



**ISPARTA UYGULAMALI BİLİMLER  
ÜNİVERSİTESİ**

**ZİRAAT FAKÜLTESİ DERGİSİ**

**Cilt (Volume) : 18**

**Sayı (Number) : 2**

**Yıl (Year) : 2023**



**The Journal of Agriculture Faculty**



**ISPARTA  
UYGULAMALI BİLİMLER  
ÜNİVERSİTESİ**

**ISSN : 1304-9984  
e-ISSN : 2687-3419**



# ISPARTA UYGULAMALI BİLİMLER ÜNİVERSİTESİ Ziraat Fakültesi Dergisi

Cilt 18, Sayı 2, Yıl 2023

## Isparta University of Applied Sciences Journal of the Faculty of Agriculture

Volume 18, Issue 2, Year 2023

ISSN: 1304-9984 | e-ISSN: 2687-3419

Bu dergi, aşağıda listelenen veri tabanları tarafından taranmaktadır / This journal is indexed by the following abstracting and indexing databases  
Crossref, Directory of Research Journals Indexing (DRJI), Google Scholar, Academic Resource Index, Directory of Open Access  
Scholarly Resources (ROAD), Sobiad, Base, FAO Agris, Academic Researches Index, CAB Abstracts, EBSCO

## **DERGİ HAKKINDA**

Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 2006 yılında Süleyman Demirel Üniversitesi yayıncı kimliği ile yayına başlayan ve 2019 yılından itibaren Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi yayıncı kimliği ile yayınlanmaya devam ulusal ve uluslararası bilimsel araştırma dergisidir. Ziraat Fakültesi Dergisi, tarım bilimleri konularında bilim ve teknolojideki gelişmelerin takip edilmesi, katkıda bulunulması ve ülkenin hızlı ve sürdürülebilir kalkınma çabalarını güçlendirilmesi amaçlanmaktadır. Dergide tarım bilimi, biyoloji, orman, gıda, genetik ve çevre bilim dalları ile ilgili alanlarında özgün araştırmalar düzenli olarak yılda iki sayı yayımlanan ulusal-uluslararası hakemli-indeksli bir dergidir. Yayımlanmak üzere gönderilen bütün makaleler; hakemler ve editörler tarafından değerlendirilir. Özgün araştırma makaleleri isteğe bağlı olarak Türkçe veya İngilizce yazılır. İngilizce dilinde yazılmış özgün araştırma makaleleri yayımlanma önceliğine sahiptir. Dergiye yayımlanmak için gönderilen makalelerden herhangi bir değerlendirme ve başvuru ücreti alınmamaktadır.

---

## **ABOUT THE JOURNAL**

Isparta University of Applied Sciences Journal of the Faculty of Agriculture is national and international scientific research journal that started its publication in 2006 under Süleyman Demirel University and continues to be published with the publisher identity of Isparta University of Applied Sciences since 2019. The Journal of the Faculty of Agriculture aims to follow the developments in science and technology related to agricultural sciences, to contribute and to strengthen the country's rapid and sustainable development endeavors. The journal is a national-international refereed-indexed journal that publishes original research in fields related to agricultural science, biology, forestry, food, genetics and environmental sciences regularly and published twice a year. Articles submitted to the journal publication are evaluated by referees, publication board and editors. Original research articles are optionally written in Turkish or English. Original research articles written in English language have priority for publication. There are no submission fees, publication fees or page charges for Journal of the Faculty of Agriculture.



Directory of  
Research Journal  
Indexing



**EBSCO**

## ISPARTA UYGULAMALI BİLİMLER ÜNİVERSİTESİ ZİRAAT FAKÜLTESİ DERGİSİ

### İMTİYAZ SAHİBİ

Prof. Dr. **Deniz YILMAZ**  
Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dekanlığı

### BAŞ EDITÖR

Prof. Dr. **Burhan KARA**  
Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi

### YARDIMCI EDITÖR

Dr. Öğr. Üyesi **Sercan ÖNDER**  
Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi

### EDITÖRLER

Prof. Dr. **Vecdi DEMİRCAN**  
Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi  
Prof. Dr. **Hülya GÜL**  
Süleyman Demirel Üniversitesi  
Prof. Dr. **Müdahir ÖZGÜL**  
Atatürk Üniversitesi  
Prof. Dr. **Oğuzhan ÇALIŞKAN**  
Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi  
Doç. Dr. **Arif Behiç TEKİN**  
Ege Üniversitesi

Doç. Dr. **Cemal KURT**  
Çukurova Üniversitesi  
Doç. Dr. **Halil DEMİR**  
Akdeniz Üniversitesi  
Dr. Öğr. Üyesi **Koray KIRIKÇI**  
Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi  
Dr. Öğr. Üyesi **Talip ÇAKMAKÇI**  
Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi  
Dr. Öğr. Üyesi **Aydın ATAKAN**  
Gaziantep Üniversitesi

### YAYIN KURULU

Prof. Dr. **Sedat AKTAN**  
Kırıkkale Üniversitesi  
Prof. Dr. **İbrahim ERDAL**  
Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi  
Prof. Dr. **Yaşar KARAKURT**  
Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi  
Prof. Dr. **Ercan CEYHAN**  
Selçuk Üniversitesi  
Prof. Dr. **Deniz YILMAZ**  
Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi

Prof. Dr. **Safder BEYAZİT**  
Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi  
Prof. Dr. **Hülya ÖZGÖNEN ÖZKAYA**  
Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi  
Prof. Dr. **Bahri KARLI**  
Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi  
Prof. Dr. **Yusuf UÇAR**  
Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi  
Doç. Dr. **Halef DİZLEK**  
Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi

### YABANCI DİL EDITÖRÜ

Doç. Dr. **Musa YAVUZ**  
Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi

### TEKNİK EDITÖR

Dr. Öğr. Üyesi **Sercan ÖNDER**  
Isparta Uygulamalı Bilimler  
Üniversitesi

Arş. Gör. **Bektaş KADAKOĞLU**  
Isparta Uygulamalı Bilimler  
Üniversitesi

Öğr. Gör. **Murat MUTLUCAN**  
Isparta Uygulamalı Bilimler  
Üniversitesi

**ISPARTA UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES, JOURNAL OF THE FACULTY OF AGRICULTURE**

**PRIVILIGE OWNER**

Prof. Dr. **Deniz YILMAZ**  
Isparta University of Applied Sciences Faculty of Agriculture Dean's Office

**EDITOR IN CHIEF**

Prof. Dr. **Burhan KARA**  
Isparta University of Applied Sciences

**ASSOCIATE EDITORS**

Asst. Prof. Dr. **Sercan ÖNDER**  
Isparta University of Applied Sciences

**EDITORS**

Prof. Dr. **Vecdi DEMİRCAN**  
Isparta University of Applied Sciences  
Prof. Dr. **Hülya GÜL**  
Süleyman Demirel University  
Prof. Dr. **Müdahir ÖZGÜL**  
Atatürk University  
Prof. Dr. **Oğuzhan ÇALIŞKAN**  
Hatay Mustafa Kemal University  
Assoc. Prof. Dr. **Arif Behiç TEKİN**  
Ege University

Assoc. Prof. Dr. **Cemal KURT**  
Cukurova University  
Assoc. Prof. Dr. **Halil DEMİR**  
Akdeniz University  
Asst. Prof. Dr. **Koray KIRIKÇI**  
Kırşehir Ahi Evran University  
Asst. Prof. Dr. **Talip ÇAKMAKÇI**  
Van Yüzüncü Yıl University  
Asst. Prof. Dr. **Aydın ATAKAN**  
Gaziantep University

**PUBLICATION BOARD**

Prof. Dr. **Sedat AKTAN**  
Kırıkkale University  
Prof. Dr. **İbrahim ERDAL**  
Isparta University of Applied  
Sciences  
Prof. Dr. **Yaşar KARAKURT**  
Isparta University of Applied  
Sciences  
Prof. Dr. **Ercan CEYHAN**  
Selçuk University

Prof. Dr. **Deniz YILMAZ**  
Isparta University of Applied  
Sciences  
Prof. Dr. **Safder BEYAZİT**  
Hatay Mustafa Kemal University  
Prof. Dr. **Hülya ÖZGÖNEN**  
**ÖZKAYA**  
Isparta University of Applied  
Sciences

Prof. Dr. **Bahri KARLI**  
Isparta University of Applied  
Sciences  
Prof. Dr. **Yusuf UÇAR**  
Isparta University of Applied  
Sciences  
Assoc. Prof. Dr. **Halef DİZLEK**  
Osmaniye Korkut Ata University

**FOREIGN LANGUAGE EDITOR**

Assoc. Prof. Dr. **Musa YAVUZ**  
Isparta University of Applied Sciences

**TECHNICAL EDITORS**

Asst. Prof. Dr. **Sercan ÖNDER**  
Isparta University of Applied  
Sciences

Res. Asst. **Bektaş KADAKOĞLU**  
Isparta University of Applied  
Sciences

Lecturer **Murat MUTLUCAN**  
Isparta University of Applied  
Sciences

**İÇİNDEKİLER / TABLE OF CONTENTS****Sayfa / Pages**

Mikroalga Kurutma ve Ozmotik Dehidrasyon ile Birlikte Kurutulan Limon Halkalarının Renk Analizi..... <i>Color Analysis of Co-Dried Lemon Rings by Microwave Drying and Osmotic Dehydration</i> <b>Zehra YILDIZ, Süleyman REYHAN</b>	66-73
Yapraktan Kalsiyum ve Bor Uygulamasının Narın ( <i>Punica granatum</i> cv. Hicaznar) Mineral Beslenmesi, Verimi ve Meyve Çatlama Üzerine Etkisi..... <i>The Effect of Foliar Calcium and Boron Application on Mineral Nutrition, Yield and Fruit Cracking of Pomegranate (Punica granatum cv. Hicaznar)</i> <b>Sait İsmail YÖRÜK, Figen ERASLAN İNAL</b>	74-83
Sulama Performans Değerlendirmesi: Şanlıurfa/Bozova Yaylak Ovası Pompaj Sulaması Örneği..... <i>Assessment of Irrigation Performance: A Case Study Şanlıurfa/Bozova Yaylak Plain Pumped Irrigation Scheme</i> <b>Musa POLAT, Hasan DEĞİRMENCİ</b>	84-93
Isparta İli Elma Bahçelerinden Toplanan <i>Panonychus ulmi</i> (Koch) (Acari: Tetranychidae) Popülasyonlarının Acequinocyl ve Bifenazate Direnç Oranlarının Belirlenmesi..... <i>Determination of Acequinocyl and Bifenazate Resistance Rates Among Panonychus ulmi (Koch) (Acari: Tetranychidae) Populations Collected from Apple Orchards in Isparta Province</i> <b>Alper YAMAN, Recep AY</b>	94-99
Indonesian Palm Oil Export Analysis..... <i>Endonezya Palm Yağı İhracat Analizi</i> <b>Zahraturrahmi ZAHRATURRAHMI, Vecdi DEMIRCAN</b>	100-109
Biochar Incorporation Zone Has an Effect on The Soil Carbon Dioxide Emission..... <i>Biyokömür Karıştırma Zonu Toprak Karbondioksit Emisyonu Üzerinde Etkilidir</i> <b>Davut AKBOLAT, Ali COSKAN, Hürkan Tayfun VAROL, Muvahhid KILICARSLAN</b>	110-115
<i>Aphis fabae</i> Scopoli, 1763 (Hemiptera: Aphididae) ile Beslenen <i>Harmonia axyridis</i> Pallas, 1773 (Coleoptera: Coccinellidae)'in İşlevsel Tepkisi..... <i>Functional Response of Harmonia axyridis Pallas, 1773 (Coleoptera: Coccinellidae) Feeding on Aphis fabae Scopoli, 1763 (Hemiptera: Aphididae)</i> <b>Hacer ÇEVİK, Şükran OĞUZOĞLU, Tuğçe ÖZEK, Mustafa AVCI, İsmail KARACA</b>	116-122
Dikey Tarım (Kule) Sisteminde ve Toprak Koşullarında Yetiştirilen Kıvrık Salata ( <i>Lactuca sativa</i> var. <i>crispa</i> ) Türünün Verim ve Kalite Bakımından Karşılaştırılması..... <i>Comparison Regarding Yield and Quality Features of Crispy Salad (Lactuca sativa var. crispa) That Grown in Vertical Farming (Tower) System and Soil Condition</i> <b>Mustafa DEMİREL, Hakan AKTAŞ</b>	123-133
Factor Rotation Methods in Factor Analysis: An Application on Agricultural Data..... <i>Faktör Analizinde Faktör Döndürme Yöntemleri: Ziraat Verisi Üzerinde Bir Uygulama</i> <b>Ayşe Sümeyye CAN, Özgür KOŞKAN, Malik ERGİN</b>	134-142

## Mikrodalga Kurutma ve Ozmotik Dehidrasyon ile Birlikte Kurutulmuş Limon Halkalarının Renk Analizi

Zehra YILDIZ\*<sup>1</sup>, Süleyman REYHAN<sup>2</sup>

Ziraat Fakültesi Dergisi,  
Cilt 18, Sayı 2,  
Sayfa 66-73, 2023

Journal of the Faculty of Agriculture  
Volume 18, Issue 2,  
Page 66-73, 2023

**Öz:** Bu çalışmada, ozmotik ön kurutma işlemi uygulanmış ve uygulanmamış olan limon dilimlerinin mikrodalga yöntemi ile kurutulmasında ozmotik ön işleminin, mikrodalga kurutma süresi ve mikrodalga güç seviyesi gibi faktörlerin nem kaybı, büzülme oranı ve renk parametreleri üzerine etkileri belirlenmiştir. Renk parametreleri olarak kroma, kahverengileşme indeksi, hue açısı ve toplam renk değişimi seçilmiştir. Bu çalışmada, ozmotik ön kurutma işlemi uygulanmış ve uygulanmamış 10 mm dilim kalınlığındaki limon halkaları mikrodalga fırında kurutulmuştur. Ozmotik dehidrasyon işlemi için katı/çözelti oranı 1/10, sodyum klorür çözelti derişimi %20 (a:h) ve ozmotik dehidrasyon süresi üç saat olarak belirlenmiştir. Mikrodalga güç seviyeleri 100, 200 ve 300 W ve mikrodalga kurutma süresi 2, 4, 6 ve 8 dk olarak seçilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, mikrodalga kurutma işleminden önce uygulanan ozmotik ön kurutma işlemi ile nem kaybı artarken, büzülme oranından önemli bir değişimin olmadığı belirlenmiştir. Ayrıca ozmotik ön kurutma işleminin mikrodalga kurutmada üründeki renk kaybını engelleyerek renk parametrelerinden kroma değeri ve hue açısına olumlu katkısı olduğu görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** Kurutma ön işlemleri, Mikrodalga kurutma, Ozmotik dehidrasyon, Hue açısı, Kroma

## Color Analysis of Co-Dried Lemon Rings by Microwave Drying and Osmotic Dehydration

**Abstract:** In this study, it was determined the effects of microwave drying time and microwave power level, osmotic pretreatment on moisture loss, shrinkage rate and color parameters on microwave drying of lemon slices that was applied both treated and untreated with osmotic pre-dried method. Chroma, brownish index, hue angle and total color change were chosen as the color parameters. In this study, both treated and untreated with osmotic pre-dried method the lemon rings in 10 mm slice thickness were dried in a microwave oven. For the osmotic dehydration process, the solid/solution ratio was 1/10, the sodium chloride solution concentration was 20% (w:v), and the osmotic dehydration time was three hours. Microwave power levels were chosen as 100, 200 and 300 W and microwave drying time were as chosen 2, 4, 6 and 8 min. According to the results obtained it was determined that while the moisture loss increased with the osmotic dehydration pre-drying process applied before the microwave drying process, the diametrical shrinkage ratio wasn't significantly change. In addition, it has been observed that osmotic dehydration pre-drying process has a positive contribution to color parameters such as chroma value and hue angle by preventing color loss in microwave drying.

**Keywords:** Pre-drying treatment, Microwave drying, Osmotic dehydration, Hue angle, Chroma

\*Sorumlu yazar (Corresponding author)  
zyildiz@tarsus.edu.tr

Alınış (Received): 08/12/2022  
Kabul (Accepted): 22/07/2023

<sup>1</sup>Tarsus Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi,  
Mühendislik Temel Bilimler Bölümü, 33400, Mersin,  
Türkiye

<sup>2</sup>Tarsus Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü,  
Makine Mühendisliği Bölümü, 33400, Mersin, Türkiye



## 1. Giriş

Dünyada ve ülkemizde en fazla israf edilen gıda maddeleri meyve ve sebzelerdir. Dünyada meyve ve sebzelerin %44'ü ve ülkemizde %25-40'ı kaybedilmektedir. Ülkemizde yaş meyve ve sebzede kayıpları, hasat esnasında %4-12, ürünlerin pazara veya hale taşınmasında %2-8, pazara hazırlık sırasında %5-15, depolama sürecinde %3-10 ve tüketim esnasında %1-5 olmak üzere toplamda %15-50 arasındadır (Tekiner vd., 2021). Yaş sebze-meyve tüketimi ve ihracatından sonra arz fazlası olarak elde kalan ürünlerin bozulmadan uzun süre depolanması veya ekonomik değeri yüksek kuru gıda ürünlerinin elde edilmesinde çeşitli kurutma yöntemleri kullanılmaktadır. Kurutma işlemi, gıdanın raf ömrünü arttırır, kurutma sırasında uzaklaşan nem ile ürün hacminde meydana gelen azalma depolama, nakliye ve paketleme maliyetlerini önemli derecede düşürür. Özellikle kurutulan meyveler bitki çayları, bisküvi, kek ve puding gibi tatlılarda tat-aroma verici olarak birçok yerde kullanılmakla beraber sağlıklı atıştırmalık olarak mevsimi dışında da her zaman tüketilebilir (Güngör ve Özbalta, 1997; Ertekin ve Yıldız, 1998; Anonim, 1999).

Kurutma için vakumla, kızılötesi, dondurarak ve mikrodalga kurutma gibi birçok yöntem kullanılmaktadır. Mikrodalga kurutma işleminde doku daha zarar görmediği için daha kaliteli kuru ürün elde edilir. Mikrodalga kurutma yönteminde fırın boşluğuna gönderilen mikrodalga ışınım ürün tarafından absorbe edilerek ürün içerisinde bulunan su moleküllerini titreştirmesiyle ürün içerisinde ısı oluşturur. Mikrodalga kurutma yönteminde ısı transferi ürünün merkezinden yüzeyine doğru gerçekleştiği için konduktif ve konvektif kurutma yöntemlerine göre farklıdır. Mikrodalga kurutma yöntemi, kurutulan materyalin iç kısımlarına daha fazla ısı transfer etmesi, temizlik, enerji kazanımı, kolay işlem kontrolü, kurutma işleminin hızlı başlatılması ve sonlandırılması gibi avantajlar sağlayan alternatif bir kurutma yöntemidir. Ancak mikrodalga kurutma yöntemi homojen şekli olmayan ürünler üzerinde düzensiz ısı dağılımı sağlaması, yapısal zararlar meydana getirmesi, yüksek yatırım maliyeti gerektirmesi ve mikrodalga ışınlarının ürünler üzerinde etkisinin sınırlı olması gibi olumsuz etkilere sebeptir (Schiffmann, 1986; Datta ve Davidson, 2000; Maskan, 2000; Alibaş, 2012; Polatçı ve Taşova, 2017).

Mikrodalga kurutma yönteminin olumsuzluklarını gidermek için mikrodalga kurutma ile birçok kurutma yönteminin beraber kullanıldığı mikrodalga destekli kurutma yöntemleri kullanılmaktadır. Mikrodalga destekli kurutma yöntemlerinde geleneksel kurutma yöntemlerine göre kurutma süresinde %25-90'na varan azalma, kurutma hızında %400-800 artış ve enerji tüketiminde %32-71 azalma sağlanmıştır (Moses vd., 2014). Mikrodalga destekli kurutma yöntemlerinde

birçok kurutma yöntemiyle mikrodalga kurutma birlikte kullanılmıştır (Schiffmann, 1986; Datta ve Davidson, 2000; Karaaslan, 2008; Yılmaz 2015). Bu yöntemler arasında mikrodalga sıcak hava kurutma yöntemi, mikrodalga destekli vakum kurutma, mikrodalga destekli dondurarak kurutma, mikrodalga destekli akışkan yatak kurutma, mikrodalga destekli köpük kurutma ve mikrodalga destekli ozmotik kurutma sayılabilir. Mikrodalga destekli ozmotik kurutmaya son yıllarda ilgi artmaktadır (Karaaslan, 2008; Moses vd., 2014). Bu yöntemde, ürünün ya da maddenin dielektrik özelliklerini etkileyen izotonik çözünenler daha fazla esneklik sunmaktadırlar. Mikrodalga ile ısıtmanın yoğunluğu dolayısı ile de kurutma işlemi etkilenmektedir. Bununla birlikte çözünen maddelerin difüzyonu dolayısı ile iyi bir görünüme yol açan yapının geçiş sıcaklığını ve çökme sıcaklığını artırmaktadır. Ayrıca önceden ozmotik olarak işlem görmüş madde daha fazla su içereceğinden ürünün kalitesi de etkilenmektedir. Mikrodalga kurutma işleminden önce uygulanan ozmotik dehidrasyon ön işlemi ile katı madde miktarının artması dielektrik özellikleri değiştirerek büzülmeyi ve kurutma süresini azaltmasına, tekrar su alma yapısını ve gözenekli yapısını iyileştirerek ısının homojen dağılmasını sağlamaktadır (Tunçer, 1990; Yağcıoğlu, 1994; İzli, 2012).

Yaş meyve ve sebze ihracatımızın yarısını yaklaşık narenciye ürünleri oluşturmaktadır. Ülkemizde toplam mandalina üretiminin %84'ü, portakal üretiminin %85'i, limon üretiminin %93'ü ve greylimondun üretiminin %96'sı Akdeniz Bölgesi'nde gerçekleştirilmektedir. Son yıllarda turunçgil üretiminde mandalina ve limon türlerine ağırlık verilmiştir (Aygören, 2021). Mersin ili, limon üretiminin %59'unu karşılayarak limon üretiminde Türkiye de ilk sırada yer almakta olup, özellikle narenciye üretiminde ülke ekonomisine önemli katkısı olan illerden biridir (Anonim, 2020; Aygören, 2021). Ülkemizde Mersin ilinin batısındaki Erdemli-Silifke yöresinde yetiştirilen Lamas çeşidi limon orta boyuttaki meyvesi, silindirik, belirgin memeli, boyun halkalı, kabuğu sarı renkli, koku-tat bakımından zengin, sulu bir limondur (Alkaç, 2019). Bu sebeple Lamas türü limon dilimlerinin kurutulması bölgenin tarım ekonomisine ve kırsal gelişimine katkıda bulunacaktır. Bu sebeple çalışmada, ozmotik dehidrasyon uygulanmış ve uygulanmamış limon dilimleri mikrodalga fırında kurutulmuş ve kurutma koşullarının kurutma performansı üzerine etkileri belirlenmiştir.

