 2010. Forty-six years of genetic improvement in Canadian durum wheat cultivars. *Canadian Journal of Plant Science*, 90(6): 791-801.
- Coşkun, İ., Tekin, M. and Akar, T. 2019. Türkiye kökenli diploid ve tetraploid kavuzlu buğday hatlarının bazı agromorfolojik özellikler bakımından tanımlanması. *Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi*, 5(2): 322-334.
- Dalvand, M., Roohparvar, R., Aeni, M., 2014. Evaluation of some iranian wheat elite lines' reaction to *Septoria tritici* leaf blotch. *Archives of Phytopathology and Plant Protection*, 47(13): 1621-1628
- Eyal Z, Scharen A.L., Prescott J.M., van Ginkel M. 1987. *The septoria diseases of wheat: Concepts and methods of disease management*. Mexico, D.F.: CIMMYT
- Eyal, Z. 1999. Breeding for resistance to *Septoria* and *Stagonospora* diseases of wheat. *Septoria on Cereals: A Study of Pathosystems*. JA Lucas, P. Bowyer, and AM Anderson, eds. CAB International, Wallingford, UK, 115-130.
- FAO. 2021. Crops and livestock products. <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL> (Accessed date: 10.10.2023).
- Fones, H. and Gurr, S. 2015. The impact of *Septoria tritici* Blotch disease on wheat: An EU perspective. *Fungal Genetics and Biology*, 79: 3-7.
- Gulyaeva, E., Yusov, V., Rosova, M., Mal'chikov, P., Shaydayuk, E., Kovalenko, N., ... and Rsaliyev, A. 2020. Evaluation of resistance of spring durum wheat germplasm from Russia and Kazakhstan to fungal foliar pathogens. *Cereal Research Communications*, 48: 71-79.
- Kashyap, P.L., Gupta, V., Gupta, O.P., Sendhil, R., Gopalareddy, K., Jasrotia, P. and Singh, G.P. (Eds.). (2022). *New Horizons in Wheat and Barley Research: Global Trends, Breeding and Quality Enhancement* (p. 842). Singapore: Springer.
- Kokhmetova, A., Sehgal, D., Ali, S., Atishova, M., Kumarbayeva, M., Leonova, I. and Dreisigacker, S. 2021. Genome-wide association study of tan spot resistance in a hexaploid wheat collection from Kazakhstan. *Frontiers in Genetics*, 11: 581214.
- Kolesova, M. A., Lysenko, N. S. and Tyryshkin, L. G. 2022. Resistance to diseases in samples of rare wheat species from the NI Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources. *Cereal Research Communications*, 50(2): 287-296.
- Levy, A.A. and Feldman, M. 2004. Genetic and epigenetic reprogramming of the wheat genome upon allopolyploidization. *Biological Journal of the Linnean Society*, 82(4): 607-613.
- Linde, C.C., Zhan, J. and McDonald, B.A. 2002. Population structure of *Mycosphaerella graminicola*: from lesions to continents. *Phytopathology*, 92(9): 946-955.
- Martínez, F., Sillero, J. C. and Rubiales, D. 2007. Resistance to leaf rust in cultivars of bread wheat and durum wheat grown in Spain. *Plant Breeding*, 126(1): 13-18.
- Miedaner, T. and Longin, C.F.H. (2013). Genetic variation for resistance to *Fusarium* head blight in winter durum material. *Crop and Pasture Science*, 65(1): 46-51.
- Omrani, A., Roohparvar, R. and Shahbazi, K. 2023. Resistance of commercial wheat cultivars to *Septoria* leaf blotch *Zymoseptoria tritici* in Moghan region. *Journal of Applied Research in Plant Protection*, 1-12.
- Quaedvlieg, W., Kema, G. H. J., Groenewald, J. Z., Verkley, G. J. M., Seifbarghi, S., Razavi, M., ... and Crous, P. W. 2011. *Zymoseptoria* gen. Nov.: A new genus to accommodate *Septoria*-like species occurring on graminicolous hosts. *Persoonia-Molecular Phylogeny and Evolution of Fungi*, 26(1): 57-69.
- Rudnóy, S., Páldi, E., Bratek, Z., Szegő, D., Rácz, I. and Lásztity, D. 2004. ITS regions in hexaploid bread wheat and its supposed progenitors. *Cereal Research Communications*, 32: 423-428.
- Saari, E.E. and Prescott, J.M. 1975. A scale for appraising the foliar intensity of wheat diseases. *Plant Disease Reporter*, 59(5): 377-380.
- Shewry, P.R. 2009. Wheat. *Journal of experimental botany*, 60(6): 1537-1553.
- Shewry, P.R. and Hey, S. 2015. Do "ancient" wheat species differ from modern bread wheat in their contents of bioactive components?. *Journal of Cereal Science*, 65: 236-243.
- Singh, R. P., Huerta-Espino, J. and William, H.M. 2005. Genetics and breeding for durable resistance to leaf and stripe rusts in wheat. *Turk J Agric For* 29: 121-127.

- Singh, P. K., Mergoum, M., Ali, S., Adhikari, T.B., Elias, E.M. and Hughes, G.R. 2006. Identification of new sources of resistance to tan spot, *Stagonospora nodorum* blotch, and *Septoria tritici* blotch of wheat. *Crop Science*, 46(5): 2047-2053.
- Sissons, M. 2008. Role of durum wheat composition on the quality of pasta and bread. *Food*, 2 (2), 75-90.
- TUIK, 2022. Crop Production Statistics. Turkish Statistical Institute, (<https://biruni.tuik.gov.tr/medas>), (Accessed date: 10.10.2023)
- Wiwart, M., Suchowilska, E., Kandler, W., Sulyok, M., Groenwald, P. and Krska, R. 2013. Can Polish wheat (*Triticum polonicum* L.) be an interesting gene source for breeding wheat cultivars with increased resistance to *Fusarium* head blight?. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 60: 2359-2373.
- Xu, S. S., Friesen, T. L. and Mujeeb-Kazi, A. 2004. Seedling resistance to tan spot and *Stagonospora nodorum* blotch in synthetic hexaploid wheats. *Crop Science*, 44(6): 2238-2245.
- Zadoks, J. C., Chang, T. T. and Konzak, C.F. 1974. A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed research*, 14(6): 415-421.
- Zaharieva, M., Ayana, N.G., Hakimi, A.A., Misra, S.C. and Monneveux, P. 2010. Cultivated emmer wheat (*Triticum dicoccon* Schrank), an old crop with promising future: a review. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 57: 937-962.

## Screening Organic Acid Contents of Tomato Landraces Collected From Aegean-Mediterranean Region of Anatolia

Seçkin KAYA<sup>1\*</sup> , Okan ERKEN<sup>2</sup>  Bayram KIZILKAYA<sup>3</sup> 

<sup>1</sup>Faculty of Agriculture, Department of Horticulture, Canakkale Onsekiz Mart University, Canakkale, Turkey

<sup>2</sup>Faculty of Agriculture, Department of Farm Structures and Irrigation, Canakkale Onsekiz Mart University, Canakkale, Turkey

<sup>3</sup>Canakkale Onsekiz Mart University, Faculty of Marine Sciences and Technology, Department of Aquaculture, Çanakkale, Turkey

\*Corresponding author: [seckinkaya@comu.edu.tr](mailto:seckinkaya@comu.edu.tr)

Geliş Tarihi: 18.10.2024 Düzeltme Geliş Tarihi: 17.04.2024 Kabul Tarihi: 23.04.2024

### ABSTRACT

Tomato landraces can serve as valuable sources for breeding new cultivars aimed at enhancing fruit quality in terms of organic acids. Nineteen tomato landraces spread along the Mediterranean coasts of Anatolia were evaluated to determine their basic internal quality parameters and organic acid composition. The parameters assessed included fruit weight, diameter, length, pH, titrable acidity (TA %), soluble solid content (SSC%), SSC/TA ratio, and organic acids, such as oxalic (OA), tartaric (TarA), malic (MA), malonic (MalA), lactic (LA), acetic (AA), citric (CA), and ascorbic acids (AscA). Significant diversity was observed among the different landraces concerning these traits. Citric acid was found to be the most abundant organic acid within the landraces. Notably, the highest and lowest values for CA were recorded in Ege 8 (105.73 mg g<sup>-1</sup>) and TR62707 (31.10 mg g<sup>-1</sup>), respectively, making them promising sources for future breeding programs. Ascorbic acid (AscA) exhibited the lowest content among all the organic acids, ranging from 0.06 to 0.12 mg.g<sup>-1</sup> (equivalent to 64-116 µg.g<sup>-1</sup>). Moreover, the landrace TR49646 displayed the highest malic acid content (8.23 mg g<sup>-1</sup>), making it a potential source for obtaining high malic acid content. Conversely, Ege 6 showed the lowest malic acid content (5.11 mg g<sup>-1</sup>). For health purposes, the landrace TR63233 was identified as having the lowest oxalic acid content. Multidimensional scale analysis further confirmed the potential candidates identified by the ANOVA and one-way ANOM tests. The results revealed a considerable diversity among the evaluated landraces, and the identified traits could be instrumental in selecting and breeding new cultivars with improved characteristics.

**Key words:** Citric acid, diversity, organic acids, malic acid, oxalic acid, tomatoes

## Anadolu'nun Ege-Akdeniz Kıyılarından Toplanan Yerel Domates Çeşitlerinin Organik Asit İçeriklerinin Belirlenmesi

### ÖZ

Yerel domates çeşitleri, organik asitler açısından meyve kalitesini arttırmayı amaçlayan yeni çeşitlerin geliştirilmesi için değerli kaynaklar olarak hizmet edebilir. Bu amaçla, Anadolu'nun Akdeniz kıyılarına yayılan 19 yerel domates çeşidi, temel meyve kalite parametreleri ve organik asit içeriklerinin belirlenmesi amacıyla taranmıştır. Çalışma kapsamında yerel domates çeşitlerinde meyve ağırlığı, meyve çapı, meyve boyu, pH, titre edilebilir toplam asitlik (%TETA), suda çözünebilir kuru madde miktarı (%SÇKM), SÇKM/TETA oranı ve oksalik (OA), tartarik (TarA), malik aist (MA), malonik (MalA), laktik (LA), asetik (AA), sitrik (CA) ve askorbik asitler (AscA) içerikleri belirlenmiştir. Elde edilen verilere göre bütün özellikler göz önüne alındığında yerel çeşitler arasında önemli farklılıklar gözlenmiştir. Yerel domates çeşitlerinde beklendiği gibi en fazla bulunan organik asitin, sitrik asit olduğu belirlenmiştir. Dikkat çekici bir şekilde, CA için en yüksek ve en düşük değerler sırasıyla Ege 8 (105,73 mg/g) ve TR62707'de (31,10 mg/g) olarak kaydedilmiş olup, bu da onları gelecekteki ıslah programları için umut verici kaynaklar haline getirmiştir. Askorbik asit (AscA), 0,06 ila 0,12 mg.g-1 (64-116 µg.g-1'e eşdeğer) arasında

değişen miktarlar ile tüm organik asitler arasında en az belirlenen asit olmuştur. Ayrıca, TR49646 kod numaralı yerel çeşit en yüksek malik asit (8,23 mg/g) içeren çeşit olarak belirlenmiş ve bu sonuç bu çeşidi yüksek malik asit içeriği elde etmek için ileriki yıllarda kullanılabilir potansiyel bir genetik kaynak olarak tanımlanmıştır. Bunun tersine, Ege 6 en düşük malik asit içeriğini (5.11 mg/g) göstermiştir. İnsan sağlığı açısından, TR63233 kod numaralı yerel çeşit en düşük oksalik asit içeriğine sahip çeşit olarak belirlenmiştir. Çok boyutlu ölçek analizi, ANOVA ve tek yönlü ANOM testleri tarafından belirlenen potansiyel adayları doğrulamıştır. Sonuçlar, değerlendirilen yerel çeşitler arasında önemli bir çeşitlilik olduğunu ortaya koymuş ve tanımlanan özelliklerin, gelişmiş özelliklere sahip yeni çeşitlerin ıslahında gelecek yıllarda potansiyel olarak kullanılabilir olduğunu ortaya koymuştur.

**Anahtar kelimeler:** *Sitrik asit, çeşitlilik, organik asit, malik asit, oksalik asit, domates*

## INTRODUCTION

Tomatoes are one of the most produced crops with a worldwide production of 186.8 million tons in 2020 (FAO 2021). It is a multipurpose vegetable for both fresh consumption and in the processed food industry, whose production have been increasing each year (Henareh et al. 2015). Due to its economic importance, tomatoes are one of the well-studied vegetable crops scientifically. It has been a good model for applied plant research because of many advantages such as ease of culture under a wide range of environments, short life cycle, self-fertility, homozygosis. These reasons have led tomatoes bred to increase yield and improve quality characteristics and disease resistance. Generally the common goal of tomato breeding is to increase yield per unit area (Foolad 2007). The preference for improved hybrids by farmers with income concerns, however, has restricted landrace production. On the other hand, several landraces are cultivated in Europe and other countries such as Turkey and Iran because of consumers' current interests (Casals et al. 2011; Henareh et al. 2015). The entrance history of tomatoes into Anatolia was documented by Bayraktar (1953) and Oraman (1968) who stated that, tomatoes first entered Anatolia from Adana Province in the Mediterranean region in 1770s and spread to other Anatolian regions in the following years. Tan (2010), further stated that there are approximately 80 different tomato accessions stored in gene banks in Turkey whose characteristics are largely undocumented. In addition, today it is possible to find dozens of different tomato landraces in Turkey cultivated by small farmers. However, the cultivation of these old tomato varieties is spread over a large geographic area and their phenotypic and genotypic traits are also undocumented (Karagöz 2003; Henareh et al, 2015). Landraces are mostly composed of homozygous genotypes and have significant genetic diversity. Therefore, they show wide genetic variation in both quantitative and qualitative characteristics (Negri et al. 2009; Cebolla-Cornejo et al, 2013; Reddy et al, 2013). The genetic profiles of landraces are also quite different from those of modern cultivars (Sacco et al. 2015). Landraces have been widely used in crop improvement and breeding programs to uncover valuable traits. Detecting and observing such traits provides guidance to researchers with possible future breeding programs (Tembe et al. 2018). One of the traits is tomato fruit quality, where consumers commonly complain about its taste and flavor (Causse et al. 2003; Tandon et al, 2003). Ruiz et al. (2006), reported that tomato taste and flavor have declined because of breeding and that tomatoes have been produced to increase yield, fruit size, firmness, and processing performance and not for organoleptic fruit quality. However, we know that there are many studies conducted on improving the organoleptic quality of tomatoes (Baldwin et al. 1998; Bucheli et al. 1999; Agong et al. 2001; Ruiz et al. 2006; Acosta-Quezada et al. 2015; Henareh et al. 2015). The main components that assess tomato fruit quality are chemical properties such as dry matter, soluble solids, organic acids and volatile components (Thybo et al. 2008). It would not be wrong to say that the organoleptic quality of tomatoes is a combination of flavor, aroma and texture (Causse et al. 2002). According to Marconi et al. (2007) and Thorne and Effiuvewwere (1998), organic acids have an effect on tomato fruit flavor as well as cultivar, maturity, processing and storage conditions. Tomato fruit contains 5.0-7.0% of dry matter, which includes sugar, organic acids, minerals and vitamins, where organic acids and sugar form the predominance of the total dry matter (Salles et al. 2003; Malundo et al. 1995). Organic acids and reducing sugar are also important components that give sweet and sour flavors to tomatoes. Their amount and concentrations can affect the flavor (Davies and Hobson 1981; Thorne and Efiuvewwere 1988) and their levels depend on maturity, growing conditions and cultivars (Baldwin et al. 1991). In addition, they are part of biological routes (Suarez et al. 2008) such as the Krebs cycle (Pereira et al. 2013).

Based on the above considerations, the objective of this study was to determine the diversity of the Mediterranean Aegean tomato landraces of Anatolia in terms of organic acid content. Information on this diversity is significant for uncovering germplasm for future tomato breeding and improvement programs.

## MATERIAL AND METHODS

**Genetic material, description of research site and cultivation conditions**

A total of nineteen tomato landraces, collected from different areas in the Aegean-Mediterranean sides of Anatolia, were used as genetic material in the study (Table 1; Figure 1). The tomato landraces were collected and documented in 2012 (Kaya 2012). Tomato landraces named as "Ege" were collected by the researcher in 2009, where the landraces are still cultivated by farmers in the Aegean region of Anatolia. The other samples were collected from the gene bank of the Republic of Turkey Ministry of Agriculture and Forestry, Aegean Agricultural Research Institute located in Izmir, Turkey. The landrace seeds were produced a year before the trial. The total number of seed samples to be included in the trial was determined according to preliminary studies, considering the workforce, status of the trial areas, financial opportunities and healthy follow-up of the trials. A replicated field trial was conducted in the research fields of the Faculty of Agriculture at Çanakkale Onsekiz Mart University, Dardanos, Çanakkale, Turkey. The research site is located in the southwestern part of Anatolia and in the northwestern part of Thrace, at the southern end of the Sea of Marmara. The study area has a transition climate across the Mediterranean and Black Sea. Plants were grown under open field conditions. The soil in which the plants were grown was clay loam structure with 7.21pH, 0.65 mS/cm, 11.20% lime and 1.23% organic matter. The research was planned according to a randomized block design with 3 repetitions and 40 plants in each repetition.