## 2. Materyal ve Yöntem

### 2.1. Materyal ve Yöntem

Deneylerde ozmotik ön işlem uygulanmış ve uygulanmamış Lamas cinsi limon dilimleri kurutulmuştur. Bu çalışmada ozmotik dehidrasyon ön işlemi uygulanmış ve uygulanmamış limon dilimleri mikrodalga fırında kurutulmuştur. Ozmotik dehidrasyon işlemi oda

sıcaklığında yapılmış olup, yapılan ön denemeler sonunda en uygun dilim kalınlığı 10 mm, katı/çözelti oranı 1/10, sodyum klorür çözelti derişimi ağırlıkça/hacimce (a:h) olarak %20 (a:h) ve ozmotik dehidrasyon süresi üç saat olarak belirlenmiştir. Mikrodalga kurutma işlemi, Samsung marka Ms23J5133At/tr model solo mikrodalga fırında kesikli olarak gerçekleştirilmiştir. Mikrodalga kurutma işlemi için kurutma süresi üst sınırı limon dilimlerinin yanmadığı sekiz dakika olarak belirlenmiş olup, her iki dakikada bir kütle, çap, L, a ve b renk değerlerinin ölçümü yapılmıştır. Mikrodalga kurutma işleminde mikrodalga güç seviyeleri, 100 W, 200 W ve 300 W olarak seçilmiştir. Mikrodalga fırın tablasına ortalama 50 g örnek alınmıştır. Bu çalışmada, mikrodalga kurutma süresi ve güç seviyesi gibi kurutma parametrelerinin kurutma performans ölçütleri olan nem kayıp oranı, çapsal büzülme oranı ve renk parametreleri üzerine etkileri belirlenmiştir. Deneylerde kurutma işlemi öncesi ve sonrası ölçümler, üç örnek için yapılmış ve ortalamaları alınmıştır. Çapsal büzülme oranı (mm/mm), kurutma öncesi ve kurutma sonrası çap ölçümlerinden yararlanılarak eşitlik 1 ile hesaplanmıştır. Eşitlik 1'de yer alan  $D_0$  ve  $D_t$  ise kurutma öncesi ve kurutma sonrası örnek çapını (mm) ifade etmektedir (Darıcı, 2012; Aboud, 2013; Pandya ve Yadav, 2014; Polatçı vd., 2018).

$$\text{Çapsal büzülme oranı} = 100 \frac{D_0 - D_t}{D_0} \quad (1)$$

Nem kayıp oranı ağırlıkça (g)/ağırlıkça (g) olarak (a:a) eşitlik 2' de verildiği gibi kurutmadan önceki ve sonraki kütle farkından yararlanılarak hesaplanmıştır (Darıcı, 2012; Aboud, 2013; Pandya ve Yadav, 2014; Polatçı vd., 2018). Bu eşitlikte yer alan  $m_0$  ve  $m_t$  sırasıyla kurutma işlemine tabi tutulacak gıda dilimlerinin kurutma öncesi ve kurutma sonrası ağırlıklarını (g) simgelemektedir.

$$\text{Nem Kayıp Oranı} = 100 \frac{m_0 - m_t}{m_0} \quad (2)$$

L, a ve b renk parametreleri, FRU marka WR18 model renk ölçüm cihazı kullanılarak ölçülmüştür. Ölçülen L, a ve b değerleri ürün hakkında tek başına bir anlam ifade etmezken bu değerler kullanılarak renk değeri açısından önemli olan kroma, kahverengileşme indeksi, toplam renk kaybı ve hue açısı hesaplanmıştır. L parlaklık (aydınlık) değeri olup 0 ile 100 arasında değerler alır. Değerin 100 olması beyaz, 0 olması ise siyah rengi belirtir. a negatif değeri, yeşil rengi belirtirken, pozitif değeri kırmızı rengi belirtir. b pozitif değeri sarı rengi belirtirken, negatif değeri ise mavi rengi belirtir (Polatçı ve Taşova, 2017; Polatçı vd., 2018). Kroma değeri (K), eşitlik 3 ile hesaplanmıştır (Altuntas vd., 2020).

$$K = \sqrt{a^2 + b^2} \quad (3)$$

Hue renk açısı (h), a ve b nin pozitif veya negatif olma durumuna göre eşitlik 4-7'den uygun denklem seçilerek hesaplanmıştır (Çetin vd., 2019).

$$\left(\frac{b}{a}\right), (a > 0 \text{ ve } b \geq 0) \quad (4)$$

$$h = 180 + \arctan \arctan \left(\frac{b}{a}\right), (a < 0 \text{ ve } b \geq 0) \quad (5)$$

$$h = 180 + \arctan \arctan \left(\frac{b}{a}\right), (a < 0 \text{ ve } b < 0) \quad (6)$$

$$h = 360 + \arctan \arctan \left(\frac{b}{a}\right), (a > 0 \text{ ve } b < 0) \quad (7)$$

Toplam renk değişim değeri ( $\Delta E$ ), eşitlik 8 ile hesaplanmıştır (Polatçı vd., 2018).

$$\Delta E = \sqrt{\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2} \quad (8)$$

Kahverengileşme indeksi (BI), eşitlik 9 ile x katsayısı hesaplanarak eşitlik 10' da yerine konularak belirlenmiştir (Özbek vd., 2021).

$$X = [(a + 1.75L)] / [(5.645L) + a - 0.3012b] \quad (9)$$

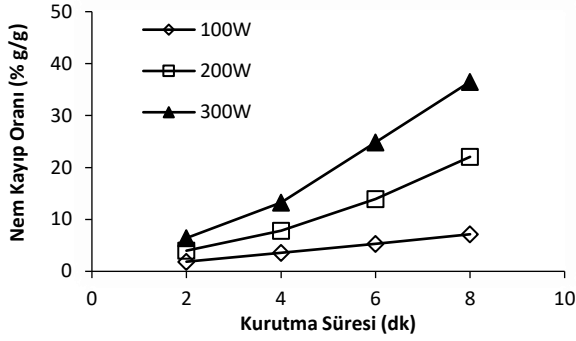
$$BI = [100(x - 0.31)] / 0.17 \quad (10)$$

## 2.2. İstatistiksel Analiz

Çalışma süresince, bütün kurutma deneyleri 3 defa tekrar edilmiştir. Ozmotik kurutma uygulanmış ve uygulanmamış örneklerin mikrodalgada kurutulması işleminde nem kayıp oranı, büzülme oranı ve renk parametreleri üzerine etkileri %95 güven aralığında  $p < 0.05$  önem derecesine göre varyans analizinden (ANOVA) değerlendirilmesinde SPSS (versiyon 16.0) istatistiksel paket programı kullanılmıştır. Değerlendirme sonucu, istatistiksel açıdan önemli bulunan değerler çoklu karşılaştırma testi LSD ile  $p < 0.05$  önem derecesine göre belirlenmiştir. Sonuçlar, ortalama  $\pm$  standart sapma olarak verilmiştir.

## 3. Bulgular ve Tartışma

Ozmotik kurutma uygulanmış ve uygulanmamış limon dilimleri mikrodalga fırında üç farklı mikrodalga güç seviyesinde kurutulmuş ve kurutma süresi boyunca nem kayıp oranı, büzülme oranı ve renk değerleri belirlenmiştir. Ayrıca L, a ve b renk parametrelerinden yararlanılarak toplam renk değişimi, kroma değeri, kahverengileşme indeksi ve hue değerleri belirlenmiştir. Şekil 1' de kurutma süresi boyunca farklı mikrodalga güç seviyelerinde nem kaybı değişimi verilmiştir. Şekilden görüldüğü üzere mikrodalga kurutma (MD) yönteminde nem kaybı, kurutma süresi ve mikrodalga güç seviyesi artması ile artmıştır. Ancak 100 W mikrodalga gücünde kurutma süresi boyunca önemli bir artış olmamıştır.

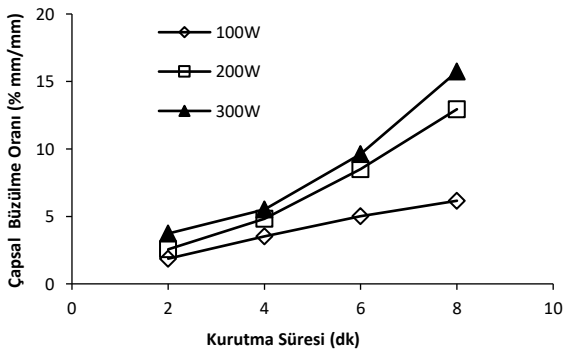


Şekil 1. Mikrodalga kurutmada nem kayıp oranı değişimi

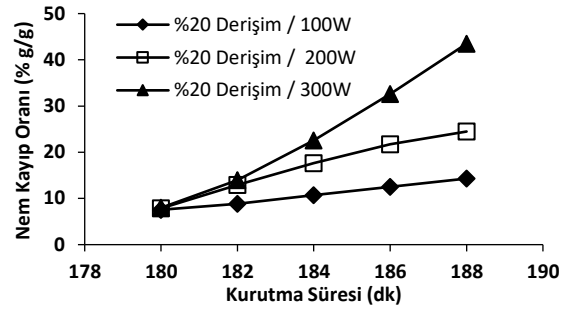
Kurutma periyodu sonunda en yüksek mikrodalga gücü 300 W düzeyinde mikrodalga gücünde nem kayıp oranı %36.51 ve en düşük 100 W da nem kayıp oranı %7.14 bulunmuştur. 300 W mikrodalga gücünde iki dakika kurutma süresi sonunda nem kaybı %6.41 iken 100 W mikrodalga gücünde kurutma periyodu sonunda nem kayıp oranı ancak %7.14'e ulaşılmıştır. Mikrodalga uygulamalarında artan nem kaybıyla ürün miktarı azalır ve absorbe edilen güç miktarı artar dolayısıyla kurutma süresi kısalmıştır (Sezer ve Demirdöven, 2015; Dinçer vd., 2021).

Şekil 2'de mikrodalga kurutma süresince farklı mikrodalga güç seviyelerinde büzülme oranı değişimi verilmiştir. Mikrodalga kurutma yönteminde büzülme oranı, kurutma süresi boyunca ve mikrodalga güç seviyelerinde nem kaybına bağlı olarak artmıştır. Üründeki nem içeriği azalırken yoğunluğu artmış ve ürün büzülmüştür (Talla vd., 2004). 100 W mikrodalga gücünde iki dakika mikrodalga kurutma süresinde büzülme oranı %19 iken sekiz dakika kurutma süresi sonunda %6'dır. Kuruma işleminin uzun sürmesi durumunda yoğunluk artışıyla birlikte büzülme oranı artmıştır (Heybeli ve Ertekin, 2007). 100 W mikrodalga gücünde sekiz dakika kurutma süresi sonunda büzülme oranı %6.16 iken 300 W güç seviyesinde dört dakika sonunda büzülme oranı %5.51 olmuştur.

Ozmotik ön kurutma işlemi uygulanmış mikrodalga kurutma işleminde (OMD), 10 mm dilim kalınlığında limon dilimleri oda sıcaklığında 1/10 katı/çözelti oranı,



Şekil 2. Mikrodalga kurutmada çapsal büzülme oranı değişimi

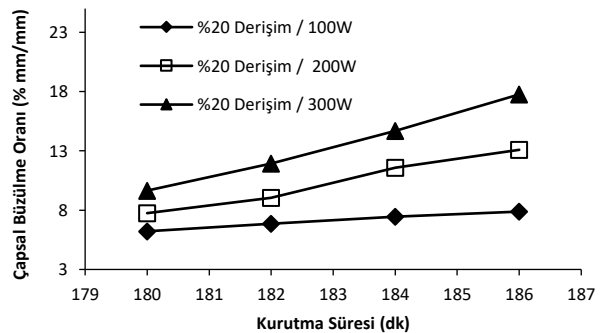


Şekil 3. Mikrodalga ile ozmotik birlikte kurutma işleminde nem kayıp oranı değişimi

%20 (w:v) derişiminde sodyum klorür çözeltisinde üç saat bekletilmiş daha sonra limon dilimleri çözeltiden süzülerek çıkarılarak mikrodalga fırına dizilerek kurutulmuştur. Şekil 3'de ozmotik kurutma uygulanmış mikrodalga kurutma süresi boyunca nem kaybı değişimi verilmiştir. Şekilden görüldüğü üzere bu yöntemde kurutma süresi ve mikrodalga güç seviyesi ile nem kaybı artmıştır. 100 W mikrodalga gücünde kurutma süresi boyunca önemli bir artış olmamıştır. Nem kaybındaki artış en fazla 300 W güç düzeyinde olmuştur. Ozmotik ön işlem uygulanmış örneklerin mikrodalga ile kurutulması sırasında nem kaybı oranı, ozmotik ön işlem uygulanmadan mikrodalga fırında kurutulan örnekler göre daha fazla olmuştur.

Şekil 4' te ozmotik ön kurutma işlemi uygulanan mikrodalga kurutma süresince farklı mikrodalga güç seviyelerinde büzülme oranı değişimi verilmiştir. Çapsal büzülme oranı, kurutma süresi ve mikrodalga güç seviyesinde nem kaybına bağlı olarak artmıştır. Ancak büzülme oranındaki bu artış, mikrodalga kurutmadakinden daha azdır. Nem kaybı artarken ozmotik ön işleminden dolayı katı madde kazanımı ile büzülme oranı azalmıştır. 100 W mikrodalga gücünde büzülme oranında kurutma süresiyle önemli bir değişim olmazken 200 W ve 300 W'ta artış olmuştur.

300 W güç seviyesinde iki dakika sonundaki büzülme oranı %11.93, 100 W mikrodalga gücünde sekiz dakikada büzülme oranı %7.88'dir. Ozmotik ön kurutma işlemi uygulanan üründen su, difüzyonla taşınırken çözülebilir



Şekil 4. Mikrodalga ile ozmotik birlikte kurutmada büzülme oranı değişimi

Tablo 1. Kurutulan limon dilimlerinin renk parametreleri

Renk Parametreleri	Kurutma Süresi (dk)		Mikrodalga Güç Seviyesi (W)			
			100 W	200 W	300 W	
OMD	K	Taze	14.599±0.024 <sup>a</sup>	18.697±0.023 <sup>a</sup>	14.073±0.035 <sup>a</sup>	
		2	13.653±0.020 <sup>a</sup>	17.449±0.022 <sup>a</sup>	12.876±0.026 <sup>a</sup>	
		4	13.231±0.021 <sup>a</sup>	16.731±0.032 <sup>a</sup>	12.249±0.031 <sup>a</sup>	
		6	12.771±0.020 <sup>a</sup>	16.021±0.023 <sup>b</sup>	11.328±0.025 <sup>b</sup>	
		8	12.192±0.012 <sup>b</sup>	15.208±0.020 <sup>b</sup>	10.517±0.024 <sup>b</sup>	
		h	Taze	96.687±0.079 <sup>a</sup>	95.833±0.032 <sup>a</sup>	98.944±0.067 <sup>a</sup>
			2	95.042±0.064 <sup>a</sup>	94.273±0.053 <sup>a</sup>	96.242±0.058 <sup>a</sup>
			4	93.901±0.067 <sup>a</sup>	93.427±0.059 <sup>a</sup>	95.152±0.028 <sup>b</sup>
	6		92.244±0.070 <sup>b</sup>	92.863±0.035 <sup>a</sup>	94.051±0.028 <sup>b</sup>	
	8		90.941±0.070 <sup>b</sup>	91.884±0.029 <sup>b</sup>	93.271±0.023 <sup>b</sup>	
	ΔE		Taze	0±0.000 <sup>b</sup>	0±0.000 <sup>b</sup>	0±0.000 <sup>b</sup>
			2	0.302±0.003 <sup>b</sup>	0.324±0.003 <sup>a</sup>	0.374±0.002 <sup>a</sup>
			4	0.482±0.001 <sup>a</sup>	0.487±0.002 <sup>a</sup>	0.518±0.002 <sup>a</sup>
		6	0.719±0.003 <sup>a</sup>	0.601±0.002 <sup>a</sup>	0.668±0.002 <sup>a</sup>	
		8	0.901±0.002 <sup>a</sup>	0.765±0.001 <sup>a</sup>	0.774±0.002 <sup>a</sup>	
		BI	Taze	-184.755±0.002 <sup>c</sup>	-184.029±0.005 <sup>c</sup>	-184.276±0.002 <sup>b</sup>
			2	-186.003±0.004 <sup>c</sup>	-184.988±0.004 <sup>c</sup>	-185.668±0.002 <sup>b</sup>
			4	-187.386±0.003 <sup>c</sup>	-185.934±0.005 <sup>b</sup>	-186.796±0.002 <sup>b</sup>
	6		-191.776±0.004 <sup>b</sup>	-187.036±0.005 <sup>b</sup>	-188.975±0.003 <sup>a</sup>	
	8		-207.115±0.004 <sup>a</sup>	-190.269±0.004 <sup>a</sup>	-191.881±0.002 <sup>a</sup>	
	K		Taze	14.269±0.015 <sup>a</sup>	14.525±0.021 <sup>a</sup>	12.454±0.016 <sup>a</sup>
			2	13.762±0.013 <sup>a</sup>	13.793±0.012 <sup>a</sup>	11.297±0.014 <sup>a</sup>
			4	12.847±0.026 <sup>a</sup>	13.186±0.012 <sup>a</sup>	10.806±0.014 <sup>a</sup>
		6	12.341±0.020 <sup>a</sup>	12.479±0.019 <sup>a</sup>	10.474±0.022 <sup>a</sup>	
8		10.631±0.020 <sup>b</sup>	10.966±0.017 <sup>b</sup>	9.489±0.012 <sup>b</sup>		
h		Taze	95.631±0.047 <sup>a</sup>	97.516±0.058 <sup>a</sup>	101.581±0.053 <sup>a</sup>	
		2	95.421±0.068 <sup>a</sup>	96.661±0.069 <sup>a</sup>	100.713±0.054 <sup>a</sup>	
		4	94.912±0.049 <sup>a</sup>	96.532±0.056 <sup>a</sup>	101.216±0.051 <sup>a</sup>	
	6	94.648±0.044 <sup>a</sup>	96.442±0.059 <sup>a</sup>	100.452±0.053 <sup>a</sup>		
	8	94.316±0.054 <sup>a</sup>	96.283±0.054 <sup>a</sup>	97.874±0.052 <sup>b</sup>		
	ΔE	Taze	0±0.000 <sup>b</sup>	0±0.000 <sup>b</sup>	0±0.000 <sup>b</sup>	
		2	0.082±0.002 <sup>b</sup>	0.166±0.004 <sup>b</sup>	0.189±0.005 <sup>b</sup>	
		4	0.238±0.003 <sup>a</sup>	0.235±0.005 <sup>a</sup>	0.218±0.004 <sup>b</sup>	
6		0.322±0.004 <sup>a</sup>	0.305±0.005 <sup>a</sup>	0.301±0.005 <sup>a</sup>		
8		0.504±0.005 <sup>a</sup>	0.447±0.004 <sup>a</sup>	0.547±0.005 <sup>a</sup>		
BI		Taze	-184.108±0.004 <sup>b</sup>	-183.613±0.004 <sup>b</sup>	-183.467±0.004 <sup>b</sup>	
		2	-184.317±0.004 <sup>b</sup>	-183.937±0.004 <sup>a</sup>	-183.824±0.004 <sup>b</sup>	
		4	-184.85±0.004 <sup>b</sup>	-184.125±0.004 <sup>a</sup>	-183.893±0.005 <sup>b</sup>	
	6	-185.22±0.004 <sup>a</sup>	-184.364±0.004 <sup>a</sup>	-184.114±0.003 <sup>a</sup>		
	8	-186.534±0.005 <sup>a</sup>	-185.035±0.003 <sup>a</sup>	-185.219±0.003 <sup>a</sup>		

\*a-c: farklı harfler ortalamaların istatistiksel olarak önemli olduğunu göstermektedir (P<0.05)

maddeler ise taşınımla ozmotik çözeltiye geçer ise ozmotik ajanın ürüne geçişinden dolayı daha az büzülme görülür (Taiwo ve Adeyemi, 2009). Mikrodalga kurutmada önce uygulanan ozmotik ön kurutma işlemi, katı madde miktarını artırır, dielektrik özellikleri değiştirir dolayısıyla büzülme oranı ve kurutma süresi azalır. Ayrıca tekrar su alma ve gözeneklilik arttığı için homojen ısı dağılımı sağlanır (Tunçer, 1990; Yağcıoğlu, 1994; İzli, 2012).

Ozmotik kurutma uygulanmış ve uygulanmamış limon dilimleri mikrodalga fırında kurutulması boyunca nem kayıp oranı ve büzülme oranı üzerine etkisi istatistiksel analizle belirlenmiştir. Varyasyon analizi sonuçlarına göre sadece ozmotik kurutma uygulanmamış limon dilimlerinin mikrodalga fırında kurutma süresi boyunca

mikrodalga güç seviyesinin büzülme oranı üzerine önemli bir etkisi olduğu bulunmuştur (p<0.05).

L, a, ve b renk parametreleri ürünlerdeki kalite kontrol için öncelikle başvurulan değerlerdir (Maskan, 2001). Mikrodalga gücü ile a değerindeki negatif yönde meydana gelen artış yeşilliğin arttığını göstermektedir. B değerinin azalması sarılıktan uzaklaşma anlamına gelir. Yüksek güç değerinde yapılan kurutma işlemi ürünün sarılık değerinin muhafazasına olumsuz etki ederken düşük güç değerinde yapılan kurutma işleminin ise olumlu etki ettiği belirlenmiştir (Polatçı ve Taşova, 2018). L değerindeki azalış esmerleşme reaksiyonlarına işaret etmektedir. Yüksek mikrodalga gücü, mikrodalga kurutma süresi düşük L değerine dolayısıyla daha mat görünüme sebep olmaktadır (Sezer ve Demiröven, 2015);

İzli, 2012). Limon dilimleri beyaz sarı arasında renk tonuna sahip olduğundan özellikle L ve b renk değerleri önemlidir. Çizelge 1' de ön işlem uygulanmış ve uygulanmamış limon dilimlerine ait kroma (K), hue açısı (h), toplam renk değişimi ( $\Delta E$ ) ve kahverengileşme indeksi (BI) gibi renk parametreleri verilmiştir. Çizelge 1'den görüldüğü gibi L, a ve b değerlerinden yararlanılarak hesaplanmış olan renk parametreleri kurutma süresi boyunca değişmiştir.

Kurutulmuş ürünlerin son kalite değerleri hakkında kroma değeri önemli bir fikir vermektedir (Polatçı ve Taşova, 2020). Kroma değeri, rengin saflığını veya doygunluğunu göstermektedir. Soluk renklerde kroma değerleri düşerken canlı renklerde ise kroma değeri yükselmektedir (Mutlu ve Güneş, 2008). Çizelge 1'e görüldüğü gibi ozmotik dehidrasyon uygulanmış ve uygulanmamış örneklerin sabit mikrodalga kurutma gücünde kurutma süresi boyunca kroma değerleri azalmıştır. Kroma değerlerinde 100 W ve 200 W mikrodalga güç seviyesinde önemli bir değişim olmazken 300 W düzeyinde düşmüştür. Kroma değeri açısından kurutulmuş ürünler kendi aralarında kıyaslandığında tazeye en yakın değer 100 W ve iki dakika kurutma koşulunda belirlenmiştir.

Mikrodalga destekli ozmotik kurutmada kroma değerleri, mikrodalga kurutmada göre daha fazladır. Mikrodalga ile kurutma sırasında ürünlerin L değerlerinde ozmotik ön işlem uygulanmış mikrodalga kurutmaya göre önemli derecede azalmanın gerçekleştiğini, ozmotik ön işlem gören örneklerin tazelerine göre parlaklıklarının dolayısıyla kroma değerinin azaldığı belirlenmiştir (Zorlugenç ve Fenerlioğlu, 2012). Kroma değerleri, kurutma süresinin artması ile azalmıştır. Tüm mikrodalga güç seviyelerinde kurutulmuş ürünlerin kroma değerleri taze ürünün kroma değerinden daha az olduğu belirlenmiştir. Bunun nedeni a ve b değerlerindeki değişimdir. Güç değerinin artması ile kroma değeri azalmıştır. Taze ürüne göre kroma değerindeki en fazla değişim uygulanan en yüksek mikrodalga güç seviyesinde gerçekleşmiştir.