**Table 1.** Tomato landraces used in the research and their origin information.

Landrace code in gene bank	City	Origin Province
Ege 1	İzmir	Bergama
Ege 3	Manisa	Salihli
Ege 4-	İzmir	Kemalpaşa
Ege 5	İzmir	Kemalpaşa
Ege 6	İzmir	Kemalpaşa
Ege 7	İzmir	Kemalpaşa
Ege 8	İzmir	Kemalpaşa
Ege 9	İzmir	Kemalpaşa
TR49646	İzmir	Kiraz
TR61658	Aydın	Çine
TR61785	Muğla	Fethiye
TR62573	Balikesir	Dursunbey
TR62613	Balikesir	Savaştepe
TR62707	Manisa	Gölmarmara
TR63233	İzmir	Bergama
TR66062	Bursa	İznik
TR69155	Antalya	Korkuteli
TR72500	Adana	Feke
TR72508	Mersin	Uzuncaburç



**Figure 1.** Tomato landraces used in the research and their origins colored on the map.

Standard cultural practices were used and tomato fruits were harvested at the red maturity stage in 2017 growing season. Tomato fruits were harvested and transferred to the laboratory immediately. A total of 20 fully colored tomato fruits were measured for weight, diameter and length. The fruit weights were determined using the Sartorius precision balance, and the fruit diameter and length were measured using digital caliper. Tomato samples were cut and shaken with a Waring blender to homogenize the tomato samples. Titrable acidity (TA %) was determined from the pulp obtained according to the method defined by Anonymous (1968). pH was determined using an Inolab pH meter, and SSC was determined using Hanna 96801 digital refractometer.

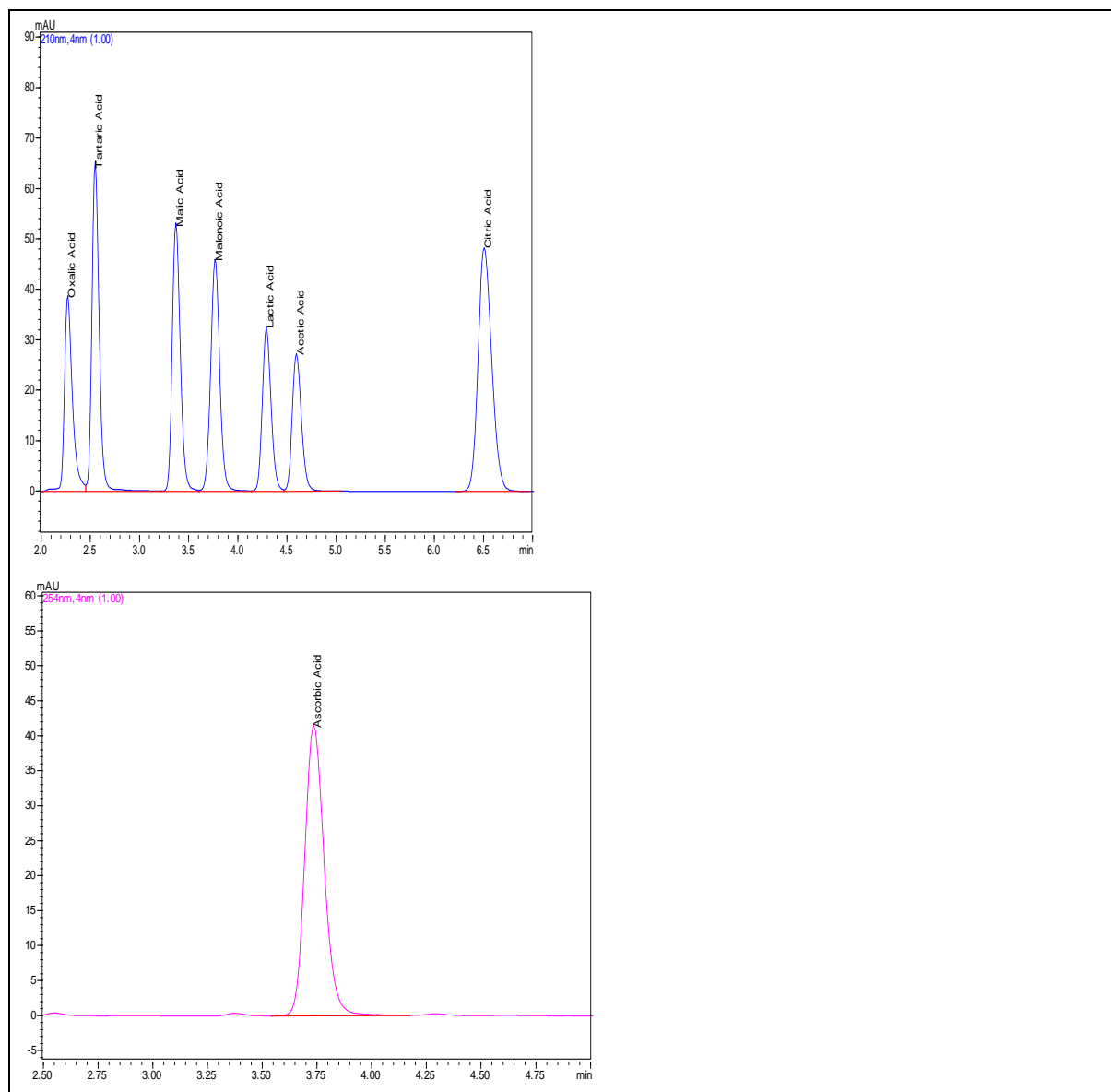
#### **Extraction of Organic Acids**

In this study, eight organic acids were investigated and determined from fresh tomato pulp samples. The extraction method of organic acids was performed according to Augustin et al. (1981) with minor modifications. Initially, 10 g of fresh tomato pulp was treated with 50 mL of 6%  $HPO_3$  using a magnetic stirrer. The mixture was then filtered with Whatman No. 40 filter paper; the volume was adjusted to 10 ml and passed through a 0.45  $\mu m$  filter. The extracts were taken into HPLC vials and prepared ready for injection.

#### **HPLC analysis of organic acids**

HPLC (Shimadzu, Japan) was used for qualitative and quantitative analysis of organic acids (Arnetoli et al. 2005). SIL- 20AC Auto sampler, LC-20AD pump, SPD-M20A Prominence DAD detector (190-800 nm), CBM-20A system controller, CTO-20AC column oven and LC solution (version: 1.23 sp1) were used in the HPLC system. Chromatographic separation was performed using an Inertsil ODS-III C18 column (4.6x250 ID, 5  $\mu m$  particle size). The mobile phase was performed with 125 mM  $KH_2PO_4$  adjusted to pH 2.5 with o-phosphoric acid. The column oven was 40°C and the flow rate of mobile phase was 1.4 mL min<sup>-1</sup>. The wavelength to detect oxalic, tartaric, malic, lactic, acetic and citric acids was 210 nm and wavelength for ascorbic acid was 254 nm. The detection wavelengths were 210 nm for oxalic, tartaric, malic, lactic, acetic, citric, and 254 nm for ascorbic acid (Figure 2). The retention times of organic acids were determined with a mixed solution of all acids for simultaneous determination by preparing a single standard solution at 25  $\mu g \cdot mL^{-1}$  concentrations. The system was then calibrated with a mixed solution of all organic acids at different concentrations. All procedures were repeated in triplicate.





**Figure 2.** Chromatography Spectra of organic acids (210 nm) and ascorbic acid (254nm).

### Statistics

Data were processed by analysis of variance (ANOVA), and Duncan's Multiple Comparison Test was used to distinguish between groups for significant differences in each trait. The SPSS (ver. 16.0) statistical analysis program was used for statistical calculations. After the differences were determined, one-way ANOM graphical tests were performed for the traits of CA, MA and OA which have been found to be statistically significant in ANOVA (Mendeş and Yiğit 2013; Mendeş and Yiğit, 2018). Multidimensional scaling analysis was performed the mean values of each trait for 19 landraces defined by Yiğit and Mendeş (2016).

## RESULTS

### Fruit size, titrable acidity and soluble solid contents

Significant differences were determined ( $p \leq 0.05$ ) among landraces for FW, FD, FL, pH, TA%, SSC% and TA/SSC traits (Table 2). Fruit weights ranged from 150.00 g to 17.33 g when sorted from heavy to light. FD ranged between 85.41 mm to 22.56 mm and FL ranged between 57.47 mm and 24.48 mm among landraces. All traits regarding fruit size were determined statistically significant ( $p \leq 0.05$ ). In addition, the pH of the pulps derived from tomato landraces was measured between 4.623 and 4.173, which was determined to be statistically significant ( $p \leq 0.05$ ). Important differences were found within the landraces in terms of TA. The highest TA was determined as 0.627% from the landrace labeled TR63233, and the lowest was measured as 0.210 from the landrace TR72508. Similar to the other traits, SSC showed great variation among the landraces and were found

to be statistically significant ( $p \leq 0.05$ ). SSC of the landraces varied between 7.07% and 4.77%. These wide variations determined for TA and SSC also reflect the SSC: TA ratios.