Hue açısı, renk tonunu ifade etmektedir. a ve b değerlerinin  $360^\circ$  'lik bir renk dairesi içerisinde  $0^\circ$  açısı değeri, kırmızı-mor,  $90^\circ$  açısı değeri sarı rengi,  $180^\circ$  açısı değeri mavimsi-yeşil,  $270^\circ$  açısı değeri ise mavi rengi göstermektedir (Altuntas vd., 2020). Mikrodalga kurutmada hue açısı, 94-101 arasında değişmiştir. Hue açısında, 100 W ve 200 W güç seviyesinde mikrodalga kurutma süresi ile önemli bir değişim görülmezken, sabit kurutma süresinde mikrodalga gücü ile artış gözlenmiştir. Çizelge 1' den görüldüğü gibi mikrodalga kurutmada taze ürüne göre hue açısında sadece 300 W ve 8 dakikada önemli fark olmuştur, diğer koşullarda hue açısında önemli bir değişim olmamıştır. Taze ürünün hue renk değerinden en az uzaklaşmanın ise 100 W ve 2 dakika

değerinde yapılan kurutma işlemi olduğu belirlenmiştir. Mikrodalga destekli ozmotik kurutmada hue açısı,  $90^\circ$ - $99^\circ$  arasında değişmiştir. Taze ürüne göre hue açısında kurutma süresi ile mikrodalga kurutmaya göre daha fazla bir azalma görülürken mikrodalga gücü ile kısmen artış olmuştur. Hue açısındaki düşüş, a ve b değerlerindeki düşüş ile beraber kahverengileşmeyi göstermektedir (Turgut ve Topuz, 2020). Mikrodalga destekli ozmotik kurutmada hue açısı  $90^\circ$  a kadar düşmüş olup,  $90^\circ$  değeri sarılığını ifade etmektedir. Hue değerinin  $90^\circ$  dan  $180^\circ$  ye doğru değişmesi yeşil rengin baskınlaştığını göstermektedir (Şelem vd., 2021). Dolayısıyla mikrodalga kurutma öncesi ozmotik ön işleminin limon dilimlerinin sarı rengini koruyarak hue açısına olumlu katkısı olduğu görülmüştür.

$\Delta E$  değeri, kurutma süresince ürün renginin referans alınan noktadan uzaklaşmasının ölçüsüdür (Zorlugenç ve Fenerlioğlu, 2012).  $\Delta E$  değeri, taze ürünün renk değerlerine göre kurutma şartlarının etki ettiği toplam renk farklılık değerini belirlemek için kullanılmaktadır. Çizelge 1'de görüldüğü üzere mikrodalga kurutma süresi ile  $\Delta E$  değerleri artmıştır. Mikrodalga güç seviyesinin artmasıyla ikinci dakikadan sonra önemli bir değişim olmamıştır. Mikrodalga destekli ozmotik kurutmada kurutma süresi ile  $\Delta E$  renk değişimi artmış ancak mikrodalga güç seviyesi ile önemli bir artış görülmemiştir.  $\Delta E$  renk değişimi en az mikrodalga kurutma da 100 W ve 2 dakika kurutma koşullarında görülmüştür. Düşük mikrodalga güç düzeylerinde L değerinin artmasıyla ürün parlaklaşıp,  $\Delta E$  değeri düşmüştür (Sezer ve Demiröven, 2015). Düşük mikrodalga güçlerinde daha az renk değişimi gözlemlenir (Polat vd., 2020). Bunun nedeni, yüksek güç değerinde ürünün hızlı kuruyarak renk değerini muhafaza edememesidir (Polatçı ve Taşova, 2018). Mikrodalga ile ozmotik birlikte kurutmada renk değişimi mikrodalga kurutmaya göre daha fazla olmuştur. Çizelge 1' de görüldüğü gibi mikrodalga kurutmada taze ürünün kahverengileşme değerleri sabit mikrodalga gücünde kurutma süresiyle artmış ve sabit kurutma süresinde artan mikrodalga gücüyle azalmıştır. Mikrodalga kurutma daha az kırmızılığa neden olduğundan geleneksel hava ile kurutulmuş ürünlere göre daha az kahverengileşme olur (Darvishi vd., 2014). Bu sebeple 200 W ve 300 W mikrodalga güç seviyesinde ürünün kahverengileşme değerlerinde önemli bir fark görülmemiştir. Taze ürüne göre kahverengileşme değerindeki en fazla değişimin 100 W güç değerinde ve 8 dakika kurutma süresinde olduğu belirlenmiştir. Kurutma süresi boyunca tüm mikrodalga güç seviyelerinde 8 dakika ya kadar kahverengileşme indeksi değerleri arasında önemli bir fark görülmemiştir. Mikrodalga kurutmadan önce uygulanan ozmotik kurutma da mikrodalga güç seviyesi ve kurutma süresi kahverengileşme indeksi üzerine önemli bir etkisi olmadığı gözlenmemiştir. Ayrıca mikrodalga kurutmaya

göre ozmotik ön işlem uygulanmış mikrodalga kurutmada kahverengileşme indeksi değeri daha yüksektir.

Mikrodalga kurutmada ısı merkezden yüzeye doğru transfer edildiğinden üründeki su içeriden yüzeye gelir ve yüzeyden buharlaşır. Bu işlem, yüzeyde aşırı ısınmaya neden olmadan kurumayı sağlar. Bu nedenle mikrodalga kurutma da kondüktif ve konvektif kurutma yöntemlerinden yüzeysel olarak renk bozulması daha az olup, ürün rengi daha iyi korunur (Darvishi vd., 2014).

Ozmotik dehidrasyon ön işlemin uygulamasının kurutma süresince renkteki bozulmaları engellediği ve diğer kurutma yöntemleri ile kıyaslandığında renk değişiminin daha az etkilendiği belirlenmiştir. Ozmotik kurutma işlemi sırasında kuru madde kazanımı ile sarılık değerinin daha az etkilendiği görülmüştür).

Ozmotik kurutma uygulanmış ve uygulanmamış limon dilimlerinin mikrodalga fırında kurutulması boyunca renk parametrelerinin istatistiksel analizi yapılmış, ANOVA sonuçlarına göre ozmotik kurutma uygulanmış limon dilimlerinin mikrodalga fırında kurutulmasında kurutma süresi boyunca renk parametrelerinin mikrodalga güç seviyesinin kroma üzerine etkisi anlamlı bulunmuştur ( $p<0.05$ ). Ozmotik kurutma uygulanmamış limon dilimlerinin mikrodalga fırında kurutulmasında ise kurutma süresi boyunca mikrodalga güç seviyesinin kroma ve hue değerleri üzerine etkisi anlamlı bulunmuştur ( $p<0.05$ ).

#### 4. Sonuç

Limon dilimlerine mikrodalga kurutmadan önce uygulanan ozmotik ön kurutma işlemi nem kaybını artırırken dilimlerin büzülmesini önemli ölçüde etkilememiştir. Nem kayıp oranı ve çapsal büzülme oranı, mikrodalga güç seviyesi ve mikrodalga kurutma süresi ile artmıştır. Düşük mikrodalga güçlerinde, renk kaybı daha az olduğu için tazeye en yakın renk parametreleri 100 W mikrodalga gücünde elde edilmiştir. Mikrodalga kurutma öncesi uygulanan ozmotik dehidrasyon işlemi ile limon dilimlerinin sarı rengi muhafaza edildiğinden kroma değeri ve hue açısı değerleri korunmuştur. Taze limon dilimlerinin kroma değerine en yakın değer, mikrodalga kurutma öncesi ozmotik dehidrasyon ön işlemi uygulanmış örneklerde, 100 W ve iki dakika kurutma koşulunda olduğu belirlenmiştir. Taze limon dilimlerine en yakın hue açısı değeri, ozmotik dehidrasyon ön işlemi uygulanmış mikrodalga kurutmada, 100 W ve 8 dk da elde edilmiştir. Tazeye en yakın kahverengileşme indeksi ve  $\Delta E$  renk değişimi ise ön işlem uygulanmamış mikrodalga kurutma yönteminde 100 W ve iki dakika kurutma koşulunda görülmüştür. Limon dilimlerinin düşük mikrodalga kurutma süresi ve mikrodalga şiddetinde nem kaybı önemli ölçüde azalmazken renk parametreleri korunmuştur.

#### Teşekkürler

Bu çalışma Tarsus Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından MF.21.007 no'lu proje ile desteklenen yüksek lisans tezinden üretilmiştir.

#### Yazar Katkı Oranları

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan eder.

#### Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

#### Etik Kurul Onayı

Bu çalışmanın yazarları olarak herhangi bir etik kurul onay bilgileri beyanımız bulunmadığını bildiririz.

#### Kaynakça

- Aboud, A. (2013). Drying characteristic of apple slices undertaken the effect of passive shelf solar dryer and open sun drying. *Pakistan Journal of Nutrition*, 12(3), 250-254.
- Alibaş, İ. (2012). Asma yaprağının (*Vitis vinifera* L.) mikrodalga enerjisiyle kurutulması ve bazı kalite parametrelerinin belirlenmesi. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 18, 43-53.
- Alkaç, S. P. (2019). Isı pompalı infrared kurutucuda dilimlenmiş limonun kurutulmasının performans analizi. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Enerji Sistemleri. Mühendisliği, ABD.
- Altuntaş, E., Gül, E. N., & Gök, H. (2020). Menengiç meyve ve tohumlarının fiziksel, mekanik ve kimyasal özelliklerinin belirlenmesi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 23(6), 1518-1528.
- Anonim, (1999). Sanayii de enerji yönetimi esasları. Elektrik işleri etüt idaresi ulusal enerji merkezi tasarruf merkezi.
- Anonim, 2020. Ekonomik rapor. Mersin Ticaret Odası, Ekonomik Araştırmalar Müdürlüğü, Mersin.
- Aygören, E. (2021). Tarımsal ekonomi ve politika geliştirme enstitüsü, ürün raporu turunçgiller, Tepge, Yayın No: 333.
- Çetin, N., Sağlam, C., & Demir, B. (2019). Effects of different drying conditions on physical changes of apple (*Malus communis* L.). *Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 24, 71-77.
- Darıcı, S., Şen, S. (2012). Kivi meyvesinin kurutulmasında kurutma havası hızının kurumaya etkisinin incelenmesi. *Tesisat Mühendisliği Dergisi*, 20(130), 51- 58.
- Datta, A.K., Davidson, P.M. (2000). Microwave and radio frequency processing. *Journal of Food Science*, 65, 32-41.
- Diñçer, C., Çınar, A., & Elmasulu, S. (2021). Farklı mikrodalga güç seviyelerinde ve farklı fırın sıcaklıklarında kurutulan hibiskus çanak yapraklarının kuruma karakteristiklerinin ve

- bazı fizikokimyasal özelliklerinin belirlenmesi. *GIDA*, 46(3), 647-659.
- Ertekin, C., Yıldız, O. (1998). Bazı sebze, meyve ve baharatlı bitkilerin kurutulma yöntemleri ve kullanılan güneş enerjili kurutucular. Tarımsal Mekanizasyon 18. Ulusal Kongresi, Tekirdağ, 673-693.
- Güngör, A., Özbalt, N. (1997). Endüstriyel kurutma sistemleri. III. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi.
- Heybeli, N., Ertekin, C. (2007). Elma dilimlerinin ince tabaka halinde kuruma karakteristiği. *Tarım Makineleri Bilimi Dergisi*, 3(3), 179-187.
- İzli, N. (2012). Bazı tarımsal ürünlerin mikrodalga konvektif kurutma yöntemiyle ince tabaka kurutma kuramına göre kurutulmasında kurutma parametrelerinin belirlenmesi. Doktora Tezi, Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Makineleri ABD.
- Karaaslan, S. (2008). Kırmızıbiberin fan destekli mikrodalga ile kurutulmasında kuruma karakteristiklerinin incelenmesi ve uygun kuruma modelinin belirlenmesi. *KSÜ Tarım ve Doğa Dergisi*, 12(2), 9-16.
- Kıroğlu Zorlugenç, F., & Fenercioğlu, H. (2012). Ozmotik dehidrasyon ve sıcak hava ile kurutma işleminin Trabzon hurması meyvelerinin renk özellikleri üzerine etkileri. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 28, 149-159.
- Kutlu, N., İşci, A. (2016). Farklı kurutma yöntemlerinin patlıcanın kurutma karakteristikleri üzerine etkisi ve kurutmanın matematiksel modellenmesi. *Akademik Gıda*, 14(1), 21-27.
- Maskan, M. (2000). Microwave/air and microwave finish drying of banana. *Journal of Food Engineering*, 44, 71-78.
- Maskan, M. (2001). Kinetics of colour change of kiwifruits during hot air and microwave drying. *Journal of Food Engineering*, 48,169-175.
- Moses, J. A., Norton, T., Alagusundaram, K., & Tiwari, B. K. (2014). Novel drying techniques for the food industry. *Food Engineering Reviews*, 6(3), 43-55.
- Mutlu, A., & Ergüneş, G. (2008). Tokat'ta güneş enerjili rafli kurutucu ile domates kurutma koşullarının belirlenmesi. *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*, 1, 61-68.
- Özbek, H. N., Aysel, E., Işınay, B., Sever, M., Bulut, Ş. E., Yanık, D. K., Dalgıç, A. C., & Göğüş, F. (2021). Kombine kurutma sistemiyle kurutulan kayısıların renk parametreleri üzerine depolamanın etkisi. *Akademik Gıda*, 19(3), 257-266.
- Pandya, R., & Yadav, K. C. (2014). Study on effect of pretreatments and microwave drying on banana chips. *IOSR Journal of Agriculture and Veterinary Science*, 7(7), 04-10.
- Polat, A., Kurtulmuş, F., İzli, N. (2020). Sürekli ve kesikli mikrodalga yöntemleriyle kurutulan elmanın renk değişim analizi. *Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 34(1), 149-165.
- Polatçı, H., & Taşova, M. (2017). Mikrodalga yöntemi ile kurutulan dereotu yapraklarının (*Anethum graveolens* L.) kurutma kinetiği ve renk değerlerinin belirlenmesi. *Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi*, 6, 42-51.
- Polatçı, H., & Taşova, M. (2018). Mikrodalga fırın ile kurutulan yenidünya (*Eriobotrya japonica* L.) meyvesinin kuruma kinetiği ve kalitesinin belirlenmesi. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 33(2), 124-130.
- Polatçı, H., Taşova, M., Saraçoğlu, O., & Taşkın, O. (2018). Şeftali (*Prunus persica* L.) posasının farklı sıcaklıklarda kuruma parametrelerinin belirlenmesi. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 14(3), 149-156.
- Schiffmann, R.F. (1986). Food product development for microwave processing. *Food Technology*, 40(6), 94-98.
- Sezer, D. B., & Demirdöven, A. (2015). Meyve sebze işlemede mikrodalga haşlama uygulamaları. *GIDA*, 40(3), 171-178.
- Şelem, E., Nohutçu, L., Tunçtürk, R., & Tunçtürk, M. (2021). Vermikompostlu ortamda yetiştirilen *Calendula officinalis* L. bitkinde tuz stresinin morfolojik ve anatomik gelişim parametreleri üzerindeki etkisi. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 11(4), 3222-3231.
- Taiwo, K. A., & Adeyemi, O. (2009). Influence of blanching on the drying and rehydration of banana slices. *African Journal of Food Science*, 3(10), 307-315.
- Talla, A., Puiggali, J. R., Jomaa, W., & Jannot, Y. (2004). Shrinkage and density evolution during drying of tropical fruits: application to banana. *Journal of Food Engineering*, 64(1), 103-109.
- Tekiner, İ. H., Mercan, N. N., Kahraman, A., & Özel, M. (2021). Dünya ve Türkiye'de gıda israfı ve kaybına genel bir bakış. *İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 3(2), 123-128.
- Tunçer, İ. K. (1990). Characterization and drying of vegetables by hot air and microwave energy. Proceedings of the 4th International Congress on Mechanization and Energy in Agriculture, 1-4 October, Adana, Turkey.
- Turgut, D. Y., & Topuz, A. (2020). Depolama süresinin farklı kurutma yöntemleri ile kurutulmuş kamkat dilimlerinin bazı kalite özelliklerine etkisi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 30(1), 44-56.
- Yağcıoğlu, A. (1999). Tarım Ürünleri Kurutma Tekniği. Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Yayınları No:536, Bornova, İzmir. 121-248.
- Yılmaz, M. S. (2015). Brokolinin mikrodalga kurutma karakteristiklerinin belirlenmesi ve modellenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği, ABD.

## Yapraktan Kalsiyum ve Bor Uygulamasının Narın (*Punica granatum* cv. Hicaznar) Mineral Beslenmesi, Verimi ve Meyve Çatlama Üzerine Etkisi

Ziraat Fakültesi Dergisi,  
Cilt 18, Sayı 2,  
Sayfa 74-83, 2023

Sait İsmail YÖRÜK<sup>1</sup>, Figen ERASLAN İNAL<sup>\*2</sup>

Journal of the Faculty of Agriculture  
Volume 18, Issue 2,  
Page 74-83, 2023

**Öz:** Nar yetiştiriciliğinde başlıca fizyolojik sorunlardan birisi meyve çatlamaıdır. Bu çalışmada, nar bitkisine üç farklı dönemde yapraktan Ca ve B uygulamalarının bitkilerin mineral beslenmesi, verimi ve meyve çatlamaı üzerine etkileri araştırılmıştır. Araştırmada, bitkisel materyal olarak 13 yaşında Hicaznar nar çeşidi kullanılmış ve deneme Antalya ili Serik ilçesinde bir üretici bahçesinde yürütülmüştür. Yapraktan Ca uygulaması %0, %1 ve %2 dozlarında CaCl<sub>2</sub> olarak, B uygulaması ise %0, %0.2 ve %0.4 dozlarında H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> olarak uygulanmıştır. Uygulamalar tam çiçeklenmeden 30 gün sonra ve 30 gün aralıklarla toplam üç kez, ağaçlarda yaprakları tamamıyla ıslatacak şekilde pülverizatörle yapılmıştır. Araştırma sonuçlarına göre, yapraktan Ca, B ve Ca x B uygulamaları nar bitkilerinin yaprak örneklerinde N, P, K, Ca, B ve Zn konsantrasyonları ve meyve verimi üzerinde önemli etkiler yaparken; Mg, Fe, Cu, Mn konsantrasyonları ve çatlak meyve oranı üzerine etkileri önemli bulunmamıştır. Bor uygulaması yaprakların N, P ve B konsantrasyonlarını ve verimi artırmıştır. Kalsiyum uygulaması ile yaprak K, Ca ve B konsantrasyonları önemli oranda artmıştır. Nar bitkisinde çatlak meyve oranı üzerine hem Ca hem de B uygulamalarının önemli bir etki yapmadığı tespit edilmiştir. Yapılan deneme sonucunda; nar üretiminde önemli bir fizyolojik bozukluk olan meyve çatlamaı sorununu önlemek amacıyla meyve çatlamaı ve verim değerleri birlikte değerlendirildiğinde en etkili uygulamanın yapraktan %1 Ca ve %0.2 B uygulamasının olduğu söylenebilir.

**Anahtar Kelimeler:** Bor, kalsiyum, meyve çatlamaı, nar

## The Effect of Foliar Calcium and Boron Application on Mineral Nutrition, Yield and Fruit Cracking of Pomegranate (*Punica granatum* cv. Hicaznar)

**Abstract:** One of the main physiological problems in pomegranate cultivation is fruit cracking. In this study, the effects of foliar Ca and B applications in the three different growing periods on mineral nutrition, fruit cracking and yield of the Hicaznar cultivar pomegranate plant were investigated. In the research, the 13 years old Hicaznar pomegranate variety was used as a plant material and the experiment was carried out in a producer's orchard in Serik district of Antalya. Foliar Ca application was applied as CaCl<sub>2</sub> at 0%, 1% and 2% doses, and B application was applied as 0%, 0.2% and 0.4% doses of H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>. Applications were made 30 days after full bloom at 30-day intervals, a total of three times, with a sprayer to completely wet the leaves on the trees. Results of this study showed that, foliar Ca, B and Ca x B applications have significant effects on the N, P, K, Ca, B and Zn concentrations of the leaves and fruit yield of pomegranate plants; however, it did not have significant effects on Mg, Fe, Cu, Mn concentrations of the leaves and crack fruit. Boron application increased the N, P and B concentrations of the leaves and fruit yield. Potassium, Ca and B concentrations increased significantly with calcium application. It was determined that both Ca and B applications did not have a statistically significant effect on the crack fruit ratio in the pomegranate plant. The results suggest that in order to prevent problems such as fruit cracking, which is an important physiological disorder in pomegranate production, fruit cracking and yield values were evaluated together it can be said that the most effective application is 1% Ca and 0.2% B.

**Keywords:** Boron, calcium, fruit cracking, pomegranate

\*Sorumlu yazar (Corresponding author)  
figeneraslan@isparta.edu.tr

Alınış (Received): 28/07/2023  
Kabul (Accepted): 14/11/2023

<sup>1</sup>T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Antalya  
Tohum Sertifikasyon Test Müdürlüğü,  
Antalya, Türkiye

<sup>2</sup>Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi,  
Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki  
Besleme, Isparta, Türkiye



## 1. Giriş

Nar (*Punica granatum* L.), subtropik ve tropik iklim meyvesi olmasına rağmen sıcak ılıman iklime sahip bölgelerin bir kısmında da yetiştirilebilir. Genel olarak sıcak, kurak ve uzun bir yaz periyodu ile ılık ve yağışlı bir kış nar yetiştiriciliği için uygundur. Narın anavatanı, İran başta olmak üzere Türkiye'nin güneydoğusunu kapsayacak şekilde Ortadoğu, Kafkasya ve Hindistan'ın kuzeyi olarak belirtilmiştir (Kurt ve Şahin, 2013). Nar bitkisinin Türkiye'de ziraatının yapılması oldukça eski yıllara uzanmakla beraber meyvecilik sektöründeki gelişimi 2000'li yıllardan itibaren önem kazanmıştır. Ülkemizde 2015-2020 yılları arasındaki narın bitkisel üretim verileri Tablo 1'de verilmiştir. Tablo incelendiğinde nar üretiminde toplam kayıp miktarının toplam üretim içindeki payının yaklaşık %5.46 seviyelerinde olduğu görülmektedir. Toplam üretim miktarının yaklaşık %30'luk kısmı ise ihraç edilmektedir.

Nar yetiştiriciliği, Türkiye'nin güney kıyıları boyunca başta Antalya olmak üzere en fazla Muğla, Mersin ve Adana'da yapılmaktadır. Ticari nar yetiştiriciliğinde en fazla ürün kaybına neden olan durum ise fizyolojik bir bozukluk olan meyve çatlamasıdır. Meyve çatlaması özellikle olgunluk evresine gelmiş meyvelerde görülmeye başlamakta ve olgunluk düzeyi ilerledikçe çatlama riski daha da yükselmektedir. Narda meyve çatlaması üzerine kültürel, genetik ve çevresel faktörler belirleyici rol oynamaktadır. Yeni olgunlaşan genç meyvelerde kalsiyum ve bor gibi besin elementi eksiklikleri, gün içinde gündüz ve gece sıcaklıklarındaki şiddetli dalgalanmalar, meyve olgunlaşması sırasında düzensiz sulama rejimleri ve uzun kurak dönemler, ardından şiddetli yağmurlar veya sulama nar meyvesinde çatlama üzerine birincil derecede katkıda bulunan faktörlerdir (Gharesheikhsbayat, 2006; Khalil ve Aly, 2013; Galindo vd., 2014).

Kalsiyum içeriği ve pektin değeri gibi fizyolojik karakterlerin, hücre zarının mekanik özellikleri üzerinde önemli etkileri vardır. Hücre duvarları, kalsiyumun asidik pektin kalıntısı ile çapraz bağlanmada kilit rol oynadığı yer olarak kabul edilmiştir. Kalsiyum iyonlarıyla çapraz bağlanmış düşük metilleşmiş pektin moleküllerinin hücre duvarlarını daha sert hale getirdiği ve sonuç olarak doku sertliğini arttırdığı bildirilmiştir (Singh vd., 2020). Kalsiyumun meyve çatlaması üzerinde önemli bir rolünün olduğu ve meyve çatlamasını azalttığı çeşitli çalışmalarla gösterilmiştir (Khalil ve Aly, 2013; Singh vd., 2003).