### **Organic acids**

Oxalic (OA), Tartaric (TarA), Malic (MA), Malonic (MaA), Lactic (LA), Acetic (AA), Citric (CA) and Ascorbic acid (AscA) contents of 19 tomato landraces are given in Table 3. The wide variation among landraces was determined in terms of organic acids. The OA, MA and CA contents of the landraces were determined statistically significant according to ANOVA tests ( $p \leq 0.05$ ). Differences in the TarA, MaA, LA, AA, and AscA content of the landraces were not found to be statistically significant. As expected, citric acid was the predominant organic acid among the organic acids analyzed. The highest CA content was obtained from the landrace Ege 8 at 105.73 mg g<sup>-1</sup>, and the lowest was obtained from the landrace TR66062 at 20.25 mg g<sup>-1</sup>. This result shows that there is a 5-fold difference between the least acidic tomato and the most acidic tomato. Similar differences were also determined in the MA contents of the landraces. The lowest MA was determined from the landrace TR63233 as 4.88 mg g<sup>-1</sup> and the highest MA was determined from the landrace TR49646 as 8.23 mg g<sup>-1</sup>. OA contents were also found to be statistically significant, but the landrace TR63233 is notable for its low OA content.

**Table 2.** Mean values of the ANOVA for differences among landraces at least significant difference (*Duncan*:  $p \leq 0.05$ ) for fruit quality traits measured in 19 tomato landraces.

Genotype Code	Fruit Weight (g)	Fruit Diameter (mm)	Fruit Length (mm)	pH	TA%	SSC%	SSC/TA
Ege 1	128.87 <i>c</i>	63.22 <i>d</i>	55.21 <i>b</i>	4.433 <i>e</i>	.457 <i>f</i>	5.03 <i>gh</i>	11.02 <i>gh</i>
Ege 3	100.20 <i>g</i>	22.56 <i>p</i>	25.48 <i>j</i>	4.357 <i>g</i>	.490 <i>d</i>	5.07 <i>gh</i>	10.34 <i>hi</i>
Ege 4	24.33 <i>q</i>	85.41 <i>a</i>	53.56 <i>c</i>	4.603 <i>ab</i>	.400 <i>i</i>	5.73 <i>e</i>	14.34 <i>d</i>
Ege 5	148.87 <i>a</i>	75.21 <i>b</i>	47.43 <i>e</i>	4.373 <i>fg</i>	.487 <i>de</i>	5.07 <i>gh</i>	10.41 <i>hi</i>
Ege 6	73.56 <i>l</i>	55.93 <i>i</i>	41.43 <i>g</i>	4.580 <i>bc</i>	.330 <i>k</i>	6.43 <i>bc</i>	19.55 <i>b</i>
Ege 7	121.30 <i>d</i>	58.25 <i>h</i>	51.62 <i>d</i>	4.623 <i>a</i>	.433 <i>g</i>	5.20 <i>g</i>	12.01 <i>f</i>
Ege 8	37.33 <i>o</i>	34.56 <i>n</i>	31.92 <i>h</i>	4.403 <i>ef</i>	.557 <i>b</i>	6.03 <i>d</i>	10.84 <i>h</i>
Ege 9	135.70 <i>b</i>	62.27 <i>de</i>	57.47 <i>a</i>	4.483 <i>d</i>	.370 <i>j</i>	4.93 <i>hi</i>	13.34 <i>de</i>
TR49646	150.00 <i>a</i>	70.60 <i>c</i>	50.61 <i>d</i>	4.417 <i>e</i>	.530 <i>c</i>	6.30 <i>c</i>	11.89 <i>fg</i>
TR61658	94.67 <i>i</i>	59.36 <i>gh</i>	50.08 <i>d</i>	4.550 <i>c</i>	.337 <i>k</i>	5.47 <i>f</i>	16.24 <i>c</i>
TR61785	84.67 <i>j</i>	52.24 <i>j</i>	42.01 <i>g</i>	4.347 <i>g</i>	.530 <i>c</i>	7.07 <i>a</i>	13.34 <i>de</i>
TR62573	28.67 <i>p</i>	36.35 <i>m</i>	31.39 <i>h</i>	4.357 <i>g</i>	.470 <i>ef</i>	5.70 <i>e</i>	12.13 <i>f</i>
TR62613	97.00 <i>h</i>	55.30 <i>i</i>	47.97 <i>e</i>	4.480 <i>d</i>	.460 <i>f</i>	6.27 <i>c</i>	13.63 <i>de</i>
TR62707	17.33 <i>r</i>	30.91 <i>o</i>	27.60 <i>i</i>	4.473 <i>d</i>	.427 <i>gh</i>	5.47 <i>f</i>	12.81 <i>ef</i>
TR63233	50.33 <i>m</i>	43.57 <i>k</i>	31.34 <i>h</i>	4.173 <i>h</i>	.627 <i>a</i>	6.07 <i>d</i>	9.68 <i>i</i>
TR66062	104.63 <i>f</i>	61.08 <i>ef</i>	45.62 <i>f</i>	4.343 <i>g</i>	.403 <i>i</i>	5.57 <i>ef</i>	13.80 <i>de</i>
TR69155	82.00 <i>k</i>	51.00 <i>j</i>	45.18 <i>f</i>	4.473 <i>d</i>	.410 <i>hi</i>	5.50 <i>f</i>	13.41 <i>de</i>
TR72500	40.77 <i>n</i>	40.58 <i>l</i>	31.92 <i>h</i>	4.583 <i>bc</i>	.330 <i>k</i>	6.50 <i>b</i>	19.75 <i>b</i>
TR72508	112.63 <i>e</i>	59.84 <i>fg</i>	53.37 <i>c</i>	4.573 <i>bc</i>	.210 <i>l</i>	4.77 <i>i</i>	22.73 <i>a</i>
<b>Significance</b>	<b>**</b>	<b>**</b>	<b>**</b>	<b>**</b>	<b>**</b>	<b>**</b>	<b>**</b>

\*\*Values followed by different letters in a column were significantly different ( $p \leq 0.01$ ) using Duncan's multiple range test.

**Table 3.** Mean values of the ANOVA for differences among landraces at least significant difference (*Duncan: p*≤0.05) organic acids (mg.g<sup>-1</sup>) traits and total organic acid per 100 g portion (g/100g) measured in 19 tomato landraces.

Genotype Code	OA (mg.g <sup>-1</sup> )		TarA (mg.g <sup>-1</sup> )	MA (mg.g <sup>-1</sup> )		MalA (mg.g <sup>-1</sup> )	LA (mg.g <sup>-1</sup> )	AA (mg.g <sup>-1</sup> )	CA (mg.g <sup>-1</sup> )		AscA (mg.g <sup>-1</sup> )	Total organic acid per 100 g portion (g/100g)
Ege 1	0,65	<b>c-e</b>	2,40	7,08	<b>b-e</b>	0,09	8,16	7,94	41,15	<b>e-g</b>	0,06	6,75
Ege 3	0,63	<b>c-e</b>	3,49	7,00	<b>b-e</b>	0,08	14,79	19,14	74,03	<b>bc</b>	0,07	11,92
Ege 4	0,73	<b>a-e</b>	1,47	6,52	<b>c-f</b>	0,07	35,84	13,20	44,66	<b>ef</b>	0,07	10,26
Ege 5	0,76	<b>a-d</b>	0,21	6,44	<b>c-g</b>	0,07	29,81	9,73	64,91	<b>cd</b>	0,07	11,20
Ege 6	0,94	<b>a</b>	2,79	5,11	<b>hi</b>	0,04	13,41	4,88	78,12	<b>b</b>	0,08	10,54
Ege 7	0,85	<b>a-c</b>	0,15	6,74	<b>c-f</b>	0,05	12,86	3,95	49,00	<b>e</b>	0,08	7,37
Ege 8	0,78	<b>a-d</b>	3,82	8,03	<b>ab</b>	0,06	15,02	9,23	105,73	<b>a</b>	0,07	14,28
Ege 9	0,81	<b>a-d</b>	3,21	6,55	<b>c-f</b>	0,05	37,39	4,99	61,13	<b>cd</b>	0,10	11,42
TR49646	0,69	<b>c-e</b>	2,37	8,23	<b>a</b>	0,08	18,21	5,94	64,67	<b>cd</b>	0,09	10,03
TR69155	0,60	<b>de</b>	1,41	6,65	<b>c-f</b>	0,06	24,10	7,85	35,54	<b>fg</b>	0,06	7,63
TR62573	0,78	<b>a-d</b>	2,73	6,25	<b>d-h</b>	0,09	32,68	9,35	38,81	<b>e-g</b>	0,10	9,08
TR62613	0,68	<b>c-e</b>	2,13	7,45	<b>a-c</b>	0,09	29,37	4,17	43,38	<b>e-g</b>	0,12	8,74
TR62707	0,68	<b>c-e</b>	4,49	5,34	<b>g-i</b>	0,08	31,32	6,44	31,10	<b>gh</b>	0,10	7,96
TR61658	0,71	<b>b-e</b>	1,31	6,09	<b>e-h</b>	0,07	40,44	3,63	38,68	<b>e-g</b>	0,09	9,10
TR61785	0,67	<b>c-e</b>	1,58	5,29	<b>g-i</b>	0,06	31,51	4,98	42,85	<b>e-g</b>	0,09	8,70
TR63233	0,54	<b>e</b>	1,66	4,88	<b>i</b>	0,04	18,59	5,91	47,26	<b>ef</b>	0,10	7,90
TR66062	0,93	<b>ab</b>	3,36	6,00	<b>e-i</b>	0,05	59,12	12,28	20,25	<b>h</b>	0,09	10,21
TR72500	0,94	<b>a</b>	3,80	5,62	<b>f-i</b>	0,01	34,70	9,60	40,79	<b>e-g</b>	0,12	9,56
TR72508	0,91	<b>ab</b>	3,50	7,34	<b>a-d</b>	0,05	51,75	7,98	47,26	<b>ef</b>	0,10	11,89
<b>Average</b>	<b>0.75</b>		<b>2.42</b>	<b>6.45</b>		<b>0.06</b>	<b>28.37</b>	<b>7.96</b>	<b>51.02</b>		<b>0.09</b>	-
<b>DTL</b>	<b>0.12</b>		<b>1.22</b>	<b>0.95</b>		<b>0.02</b>	<b>13.56</b>	<b>3.86</b>	<b>19.75</b>		<b>0.02</b>	-
<b>%ADTL</b>	<b>16.02</b>		<b>50.45</b>	<b>14.70</b>		<b>31.48</b>	<b>47.78</b>	<b>48.45</b>	<b>38.72</b>		<b>18.86</b>	
<b>Significance</b>	<b>**</b>		<b>n.s</b>	<b>**</b>		<b>n.s</b>	<b>n.s</b>	<b>n.s</b>	<b>**</b>		<b>n.s</b>	-