Kalsiyum, hücre duvarının önemli bir bileşeni olduğu gibi hücreler ve hücre duvarı arasındaki kohezyon gücüne katkıda bulunmakta ve konsantrasyonu normal meyvelerde çatlamış meyvelere göre daha yüksektir olduğu bildirilmektedir (Li ve Huang, 1995; Huang vd., 1999). Kalsiyum muhtemelen epidermal hücre duvarlarının elastikiyetinin artmasına, gücüne ve kalınlığına katkıda bulunmaktadır. Kalsiyum, su stresi sırasında meydana gelen daha yüksek turgor basıncı oranları altında meyvenin çatlamaya daha iyi dayanabilmesi için pektin birikimine katkıda bulunarak yardımcı olduğu rapor edilmiştir (Choi vd., 2010).

Bor uygulamasıyla birlikte meyve çatlama oranının azalması üzerine borun etkisi, esas olarak bitki hücre duvarlarının genişlemesindeki pektinlerin oluşturulmasının yanı sıra indol-3-asetik asit (IAA) ve su alımının artırılması borun önemli rolüne atfedilir. Bu rolün borun meristematik aktiviteler için gerekli olan enzimlerle ilişkili olduğu ve ayrıca iletim dokularının normal gelişimindeki önemli rolünün bir sonucu olduğu belirtilmektedir (Singh vd., 2020). Bohlmann (1962), borun bitkilerde pektik maddenin sentezine bağlı olan fizyolojik rolünden dolayı meyve çatlaması üzerine etki ettiğini bildirmiştir.

Nar yetiştiriciliğinde hem makro hem de mikro besinler uygun büyüme, gelişme ve verim için gereklidir. Ayrıca Zn, Fe, B ve Mn'nin narda gelişimi daha sınırlayıcı mikro besinler olduğu bildirilmiştir (Mirdehghan ve Rahemi, 2007). Özellikle B, Ca, Zn ve K gibi besin elementi eksikliği, narda meyve çatlaması ile doğrudan ilişkilendirilebilir. Meyve büyüme dönemindeki bazı fizyolojik süreçler sırasında K, Ca, Zn, Cu, Mo ve Mn gibi besin elementlerinin eksikliği de meyve çatlamasına neden olabilir (Sheikh ve Manjula, 2006).

Mineral besin eksikliği açısından kayısıda B noksanlığı (Benson, 1994) ve kirazda Ca noksanlığında (Meheriuk vd., 1991) meyvede çatlama geliştiği belirtilmiştir. Domateste çatlama ise perikarp hücrelerinde düşük Ca konsantrasyonu ile ilişkili olduğu bildirilmektedir (Astuti, 2002).

Özellikle nar yetiştiriciliğinde fizyolojik bir bozukluk olan meyve çatlaması sorunu kaliteli pazarlanabilir meyve miktarını düşürmektedir. Meyve çatlamasına birden fazla faktörün neden olduğu yapılan çalışmalarda da

**Tablo 1.** Ülkemizde narın bitkisel üretim verileri (Anonim, 2022a)

Yıllar	Üretim (ton yıl <sup>-1</sup> )	Üretim kaybı (ton yıl <sup>-1</sup> )	Tüketim (ton yıl <sup>-1</sup> )	Kayıplar (ton yıl <sup>-1</sup> )	İhracat (ton yıl <sup>-1</sup> )	Kişi başına tüketim (kg yıl <sup>-1</sup> )	Yeterlilik derecesi (%)
2019/2020	559 172	9 506	350 965	30 519	169 211	4.2	144.1
2018/2019	537 847	9 143	301 053	26 179	203 248	3.7	161.6
2017/2018	502 606	8 544	290 484	25 259	178 832	3.6	156.5
2016/2017	465 200	7 908	261 327	22 724	173 824	3.3	161.0
2015/2016	445 750	7 578	244 616	21 271	173 199	3.1	164.8

gözlenmektedir. Bu faktörlerden birisi de bitki beslemesidir. Bu çalışmada farklı dönemlerde yapraktan uygulanan Ca ve B solüsyonlarının Hicaznar nar çeşidinin mineral beslenme durumuna, verim ve meyve çatlamasına etkisinin araştırılması ve en uygun Ca ve B dozunun belirlenmesi amaçlanmıştır.

## 2. Materyal ve Metot

### 2.1. Deneme alanı özellikleri ve denemenin kurulması

Deneme Antalya İli Serik İlçesi EskiYörük Mahallesi denizden 23 m yükseklikte, 36°58'20.4"N enleminde ve 30°59'03.2" E boylamında yer alan bir üretici bahçesinde tesadüf parselleri deneme deseninde 3 tekerrürlü ve her tekerrürde 2 ağaç olacak şekilde toplam 54 ağaç üzerinde 2018-2019 gelişim sezonunda yürütülmüştür. Araştırmada, bitkisel materyal olarak 13 yaşında Hicaznar nar çeşidi kullanılmıştır. Hicaznar nar çeşidi ülkemizde yetiştiriciliği yapılan bölgelerde yaygın olarak tercih edilen bir çeşittir. Çeşidin meyve iriliği orta-yüksek, meyve şekli basık, kabuk ve meyve rengi koyu bordo, kalın kabuklu, meyve suyu randımanı düşük orta, küçük daneli geç olgunlaşan, sert çekirdekli, mayhoş-ekşi tadında, orta sık dikenli ve meyve çatlamasına orta eğilimli bir çeşittir (Yılmaz, 2007).

Denemede 0-30 cm derinlikten alınan toprak örneklerinin bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri aşağıdaki gibidir: Toplam N, 0.127 g kg<sup>-1</sup>, bitkiye elverişli P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu ve Zn sırasıyla 7.5 mg kg<sup>-1</sup>, 102 mg kg<sup>-1</sup>, 52 mg kg<sup>-1</sup>, 80 mg kg<sup>-1</sup>, 2.89 mg kg<sup>-1</sup>, 2.74 mg kg<sup>-1</sup>, 0.62 mg kg<sup>-1</sup> ve 0.087 mg kg<sup>-1</sup>'dir. Deneme toprağının pH, 8.37, EC, 0.19 dS m<sup>-1</sup>, organik madde, 2.11 g kg<sup>-1</sup> ve kireç içeriği %8.28' dir. Deneme kurulmadan önce, hasadı takiben bahçenin budaması 20 Şubat 2019 tarihinde yapılmıştır. 27 Şubat 2019 tarihinde, 400 g N ağaç<sup>-1</sup> olacak şekilde amanyum nitrat, 250 g P ağaç<sup>-1</sup> olacak şekilde triple süper fosfat (TSP) ve 400 g K ağaç<sup>-1</sup> olacak şekilde potasyum sülfat gübreleri ağaç taç iz düşümü içerisine serpilerek gübreleme yapılmıştır. Hastalık ve zararlı takibi yapılarak gerekli

olduğu durumlarda ilaçlamalar yapılmıştır. Bahçe salma sulama yöntemiyle haftada bir defa sulanmıştır.

Denemede yapraktan Ca %0, %1 ve %2 dozlarında CaCl<sub>2</sub> formunda, B ise %0, %0.2 ve %0.4 dozlarında H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> formunda uygulanmıştır. Uygulamalar tam çiçeklenmeden 30 gün sonra birinci uygulama olmak üzere, 3 Temmuz 2019 tarihinde, ikinci uygulama 5 Ağustos 2019 tarihinde ve üçüncü uygulama da 1 Eylül 2019 tarihinde ağaçlara yaprakların tamamını ıslatacak şekilde hazırlanan çözeltiler sırt pülverizatörüyle püskürtülerek uygulanmıştır.

Yaprak örnekleri 18 Eylül 2019 tarihinde tek yıllık meyvesiz sürgünlerin orta kısımlarından alınarak aynı gün içerisinde laboratuvara götürülmüş ve bir kez çeşme suyu 2 kez saf sudan geçirilmiş, daha sonra 65 °C' de 48 saat kurutulmuş ve mineral analizler için öğütülmüştür. Nar yapraklarının toplam N kapsamı Kjeldahl'da, kuru yakma yöntemiyle yakılan yaprak örneklerinde, toplam P miktarı vanadomolibdofosfoik sarı renk yöntemine göre spektrofotometrede (Shimadzu UV-1208); toplam K, Ca, Mg, Fe, Cu, Mn ve Zn konsantrasyonu atomik absorpsiyon spektrofotometre kullanılarak, B azometin-H ile oluşturulan kompleksin renk yoğunluğuna dayanılarak spektrofotometrede (Shimadzu UV-1208) belirlenmiştir (Kacar ve İnal, 2008).

Denemenin hasadı 29-31 Ekim 2019 tarihleri arasında yapılmış, verim ağaç başına kg olarak (kg ağaç<sup>-1</sup>) olarak belirlenmiştir. Denemede hasatla birlikte ağaçtaki çatlamış ve sağlam meyveler ayrı ayrı sayılmış ve çatlamış meyve sayısı tüm meyve sayısına oranlanarak meyve çatlama oranı [Ağaç başına çatlamış meyve oranı (%) = (Ağaçtaki çatlamış meyve sayısı / Ağaçtaki tüm meyve sayısı) × 100] belirlenmiştir.

Yapılan uygulamaların sonuçlarının önemliliği varyans analizi ile uygulamalar arasındaki farklılıklar ise Tukey testi ile Minitab paket programı kullanılarak belirlenmiştir.

**Tablo 2.** Antalya ili Serik ilçesi Serik-18306 istasyonu 2017, 2018, 2019, 2020 yılları ve uzun yıllar ortalamalarına ait toplam yağış (mm) ve ortalama sıcaklık (°C) değerleri (Anonim, 2022b)

Aylar	Toplam Yağış (mm)					Ortalama Sıcaklık (°C)				
	2017 Yılı	2018 Yılı	2019 Yılı	2020 Yılı	Uzun Yıllar Ort.	2017 Yılı	2018 Yılı	2019 Yılı	2020 Yılı	Uzun Yıllar Ort.
Ocak	238.2	193.1	823.7	246.7	210.6	9.1	11.8	10	10.7	9.8
Şubat	75.3	129.5	146.4	84.7	112.7	11.4	13.8	12.4	11.5	10.8
Mart	123.8	82.9	68.1	47.2	94.5	14.2	15.7	14.2	14.5	13.1
Nisan	67.7	28.9	44.4	8.6	63.1	17.0	19.7	16.3	17.2	16.4
Mayıs	85.8	16.7	22.2	32.9	37.0	21.1	23.9	22.1	22.4	20.9
Haziran	3.6	62.8	9.4	0.1	10.1	26.3	26.0	26.5	24.8	25.7
Temmuz	2.1	1.6	7.4	0	4.0	30.8	29.4	29.2	30.1	28.9
Ağustos	3.9	1.7	0.7	11.4	5.0	29.3	29.6	30.4	30.1	29.0
Eylül	2	14.2	91.9	0.1	22.0	27.0	29.4	28.6	29.1	25.6
Ekim	182	25.8	11.9	14.4	76.6	21.4	22.7	23.8	24.2	20.9
Kasım	120.8	180.1	60.1	12.5	152.1	15.8	17.8	18.7	18	15.3
Aralık	112.8	270.1	332.3	380.2	271.7	14.0	12.2	13.0	14.3	11.4

## 2.2. İklim özellikleri

Denemenin yürütüldüğü Antalya ili Serik ilçesi Eskiörük Mahallesi'nin 2017, 2018, 2019, 2020 yıllarına ve uzun yıllara (1930-2021) ait aylık ortalama yağış ve sıcaklık değerleri Tablo 2'de verilmiştir. Deneme alanı yazları sıcak ve kurak, kışları ise ılık ve yağışlı geçmektedir. Uzun yıllar ortalaması olarak yağış 1059.4 mm olup, en fazla yağış Aralık ayında, en az yağış ise Temmuz ayında gerçekleşmiştir. Uzun yıllar ortalaması olarak sıcaklık 19.0°C olup, en sıcak Ağustos ayı, en soğuk ise Ocak ayı olarak belirlenmiştir. Denemenin yürütüldüğü 2018-2019 üretim döneminde (Ekim 2018-Eylül 2019) alınan toplam yağış 1690.2 mm olup uzun yıllar üretim dönemi (Ekim-Eylül) yağış ortalaması 1059.4 mm olarak gerçekleşmiştir. Denemenin uygulandığı 2019 yılında uzun yıllar üretim dönemi ortalamasına göre daha fazla yağışın düştüğü belirlenmiştir.

## 3. Bulgular

### 3.1. Yapraktan kalsiyum ve bor uygulamasının nar bitkisi besin elementi konsantrasyonları üzerine etkisi

Yapraktan Ca ve B uygulamasının narın yaprak N, P, K, Ca ve Mg konsantrasyonlarına etkisi Tablo 3'de verilmiştir. Tablo 3 incelendiğinde nar yaprak N ve P konsantrasyonlarına B uygulamasının etkisi önemli olurken Ca ve Ca × B interaksiyonunun etkisi önemsiz bulunmuştur. Uygulanan B dozu arttıkça yaprakların N konsantrasyonları da artmıştır. Bor uygulanmayan (B<sub>0</sub>) konularda yaprak N konsantrasyonu %1.38 iken B dozu arttıkça N içeriği %1.45 ve %1.53'e çıkmıştır. Yaprak P konsantrasyonu ise B<sub>0</sub> ve B<sub>1</sub> dozunda %0.11 iken B<sub>2</sub> dozunda ise %0.13 olarak belirlenmiştir.

Narın yaprak K ve Ca konsantrasyonları üzerine Ca ve Ca × B interaksiyonunun etkisi önemli olurken, B uygulamasının

etkisi önemsiz bulunmuştur. Kalsiyum uygulamasının kontrol grubunda yaprak K içeriği B uygulamasının artması ile %0.66'dan %0.99 ve %1.14'e çıkarken Ca<sub>2</sub> uygulamasında B dozunun artması ile %1.28'den %1.10 ve 1.04'e düşmüştür. Kalsiyum uygulamasının kontrol grubunda yaprak ortalama Ca içeriği %2.22, Ca<sub>1</sub> dozunda %2.82 ve Ca<sub>2</sub> dozunda ise %2.97 olarak tespit edilmiştir. Bor uygulamasının kontrol grubu ve B<sub>1</sub> dozunda Ca uygulamasının artması ile birlikte yaprakların Ca içeriği de artmıştır. Borun kontrol grubunda Ca içeriği %1.93'den %3.04'e, B<sub>1</sub> dozunda ise %2.26'dan %3.04'e çıkmıştır. Nar yaprak Mg içeriği üzerine B, Ca ve Ca × B interaksiyonunun etkisi önemsiz bulunmuştur. Kalsiyum uygulamalarının kontrol grubunda ortalama yaprak Mg içeriği %0.49 iken Ca<sub>1</sub> dozunda %0.51 ve Ca<sub>2</sub> dozunda %0.52 olarak bulunmuş, B uygulamalarının kontrol grubunda ise ortalama yaprak Mg içeriği %0.50, B<sub>1</sub> ve B<sub>2</sub> dozlarında ise %0.51 olarak bulunmuştur.

Yapraktan Ca ve B uygulamasının narın yaprak Fe, Zn, Mn, Cu ve B konsantrasyonlarına etkisi Tablo 4'de verilmiştir. Nar yaprak Fe, Mn ve Cu içeriği üzerine B ve Ca uygulamaları ile Ca × B interaksiyonunun etkisi önemsiz bulunmuştur. Kalsiyum uygulamalarının kontrol grubunda ortalama yaprak Fe içeriği 134 mg kg<sup>-1</sup> iken Ca<sub>1</sub> ve Ca<sub>2</sub> dozunda sırasıyla 137 mg kg<sup>-1</sup> ve 139 mg kg<sup>-1</sup>, Bor uygulamalarının kontrol grubunda ortalama yaprak Fe içeriği 133 mg kg<sup>-1</sup>, B<sub>1</sub> ve B<sub>2</sub> dozunda sırasıyla 137 mg kg<sup>-1</sup> ve 141 mg kg<sup>-1</sup> olarak tespit edilmiştir. Kalsiyum uygulamalarının kontrol grubunda ortalama yaprak Mn içeriği 47.8 mg kg<sup>-1</sup> iken Ca<sub>1</sub> dozunda 50.9 mg kg<sup>-1</sup> ve Ca<sub>2</sub> dozunda ise 48.8 mg kg<sup>-1</sup> olmuştur. Bor uygulamalarının kontrol grubunda ortalama yaprak Mn içeriği 49.9 mg kg<sup>-1</sup>, B<sub>1</sub> dozunda 48.6 mg kg<sup>-1</sup> ve B<sub>2</sub> dozlarında yaprak Mn içeriği ise 48.9 mg kg<sup>-1</sup> olarak belirlenmiştir. Yaprak Cu içeriği Ca uygulamalarının kontrol grubunda ortalama 13.3 mg kg<sup>-1</sup> iken Ca<sub>1</sub> dozunda 14.2 mg kg<sup>-1</sup> ve Ca<sub>2</sub> dozunda ise

**Tablo 3.** Yapraktan Ca ve B uygulamasının narın yaprak N, P, K, Ca ve Mg konsantrasyonlarına etkisi

Kalsiyum	Bor	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)
Ca <sub>0</sub>	B <sub>0</sub>	1.25	0.09	0.66 Bb	1.93 Bb	0.50
	B <sub>1</sub>	1.38	0.10	0.99 Aa	2.26 ABb	0.46
	B <sub>2</sub>	1.62	0.13	1.14 Aa	2.48 Aa	0.50
Ca <sub>1</sub>	B <sub>0</sub>	1.48	0.11	1.10 Aa	2.92 Aa	0.49
	B <sub>1</sub>	1.51	0.11	1.15 Aa	2.92 Aa	0.53
	B <sub>2</sub>	1.51	0.12	0.90 Aa	2.61 Aa	0.51
Ca <sub>2</sub>	B <sub>0</sub>	1.40	0.11	1.28 Aa	3.04 Aa	0.50
	B <sub>1</sub>	1.46	0.11	1.10 Ba	3.04 Aa	0.53
	B <sub>2</sub>	1.47	0.13	1.04 Ba	2.81 Aa	0.52
<b>Ortalama</b>	B <sub>0</sub>	<b>1.38 b</b>	<b>0.11 b</b>	<b>1.01</b>	<b>2.63</b>	<b>0.50</b>
	B <sub>1</sub>	<b>1.45 ab</b>	<b>0.11 b</b>	<b>1.08</b>	<b>2.74</b>	<b>0.51</b>
	B <sub>2</sub>	<b>1.53 a</b>	<b>0.13 a</b>	<b>1.03</b>	<b>2.63</b>	<b>0.51</b>
<b>Ortalama</b>	Ca <sub>0</sub>	<b>1.42</b>	<b>0.11</b>	<b>0.93</b>	<b>2.22</b>	<b>0.49</b>
	Ca <sub>1</sub>	<b>1.50</b>	<b>0.12</b>	<b>1.05</b>	<b>2.82</b>	<b>0.51</b>
	Ca <sub>2</sub>	<b>1.44</b>	<b>0.12</b>	<b>1.14</b>	<b>2.97</b>	<b>0.52</b>
Kalsiyum (Ca)		0.78 <sup>öd</sup>	1.48 <sup>öd</sup>	5.93 <sup>**</sup>	26.28 <sup>**</sup>	2.21 <sup>öd</sup>
Bor (B)		5.90 <sup>**</sup>	4.80 <sup>*</sup>	0.66 <sup>öd</sup>	0.66 <sup>öd</sup>	0.19 <sup>öd</sup>
Ca × B		0.65 <sup>öd</sup>	2.53 <sup>öd</sup>	8.24 <sup>**</sup>	3.24 <sup>*</sup>	1.13 <sup>öd</sup>

\*: p<0.05; \*\*: p<0.01; öd: önemli değil; Ca: kalsiyum; B: bor uygulaması (Büyük harfler B, küçük harfler Ca ortalamaları arasındaki farklılıkları göstermektedir)

**Tablo 4.** Yapraktan Ca ve B uygulamasının narın yaprak Fe, Zn, Mn, Cu ve B konsantrasyonlarına etkisi

Kalsiyum	Bor	Fe (mg kg <sup>-1</sup> )	Zn (mg kg <sup>-1</sup> )	Mn (mg kg <sup>-1</sup> )	Cu (mg kg <sup>-1</sup> )	B (mg kg <sup>-1</sup> )
Ca <sub>0</sub>	B <sub>0</sub>	123	16.9 Ab	43.9	11.5	20.9
	B <sub>1</sub>	132	17.8 Aa	48.9	13.2	25.0
	B <sub>2</sub>	149	18.8 Aa	50.4	15.2	33.9
Ca <sub>1</sub>	B <sub>0</sub>	137	22.4 Aa	55.8	14.2	24.6
	B <sub>1</sub>	138	16.8 Ba	49.9	14.5	30.7
	B <sub>2</sub>	136	13.9 Bb	46.9	13.9	34.3
Ca <sub>2</sub>	B <sub>0</sub>	139	16.3 Ab	50.1	15.5	25.2
	B <sub>1</sub>	140	17.3 Aa	46.9	14.7	32.6
	B <sub>2</sub>	139	16.3 Aab	49.5	15.8	40.2
Ortalama	B <sub>0</sub>	<b>133</b>	<b>18.5</b>	<b>49.9</b>	<b>13.8</b>	<b>23.5 c</b>
	B <sub>1</sub>	<b>137</b>	<b>17.3</b>	<b>48.6</b>	<b>14.1</b>	<b>29.4 b</b>
	B <sub>2</sub>	<b>141</b>	<b>16.3</b>	<b>48.9</b>	<b>15.0</b>	<b>36.2 a</b>
Ortalama	Ca <sub>0</sub>	<b>134</b>	<b>17.8</b>	<b>47.8</b>	<b>13.3</b>	<b>26.6 b</b>
	Ca <sub>1</sub>	<b>137</b>	<b>17.7</b>	<b>50.9</b>	<b>14.2</b>	<b>29.8 ab</b>
	Ca <sub>2</sub>	<b>139</b>	<b>16.6</b>	<b>48.8</b>	<b>15.4</b>	<b>32.7 a</b>
Kalsiyum (Ca)		0.32 <sup>öd</sup>	0.89 <sup>öd</sup>	0.48 <sup>öd</sup>	2.52 <sup>öd</sup>	4.73*
Bor (B)		1.00 <sup>öd</sup>	2.63 <sup>öd</sup>	0.10 <sup>öd</sup>	1.02 <sup>öd</sup>	20.68**
Ca × B		1.31 <sup>öd</sup>	5.91**	1.06 <sup>öd</sup>	1.04 <sup>öd</sup>	0.52 <sup>öd</sup>

\*\* : P<0.01, \* : P<0.05, öd : önemli değil (Büyük harfler B, küçük harfler Ca ortalamaları arasındaki farklılıkları göstermektedir)

15.4 mg kg<sup>-1</sup> olmuştur. Bor uygulamalarının kontrol grubunda ortalama yaprak Cu içeriği 13.8 mg kg<sup>-1</sup>, B<sub>1</sub> dozunda 14.1 mg kg<sup>-1</sup> ve B<sub>2</sub> dozlarında ise 15.0 mg kg<sup>-1</sup> olarak tespit edilmiştir.

Narın yaprak Zn içeriğine B ve Ca uygulamalarının etkisi önemsiz olurken, Ca×B interaksiyonunun etkisi önemli bulunmuştur. Kalsiyum uygulamasının birinci dozunda 22.4 mg kg<sup>-1</sup> olan yaprak Zn içeriği B uygulaması arttıkça istatistiki olarak önemli düzeyde azalarak 16.8 ve 13.9 mg kg<sup>-1</sup> seviyesine düşmüştür. Diğer kalsiyum uygulamalarında bor uygulamalarının her hangi bir etkisi olmamıştır. Bor uygulamasının ikinci dozunda ise sadece Ca' un ikinci dozu yaprak Zn içeriğini diğer Ca dozlarına göre önemli derecede azaltmıştır.

Narın yaprak B içeriğine B ve Ca uygulamalarının etkisi önemli olurken, Ca × B interaksiyonunun etkisi önemsiz

bulunmuştur. Uygulanan Ca dozu arttıkça yaprakların B konsantrasyonu da artmıştır. Kalsiyum uygulamasının kontrol (Ca<sub>0</sub>) grubunda yaprak B konsantrasyonu 26.6 mg kg<sup>-1</sup> iken Ca dozu arttıkça B içeriği 29.8 mg kg<sup>-1</sup> ve 32.7 mg kg<sup>-1</sup>'e çıkmıştır. Bor uygulamasının etkisi incelendiğinde ise B dozunun artması ile birlikte yaprakların B konsantrasyonlarının da arttığı gözlemlenmiştir. Bor uygulamasının kontrol (B<sub>0</sub>) grubunda yaprak B konsantrasyonu 23.5 mg kg<sup>-1</sup> iken uygulanan B dozu arttıkça yaprak B içeriği de artarak 29.4 mg kg<sup>-1</sup> ve 36.2 mg kg<sup>-1</sup>'e yükseldiği belirlenmiştir (Tablo 4).

### 3.2. Yapraktan kalsiyum ve bor uygulamasının nar bitkisinin verim ve meyve çatlaması üzerine etkisi

Yapraktan Ca ve B uygulamasının nar bitkisinin meyve verimi üzerine etkisi Tablo 5'de verilmiştir. Tablo 5. incelendiğinde narın meyve verimi üzerine B

**Tablo 5.** Yapraktan Ca ve B uygulamasının narın meyve verimi ve çatlak meyve oranı üzerine etkisi

Kalsiyum	Bor	Verim (kg ağaç <sup>-1</sup> )	Çatlak meyve oranı (%)
Ca <sub>0</sub>	B <sub>0</sub>	39.9	7.71
	B <sub>1</sub>	75.8	11.7
	B <sub>2</sub>	55.4	4.90
Ca <sub>1</sub>	B <sub>0</sub>	53.7	7.33
	B <sub>1</sub>	74.7	5.83
	B <sub>2</sub>	60.6	5.48
Ca <sub>2</sub>	B <sub>0</sub>	66.0	6.32
	B <sub>1</sub>	62.9	7.17
	B <sub>2</sub>	57.1	5.64
Ortalama	B <sub>0</sub>	<b>53.2 b</b>	<b>7.12</b>
	B <sub>1</sub>	<b>71.1 a</b>	<b>8.23</b>
	B <sub>2</sub>	<b>57.7 ab</b>	<b>5.34</b>
Ortalama	Ca <sub>0</sub>	<b>57.1</b>	<b>8.10</b>
	Ca <sub>1</sub>	<b>62.9</b>	<b>6.21</b>
	Ca <sub>2</sub>	<b>62.0</b>	<b>6.37</b>
Kalsiyum (Ca)		0.50 <sup>öd</sup>	0.74 <sup>öd</sup>
Bor (B)		4.33*	1.43 <sup>öd</sup>
Ca × B		1.64 <sup>öd</sup>	0.77 <sup>öd</sup>

uygulamasının etkisi istatistiksel olarak önemli olurken ( $P < 0.01$ ), Ca ve Ca  $\times$  B interaksiyonunun etkisinin önemsiz olduğu görülmektedir.

Uygulanan B dozlarının verim üzerine etkisi incelendiğinde, B dozunun artması meyve verimini artırmıştır. Bor uygulamasının kontrol grubunda meyve verimi 53.2 kg ağaç<sup>-1</sup> iken B<sub>1</sub> dozunda 71.1 kg ağaç<sup>-1</sup>'a çıkmıştır. B<sub>2</sub> dozunda ise kontrole göre verimde bir artış olmasına rağmen bu artış B<sub>1</sub> dozundan daha düşük seviyede kalmıştır.

Kalsiyum uygulamaları ile birlikte narın meyve verimi kontrol grubuna göre artmıştır. Kontrol grubunda (Ca<sub>0</sub>) 57.1 kg ağaç<sup>-1</sup> olan meyve verimi, Ca<sub>1</sub> ve Ca<sub>2</sub> dozunda sırasıyla 62.9 ve 62.0 kg ağaç<sup>-1</sup>'a çıkmıştır. Ancak bu artışlar istatistiki olarak önemli bulunmamıştır.

Narın çatlak meyve oranı üzerine B ve Ca uygulamaları ile Ca  $\times$  B interaksiyonunun etkisi önemsiz bulunmuştur (Tablo 5). İstatistiki olarak önemsiz olmakla birlikte, uygulanan hem Ca hem de B dozlarının artması ile birlikte çatlak meyve oranının azaldığı tespit edilmiştir. Kalsiyum uygulamalarının kontrol grubunda ortalama çatlak meyve oranı 8.10 iken Ca<sub>1</sub> ve Ca<sub>2</sub> dozlarında sırasıyla 6.21 ve 6.37'ye düşmüştür. Bor uygulamalarının kontrol grubunda ortalama çatlak meyve oranı 7.12 iken, B<sub>1</sub> dozunda 8.23 çikarken B<sub>2</sub> dozlarında 5.34'e düştüğü görülmektedir.

#### 4. Tartışma ve Sonuç

Yapılan bu çalışmada, yapraktan üç farklı dönemde ve üç dozda uygulanan Ca (%0, 1 ve 2) ve B'un (%0, 0.2 ve 0.4) narın verim, mineral beslenmesi ve meyve çatlaması üzerine etkilerini belirlemek amacıyla yürütülmüştür. Yapraktan Ca ve B uygulamaları narın mineral beslenmesi, verimi ve meyve çatlaması üzerine önemli etkiler yaptığı belirlenmiştir.

Deneme sonunda elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde; nar bitkisinin yaprak N ve P içeriği üzerine B uygulamasının etkisi istatistiksel olarak önemli olurken, Ca ve Ca  $\times$  B interaksiyonunun etkisi önemsiz olmuştur. Uygulanan B dozu arttıkça yaprakların N konsantrasyonları da artmıştır. Bor uygulanmayan (B<sub>0</sub>) konularında yaprak N konsantrasyonu %1.38 iken, B dozu arttıkça N içeriği %1.45 ve %1.53'e çıkmıştır. Bor uygulanmayan (B<sub>0</sub>) ve B<sub>1</sub> konularında yaprak P konsantrasyonu aynı (%0.11) iken B<sub>2</sub> dozunda ise %0.13 olarak bulunmuştur. Çıtak ve Sönmez (2013), tarafından Antalya ili ve çevresindeki nar (*Punica granatum*) bahçelerinin beslenme durumlarının belirlenmesi amacıyla yapılan bir çalışmada nar bahçelerinden alınan yaprak örneklerinin N içeriklerinin %0.81 - 1.95 değerleri arasında olduğunu P içeriklerinin ise %0.09 - 0.23 değerleri arasında olduğunu saptamışlardır. Gökdemir (2016) tarafından yapılan çalışmada Isabella üzüm çeşidine

yapraktan 4 farklı B dozu uygulamıştır ve B uygulamalarının yaprak N, P içeriğini ve meyve verimini artırdığını belirtmiştir. Kalsiyum ve B uygulamasının çeşitli bitkilerde N, P ve verim değerlerini artırdığı birçok çalışmada araştırmacılar tarafından belirtilmiştir (Sarıçiçek, 2010; Khalil ve Aly, 2013; Al-rawi vd., 2014; Maji vd., 2017; Çilekar ve Eşitken, 2019; Durak ve Emir, 2019; Hosein-Beigi vd., 2019). Yapmış olduğumuz araştırma değerlendirildiğinde Hicaznar bitkisine yapılan Ca ve B uygulamaları sonucunda meydana gelen N, P ve verim değerlerindeki artışın, daha önce yapılan çalışma sonuçlarıyla benzer olduğu görülmektedir.

Nar bitkisinin yaprak K ve Ca konsantrasyonu üzerine Ca ve Ca $\times$ B interaksiyonunun etkisi istatistiki olarak önemli olmuş, B uygulamasının etkisi ise önemsiz bulunmuştur. Yaprakların K içeriğini artıran Ca uygulaması sadece B<sub>0</sub> dozunda önemli oranda artırmıştır. Yaprakların K içerikleri Ca<sub>0</sub> dozunda %0.66 iken Ca<sub>2</sub> dozunda %1.28'e çıkmıştır. Yaprakların Ca içerikleri incelendiğinde; Ca uygulamasının kontrol grubunda yaprak ortalama Ca içeriği %2.22, Ca<sub>1</sub> dozunda %2.82 ve Ca<sub>2</sub> dozunda ise %2.97 olarak tespit edilmiştir. Yaprak kalsiyum içerikleri B<sub>0</sub> ve B<sub>1</sub> uygulamalarında Ca dozu arttıkça artmıştır. Çıtak ve Sönmez (2013), tarafından narda yapılan çalışmada da yaprak örneklerinin K kapsamının kuru maddede %0.41-1.52 arasında değiştiği, Ca içeriklerinin ise %0.74-3.95 aralıklarında olduğu belirtilmiştir. Tuna ve Özer (2005), yapmış oldukları çalışmada karpuzda farklı kalsiyum kaynakları uygulaması sonucunda K ve Ca miktarlarında artış meydana geldiğini belirtmişlerdir. Güneri vd. (2014), yapmış oldukları çalışmada Hicaznar çeşidine KNO<sub>3</sub> ve Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> tek ve kombinasyonlarının yaprak uygulanması sonucunda yaprak K ve Ca içeriğini artırdığını belirtmişlerdir.

Yaptığımız bu çalışmada, nar yaprak Mg içeriği üzerine B ve Ca uygulamaları ve Ca $\times$ B interaksiyonunun etkisinin önemsiz olduğu bulunmuştur. Tüm uygulamaların etkisi değerlendirildiğinde nar yapraklarının Mg konsantrasyonlarının %0.46 ile %0.53 arasında değiştiği görülmektedir. Çıtak ve Sönmez (2013), tarafından narda yapılan çalışmada da nar yaprak örneklerinde Mg kapsamının kuru maddede %0.18-0.58 arasında değiştiği belirtilmiştir.

Araştırma sonuçları incelendiğinde, yaprak Fe, Cu ve Mn içerikleri üzerine B ve Ca uygulamaları ve Ca  $\times$  B interaksiyonunun etkisinin önemsiz olduğu bulunmuştur. Yaprakların Fe içerikleri önemli olmamakla birlikte hem B hem Ca uygulamalarında artmıştır. Yaprak Fe içerikleri 123 ile 149 mg kg<sup>-1</sup> arasında değişmiştir. Yaprak Cu içerikleri 11.5 mg kg<sup>-1</sup> ile 15.8 mg kg<sup>-1</sup>, yaprak Mn içerikleri 43.9 ile 50.9 mg kg<sup>-1</sup> arasında tespit edilmiştir. Çıtak ve Sönmez (2013), tarafından narda yapılan çalışmada da nar yaprak örneklerinin Fe kapsamının 24.83-134.1 mg kg<sup>-1</sup>, Mn kapsamının 6.61-116.30 mg kg<sup>-1</sup>, Cu kapsamının ise

2.14-73.19 mg kg<sup>-1</sup> arasında değiştiği tespit edilmiştir. Durak ve Emir (2019) ve Gökdemir (2016), yapmış oldukları çalışmalarda turp ve isabella üzüm çeşidinde değişik dozlarda B uygulaması sonucunda çalışmamızla benzer kontrole göre yüksek Mn ve Cu değerleri bulmuşlardır.

Yapılan uygulamalar sonucuna göre, nar yaprak Zn içeriği üzerine Ca × B interaksiyonu istatistiksel olarak önemli olurken, Ca ve B uygulamalarının etkisinin önemsiz olduğu bulunmuştur. Bor uygulamasının ikinci dozunda sadece Ca'un ikinci dozu yaprak Zn içeriğini diğer Ca dozlarına göre önemli derecede azaltmıştır. Hem Ca hem de B uygulama dozlarının artması ile ortalama yaprak Zn konsantrasyonları azalmıştır. Nar yapraklarının Zn konsantrasyonlarının 13.9 mg kg<sup>-1</sup> ile 22.4 mg kg<sup>-1</sup> arasında değiştiği tespit edilmiştir. Çitak ve Sönmez (2013), tarafından narda yapılan çalışmada da nar yaprak örneklerinin Zn kapsamının 1.19-24.45 mg kg<sup>-1</sup> arasında değiştiği bulunmuştur. Yener vd. (2017) ve Durak ve Emir (2019), yapmış oldukları çalışmalarda Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> ve B uygulamasının Sultani çekirdeksiz üzüm ve turp bitkilerinin Zn içeriklerini düşürdüğünü rapor etmişlerdir. Yapılan bu çalışmaların yapmış olduğumuz çalışma ile uyumlu olduğu görülmektedir.

Yaptığımız çalışmada, narın yaprak B konsantrasyonuna Ca ve B uygulamalarının etkisinin istatistiksel olarak önemli olduğu, Ca × B interaksiyonunun etkisinin ise önemsiz olduğu bulunmuştur. Uygulanan Ca ve B dozları arttıkça yaprakların B konsantrasyonu da artmıştır. Bor uygulamasının kontrol (B<sub>0</sub>) grubunda yaprak B konsantrasyonu 23.5 mg kg<sup>-1</sup> iken uygulanan B dozu arttıkça yaprak B içeriği de artarak 29.4 mg kg<sup>-1</sup> ve 36.2 mg kg<sup>-1</sup>'e yükseldiği bulunmuştur. Sarıçiçek (2010), yapmış olduğu çalışmada, artan dozlarda bor uygulamasının kivi bitkisinin yaprak bor içeriğini artırdığını belirtmiştir. Uncu (2020), kaysı ağaçlarına yapraktan 3 farklı dozda bor (150, 225 ve 300 mg kg<sup>-1</sup>) uygulamıştır. Yaprak bor içeriklerinde 225 mg kg<sup>-1</sup> dozuna kadar B konsantrasyonun arttığı, 300 mg kg<sup>-1</sup> dozunda ise düşüş eğilimi gösterdiğini rapor etmiştir. Erdal ve Türkan (2016), 2 doz 0 ve 100 mg L<sup>-1</sup> bor beslemesinin Mondial Gala, RedChief, ScarletSpur, Breaburn ve Fuji elma çeşitleri üzerine etkisini araştırmışlardır. Araştırma sonucunda Breaburn çeşidi hariç diğer çeşitlerde B konsantrasyonunu artırdığını bildirmişlerdir. Ayrıca diğer bazı araştırmacılarda bor uygulamalarına bağlı olarak bitki bor içeriklerinin arttığını yapmış oldukları çalışmalarda belirtmişlerdir (Durak ve Emir, 2019; Bıyıklı, 2020).

Araştırma sonucunda, narın çatlak meyve oranı üzerine B ve Ca uygulamaları ile Ca × B interaksiyonunun etkisi önemsiz bulunmuştur. İstatistiksel olarak önemsiz olmakla birlikte, uygulanan hem Ca hem de B dozlarının artması ile birlikte çatlak meyve oranının azaldığı tespit edilmiştir. Sheikh ve Manjula (2012), H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>, FeSO<sub>4</sub> ve CaCl<sub>2</sub> uygulamalarının meyve çatlaması üzerine etkisi

araştırmışlardır. Borik asitin %0.2 dozunun %0.4 dozundan daha düşük meyve çatlamasına neden olduğunu tespit etmişlerdir. Saei vd. (2014), yapmış oldukları çalışmada meyve kabuğunun Ca içeriğinin meyve çatlaması üzerine olumlu ve olumsuz etkileri olabileceğini belirtmişlerdir. Elde ettikleri veriler sonucunda meyve kabuğunun aşırı Ca zenginleşmesi nedeniyle kabuk sertliğinin arttığı, bunun sonucunda da çatlamış meyve miktarında ciddi artışlara neden olduğunu rapor etmişlerdir. Yaptığımız çalışmada artan Ca dozlarında meyve çatlaması istatistiksel olarak önemli olmamakla birlikte azalma eğilimi göstermiştir. Bakeer (2016), yapmış olduğu çalışmada NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> ve CaCl<sub>2</sub> tek ve kombine kullanımının vegetatif gelişmeyi arttırdığı, meyve büyüklüğü, verim ve kaliteyi olumlu yönde etkilediğini, ayrıca yapılan uygulamaların meyve çatlaması ve güneş yanıklığına karşı direnç kazandırdığını tespit etmiştir. El-Akkad vd. (2016) GA<sub>3</sub> ve CaCl<sub>2</sub> uygulamalarının, nar meyvesi üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Çalışma sonucunda yapraktan yapılan tüm uygulamaların, kontrole göre meyve çatlamasını azalttığı, en az meyve çatlamasının ise CaCl<sub>2</sub> uygulanmasında olduğu rapor edilmiştir. Ayrıca çeşitli araştırmacılar tarafından farklı Ca ve B dozlarının meyve çatlaması üzerine olumlu etkilerinin olduğunu rapor etmişlerdir (Şahin, 2014; Korkmaz, 2016; Davarpanah, 2018).

Yapılan bu çalışmada, narın meyve verimi üzerine B uygulamasının etkisi istatistiksel olarak önemli olurken, Ca ve Ca × B interaksiyonunun etkisinin önemsiz olduğu bulunmuştur. Uygulanan B dozlarının verim üzerine etkisi incelendiğinde, B dozunun artması meyve verimini artırmıştır. Bor uygulamasının kontrol grubunda meyve verimi 53.2 kg ağaç<sup>-1</sup> iken B<sub>1</sub> dozunda 71.1 kg ağaç<sup>-1</sup> a çıkmıştır. Singh vd. (1993), borik asit uygulamasının farklı iki nar çeşidinde meyve çatlama oranını azalttığını bildirmiştir. Ancak, Davarpanah vd. (2016), B uygulamalarının 'Ardestani' nar çeşidinde meyve çatlamasını önemli ölçüde azaltmadığını tespit etmişler ve nar meyve çatlamasını azaltmada yaprak gübresi protokollerinin ve konsantrasyonlarının anahtar rol oynayan faktör olduğunu belirtmişlerdir. Singh vd. (2003), narda %0.2 bor uygulaması ile en az çatlamayı ve en yüksek verimi elde etmişlerdir. Soni vd. (2000), Jalore nar çeşidinde meyve tutumu sırasında toprağa %0.5 boraks uygulaması ve 10 gün aralarla sulama yapılmasının meyve çatlamasını azalttığını ve verim arttığını bildirmişlerdir. Benzer şekilde Ahmad (2009), Ganeş nar çeşidinde meyve tutumu sırasında toprağa %0.75 boraks uygulaması ve dokuz gün ara ile sulamanın meyve çatlamaları azalttığı ve verimi arttırdığını bulmuşlardır.

Nar uzun süreden beri yetiştirilmesine rağmen bu konuda bilimsel literatürün sınırlı olması nedeniyle narın gübre gereksinimleri iyi anlaşılamamıştır (Holland vd., 2009). Chatervd. (2018), şu anda nara özgü araştırmalara dayalı kabul edilmiş bir yaprak besin elementi konsantrasyonları yeterliliğine ait referans aralıklarının bulunmadığını, ayrıca

nar yaprağı besin elementi konsantrasyonları ile ilgili çok az sayıda araştırma olduğunu, nar yaprak besin maddesi konsantrasyon standartlarının oluşturulması ve yapraktan besin elementi uygulamaları gibi kültürel yöntemlerin nar verimi ve fizyolojik değişimler üzerine etkilerinin ayrıntılı olarak araştırılması gerektiğini bildirmişlerdir.

Sonuç olarak; nar uzun süreden beri tarımı yapılan önemli bir bitki olmasına rağmen nar yaprağının besin elementi konsantrasyonları ve yapraktan besin elementi uygulamalarının bu konsantrasyonlar üzerindeki etkileri hakkında çok az şey bilinmektedir. Yapraktan besin elementi uygulamaları ticari olarak nar üretiminde sadece bitkinin mineral beslenme performansını iyileştirmek için değil, aynı zamanda nar üretiminde en önemli sorun olan nar meyvesi çatlaması gibi fizyolojik bozuklukları önlemek amacıyla potansiyel olarak kullanılabilir. Yaptığımız bu çalışma sonucunda en aza yakın meyve çatlaması ve en yüksek verim elde edilebilecek yapraktan Ca ve B uygulamasının  $Ca_1 \times B_1$  (% 1Ca ve %0.2 B) interaksyonu olduğu bu dozlarda meyve veriminin 74.66 kg ağaç<sup>-1</sup> ve çatlak meyve oranının ise %5.83 olarak tespit edildiği, uygulamaların tam çiçeklenmeden 30 gün sonra ve 30 gün aralıkla 2 kez daha uygulanması gerektiği tavsiye edilebilir. Ancak narda meyve çatlaması ve mineral beslenme arasındaki ilişkiyi açıklamak için farklı çeşitler ve farklı gelişim dönemlerinde yapraktan besin elementi uygulamaları yapılarak daha fazla araştırma yapılması gerekmektedir.

### Teşekkür

Bu araştırma Sait İsmail YÖRÜK' ün Yüksek Lisans Tezinden hazırlanmıştır. 2019-YL1-0035 No'lu Proje kapsamında tezi maddi olarak destekleyen Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi Başkanlığı'na teşekkür ederiz.

### Yazar Katkı Oranları

Yazarlar bu çalışmanın hazırlanmasında eşit derecede katkı sunmuşlardır.

### Çıkar Çatışması Beyanı

Bu çalışmanın yazarları olarak herhangi bir çıkar çatışması beyanımız bulunmadığını bildiririz.

### Etik Kurul Onayı

Bu çalışmanın yazarları olarak herhangi bir etik kurul onay bilgileri beyanımız bulunmadığını bildiririz.

### Kaynakça

Ahmad, B. (2009). Fruit cracking and yield of pomegranate as affected by borax with irrigation at different intervals. *Annals of Agricultural Sciences New Ser*, 30, 148-149.

Al-Rawi, W. A., Jassim, N. A. & Al-Hadethi, M. E. A. (2014). Effect of manganese and calcium foliar application on tree growth, yield and fruit quality of "Salimi" pomegranate cultivar. *Zagazig Journal of Agricultural Research*, 41(5), 977-983.

Anonim, (2022a). Türkiye İstatistik Kurumu. Meyveler, Sert Kabuklular ve İçecek Bitkileri Bitkisel Üretim Denge Tabloları. <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Bitkisel-Urun-Denge-Tabloları-2020-2021-45505> (Son erişim tarihi: 05.11.2021)

Anonim, (2022b). Türkiye'de İllere Ait Mevsim Normalleri 1991-2020. Meteoroloji 4. Bölge Müdürlüğü, <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?m=ANTALYA> (Son erişim tarihi: 08.09.2021)

Astuti, Y. A. (2002). The effect of preharvest CaCl<sub>2</sub> application frequency on the quality and storage of tomato fruit. University of Bogor, Faculty of Agriculture, PhD Thesis, Bogor, Indonesia.

Bakeer, S. M. (2016). Effect of ammonium nitrate fertilizer and calcium chloride foliar spray on fruit cracking and sunburn of Manfalouty pomegranate trees. *Scientia Horticulturae*, 209, 300-308.

Benson, N. R., Woodbridge, C. G., & Bartram, R. D. (1994). *Nutrient Disorders in Tree Fruits*. Pacific Northwest Cooperative Extension.

Bıyıklı, S. D. (2020). Erik'te bor hareketliliğinin belirlenmesi. Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Bursa.

Bohmann, T. E. (1962). Why does fruit crack. *Fmg. South Africa*, 38, 12-13.

Chater, J. M. (2015). The effects of foliar nutrient applications on split, yield, and internal fruit quality of 'Wonderful' pomegranate (*Punica granatum* L.), California Polytechnic State University, Ms.C. Thesis, California.