\*\*Values followed by different letters in a column were significantly different ( $p \leq 0.01$ ) using Duncan's multiple range test. ns: not significant; OA: oxalic acid; TarA: tartaric acid; MA: malic acid; MalA: Malonic acid; LA: lactic acid; AA: Acetic acid; CA: citric acid; AscA: ascorbic acid. All statistical calculations are based on mg.L<sup>-1</sup> unit over the extraction solution according to HPLC results). DTL: Value of Deviation between Tomato Landraces; %ADTL: Percent Deviation of Average with respect to DTL

## DISCUSSION

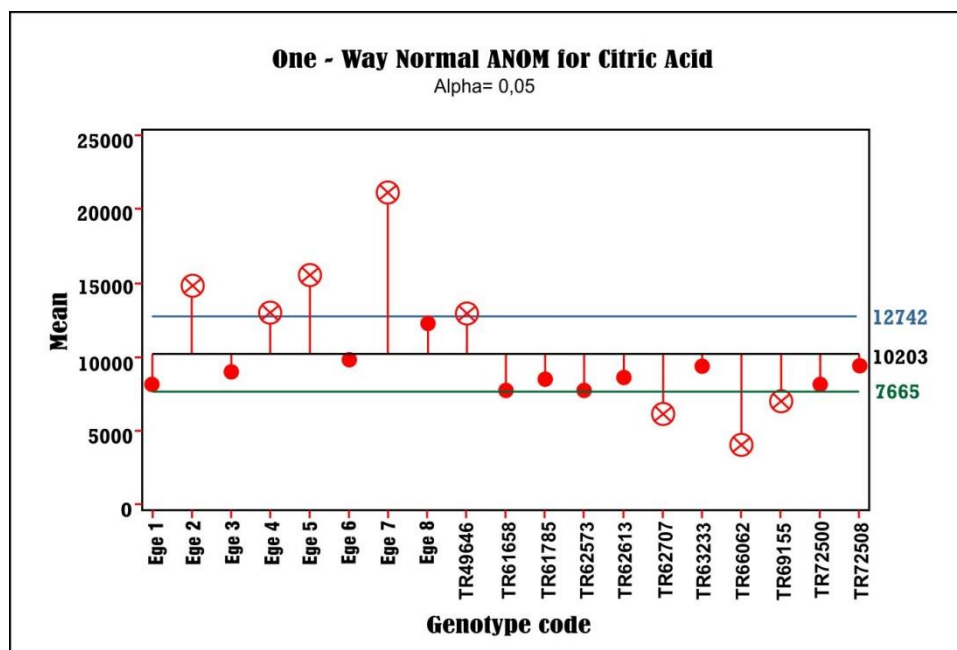
In general, consumers do not like the taste of modern tomato cultivars and claim that many heirloom varieties have better taste and aroma quality (Tieman et al. 2012). This is because the nutritional levels of fruits and vegetables decrease as a result of intensive breeding studies (Klee and Tieman 2013). From viewpoint, it is necessary to investigate the sources of variation for the traits of interest (Acosta-Quezada et al. 2015) because today's modern varieties can be developed in terms of taste and aroma (Ruiz et al. 2005). On the other hand, the improvement and commercialization of landraces may empower small-scale farmers and enable them to generate more income (Agong et al. 2001). For this purpose, many studies have been conducted to understand and document the composition of tomato fruit and its variation (Mata et al. 2000; Schauer et al. 2005; Ruiz et al. 2006; Marconi et al. 2007; Suarez et al. 2008; Pareira et al. 2013; Acosta-Quezada et al. 2015). The study discussed below is the first to examine the diversity of organic acids in of local tomato landraces spread to the Aegean-Mediterranean side of Anatolia.

The mean values of fruit weight (g), length (mm) and fruit diameter (mm) are provided in Table 2. According to these results, great variation was determined among 19 landraces. For instance, a more than 8-fold difference was found between the weights of the smallest and largest tomato fruits. If we describe the fruit size as a combination of three traits such as weight, diameter and length, it is easy to say that the differences between fruit size also prove the genetic diversity among the landraces. The same landraces were previously studied by Kaya (2012), and great variability was determined among the landraces. The size of the fruit may be related to whether the plant is genetically inclined to bloom or not (Cavicchi and Silvetti 1976; Grandillo et al. 1999). However, this situation can also be affected by growing conditions such as fertilizing. Because the growing conditions in these studies were kept as constant as possible, it would not be wrong to say that the reason for the diversity in fruit sizes is genetic factors.

Titration acidity (TA) screened in tomato fruits among landraces showed wide diversity. The landrace that contains the highest TA (TR63233) may be suggested as a good source for breeding programs in the future to increase TA in fruits. In contrast, the landrace that gave the lowest TA (TR72508) may also be a candidate to improve fruit quality, especially for tree tomatoes (Boyes and Strübi 1997). However, TA ratio alone is not a sufficient indicator for future studies to improve taste. Researchers generally focused on SSC, TA and pH and attempted to increase these traits (Hewitt and Garvey 1987; Triano and St Calair 1995). Moreover scientist have attempted to explain the relationships between the traits such as acidity, SSC, sugars, to determine the components of tomato taste (Baldwin et al. 1991; Malunda et al. 1999; Agong et al. 2001; Marconi et al. 2007; Acosta- Klee & Tiaman 2013; Quezada et al. 2015). The tomato taste is a complex of several components, and it can be said that, sweetness is directly affected by SSC and reducing sugars, while sourness is affected by the amount of soluble solid content, pH and TA (Stevens et al. 1977, 1979; Baldwin et al. 1998). Galiana-Balaguer et al. (2006), cited that it is important to know which genes control the traits while planning a breeding study in tomatoes. Genes that control traits such as TA and SSC are polygenic which creates some difficulties in breeding programs (Saliba Colombani et al. 2001; Fulton et al. 2002). Like TA, SSC is another important trait for taste and quality of tomatoes. The range of variation of SSC in 19 tomato landraces was between 4.77% and 7.07%. Our study is in agreement with previous research (Mata et al. 2000; Agong et al. 2001; Galiana-Balaguer et al. 2006; Kaya 2012).