Chater, J. M. & Garner, L. C. (2018). Foliar nutrient applications to 'Wonderful' pomegranate (*Punica granatum* L.). II. Effects on leaf nutrient status and fruit split, yield and size. *Scientia Horticulturae*, 242, 207-213.

Choi, H. M., Son, I. C. & Kim, D. I. (2010). Effects of calcium concentrations of coating bag on pericarp structure and berry cracking in 'Kyoho' grape (*Vitis* sp.). *Horticultural Science & Technology*, 28(4), 561-566.

Çıtak, S. & Sönmez, S. (2013). Antalya ili ve çevresindeki nar (*Punica granatum*) bahçelerinin beslenme durumlarının belirlenmesi. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 26(1), 65-71.

Çilekar, S. & Eşitken, A. (2019). Sonbahar ve ilkbaharda yapraktan bor uygulamasının elma ağaçlarında etkileri. *Bahri Dağdaş Bitkisel Araştırma Dergisi*, 8(2), 315-321.

Davarpanah, S., Akbari, M., Askari, Babalar, M. A. & Naddaf, M. E. (2013). Effect of iron foliar application (Fe-EDDHA) on quantitative and qualitative characteristics of pomegranate cv. "Malas-e-Saveh". *World of Sciences Journal*, 2013, 179-187.

- Davarpanah, S., Tehranifar, A., Abadía, J., Val, J., Davarynejad, G., Aran, M. & Khorassani, R. (2018). Foliar calcium fertilization reduces fruit cracking in pomegranate (*Punica granatum* cv. Ardestani). *Scientia Horticulturae*, 230, 86-91.
- Davarpanah, S., Tehranifar, A., Davarynejad, G., Abadía, J. & Khorasani, R. (2016). Effects of foliar applications of zinc and boron nano-fertilizers on pomegranate (*Punica granatum* cv. Ardestani) fruit yield and quality. *Scientia Horticulturae*, 210, 57-64.
- Durak, A. & Emir, C. (2019). Bor gübrelemesinin turp (*Raphanus sativus* L.) bitkisinin verim ve bazı bitki özelliklerine etkisi. *Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi*, 8(2), 57-65.
- El-Akkad, M. M., Gouda, F. E. Z. M. & Ibrahim, R. A. (2016). Effect of GA<sub>3</sub>, calcium chloride and vapor guard spraying on yield and fruit quality of Manfalouty pomegranate trees. *Assiut Journal of Agricultural Sciences*, 6(1), 181-190.
- Erdal, İ. & Türkan, Ş. A. (2016). Elma çeşitlerine yapraktan bor uygulamasının bitkinin mineral beslenmesiyle meyvenin verim ve kalitesine etkisi. *Toprak Su Dergisi*, 5(2), 37-41.
- Galindo, A., Rodríguez, P., Collado-González, J., Cruz, Z. N., Torrecillas, E., Ondoño, S., Corell, M., Moriana, A. & Torrecillas, A. (2014). Rainfall intensifies fruit peel cracking in water stressed pomegranate trees. *Agricultural and Forest Meteorology*, 194, 29-35.
- Ghaheshi, R. (2006). Anatomical study of fruit cracking in pomegranate cv. Malas-e-Torsh. *Pajohesh Sazandegy*, 69, 10-14.
- Gökdemir, N. (2016). İsabella (*V. labrusca* L.) üzüm çeşidinde farklı dozdaki bor uygulamasının verim, kalite ve yaprak besin maddesi içeriği üzerine etkisi. Ordu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ordu.
- Güneri, M., Yıldıztekin, M., Tuna, A. L. & Yokaş, İ. (2014). Hicaz nar bahçelerinde kalsiyum ve potasyumlu gübrelemenin verim ve beslenme üzerine etkilerinin araştırılması. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 51(2), 165-174.
- Hasani, M., Zamani, Z., Savaghebi, G. & Sofla, H. S. (2016). Effect of foliar and soil application of urea on leaf nutrients concentrations, yield and fruit quality of pomegranate. *Journal of Plant Nutrition*, 39(6), 749-755.
- Holland, D., Hatib, K. & Bar-Ya'akov, I. (2009). 2 Pomegranate: Botany, horticulture, breeding. *Horticultural Reviews*, 35(2), 127-191.
- Hosein-Beigi, M., Zarei, A., Rostaminia, M. & Erfani-Moghadam, J. (2019). Positive effects of foliar application of Ca, B and GA<sub>3</sub> on the qualitative and quantitative traits of pomegranate (*Punica granatum* L.) cv. 'Malase-Torshe-Saveh'. *Scientia Horticulturae*, 254, 40-47.
- Huang, X. M., Wang, H. C., Gao, F. F. & Huang, H. B. (1999). A comparative study of the pericarp of litchi cultivars susceptible and resistant to fruit cracking. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 74(3), 351-354.
- Kacar, B. & İnal, A. (2008). Bitki Analizleri. Nobel Yayın, 1241, 842s.
- Kacar, B. (2012). Toprak Analizleri. Nobel Akademik Yayıncılık, Ankara.
- Khalil, H. A. & Aly, H. S. (2013). Cracking and fruit quality of pomegranate (*Punica granatum* L.) as affected by pre-harvest sprays of some growth regulators and mineral nutrients. *Journal of Horticultural Science & Ornamental Plants*, 5(2), 71-76.
- Korkmaz, N., Askin, M. A., Ercisli, S. & Okatan, V. (2016). Foliar application of calcium nitrate, boric acid and gibberellic acid affects yield and quality of pomegranate (*Punica granatum* L.). *Acta Scientiarum Polonorum-Hortorum Cultus*, 15(3), 105-112.
- Kurt, H. & Şahin, G. (2013). Bir ziraat coğrafyası Türkiye'de nar (*Punica granatum* L.) tarımı. *Marmara Coğrafya Dergisi*, (27), 551-574.
- Li, J. G. & Huang, H. B. (1995). Physico-chemical properties and peel morphology in relation to fruit-cracking susceptibility in litchi fruit. *Journal of South China Agricultural University*, 16, 84-89.
- Maji, S., Yadav, A. & Meena, K. R. (2017). Effect of calcium and boron on growth, yield and quality of pomegranate (*Punica granatum* L.). *International Journal of Plant Sciences*, 12(2), 108-113.
- Meheriuk, M., Neilsen, G. H. & McKenzie, D. L. (1991). Incidence of rain splitting in sweet cherries treated with calcium or coating materials. *Canadian Journal of Plant Science*, 71(1), 231-234.
- Mirdehghan, S. H. & Rahemi, M. (2007). Seasonal changes of mineral nutrients and phenolics in pomegranate (*Punica granatum* L.) fruit. *Scientia Horticulturae*, 111(2), 120-127.
- Saei, H., Sharifani, M. M., Dehghani, A., Seifi, E., & Akbarpour, V. (2014). Description of biomechanical forces and physiological parameters of fruit cracking in pomegranate. *Scientia Horticulturae*, 178, 224-230.
- Sarıççek, O. (2010). Kivi bitkisinde borlu gübrelemenin verim ve yaprakların bazı bitki besin maddesi üzerine etkileri. Ordu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Sheikh, M. K. & Manjula, N. (2012). *Effect of chemicals on control of fruit cracking in pomegranate (Punica granatum L. var. Ganesh)*. II International Symposium on the Pomegranate, 35, 133-135.
- Sheikh, M., & Manjula, N. (2006). *Effect of chemicals on control of fruit cracking in pomegranate (Punica granatum L. var. Ganesh)*. ISHS, 1st International Symposium Pomegranate and Minor Mediterranean Fruits, pp 16-19, Adana, Türkiye.
- Singh, A., Shukla, A. K. & Meghwal, P. R. (2020). Fruit cracking in pomegranate: extent, cause, and management—A Review. *International Journal of Fruit Science*, 20(sup3), 1234-1253.
- Singh, D. B., Sharma, B. D. & Bhargava, R. (2003). Effect of boron and GA<sub>3</sub> to control fruit cracking in pomegranate (*Punica granatum*). *International Journal of Current Agriculture Sciences*, 27, 125-127.
- Singh, R. P., Sharma, Y. P. & Awasthi, R. P. (1993). Influence of different cultural practices on pre-mature fruit cracking



of pomegranate. *Progressive Horticulture*, 22(1-4), 92-96.

- Soni, A. K., Gupta, N. K. & Paliwal, R. (2000). Response of borax with irrigation at different intervals on fruit cracking and yield of pomegranate. *Annals of Arid Zone*, 39(2), 207-208.
- Şahin, N. (2014). Farklı kimyasal uygulamaların 0900 ziraat kiraz çeşidinde meyve çatlama üzerine etkilerinin tespit edilmesi. Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Tekirdağ.
- Tuna, A. L & Özer, Ö. (2005). Farklı kalsiyum bileşiklerinin karpuz (*Citrullus lanatus*) bitkisinde verim, beslenme ve bazı kalite özellikleri üzerine etkisi. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 42(1), 203-212.
- Uncu, S. (2020). Su stresinin azaltılmasında yapraktan bor uygulamalarının kayısı ağaçlarında verim ve meyve kalitesi üzerine etkilerinin belirlenmesi. Mustafa Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Hatay.
- Yener, H., Kuşaksız, E. K. & Kuşaksız, T. (2017). Yapraktan kalsiyum nitrat gübrelemesinin sofralık sultani çekirdeksiz (*Vitis vinifera* L.) üzüm çeşidinin mineral beslenmesine etkisi. *Soma Meslek Yüksekokulu Teknik Bilimler Dergisi*, 1(23), 59-67.
- Yılmaz, C. (2007). Nar. Hasat Yayıncılık Ltd. Şti., 49s.

## Sulama Performans Değerlendirmesi: Şanlıurfa/Bozova Yaylak Ovası Pompa Sulaması Örneği

Musa POLAT<sup>1</sup>, Hasan DEĞİRMENCI\*<sup>2</sup>

Ziraat Fakültesi Dergisi,  
Cilt 18, Sayı 2,  
Sayfa 84-93, 2023

Journal of the Faculty of Agriculture  
Volume 18, Issue 2,  
Page 84-93, 2023

**Öz:** Sulama projelerinin etkin ve verimli işletme, bakım ve yönetimi tarımsal üretim üzerinde etkilidir. Bu nedenle son yıllarda sulama projelerinin performanslarının sürekli izleme ve değerlendirmesi konusu önem kazanmıştır. Bu çalışmada, sulama performansını değerlendirmek amacı ile Devlet Su İşleri tarafından inşa edilen Atatürk Barajı Sulama Birliği tarafından işletilen Şanlıurfa/Bozova Yaylak Ovası Pompaj Sulama Projesi materyal olarak alınmıştır. Çalışma kapsamında; 2018-2022 yılları verileri kullanılarak sulamada enerji kullanım etkinliği, finansal yeterlilik ve sulama suyu kullanım etkinliği başlıkları altında toplam 14 farklı performans göstergesi kullanılmıştır. Ortalama spesifik enerji değeri 0.18 kWh m<sup>-3</sup>, sulanan alanda birim alan için tüketilen enerji 2270 kWh ha<sup>-1</sup>, sulanan alanda birim alan için harcanan enerji maliyeti 2602 TL ha<sup>-1</sup>, şebekeye alınan suyun birim enerji maliyeti 0.19 TL m<sup>-3</sup>, tüketilen enerji maliyetinin gerçekleşen gidere oranı %0.79 olarak belirlenmiştir. Finansal yeterlilik göstergeleri ortalama sonuçlarına göre; gerçekleşen bakım-onarım giderinin gerçekleşen gelire oranı %33, masrafları karşılama oranı %80, sulanan alanda birim sulama alanına harcanan bakım-onarım masrafı 707 TL ha<sup>-1</sup>, ve gelir toplama performansı ise %63 olarak hesaplanmıştır. Sulama suyu kullanım etkinliği göstergelerine göre ise; sulama alanında birim alana iletilen yıllık sulama suyu miktarı ortalama 6988 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> ve sulanan alanda birim alana iletilen yıllık sulama suyu miktarı ortalama 12810 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> olarak hesaplanmıştır. Yapılan değerlendirmeler neticesinde; tarımsal enerji tarifesinde artan yüksek maliyetler nedeni ile suyun ölçülü verilmesi ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması gerekmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Enerji kullanımı, Finansal yönetim, Sulama birlikleri, Sulama performansı

## Assessment of Irrigation Performance: A Case Study Şanlıurfa/Bozova Yaylak Plain Pumped Irrigation Scheme

**Abstract:** The operation, maintenance, and management of irrigation schemes have great importance on agricultural production. Therefore, in recent years, the monitoring and evaluation of irrigation scheme performances have gained its significance. In this study, the Şanlıurfa/Bozova Yaylak Plain Pump Irrigation Scheme operated by the Atatürk Dam Water User Association, which was constructed by the State Hydraulic Works, was taken as the material to evaluate performance. Within the scope of the study, 16 different performance indicators were used under the headings of energy use efficiency, financial viability, and water use efficiency, using data between 2018-2022. According to calculations, the average specific energy value was 0.18 kWh m<sup>-3</sup>, energy consumption per unit irrigated area was 1279 kWh ha<sup>-1</sup>, energy consumption per unit irrigated area was 2270 kWh ha<sup>-1</sup>, energy cost per unit irrigated area was 2602 TL ha<sup>-1</sup>, energy cost per unit diverted water was 0.19 TL m<sup>-3</sup>, and the ratio of realized energy cost to total expenditure was calculated as 0.79%. According to the average results of financial viability indicators, the ratio of realized maintenance and repair expenses to realized income was 33%, the expense coverage ratio was 80%, the maintenance and repair expense per unit irrigation water was 0.05 TL m<sup>-3</sup>, the maintenance and repair expense per unit irrigated area was 707 TL ha<sup>-1</sup>, and the maintenance expense per unit irrigated area was 375 TL ha<sup>-1</sup>. The income collection performance was calculated as 63%. According to the irrigation water use efficiency indicators, the average irrigation rate was 56%, the annual amount of irrigation water delivered per unit irrigated area was 6988 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, and the annual amount of irrigation water delivered per unit irrigated area was 12810 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>. As a result of the study, it is obtained that water consumption should be reduced and measured due to increasing cost, moreover renewable energy resources can be used.

**Keywords:** Energy use, Financial management, Water user associations, Irrigation performance

\*Sorumlu yazar (Corresponding author)  
hdegirmenci46@gmail.com

Alınış (Received): 01/08/2023  
Kabul (Accepted): 24/09/2023

<sup>1</sup>Kahramanmaraş Sütçü İmam  
Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü,  
Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı,  
Kahramanmaraş, Türkiye

<sup>2</sup>Kahramanmaraş Sütçü İmam  
Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem  
Mühendisliği Bölümü, Kahramanmaraş,  
Türkiye

## 1. Giriş

İnsan refahı için su-enerji-gıda bağlantısı teknik yönlerin ötesinde çok yönlü bir sorundur. Bu üç öncelik; çiftçiler, su kullanıcı birlikleri, enerji tedarikçileri, mühendisler ve diğer paydaşlarla ilişkilidir. Ayrıca sosyo-ekonomik ve çevresel faktörler ile bağlantılıdır. Sulama sistemleri suyun temini, iletimi ve dağıtımında önemli ölçüde enerjiye ihtiyaç duyar. Basıncılı sulama sistemlerinin uygulanmasında suyun eşit, adil ve bitki su ihtiyacına göre dağıtımı temeldir. Pompaj sulamalarında en büyük maliyet girdisini elektrik fiyatlarındaki artışlar oluşturmaktadır (Koç vd., 2005). Enerji maliyetini düşürmek sulama şebekelerinin performanslarına bağlıdır. Bu nedenle sulama şebekelerinin işletme, bakım ve yönetim faaliyetlerinin izlenmesi ve değerlendirilmesi, elde edilen çıktılar doğrultusunda gerekli önlemlerin alınması enerji maliyetini düşürecek bir unsurdur. İşletme aşamasındaki sulama şebekelerinin enerji kullanım verimliliğini değerlendirmek, enerji tüketimini ve maliyetlerini azaltmanın yollarını belirlemek için denetimlerin gerçekleştirilmesi giderek yaygınlaşmaktadır.

Sulama şebekelerinin performanslarının değerlendirilmesine yönelik ulusal ve uluslararası alanda birçok çalışma yapılmıştır. Ancak sulama şebekelerinin enerji kullanım performansının değerlendirilmesine yönelik çalışmaların kısıtlı olduğu görülmektedir.

Abadía vd. (2010), Soto-García vd. (2013), Alcon vd. (2017) Borgia vd. (2013), su kullanıcı birliklerinde enerji verimliliğinin karşılaştırmalı analizinde sulama alanında birim alan ve su enerji maliyeti, Aydın vd. (2021), Kayacık Su Kullanıcıları Birliği'nin 2012-2017 yılları için sulama sistemi performansı karşılaştırmalı analizinde birim alan da kullanılan su miktarını, Kartal ve Değirmenci (2020), Antalya bölgesi sulama şebekelerinin değerlendirilmesinde su dağıtım, finansal ve tarımsal etkinlik göstergelerini, Arslan vd. (2022), İtalya, İspanya ve Türkiye'de faaliyet gösteren 42 sulama birliğinde birim alan bazında personel sayıları, yıllık işletme, bakım ve yönetim maliyeti göstergeleri ile değerlendirme yapmışlardır. Kartal (2021), sulama performans göstergelerini zaman serisi analizi ile, Rodríguez-Díaz vd. (2011), su ve enerji kullanımının birlikte değerlendirilmesine yönelik bir metodoloji yürütülmüş ve Endülüs sulama bölgelerinden en temsili 10 sulama şebekesine uygulamıştır. Corcoles vd. (2010a), 2006-2008 yılları verilerine göre 7 sulama birliğinde yapmış oldukları çalışmada enerji maliyetinin yağmurlama sulama sistemine sahip sulama birliklerinde enerji maliyeti, toplam işletme, bakım ve yönetim maliyetinin %70'ini oluştururken, damla sulama sistemine sahip sulama birliklerinde bu oranın %45 olduğunu belirlemişlerdir. Ersöz ve Çamoğlu (2020), Bursa'da 10 adet sulama birliğinin 2018 yılındaki performanslarını karşılaştırmalı

olarak değerlendirmişlerdir. Değerlendirme neticesinde; tüm sulama birlikleri için ortalama olarak hesaplanan sulama oranının ortalama %57, sulama ücreti toplama oranının ortalama %65 olduğu, masrafları karşılama oranının ortalama %90 olduğu hesaplanmıştır. Kartal vd. (2021), Yozgat ilinde bulunan 8 sulama birliğinin bakım-onarım etkinliği değerlendirilmesi neticesinde; birim sulanan alana yapılan bakım, onarım, en yüksek 2017 yılında 58.2 € ha<sup>-1</sup>, en düşük ise 0.4 € ha<sup>-1</sup> olduğu, sulama şebekelerinde bakım masrafının toplam gelire oranı en yüksek 2017 yılında %29, en düşük ise %0.4 olduğu belirlenmiştir. Finansal yeterlilik oranı en düşük %48, en yüksek %312 hesaplanmıştır. Değirmenci ve Arslan (2018), Değerlendirmede 25 bölgeden 23 sulama şebekesi materyal olarak belirlenerek, her bölgeden 23 sulama şebekesi ele alınmıştır. 5 adet gösterge ile analiz edilen 23 sulama tesisi içinde ortalama olarak birim sulama alanı işletme bakım gideri 3.32-514 TL ha<sup>-1</sup> saptanmıştır. Birim sulanan alan işletme bakım gideri 22.04-1487.40 TL ha<sup>-1</sup>, birim sulama alanı toplam yıllık gideri 308.48-2785.28 TL ha<sup>-1</sup> saptanmıştır. Birim sulanan alan toplam yıllık gideri 478.65-31504.57 TL ha<sup>-1</sup> ve işletme bakım gider oranı ise %0.40-43.86 arasında hesaplanmıştır.

Sulama birliklerinin tek gelir kaynağı sulama suyu kullanım bedelidir. Ancak çok sayıda gider kalemi mevcuttur. Bunlardan en önemlileri bakım-onarım gideri ve pompajlı sulamalarda elektrik enerjisi gideridir. Bu çalışmada, GAP bölgesinde yer alan Devlet Su İşleri tarafından Şanlıurfa ili Bozova ilçesi sınırları içerisinde inşa edilmiş olan ve Atatürk Barajı Sulama Birliği tarafından işletilen Yaylak Ovası Pompaj Sulama Tesisinin sulama performans göstergeleri ile değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

## 2. Materyal ve Metot

### 2.1. Materyal

Bu çalışmada, materyal olarak Şanlıurfa ili Bozova ilçesi sınırları içerisinde yer alan, Atatürk Barajı Sulama Birliğine devredilen 18 322 ha sulama alanına sahip Yaylak Ovası Pompaj Sulama Tesisi seçilmiştir (Şekil 1).



Şekil 1. Çalışma Alanı Konumu

Araştırma alanı toplamda 18 322 ha alana sahiptir. Sulama sahasında 11 adet pompa istasyonu, toplam 83 km kaplamalı beton kanal ve servis yolu, 343 km yedek ve tersiyer boru hattı bulunmaktadır (Anonim, 2023). Şanlıurfa ili Bozova ilçesi sınırları içerisinde yer alan, çalışma alanı olan Yaylak Ovası Sulama Sahasının bulunduğu alanda karasal iklim tipi görülmektedir. Kış mevsimi soğuk ve yağışlı, Yaz mevsimi ise sıcak ve kuraktır. En yüksek sıcaklıklar Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarında en düşük sıcaklık ise Kasım, Aralık, Ocak ve Şubat aylarında görülmektedir. Sulama alanında son beş yıl içinde en çok yetiştirilen başlıca bitki çeşitleri pamuk, hububat ve mısırdır. Yaylak Ovası Pompaj Sulaması projesinde önerilen sulama yöntemi %90 oranında yağmurlama sulama yöntemi, %10 oranında ise damla sulama yöntemi olarak belirlenmiştir. Ancak bu oranlar saha genelinde yetiştirilen bitki çeşidine göre değişiklik göstermektedir. Şebeke genelinde %100'e yakın basınçlı sulama yöntemleri kullanılmaktadır.

## 2.2. Metot

Bu çalışmada, sulama performansını değerlendirmek için FAO tarafından geliştirilen ve Uluslararası Su Yönetimi Enstitüsü (IWMI) tarafından önerilen Tablo 1'de verilen göstergeler kullanılmıştır (Molden vd., 1998; Corcoles vd. 2010b). Performans göstergeleri sonuçlarının karşılaştırılması ve değerlendirilmesi için para birimi olarak Türk Lirası kullanılmıştır.

## 3. Bulgular ve Tartışma

### 3.1. Enerji kullanım etkinliği

Spesifik enerji (Se): şebekeye verilen birim sulama suyu için tüketilen enerji miktarını ifade etmektedir. Araştırma alanında, 2018-2022 yılları arasında Se değeri 0.15 ve

0.26 kWh m<sup>-3</sup> arasında değişmiştir. En yüksek değer 2018 yılında gerçekleşmiştir (Şekil 2a). Abadia vd. (2010), 22 su kullanıcı örgütünde enerji verimliliğinin karşılaştırmalı analizini yaptıkları çalışmalarında, Se değerini en yüksek 2.563 kWh m<sup>-3</sup>, en düşük 0.080 kWh m<sup>-3</sup> olarak hesaplamışlardır. İspanya'da 2009-2010 sulama sezonu için Se değeri 1.71 kWh m<sup>-3</sup>, 2010-2011 sulama sezonu için ise 1.69 kWh m<sup>-3</sup> olarak belirlenmiştir (Rocamora vd., 2013). Kartal vd. (2023), Yozgat Esenli sulama birliğinde Se değerini ortalama 0.33 kWh m<sup>-3</sup> ve 0.12-0.48 kWh m<sup>-3</sup> arasında hesaplamışlardır.

Sulama alanında birim alan için tüketilen enerji (SaTe): Bu gösterge değeri, sulamaya açılan alanda birim alan için tüketilen enerjiyi ifade etmektedir. Sulama alanında birim alan için tüketilen enerji; sulanan alan, şebekeye verilen su ve verilen suyun terfi yüksekliği ile ilişkilidir. Araştırma alanında 2018-2022 yılları arası için SaTe değeri, en düşük 2020 yılında 956 kWh ha<sup>-1</sup>, en yüksek ise 2018 yılında 1.593 kWh ha<sup>-1</sup> olarak belirlenmiştir (Şekil 2b). Abadia vd. (2010) yaptıkları bir çalışmada, sulama alanında birim alan için tüketilen enerji miktarını en yüksek 6.229 kWh ha<sup>-1</sup>, en düşük ise 92.32 kWh ha<sup>-1</sup> olarak hesaplamışlardır.

Sulanan alanda birim alan için tüketilen enerji (SnTe): Sulanan alanda birim alan için tüketilen enerji miktarı sulanabilir alandaki su tüketimi ile bağlantılıdır. Bu değer suyun mevcut miktarına, sulama ihtiyacına, sulama yöntemine ve yönetimine bağlıdır. Sulama birliğinde bir yılda hektar başına tüketilen enerji bir başka yıla göre yüksekse, bunun temel nedenlerinden biri enerji tüketiminin az ya da çok verimli olması değil, daha fazla su tüketildiği anlamını taşır. Bu nedenle, SnTe değeri su ve enerji tüketimine birlikte bağlı olduğundan, bu gösterge yalnızca enerji tüketimini ölçme amacına hizmet edebilir. Enerji verimliliğini ölçme amacına hizmet edemez.

**Tablo 1.** Enerji, finansal ve su kullanım etkinliği göstergeleri ve tanımları

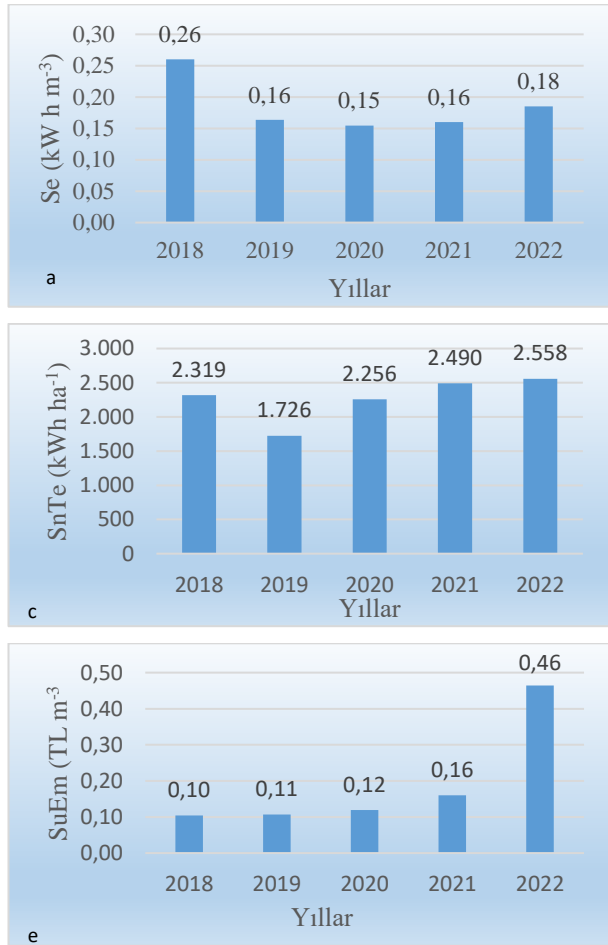
	Göstergeler	Birim	Tanım
Enerji Kullanım	Spesifik Enerji (Se)	(kWh m <sup>-3</sup> )	$\frac{\text{Tüketilen Toplam Enerji}}{\text{Şebekeye Alınan Su}}$
	Sulama Alanında Birim Alan İçin Tüketilen Enerji (SaTe)	(kWh ha <sup>-1</sup> )	$\frac{\text{Tüketilen Toplam Enerji}}{\text{Sulama Alanı}}$
	Sulanan Alanda Birim İçin Tüketilen Enerji (SnTe)	(kWh ha <sup>-1</sup> )	$\frac{\text{Tüketilen Toplam Enerji}}{\text{Sulanan Alan Enerji Maliyeti}}$
	Sulanan Alanın Enerji Maliyeti (SnEm)	(TL ha <sup>-1</sup> )	$\frac{\text{Sulanan Alan Enerji Maliyeti}}{\text{Şebekeye Alınan Su}}$
	Şebekeye Alınan Suyun Birim Enerji Maliyeti (SuEm)	(TL m <sup>-3</sup> )	$\frac{\text{Şebekeye Alınan Su Enerji Maliyeti}}{\text{Gerçekleşen Toplam Gider}}$
	Tüketilen Enerji Maliyetinin Gerçekleşen Gidere Oranı (TeGo)	(%)	$\frac{\text{Gerçekleşen Bakım Onarım Gideri}}{\text{Gerçekleşen Toplam Gider}} \times 100$
Finansal Yeterlilik	Gerçekleşen Bakım Onarım Giderinin Gerçekleşen Gelire Oranı (BogGgo)	(%)	$\frac{\text{Gerçekleşen Bakım Onarım Gideri}}{\text{Gerçekleşen Toplam Gelir}} \times 100$
	Masrafları Karşılama Oranı (Mko)	(%)	$\frac{\text{Gerçekleşen Toplam Gider}}{\text{Yılı Tahsil Edilen Sulama Ücreti}} \times 100$
	Birim Sulama Suyu Miktarına Karşılık Harcanan Bakım Masrafı (SuBm)	(TL m <sup>-3</sup> )	$\frac{\text{Gerçekleşen Toplam Gider}}{\text{Şebekeye Alınan Su}}$
	Sulanan Alanda Birim Sulama Alanına Harcanan Bakım Masrafı (SnBm)	(TL ha <sup>-1</sup> )	$\frac{\text{Gerçekleşen Bakım Onarım Gideri}}{\text{Sulanan Alan}}$
	Sulama Alanında Birim Alana Harcanan Bakım Masrafı (SBm)	(TL ha <sup>-1</sup> )	$\frac{\text{Gerçekleşen Bakım Onarım Gideri}}{\text{Sulama Alanı}}$
	Gelir Toplama Performansı (Gtp)	(%)	$\frac{\text{Sulama Alanı Tahsilat Geliri}}{\text{Tahakkuk Geliri}} \times 100$
Su Kullanımı	Sulama Alanında Birim Alana İletilen Yıllık Sulama Suyu Miktarı (SaSsm)	(m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )	$\frac{\text{Şebekeye Alınan Su}}{\text{Sulama Alanı}}$
	Sulanan Alanda Birim Alana İletilen Yıllık Sulama Suyu Miktarı (SnaSsm)	(m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )	$\frac{\text{Şebekeye Alınan Su}}{\text{Sulanan Alan}}$

Yaylak Ovası Pompaj Sulama Şebekesinde 2018-2022 yılları arasında birim sulanan alan için tüketilen enerji miktarı 1.725-2.558 kWh ha<sup>-1</sup> arasında değişmiştir (Şekil 2c). İspanya sulama birlikleri enerji tüketimi rehberine göre 0-300 kWh ha<sup>-1</sup> "çok düşük", 300-600 kWh ha<sup>-1</sup> "orta", 600-1000 kWh ha<sup>-1</sup> "yüksek" ve 1000 kWh ha<sup>-1</sup> üzeri ise "çok yüksek" olarak belirlenmiştir (Abadia vd., 2010). Yaylak ovası pompaj sulamasında son beş yıl içinde birim alan başına tüketilen enerji miktarı "çok yüksek" olarak değerlendirilmektedir. Blanco vd. (2009) İspanya Andalusia bölgesinde yapmış oldukları çalışmada 10 sulama şebekesinin 5'inde "çok yüksek", 4 'ünde "yüksek" ve 1'inde de "orta" bulmuşlardır. Benzer sonuçları Kartal vd. (2023) Yozgat Esenli sulama birliğinde 1157-3563 kWh ha<sup>-1</sup> aralığında bulmuşlardır.

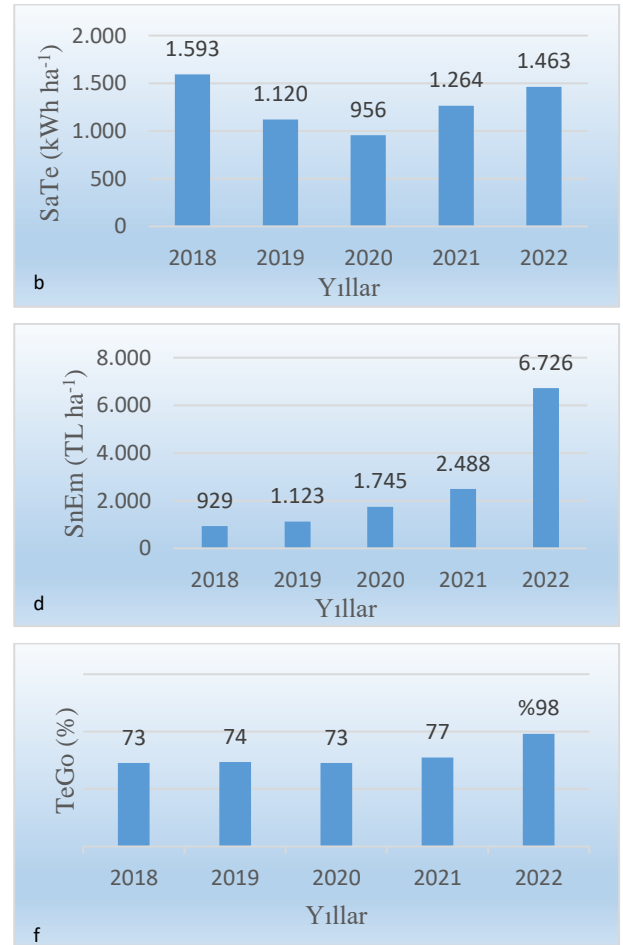
Sulanan birim alanın enerji maliyeti (SnEm): Bu gösterge, toplam yıllık enerji maliyetinin sulanan alana oranı ile hesaplanmıştır. Şekil 2d'de görüldüğü gibi, en düşük SnEm 2018 yılı için 929 TL ha<sup>-1</sup>, en yüksek ise 2022 yılı için 6726 TL ha<sup>-1</sup> olarak bulunmuştur. 2018-2022 yılları arası SnEm değerindeki değişime bakıldığında zaman, 2018, 2019, 2020, 2021 yılları için düzenli bir artış söz konusu iken 2022 yılında enerji maliyetinde üç katına yakın artış görülmüştür. Bunun nedeni, enerjinin çok tüketilmesi

değil ülkemizde enerji maliyetinde yaşanan %300'e varan artış olmuştur. Maliyetteki artış sulama ücret tarifesinin de artışına neden olmaktadır. Borgia vd. (2013), Moritanya'daki Senegal Vadisi boyunca küçük ve büyük sulama planlarının performans değerlendirilmesi için yapmış oldukları kıyaslama çalışmalarında, ortalama birim alan enerji maliyetini 82.8 € ha<sup>-1</sup> olarak hesaplamışlardır. Kartal vd. (2023), Yozgat Esenli sulama birliğinde SnEm değerini 66-344 € ha<sup>-1</sup> arasında, ortalama ise 259 € ha<sup>-1</sup> olarak belirlemişlerdir.

Şebekeye alınan suyun birim enerji maliyeti (SuEm): Bu değer, şebeke alanına verilen birim sulama suyu miktarı için tüketilen enerji bedelinin parasal karşılığını ifade etmektedir. Yaylak Ovası Pompaj Sulama Şebekesinde birim sulama suyunun enerji maliyeti 2018-2022 yıllarında 0.10-0.46 TL m<sup>-3</sup> arasında değişmiştir. Şekil 2e'de de görüldüğü gibi 2018, 2019, 2020, 2021 yıllarında düzenli ve azar azar artış görülürken 2022 yılında ciddi bir artış görülmektedir. Bu durum, işletme ve bakım faaliyetlerini yürütmekte olan Atatürk Barajı Sulama Birliğinin, bütçe denkliliğini oluşturabilmek için işletme ve bakım sulama ücreti bedelini de yüksek oranda artırmaya neden olmuştur. Moreno vd. (2010) 15 adet sulama birliğinin performans verilerini karşılaştırdıkları



Şekil 2. Enerji kullanım etkinliği



bir çalışmada şebekeye alınan birim sulama suyu için harcanan enerji maliyetini en yüksek 0.3370 € m<sup>-3</sup>, en düşük ise 0,0256 € m<sup>-3</sup> olarak hesaplamışlardır. Tekiner (2020), yapmış olduğu bir çalışmada birim sulama suyu enerji masrafı en yüksek 2.63 TL m<sup>-3</sup> ile Gümüşsu Sulama Birliği için hesaplanmıştır. Kartal vd. (2023), Yozgat Esenli sulama birliğinde Su Em değerini 0.01-0.05 € m<sup>-3</sup> arasında hesaplamışlardır.

Tüketilen enerji maliyetinin gerçekleşen gidere oranı (TeGo): Bilindiği üzere pompajlı sulama tesislerinde en büyük gider kalemi enerji maliyetidir. Çalışma alanında tamamı pompajlı olması nedeni ile tüketilen enerji maliyeti gider kalemleri içerisinde çok yüksek bir paya sahiptir. Enerji maliyetinin yüksek olması bütçede denklik esasını oluşturmak için sulama sahasında işletme ve bakım sulama ücretinin yüksek olmasına neden olmaktadır. Çalışma alanında tüketilen enerjinin maliyetinin gerçekleşen toplam gider içerisindeki payı en düşük %73 iken, en yüksek %98 olarak 2022 yılında gerçekleşmiştir (Şekil 2f). 2022 yılında giderin neredeyse tamamına yakın kısmının enerji gideri olarak harcandığı görülmektedir. Bu durum 2022 yılında enerji maliyetinde yaşanan yüksek oranda zamdan kaynaklanmaktadır.

Vanino vd. (2015), Yunanistan ve İtalya'daki üç çalışma alanı için yürütülmüş olan Su Kullanıcı Birlikleri Tarafından Sulama Yöntemi adlı çalışmalarında sulama

biriminde su yönetimi ile ilgili maliyetlerde yüzey suyu kullanımında enerji maliyeti toplam maliyetin %15'ini, yeraltı suyu kullanımında ise %60-90 arası olduğunu belirtmişlerdir. Kartal vd. (2023), TeGo değerini %15-%94 arasında, ortalama ise %64 oranında belirlemişlerdir.

### 3.2. Finansal yeterlilik

Gerçekleşen bakım onarım giderinin gerçekleşen gelire oranı (BogGgo): Bu gösterge değeri, gerçekleşen bakım onarım giderinin gerçekleşen toplam gelire oranı ile elde edilmiştir. Sulama birlikleri mevzuatında "Bütçede, tahsil edilecek katılım payları, su kullanım hizmet bedelleri ve para cezalarının cazibeli sulama tesislerini devralan birliklerde en az % 30'u, terfili sulama (Daha üst kotlara su temininde ilave güç kaynağına ihtiyaç duyulan sulama tesisi) tesislerini devralan birliklerde en az % 15'i, devir alınan sulama tesisinin bir bölümünün cazibeli, bir bölümünün terfili olması durumunda ise cazibeli ve terfili alan göz önüne alınarak % 15 ile 30'u arasında yatırım geri ödemeleri ile bakım ve onarım payı olarak ayrılır. Ayrılan pay hiçbir şekilde maksadı dışında kullanılmaz. Yılı içinde kullanılmayan bu pay aynı amaçla kullanılmak üzere bir sonraki yıla devredilir" denilmektedir. Bu kapsamda çalışma alanı olan Yaylak ovası pompaj sulama sahası için Şekil 3a'da görüldüğü üzere BogGgo değeri en düşük 2018 yılında %9, en yüksek 2019 yılında %51 oranında hesaplanmıştır.



Şekil 3. Finansal yeterlilik

Yapılan yüz yüze görüşmelerde; 2019 yılında 2018 yılına göre bakım onarım harcamasında yaşanan büyük artışın nedeni önceki dönemde ihmal edilip yapılmayan daha çok servis yolları yapımı, onarımı gibi işlerin birikmesi ve sonrasında gerçekleşen denetim neticesinde teftiş kurulunca bir an önce yapılması yönündeki talimatları neticesidir.

Sulama birlikleri mevzuatında belirtildiği üzere pompajlı sulamalarda bakım onarıma ayrılan payın en az %15 olması gerekmektedir. Çalışma alanında bu oran 2018-2022 yılları için sadece 2018 yılında mevzuata uygun gerçekleşmemiştir.

Karakaya (2018), Kartalkaya sol sahil sulama şebekesinin bazı performans göstergeleri ile değerlendirilmesi adlı çalışmada, bakım onarım giderinin toplam gerçekleşen gelir içindeki payını %8.6-37.3 olarak hesaplanmıştır. Kapan (2010), yaptığı bir çalışmada bu değeri %31.6 - %543.19 olarak belirtmiştir. Tekiner (2020), bakım masraflarının gelire oranı en yüksek %96.3 ile Karacabey Sulama Birliği için hesaplanmıştır.

Masrafları karşılama oranı (Mko): Mko değeri, su kullanıcılarından tahsil edilen işletme ve bakım sulama ücreti bedeli toplamının işletme, bakım ve yönetim masraflarına oranı ile bulunmaktadır. Şekil 3b'de görüldüğü üzere çalışma alanı için Mko değeri en yüksek %93 oranında 2018 yılı için, en düşük ise %59 oranında 2019 yılı için belirlenmiştir. Mko değerinin 2018 yılında düşük olmasının nedeni bakım onarım için planlanan çalışmaların yapılmaması ve 2019 yılında yüksek olmasının nedeninin ise 2018 ve önceki yıllara ait, ihmal edilip yapılmayan bakım onarım işlerinin, yapılmaya başlandığı düşünülmektedir. Şekil 3b'de görüldüğü gibi, çalışma alanı için değerlendirmeye alınan 2018-2022 yılları arasında sulama tesisinin gelirlerinin giderlerini karşılayamadığı görülmektedir.

Abdisamad, (2021), Karataş Sulama Birliği Performansının Değerlendirilmesi çalışmada, masrafların karşılama oranını Karataş Sulama Birliği için %119-%401 Karaçal için ise %144-%311 olarak belirlenmiştir. Kayadelen (2021), Mko değerini en düşük %4, en yüksek %54 olarak hesaplanmıştır.

Birim sulama suyu miktarına karşılık harcanan bakım masrafı (SuBm): Bu gösterge değeri, gerçekleşen bakım onarım giderinin şebekeye alınan sulama suyu miktarına oranı ile bulunmuştur. SuBm değeri en düşük 2018 yılı için 0.01 TL m<sup>-3</sup>, en yüksek 2022 yılı için 0.09 TL m<sup>-3</sup> olarak hesaplanmıştır. Şekil 3c'de görüldüğü gibi SuBm değeri düzenli bir artış göstermektedir. Bu değer 2020 yılı için 2019'a göre artış göstermemesi 2019 yılında önceki yıllardan ihmal edilip yapılmaya işlerin toplu yapılması olduğu düşünülmektedir. Kartal vd. (2023), Yozgat Esenli sulama birliğinde SuBm değerini ortalama 0.05 € m<sup>-3</sup>,

2007-2008 yılları için ise 0.03-0 € m<sup>-3</sup> arasında hesaplamışlardır.

Sulanan alanda birim sulama alanına harcanan bakım masrafı (SnBm): Bu gösterge, gerçekleşen bakım onarım giderinin sulanan alana oranı ile hesaplanmıştır. SnBm değeri 2018 yılında 111 TL ha<sup>-1</sup>, en yüksek 2022 yılında 1 263 TL ha<sup>-1</sup> olarak hesaplanmıştır. SnBm değerindeki 2018-2022 yılları arasında gerçekleşen düzenli artış, enflasyon artışı ile daha çok ilgilidir. Sulanan alanda çok büyük bir değişiklik olmadığı halde 2018 yılında bakım onarım giderinin 1.391.182 TL olduğu, 2022 yılında ise 12.635.370 TL olduğu görülmektedir (Şekil 3d). Sulanan alanda ise böyle bir artış söz konusu değildir. Kayadelen (2021), yapmış olduğu bir çalışmada, SnBm değerini, en düşük 2012 yılında 2602.5 TL ha<sup>-1</sup>, en yüksek 2018 yılında 4012.4 TL ha<sup>-1</sup> olarak hesaplanmıştır.

Sulama alanında birim alana harcanan bakım masrafı (SBm): Sulama alanında birim alana harcanan bakım masrafı değeri, gerçekleşen bakım onarım giderinin sulama alanına oranı ile hesaplanmıştır. En düşük SBm değeri 2018 yılında 76 TL ha<sup>-1</sup>, en yüksek ise 2022 yılında 690 TL ha<sup>-1</sup> olarak gerçekleşmiştir. Değerlendirme yıllarında yıllık olarak doğrusal bir artış gerçekleşmiştir (Şekil 3e). Kartal vd. (2023), Yozgat Esenli sulama birliğinde B6 değerini ortalama 21.6 € ha<sup>-1</sup>, 2007-2008 yılları için ise 3.6-57.4 € ha<sup>-1</sup> arasında hesaplamışlardır.

SBm değerinin 2018 yılında çok düşük olmasının nedeninin, muayene raporunda planlaması yapılan ancak gerçekleştirilmeyen bakım onarım işlerinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Gelir toplama performansı (Gtp): Gtp değeri, yıl içinde tahsil edilen işletme ve bakım sulama ücreti bedeli toplamının tahakkuk edilen işletme ve bakım sulama ücreti bedeli toplamına oranı ile hesaplanmıştır. 2018-2022 yılları arasında B7 değeri en düşük 2022 yılında 49% oranında, en yüksek ise 2021 yılında 74% oranında hesaplanmıştır (Şekil 3f).

2022 yılında Gtp değerinin çok düşük olmasının temel nedeni, Birlik yetkililerinden alınan bilgiye göre; 2022 yılında, sulama sahasında ekili ürünün 60%'ünün Pamuk olduğu, Pamuk bitkisi satış fiyatının çok düşük oluşu nedeni ile çiftçilerce ürünün satılmayarak bekletildiği ve bu nedenle de sulama ücreti borçlarının ödenmediği şeklinde belirtilmiştir.

Arslan vd. (2022), Türkiye'de yüksek su israfının (15 000 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>'a kadar) olduğu ve gelir toplama oranının yetersiz (%60) olduğunu belirtmişlerdir. Kırnak vd. (2021), Sarımsaklı Pompaj Sulama Birliği Performans Analizi adlı çalışmalarında, sulama ücreti tahsilat oranını %61 olarak hesaplamışlardır. Karakaya (2018), bir çalışmada, su

ücretleri toplama oranını ortalama %93.7 olarak saptamıştır.

2017 yılı kesin hesaplarına göre Sulama Birliklerinin tahsilat tahakkuk oranı Türkiye geneli ortalaması %68.5 iken, 2020 yılında 70.6% oranını bulmuştur. Bu artış yeni dönem birlik yönetimindeki değişikliklerle doğrudan ilgilidir. Tahsilat oranının yükselmesi sulama birliklerinin kurumsal yapısını daha sürdürülebilir hale getirir (DSİ, 2021). Gtp değeri 2021 yılı için %74 oranında olup Türkiye ortalaması üzerindedir.