The organic acid content of the tomato landraces was analyzed by ANOVA (Table 3), but it is not sufficient to determine which landraces are different from others. Therefore, One-way ANOM tests were carried out with data that were found statistically significant with the ANOVA test determines the upper and lower decision lines for the landraces. Our results regarding the predominant organic acid being citric acid are in agreement with previous studies, as expected (Thorne and Effiuvewewere 1998; Marconi et al. 2007; Acosta-Quezada et al. 2015). Furthermore, the wide variation among landraces was determined in terms of citric acid. The One way ANOM graph of the citric acid content of the landraces is shown in Figure 3. The results show that significant differences and wide variation were detected among landraces ( $p \leq 0.05$ ) in terms of CA. The highest CA content was determined in the Ege 8 ( $105.73 \text{ mg g}^{-1}$ ), Ege 6 ( $78.12 \text{ mg g}^{-1}$ ), Ege 3 ( $74.03 \text{ mg g}^{-1}$ ), TR49646 ( $64.67 \text{ mg g}^{-1}$ ) and Ege 5 ( $64.91 \text{ mg g}^{-1}$ ) landraces. These 5 landraces were determined over the range of the upper decision line according to the one way normal ANOM test. In contrast three, landraces (TR66062, TR62707 and TR69155) had the lowest CA contents. According to the results obtained, the five highest landraces that gave the highest citric acid concentration may be suggested as a source for a breeding program. Organic acid concentrations in tomato vary according to maturity and the cultivar (Baldwin et al. 1991). Tomato fruits had been harvested at the red maturity phase for each accession in our trials, so it may be claimed that the variation between the accessions depends largely on genetic factors. In addition, Choi et al. (2014) attributed phenotypic differences in tomatoes

largely to genetic factors. These variations in the composition profile of citric acid can be used for the introgression of favorable traits from landraces into the genetic background of cultivated species. It is claimed that, tomato taste intensity is perceived to be higher when the amount of sugar and organic acids are higher (Stevens et al. 1977; Bucheli et al. 1999; Galiana-Balaguer et al. 2006). However, citric acid concentration is not the only indicator of a breeding program. The taste and flavor of tomato is the sum of sugars, acids, and many other volatile chemicals. These chemicals could affect consumer preferences (Klee and Tieman 2013). For instance, the ratio of malic to citric acid should be lower than 0.5. At higher levels, the taste turns sour because malic acid has been reported to be approximately 14% sourer than citric acid (Petro-Turza 1987; Yılmaz 2001). Therefore, dozens of factors affecting the taste and aroma of tomatoes should be considered and breeding programs should be carefully planned.



**Figure 3.** One way ANOM test graph for citric acid concentrations of the landraces

A One way ANOM graph of the malic acid content of the landraces is shown in Figure 4. The results show that significant differences and wide variation were detected among landraces ( $p \leq 0.05$ ) in terms of malic acid. The highest malic acid contents were determined in TR49646 ( $8.23 \text{ mg g}^{-1}$ ) and Ege 8 ( $8.03 \text{ mg g}^{-1}$ ) landraces. In addition, these two landraces were over range according to one way normal ANOM test, in which the upper limit had been determined as  $1514.5 \text{ mg L}^{-1}$  in extraction solution. The results show that, these two landraces have significantly higher malic acid contents than the other landraces. The average malic acid content of the landraces was  $6.45 \text{ mg g}^{-1}$ . On the other hand, 3 landraces, TR63233, Ege 6 and TR61785, gave the lowest malic acid contents of  $4.88$ ,  $5.11$ ,  $5.29 \text{ mg g}^{-1}$ , respectively. These landraces are below the lower decision line of  $1067.10 \text{ mg L}^{-1}$  calculated by the one way ANOM test ( $p \leq 0.05$ ) in the extraction solution. The MA content of the landraces is in agreement with other studies (Suarez et al. 2008; Mata et al. 2000; Galiana-Balaguer et al. 2006; Breksa III et al. 2015). The varieties labeled TR49646 and Ege 8 can be recommended as sources of high malic acid content. One of the interesting results of the ANOM test is that, Ege 8 and TR49646 are above the upper decision line for both CA and MA. Fulton et al. (2002) reported positive correlations between malic acid and citric acid, providing yet another proof of the relationship between CA and MA.

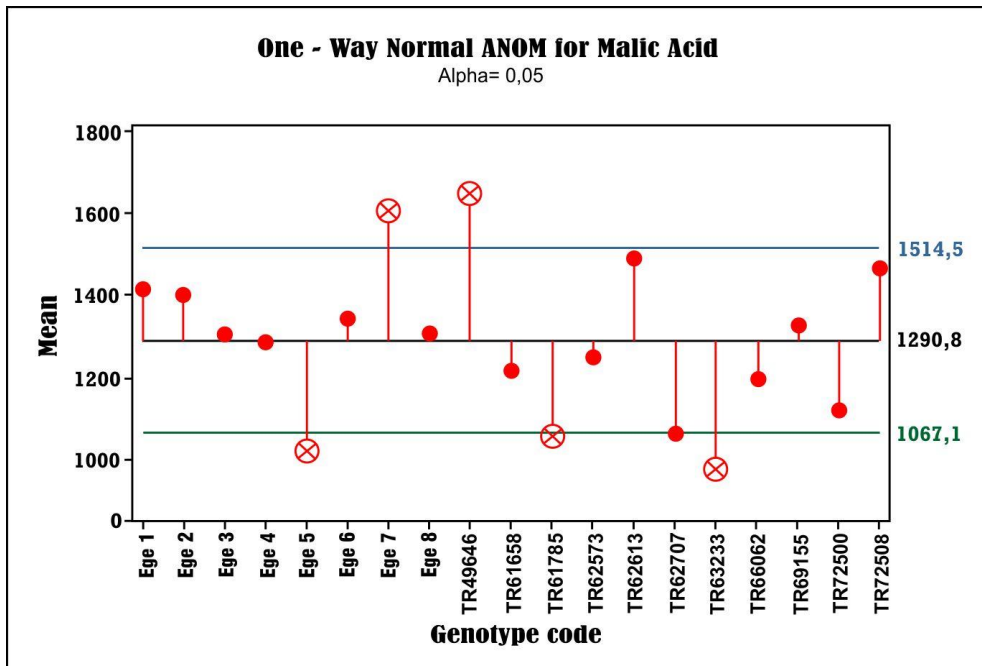
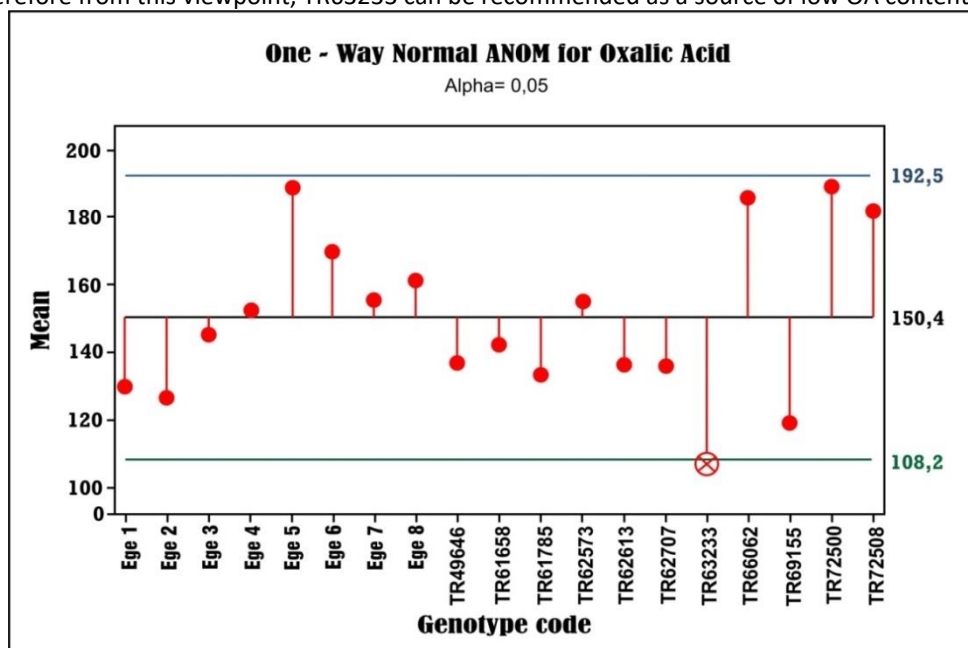


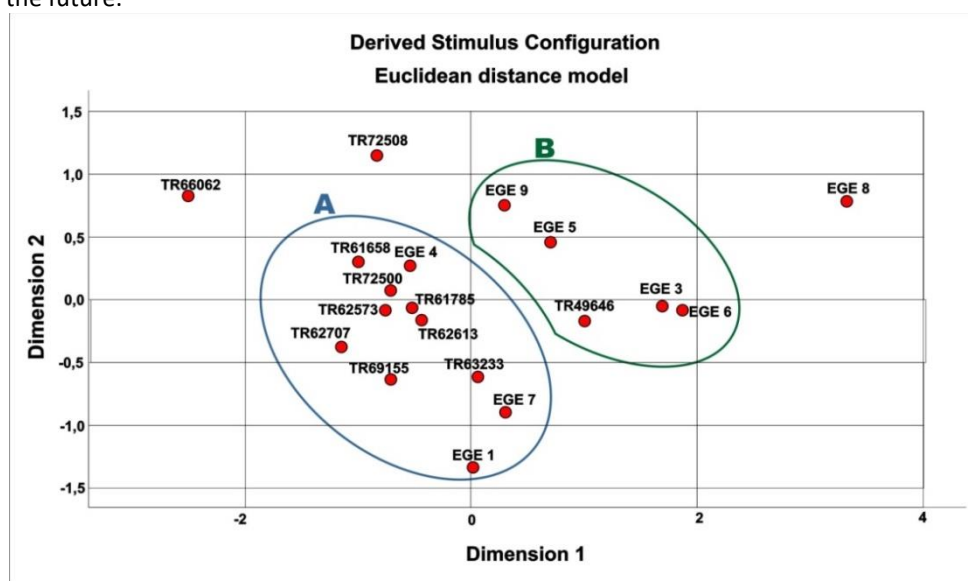
Figure 4. One way ANOM test graph for malic acid concentrations of the accessions.

A One way ANOM graph of the oxalic acid content of the landraces is shown in Figure 5. Results show that we have found narrow diversity among landraces in terms of oxalic acid content, but a statistical significance was ( $p \leq 0.05$ ) detected. The highest oxalic acid content was determined in Ege 6 (188.96 mg L<sup>-1</sup>). This result, however, was not over the upper decision line, therefore, it can be said that this landrace is consistent with the other landraces except for landrace TR63233. The landrace TR63233 was determined under the lower decision line, which means that only this landrace was different from the others. Suarez et al. (2008) determined the OA contents in 5 tomato cultivars between 25 and 37.5 mg L<sup>-1</sup>, but Mata et al. (2000) determined a wide range for OA content of tomato cultivars and accessions between 270 mg kg<sup>-1</sup> and 2580 mg kg<sup>-1</sup> (with another unit expression as 0.27-2.58 mg g<sup>-1</sup>). Our results, which are between 0.54 and 0.94 mg g<sup>-1</sup> are in agreement with those studies. The importance of OA in tomato composition should not be overlooked because it is important from a human nutrition point of view. Generally, the amount of OA in food should be low. OA diminishes the bioavailability of calcium in the alimentary canal (Guil et al. 1996). For instance, 1 g of calcium precipitates with 2.5 g of oxalic acid. Therefore, the bioavailability of calcium is affected by oxalic acid. If the relationship between calcium and oxalic acid is greater than 2.25, it is considered as an insufficient source of calcium for food (Mitjavila 1990). Therefore from this viewpoint, TR63233 can be recommended as a source of low OA content.



**Figure 5.** One way ANOM test graph for oxalic acid concentrations of the accessions.

The multidimensional scaling analysis showed a wide diversity among landraces, and distinguished those that were almost similar or dissimilar. It can be said that the MDS analysis is a reliable tool in explaining and assigning similarities among landraces (Figure 6). 11 landraces, circled as A, showed similarities or narrow diversity among each other and 5 landraces, circled as B, also showed similarities or narrow diversity among each other. However, the landraces grouped together as A and B showed a wide variation. One of the interesting results is that landraces named Ege 8, TR72508 and TR66062 differed from all other landraces and showed great diversity from the other 16 landraces. When data are examined carefully, it can be seen that TR66062 has the lowest CA content, Ege 8 has the second highest TA and highest CA content, and TR72500 has the third highest OA and second lowest SSC content. Thus, the places and group of landraces on the MDS analysis diagram can be explained. Overall, the results indicate that wide diversity among landraces exists for the traits studied. The data explained above may provide ideas and prospects for the selection or use of these landraces as germplasm sources in the future.

**Figure 6.** A multidimensional scaling analysis (MDS) diagram shows the relationships among the 15 traits for 19 landraces. Results are based on the 19 landraces obtained for which data were available for all traits studied (RSQ=0.99580).

## CONCLUSIONS

Many researchers have stated that the systematic evaluation and characterization of local tomato gene sources is essential for current and future agricultural studies and genetic progression. Determining the traits of landraces and heirloom varieties will increase the knowledge of researchers on issues such as how much genetic variability is available and how it will be easier to conduct breeding studies in wider geographical areas. Internal quality and the taste of tomato is a difficult issue and should be explained. The growing interest of people in food quality is a driving force for the improvement of more nutritious and tastier foods. However, the genetic richness found in landraces and heirloom varieties can be used to develop new cultivars. In this study, organic acids in tomato landraces in the Mediterranean coastline of Anatolia were determined. According to the results obtained, wide diversity was detected among the 19 landraces studied. In addition, high CA content in landraces Ege 8, Ege 6, Ege 3, TR49646 and Ege 5 was found to be promising. Moreover, TR49646 and Ege 8 were determined as MA sources for future research. TR63233 was also determined as the tomato landrace with the lowest OA content.

**Acknowledgements:** This study was supported by Canakkale Onsekiz Mart University, The Scientific Research Coordination Unit, project grand number FHD-216-911. Authors would like to thank to Dr. Tutku AK for English editing and to Dr. Soner YIGIT for statistical analysis.


**Conflict of Interests:** The authors declare that no competing interests exist.




**Authors' Contributions:** Seçkin Kaya designed the experiments and obtained funding as project manager. Seçkin Kaya, Okan Erken and Bayram Kızılkaya analyzed the samples at laboratory together. Also Seçkin Kaya wrote the manuscript. All authors read and approved the final manuscript.

## AUTHORS' ORCID NUMBERS

Seçkin KAYA  <https://orcid.org/0000-0003-2157-7215>

Okan ERKEN  <https://orcid.org/0000-0001-5177-7432>

Bayram KIZILKAYA  <https://orcid.org/0000-0002-3916-3734>

## REFERENCES

- Acosta-Quezada, P.G., Raigon, M.D., Riofrio-Cuenca, T., Garcia-Martinez, M.D., Plazas, M., Burneo, J.I., Figueroa, J.G., Vilanova, S., Prohens, J., 2015. Diversity for chemical composition in a collection of different varietal types of tree tomato (*Solanum betaceum*), an Andean exotic fruit. *Food Chem* 169: 327-335.
- Agong, S.G., Shittenhelm, S., Friedt, W., 2001. Genotypic variation of Kenyan tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) germplasm. *The J of Food Tech in Africa* 6; 13–17.
- Anonymous, 1968. International Federation of Fruit Juice Producers No: 3.
- Arnetoli, M., Montegrossi, G., Bucciant, A., Gonnelli, C., 2008. Determination of organic acids in plants of *Silene paradoxa* L. by HPLC. *J Agric Food Chem* 56: 789–795.
- Augustin, J., Beck, C., Marousek, G.I., 1981. Quantitative determination of ascorbic acid in potatoes and potato products by high performance liquid chromatography. *J of Food Sci* 46: 312-316.
- Baldwin, E.A., Nisperos-Carriedo, M.O., Baker, R., Scott, J.W., 1991. Quantitative analysis of flavour parameters in six parameters in six Florida tomato cultivars (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *J Agric Food Chem* 39: 1135–1140.
- Baldwin, E.A., Scott, J.W., Einstein, M.A., Malundo, T.M.M., Carr, B.T., Shewfelt, R.L., and Tandon, K.S., 1998. Relationship between sensory and instrumental analysis for tomato flavor. *J Am Soc Horti Sci* 123: 906–915.
- Bayraktar, K., 1953. Comparative studies on the characteristics and technological values of native and American tomato varieties cultivated in vegetable fields. Ankara University, Faculty of Agriculture 42, Ankara. Work document.
- Bayraktar, K., 1966. Vegetable Growing. Vol I. Ege University, İzmir (in Turkish).
- Boyes, S., Strübi, P., 1997. Organic acid and sugar composition of three New Zealand grown tamarillo varieties (*Solanum betaceum* (Cav.)). *NZ J Crop and Hort. Sci.* 25: 79–83.
- Breksa, A., Robertson, L., Labate, J., King, B., King, D., 2015. Physicochemical and morphological analysis of ten tomato varieties identifies quality traits more readily manipulated through breeding and traditional selection methods. *J Food Comp and Analysis.* 42: 16-25.
- Bucheli, P., Voirol, E., Torre, R.R., Lopez, J., Rytz, A., Tanksley, S.D., Petiard, V., de la Torre, R., 1999. Definition of non-volatile markers for flavor of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) as tools in selection and breeding. *J Agric Food Chem* 47: 659–664.
- Casals, J., Pascual, L., Canizares, J., Cebolla-Cornejo, J., Casanas, F., Nuez, F., 2011. The risks of success in quality vegetable markets: Possible genetic erosion in Marmande tomatoes (*Solanum lycopersicum* L.) and consumer dissatisfaction. *Sci Hort* 130: 78–84.
- Causse, M., Buret, M., Robini, K., Verschave, P., 2003. Inheritance of nutritional and sensory quality traits in fresh market tomato and relation to consumer preferences. *J Food Sci* 68: 2342–2350.
- Causse, M., Saliba-Colombani, V., Lecomte, L., Duffé, P., Rousselle, P., Buret, M., 2002. QTL analysis of fruit quality in fresh market tomato: A few chromosome regions control the variation of sensory and instrumental traits. *J Exp Bot* 53: 377, 2089-2098.
- Cavicchi, S., Silvetti, E., 1976. Yield in tomato. I. Multiple regression between yield and yield components. *Gen Agri* 30: 293-313.
- Cebolla-Cornejo, J., Rosello, S., Nuez, F., 2013. Phenotypic and genetic diversity of Spanish tomato landraces. *Sci Hort* 162: 150–164.
- Choi, S.H., Kim, D.S., Kozukue, N., Kim, H.J., Nishitani, Y., Mizuno, M., Levin, C.E., Friedman, M., 2014. Protein, free amino acid, phenolic, b-carotene, and lycopene content, and antioxidative and cancer cell inhibitory effects of 12 green-house-grown commercial cherry tomato varieties. *J Food Comp Analysis* 34 (2): 115–127.

- Davies, J.N., Hobson, G.E., 1981. The constituents of tomato fruit the influence of environment, nutrition, and genotype. *Crit. Rev. Food Sci. Technol.* 15: 205–280.
- FAO, 2021. Food and agriculture organization of the UN statistics division website. Available: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize>. 20 Dec.2021.
- Foolad, M.R., 2007. Genome mapping and molecular breeding of tomato. *Int J of Plant Gen.* 52.
- Fulton, T.M., Bucheli, P., Voirol, E., Lopez, J., Petiard & Tanksley, S.D., 2002. Quantitative trait loci (QTL) affecting sugars, organic acids and other biochemical properties possibly contributing to flavor, identified in four advanced backcross populations of tomato. *Euphytica* 127: 163–177.
- Galiana-Balaguer, L., Rosello, S., Nuez, F., 2006. Characterization and selection of balanced sources of variability for breeding tomato (*Lycopersicon*) internal quality. *Gen Res and Crop Evol* 53: 907–923.
- Grandillo, S., Zamir, D., Tanksley, S.D., 1999. Genetic improvement of processing tomatoes: A 20 years perspective. *Euphytica* 110: 85–97.
- Henareh, M., Dursun, A., Mandoulakani, B.A., 2015. Genetic diversity in tomato landraces collected from Turkey and Iran revealed by morphological characters. *Acta Sci Pol Hort Cultus* 14(2): 87–96.
- Karagöz, A., 2003. Plant genetic resources conservation in Turkey. *Acta Horti* 598: 17-25.
- Kaya, S., 2012. Researches on determining local table tomato populations available for organic farming and usage opportunities to improve organic cultivars. Doctorate Thesis. Ege University, Turkey.
- Klee, H.J., Tieman, D.M., 2013. Genetic challenges of flavor improvement in tomato. *Trends in genetics* 29: 4.
- Malundo, T.M.M., Shewfelt, R.L., Scott, J.W., 1995. Flavor quality of fresh tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) as affected by sugar and acid levels. *Postharvest Biol Technol* 6:103–10.
- Marconi, O., Floridi, S., Montanari, L., 2007. Organic acids profile in tomato juice by HPLC with UV detection. *J of Food Quality* 30: 253–266.
- Mata, M.C.S., Hurtado, M.C., Rosell, S., Ripolles, S.R., Galiana-Balaguer, L., Isasa, M.E.T., Vifials, F.N., 2000. Breeding for flavour of fresh market tomato: sources for increasing acid content. *Acta Physiol Plant* 22: 250.
- Mendes, M., Yiğit, S., 2013. Comparison of ANOVA-F and ANOM tests with regard to type I error rate and test power. *J of Statistical Comp Simul* 83(11): 2093-2104.
- Mendes, M., Yiğit, S., 2018. An alternative approach for multiple comparison problems when there are a large number of groups: ANOM technique. *J Animal & Plant Sci.* 28: (4).
- Mitjavila, S., 1990. Sustancias naturales nocivas en los alimentos. In: Derache J (ed) *Toxicología y seguridad de los alimentos*. Omega, Barcelona
- Mucha, A.P., Almeida, C.M.R., Bordalo, A.A., Vasconcelos, M.T.S.D., 2005. Exudation of organic acids by a marsh plant and implications on trace metal availability in the rhizosphere of estuarine sediments. *Est Coast Shelf Sci* 65:191–198.
- Negri, V., Maxted, N., Veteläinen, M., 2009. European landrace conservation: an introduction. In: Veteläinen, M., Negri, V., Maxted, N. (Eds.), *European Landraces: On-farm Conservation Management and Use*, Biodiversity Technical Bulletin 15. Bioversity International, Macarosse, pp. 1–22.
- Oraman, M.N., 1968. *Vegetable science*. (in Turkish). Ankara University.
- Pereira, C., Barrosa, L., Carvalho, A.M., Isabel, C., Ferreira, F.R., 2013. Use of UFLC-PDA for the analysis of organic acids in thirty five species of food and medicinal plants. *Food Anal Methods* 6:1337–1344
- Petro-Turza, M., 1987. Flavor of tomato and tomato products. *Food Rev Int* 2 (3): 309-351.
- Reddy, B.R., Reddy, M.P., Begum, H., Sunil, N., 2013. Genetic diversity studies in tomato (*Solanum lycopersicum* L.). *J Agri Vet Sci* 4: 53–55.
- Ruiz, J.J., Alonso, A., Garcia-Martinez, S., Valero, M., Basco, P., Ruiz-Bevia, F., 2005. Quantitative analyses of flavour volatiles detects differences among closely related traditional cultivars of tomato. *J of Sci Food Agr* 85: 54–60.
- Ruiz, J.J., Valero, M., García-Martínez, S., Serrano, M., Moral, R., 2006. Effect of recent genetic improvement on some analytical parameters of tomato fruit quality. *Comm Soil Sci and Plant Anal* 37:15-20, 2647-2658.
- Sacco, A., Ruggieri, V., Parisi, M., Festa, G., Rigano, M.M., Picarella, M.E., Mazzucato, A., Barone, A., 2015. Exploring a tomato landraces collection for fruit-related traits by the aid of a high-throughput genomic platform. *PLoS ONE* 10(9).
- Saliba Colombani, V., Causse, M., Langlois, D., Philouze, J., Buret, M., 2001. Genetic analysis of organoleptic quality in fresh market tomato. 1. Mapping QTLs for physical and chemical traits. *Theor Appl Gen* 102: 259–272.
- Salles, C., Nicklaus, S., Septier, C., 2003. Determination and gustatory properties of taste-active compounds in tomato juice. *Food Chem* 81: 395–402.

- Schauer, N., Zamir, D., Fernie, A.R., 2005. Metabolic profiling of leaves and fruit of wild species tomato: A survey of the *Solanum lycopersicum* complex. *J Exp Botany* 56: 410, 297-307.
- Stevens, M.A., Kader, A.A., Albright-Holton, M., Algazi, M., 1977. Genotypic Variation for flavour and composition in fresh market tomatoes. *J Am Soc Hort Sci* 102: 680–689.
- Suarez, M.H., Rodriguez, E.R., Romero, C.D., 2008. Analysis of organic acid content in cultivars of tomato harvested in Tenerife. *Eur Food Res Technol* 226: 423.
- Tan, A., 2010. The status of plant genetic resources for food and agriculture in Turkey. Regarding the conservation and sustainable use of plant resources for food and agriculture, the second country report on Turkey (in Turkish).
- Tandon, K.S., Baldwin, E.A., Scott, J.W., Shewfelt, R.L., 2003. Linking sensory descriptors to volatile and nonvolatile components of fresh tomato flavor. *J. of Food Sci* 68: 2366–2371.
- Tembe, K.O., Chemining'wa, G., Ambuko, J., Owino, W., 2018. Evaluation of African tomato landraces (*Solanum lycopersicum*) based on morphological and horticultural traits. *Agri and Nat Res* 52: 536-542.
- Thorne, S.N, Efiuvwevwere, B.J.O., 1988. Changes in organic acids in chilled tomato fruit (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *J Sci Food Agric* 44: 309–319.
- Thybo, A.K., Edelenbos, M., Christensen, L.P., Sørensen, J.N., Thorup-Kristensen, 2006. Effect of organic growing systems on sensory quality and chemical composition of tomatoes. *LWT-Food Sci Tech* 39:835–843.
- Tieman, D.M., Bliss, P., McIntyre, L.M., Blandon-Ubeda, A., Bies, D., Odabaşı, A.Z., Rodriguez, G.R., van der Knaap, E., Taylor, M.G., Goulet, C., Mageroy, M.H., et. al, 2012. The chemical interactions underlying tomato flavor preferences. *Curr. Biol.* 22, 1–5 Elsevier Ltd. Working paper.
- Yiğit, S., Mendeş, M., 2016. Usage of multidimensional scaling technique for evaluating performances of multivariate normality tests. *British J App Sci & Technol.* 16: 1–6
- Yılmaz, E., 2001. The chemistry of fresh tomato flavor. *Turk J Agric Forestry* 25: 149-155.