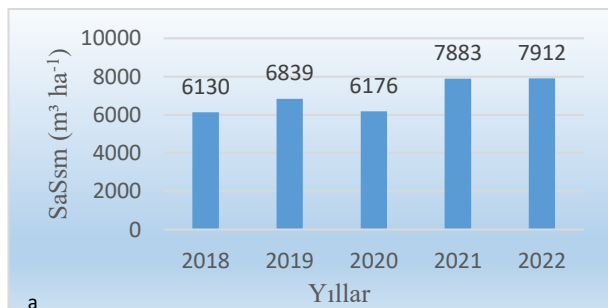
Tahsilat oranının 2019 yılında 2018 yılına göre çok düşük olmasının nedeni 2019 yılında çiftçilerin yoğun talep ve istekleri ve yerel baskılardan kaynaklı, sulama birlikleri tahsilat işlemlerinde gecikme faizi uygulamış olup o yıl içerisinde yeterli tahsilat yapmamış olmaları ve sonraki yıla aktarmaları olmuştur.

### 3.3. Sulama suyu kullanım etkinliği

Sulama alanında birim alana iletilen yıllık sulama suyu miktarı (SaSsm): Bu gösterge değeri, şebekeye alınan su miktarının sulama alanına oranı ile hesaplanmıştır. SaSsm değerini sulama alanı sabit olduğundan dolayı sadece şebekeye alınan su miktarı etkilemiştir. Şebekeye alınan su miktarını ise su bütçesi ve genel sulama planlaması neticesinde belirlenen su ihtiyacı ile ilgilidir. Çalışma alanında 2018-2022 yılları için yapılan hesaplamada; en düşük SaSsm değeri 2018 yılında  $6130 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ , en yüksek ise 2022 yılında  $7912 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  olarak bulunmuştur (Şekil 4a).

Ateşal (2022), Akıncı Ovası Sulama Birliği'ni 2016-2020 yılları verilerini kullanarak yapmış olduğu performans analiz çalışmasında, sulama alanında birim alan için harcanan sulama suyu miktarını ortalama  $3714,23 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  olarak hesaplamıştır. Gençoğlu ve Değirmenci (2019), Kırıkhan Sulama Birliği'nin 2008-2013 yılları arası verilerini kullanarak sulama alanında birim alan için harcanan sulama suyu miktarını en düşük ve en yüksek değer olarak  $3735-16651 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  bulmuşlardır.

Sulanan alanda birim alana iletilen yıllık sulama suyu miktarı (SnaSsm): Bu gösterge değeri, şebekeye alınan su miktarının sulanan alana oranı ile hesaplanmıştır. 2018-2022 yılları arası için çalışma alanında en düşük SnaSsm



Şekil 4. Sulama suyu kullanım etkinliği

değeri 2018 yılında  $8921 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ , en yüksek ise 2021 yılında  $15524 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  olarak hesaplanmıştır (Şekil 4b).

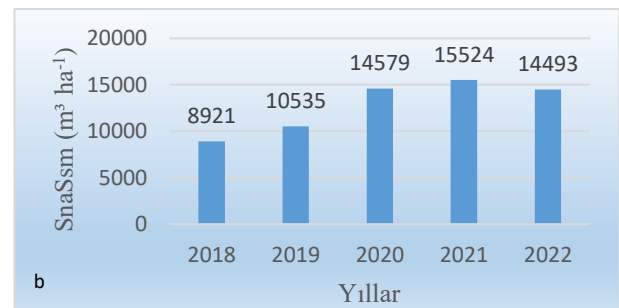
2020 yılı için SnaSsm değere ortalama olarak Türkiye genelinde  $10.262 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ , sulama birlikleri için ise  $9.720 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  olarak hesaplanmıştır (DSİ, 2021). Buna göre SnaSsm değeri, 2018 yılı hariç 2019, 2020, 2021 ve 2022 yılları için Türkiye geneli ortalamasının üzerindedir.

Sulanan alanda birim alana iletilen yıllık sulama suyu miktarının çok yüksek gerçekleştiği ve bu değerlerin yıllar bazında orantısız değiştiği görülmüştür. Bu durumun tek bir nedeni yoktur. Buna, şebekedeki sulama borularında yaşanan patlak ve çatlaklardan kaynaklı aşırı kayıp ve kaçakların olması, yetiştirilen ürünlerde yaşanan alansal değişim, yağışların düzensizliği nedeni ile su bütçesinde yaşanan düşüş ve yükseliş gibi durumların neden olduğu düşünülmektedir.

Jiménez-Bello vd. (2011), yapmış oldukları araştırmada, sulanan alanda birim alan için tüketilen sulama suyu miktarı en yüksek  $4219 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ , en düşük  $3323 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  olarak belirlemişlerdir. Rocamora vd. (2013), İspanya'da birim sulanan alan için temin edilen sulama suyu miktarı 2009-2010 sulama sezonu için  $1631,3 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ , 2010-2011 sulama sezonu için ise  $1366,5 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  olarak belirlemişlerdir. Yapılan çalışmalara bakıldığı zaman çalışma alanı için SnaSsm değerinin çok yüksek olduğu görülmektedir. Kayadelen (2021), birim sulanan alana iletilen yıllık sulama suyu miktarını en düşük değer olarak 2018 yılında  $10012 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ , en yüksek ise 2016 yılı için  $70613 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  olarak hesaplamıştır. Kapan (2010), SnaSsm değerini  $9546 - 14043 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  aralığında hesaplamıştır.

### 3.4. İstatistiksel değerlendirme

Hesaplanan tüm göstergeler arasındaki istatistiksel ilişkiyi değerlendirmek için korelasyon analizi yapılmıştır. Sulanan Alanın Enerji Maliyeti, Şebekeye Alınan Suyun Birim Enerji Maliyeti ve Tüketilen Enerjinin Maliyetinin Gerçekleşen Gidere Oranı arasındaki korelasyon oldukça kuvvetli pozitif korelasyon bulunup korelasyon katsayısı 1'e yakın bulunmuştur. Bu durum göstergelerin artış ve azalışlarının birbirine neredeyse eşdeğer olduğunu göstermektedir ( $p < 0.05$ ). Tüketilen Enerjinin Maliyetinin Gerçekleşen Gidere Oranı, Sulanan Alanın Enerji Maliyeti





ve Şebekeye Alınan Suyun Birim Enerji Maliyeti göstergeleri arasındaki pozitif oldukça güçlü korelasyon bulunmuştur. Korelasyon değerleri 1'e yakındır ( $p < 0.05$ ).

Sulanan Alanda Birim Sulama Alanına Harcanan Bakım Masrafı, Birim Sulama Suyu Miktarına Karşılık Harcanan Bakım Masrafı göstergesiyle ( $r: 0.979$ ) ve Sulama Alanında Birim Alana Harcanan Bakım Masrafı ( $r: 0.977$ ) arasındaki korelasyon kuvvetli pozitif bulunmuştur ( $p < 0.05$ ). Sulama Alanında Birim Alana Harcanan Bakım Masrafı, Birim Sulama Suyu Miktarına Karşılık Harcanan Bakım Masrafı göstergesiyle ( $0.990$ ) ve Sulama Alanında Birim Alana İletilen Yıllık Sulama Suyu Miktarı arasındaki korelasyon ( $r: 0.904$ ) pozitif bulunmuştur ( $p < 0.05$ ). Sulama Alanında Birim Alana İletilen Yıllık Sulama Suyu Miktarı ve Sulama Alanında Birim Alana Harcanan Bakım Masrafı arasındaki korelasyon güçlü ve pozitif olduğu analiz edilmiştir ( $r: 0.904$ ;  $p < 0.05$ ).

Korelasyon analizinde sulama alanına yapılan harcamaların birim alana iletilen sulama suyunu arttırdığını göstermektedir. Ayrıca birim alana dağıtılan sulama suyu miktarı ve sulama oranı arasındaki ilişki de pozitifdir. Bu durumda sulama şebekesine yapılan harcamaların sulanan alanı arttırması ve bölgede üretimi desteklediği anlaşılmaktadır.

#### 4.Sonuç

Araştırma sonucunda Bozova Yaylak sulama şebekesinin en büyük gider kalemi enerji ve bakım-onarım maliyeti olduğu belirlenmiştir. Sulama birliği etkinliğinin arttırılması için bakım-onarım giderinin yeterli düzeyde, mevzuata uygun olması ve enerji giderinin de düşürülmesi gerekir.

Sulama Birliğinin gelir kaynağının neredeyse tamamını enerjiye harcaması, bunun yanı sıra bakım onarım çalışmalarını yeterince yerine getirememesine neden olmaktadır. Enerji maliyeti bu oranla artışa devam edecek olursa terfili sulama tesislerinin çoğu işletilemez hale gelecektir. Bu kapsamda; söz konusu çalışma alanında sürdürülebilirliğin sağlanabilmesi için tarımsal enerji tarifesinde indirim yapılması, KDV oranının düşürülmesi veya yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması gerekmektedir.

Yaylak Ovası Pompaj Sulama Şebekesinde birim sulama suyunun enerji maliyeti 2018-2022 yıllarında 0.10-0.46 TL  $m^{-3}$  arasında değişmiş olup ortalama 0.19 TL  $m^{-3}$  olarak hesaplanmıştır. 2022 yılında tarımsal enerji tarifesinde gerçekleşen yüksek zamdan dolayı birim enerji maliyeti 0.46 TL  $m^{-3}$  olarak yaklaşık üç kat arttığı görülmektedir. Bu kapsamda; sürdürülebilirliğin sağlanması için hacim esaslı sulamaya geçilmesi ve toplam enerji maliyetinin düşürülmesi için planlı su dağıtım çalışmalarının yapılması gerekmektedir.

Çalışma alanında tüketilen enerjinin maliyetinin gerçekleşen toplam gider içerisindeki payı ortalama %79 iken, en düşük %73 oranında 2018 yılında, en yüksek ise %98 olarak 2022 yılında gerçekleşmiştir. İşletme ve bakım faaliyetlerinden sorumlu olan Sulama Birliği, sulama tesisinin sürdürülebilir olmasını sağlamak için, sulama ücret tarifesinde ciddi artış yapmıştır. Bu durum da işletme ve bakım sulama ücreti borçlarının su kullanıcılarından zamanında veya tamamının tahsil edilememesine neden olmaktadır.

"Finansal Yeterlilik" başlığı altında ele alınan BogGgo değeri gerçekleşen bakım onarım giderinin gerçekleşen toplam gelire oranı ile elde edilmiş olup, en düşük 2018 yılında %9, en yüksek 2019 yılında %51 oranında, 2018-2022 yılları arası için ortalama ise %33 oranında hesaplanmıştır. BogGgo değerinin beş yıllık ortalama değerine bakıldığında sulama birlikleri mevzuatına uygundur.

Sulama Birliğinin sürdürülebilirliğini sağlaması için en önemli faktör gelirinin giderini karşılayabilmesidir. Bu minvalde, masraflarını karşılama oranı, beş yıl için yapılan değerlendirmede; en yüksek değer 2018 yılı için %93, en düşük %59 oranıyla 2019 yılı için, ortalama ise %80 oranında gerçekleşmiştir. Bu da Sulama Birliğinin kendine yetmediğini, gelirinin giderini karşılamadığını göstermektedir.

Sulanan alanda birim alan için tüketilen sulama suyu miktarı ise, en düşük 2018 yılında  $8921 m^3 ha^{-1}$ , en yüksek 2021 yılında  $15524 m^3 ha^{-1}$ , ortalama ise  $12810 m^3 ha^{-1}$  olarak hesaplanmıştır. Sulanan alan için birim alana verilen sulama suyu miktarı Türkiye genelinde  $10.262 m^3 ha^{-1}$ , sulama birlikleri için ise  $9.720 m^3 ha^{-1}$  olarak hesaplanmıştır (DSİ, 2021). Çalışma alanı için bu değer Türkiye ortalamasının üzerindedir.

Sonuç olarak sulama alanında öngörülen bitki deseninin uygulanması, izleme ve değerlendirme sonuçlarına göre yıllık planlamaların yapılması suyun etkin kullanımını arttıracaktır.

#### Yazar Katkı Oranları

Yazarlar bu çalışmanın hazırlanmasında eşit derecede katkı sunmuşlardır.

#### Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

#### Etik Kurul Onayı

Bu çalışmanın yazarları olarak herhangi bir etik kurul onay bilgileri beyanımız bulunmadığını bildiririz.

## Kaynakça

- Abadia, R., Rocamora, M. C., Corcoles, J. I., RuizCanales, A., Martinez-Romero, A., & Moreno, M. A. (2010). Comparative analysis of energy efficiency in water users associations. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 8(2), 134–142.
- Abdisamad, Q. A. (2021). Karataş Sulama Birliği Performansının Değerlendirilmesi. Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyosistem Mühendisliği Ana Bilim Dalı. Yüksek Lisans Tezi.
- Alcon, F., García-Bastida, P. A., Soto-García, M., Martínez-Alvarez, V., Martín-Gorriç, B., & Baille, A. (2017). Explaining the performance of irrigation communities in a water-scarce region. *Irrigation Science*, 35(3), 193-203.
- Anonim, 2023. <https://www.limak.com.tr/sectorler/insaat/projeler/tamamlanan-tum-projeler/sulama-projeleri/yaylak-ovasi-sulaması-sanliurfa> (Erişim Tarihi:02.01.2023)
- Arslan, F., Córcoles Tendero, J. I., Rodríguez Díaz, J. A., & Zema, D. A. (2022). Comparison of irrigation management in water user associations of Italy, Spain and Turkey using benchmarking techniques. *Water Resources Management*, 1-20.
- Ateşal, K. (2022). Akıncı Ovası Sulama Birliğinin Sulama Performansının Değerlendirilmesi. Siirt Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyosistem Ana Bilim Dalı. Yüksek Lisans Tezi.
- Aydın, M., Yıldırım, M. U., Fayrap, A., & Özdal, H. (2021). Evaluation of the use of prepaid water meter on some irrigation management performance indicators: A case study. *International Journal of Agriculture Environment and Food Sciences*, 5(4), 701-708.
- Blanco M., Camacho E., & Rodriguez J. A. (2009). Análisis de la eficiencia energética en el uso del agua de riego en comunidades de regantes de Andalucía. XXVII Congreso Nacional de Riegos, Murcia, Spain.
- Borgia, C., García-Bolaños, M., Li, T., Gómez-Macpherson, H., Comas, J., Connor, D., & Mateos, L. (2013). Benchmarking for performance assessment of small and large irrigation schemes along the Senegal Valley in Mauritania. *Agricultural Water Management*, 121, 19-26.
- Corcoles, J. I., De Juan, J. A., Ortega, J. F., Tarjuelo, J. M., & Moreno, M. A. (2010). Management evaluation of water users associations using benchmarking techniques. *Agricultural Water Management*, 98(1), 1-11.
- Corcoles J. I., Tarjuelo J. M., Moreno M. A., Ortega J. F., & De Juan J. A. (2010b). Evaluation of irrigation systems by using benchmarking techniques. XVII. World Congress of the International Commission of Agricultural and Biosystems Engineering (CIGR), Hosted by the Canadian Society for Bioengineering (CSBE/SCGAB) Québec City, Canada June 13-17.
- Değirmenci, H., & Arslan, F. (2018). Sulama birliklerine devredilen sulama şebekelerinde işletme ve bakım giderlerinin analizi. *Su Kaynakları*, 3(1), 16-23.
- DSİ, 2021. DSİ 2021 Yılı Faaliyet Raporu. Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü. <https://www.dsi.gov.tr/Sayfa/Detay/759>
- Ersöz, Ö., & Çamoğlu, G. (2020). Bursa ilindeki sulama birliklerinin performans göstergelerinin karşılaştırmalı değerlendirilmesi. *Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 34(2), 267-285.
- Gençoğlu, M., & Değirmenci, H. (2019). Sulama performansının değerlendirilmesi: kırıkhan sulama birliği örneği. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 22(3), 436-443.
- Jiménez-Bello, M. Á., Alzamora, F. M., Castel, J. R., & Intrigliolo, D. S. (2011). Validation of a methodology for grouping intakes of pressurized irrigation networks into sectors to minimize energy consumption. *Agricultural Water Management*, 102(1), 46-53.
- Kapan, E. (2010). Asartepe Sulama Birliğinde Sulama Performansının karşılaştırmalı Değerlendirilmesi. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarımsal Yapılar ve Sulama Ana Bilim Dalı. Yüksek Lisans Tezi.
- Karakaya, G.F. (2018). Kartalkaya Sol Sahil Sulama Şebekesinin Bazı Performans Göstergeleri ile Değerlendirilmesi. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyosistem Mühendisliği Ana Bilim Dalı. Yüksek Lisans Tezi.
- Kartal, S., Değirmenci, H., Arslan, F., & Gizlenci İ. (2023). Evaluation of some water, energy and financial indicators: A case study of esenli water user association in Yozgat, Türkiye. *Journal of Agricultural Sciences*, 29(2), 643-654.
- Kartal, S. (2021). Estimation of future irrigation performance with times series analysis: a case study of Andırın, Kahramanmaraş, Turkey. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 45(2), 234-242.
- Kartal, S., & Değirmenci, H. (2020). Evaluation of the irrigation schemes in the Antalya region. *Mediterranean Agricultural Sciences*, 33(3), 381-388.
- Kartal, S., Arslan, F., & Değirmenci, H. (2021). Sulama şebekelerinde bakım performansının değerlendirilmesi: Yozgat ili örneği. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 52(1), 36-45.
- Kayadelen, M. (2021). Mut Ovası Sulama Birliğinin Sistem Performans Değerlendirmesi. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarımsal Yapılar ve Sulama Ana Bilim Dalı. Yüksek Lisans Tezi.
- Kırnak, H., Karaca, L., & Ilık, H. A. (2021). Sarımsaklı pompaj sulama birliği performans analizi. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 8(4), 1167-1173.
- Koç, C., Dağdelen, N., Yılmaz E., & Özdemir K. 2005. Su kullanıcı örgütlerince belirlenen sulama ücretleri ile kullanılan sulama suyu birim maliyeti arasındaki ilişki üzerine bir araştırma. *ADÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 2(2), 59-65.

- Molden, D. J., Sakthivadivel, R., Perry, C. J., Fraiture, C. D., & Kloezen, W. H. (1998). Indicators for comparing performance of irrigated agricultural systems. IWMI, Research Report 20, Colombo, 26 p.
- Moreno, M. A., Ortega, J. F., Córcoles, J. I., Martínez, A., & Tarjuelo, J. M. (2010). Energy analysis of irrigation delivery systems: monitoring and evaluation of proposed measures for improving energy efficiency. *Irrigation Science*, 28(5), 445-460.
- Rocamora, C., Vera, J., & Abadía, R. (2013). Strategy for efficient energy management to solve energy problems in modernized irrigation: analysis of the Spanish case. *Irrigation Science*, 31(5), 1139-1158.
- Rodríguez Díaz, J. A., Camacho Poyato, E., & Blanco Pérez, M. (2011). Evaluation of water and energy use in pressurized irrigation networks in Southern Spain. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 137(10), 644-650.
- Soto-García, M., Martín-Gorriç, B., García-Bastida, P. A., Alcon, F., & Martínez-Alvarez, V. (2013). Energy consumption for crop irrigation in a semiarid climate (south-eastern Spain). *Energy*, 55, 1084-1093.
- Tekiner, M. (2020). Pompajla su temin eden bazı sulama birliklerinin sulama sistem performansının değerlendirilmesi. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 7(4), 1087-1097.
- Vanino S., Capone S., Nino P., Fabiani S., Barouchas P. & Maretas D. (2015). Irrigation Management by Water Users Associations: Case Studies in the Regions of Apulia, Epirus and Western Greece. International Conference on Modern technologies, strategies and tools for sustainable irrigation management and governance in Mediterranean agriculture, Valenzano (Bari, Italy).

## Isparta İli Elma Bahçelerinden Toplanan *Panonychus ulmi* (Koch) (Acari: Tetranychidae) Popülasyonlarının Acequinocyl ve Bifenazate Direnç Oranlarının Belirlenmesi

Alper YAMAN<sup>1</sup>, Recep AY<sup>\*1</sup>

Ziraat Fakültesi Dergisi,  
Cilt 18, Sayı 2,  
Sayfa 94-99, 2023

Journal of the Faculty of Agriculture  
Volume 18, Issue 2,  
Page 94-99, 2023

**Öz:** Isparta Türkiye'nin önemli elma üretim merkezlerinden birisidir. Isparta'da üretim gerçekleştirilen elma bahçelerinde anahtar zararlılardan birisi de Avrupa kırmızı örümceği, *Panonychus ulmi* (Koch) (Acari: Tetranychidae)'dir. Çiftçiler elma bahçelerinde kırmızı örümcek mücadelesinde genellikle kimyasal savaşımı tercih etmektedirler. Akarisitlerin yoğun kullanımı kırmızı örümceklerde direnç gelişimine neden olurken faydalı türlere de olumsuz etkisi olmaktadır. Bu çalışmada Isparta ili elma bahçelerinde zararlı olan Avrupa kırmızı örümceğinin bifenazate ve acequinocyl'e direnç düzeyleri belirlenmiştir. Akarisitlerin kırmızı örümceklere uygulanmasında ilaçlama kulesi yaprak-disk yöntemi kullanılmıştır. Isparta ilinde bulunan elma bahçelerinden toplanan Yalvaç, Gelendost 1, Gelendost 2, Gelendost 3, Marem, Tepeli, Balkırı ve Çünür popülasyonlarının hassas popülasyona göre bifenazate karşı direnç oranları sırasıyla; <1, 1.34, 1.67, 2.24, 1.30, 1.46, <1, <1 olarak belirlenmiştir. Popülasyonların aynı sırasına göre acequinocyl direnç oranları sırasıyla; 1.72, <1, 1.44, <1, 1.14, 1.18, 1.03, <1 olarak bulunmuştur. Bütün bahçe popülasyonları her iki akarisite de ya hassas popülasyonla aynı derecede ya da düşük oranda direnç göstermiştir.

**Anahtar Kelimeler:** *Panonychus ulmi*, acequinocyl, bifenazate, direnç, elma

## Determination of Acequinocyl and Bifenazate Resistance Rates Among *Panonychus ulmi* (Koch) (Acari: Tetranychidae) Populations Collected from Apple Orchards in Isparta Province

**Abstract:** Isparta is one of Turkey's major apple production centers. The European red mite is one of the most important pests in apple orchards in our province. Chemical control is usually the grower's priority for red mite control in apple orchards. While the extreme use of pesticides leads to the development of resistance in pests, its also has a negative impact on beneficial insect. In this study, resistance ratio of European red mite to bifenazate and acequinocyl was determined in apple orchards of Isparta province. The resistance rates of bifenazate application in Yalvaç, Gelendost 1, Gelendost 2, Gelendost 3, Marem, Tepeli, Balkırı and Çünür populations compared to the sensitive population were <1, 1.34, 1.67, 2.24, 1.30, 1.46, <1, <1., respectively. The acequinocyl resistance rates of the populations in the same order were 1.72, <1, 1.44, <1, 1.14, 1.18, 1.03, <1, respectively. All orchard populations showed resistance to both acaricides either to the same degree as the susceptible population or to a lower degree.

**Keywords:** *Panonychus ulmi*, acequinocyl, bifenazate, resistance, apple

### 1. Giriş

Ülkemiz birçok meyve türünün anavatanıdır ve Anadolu coğrafyası binlerce yıl öncesine dayanan yerleşim hayatıyla meyve yetiştiriciliğinin ilk yapıldığı yerlerden biridir. Elma, ülkemizde en fazla yetiştirilen meyve olup, Türkiye'nin tarımsal ekonomisine sağladığı katkı çok

büyüktür (Yanar ve Ecevit, 2009). Isparta İli, ülkemizde elma üretimine öncülük etmektedir. Ülkemizde 2022 yılında üretimi gerçekleştirilen 4.817.500 ton elmanın, dörtte birine yakın miktarı Isparta'da üretilmiştir. Isparta, 214.803 dekar alanda üretilen 1.230.580 ton elma üretiminden elde edilen gelirle bölge ekonomisine büyük

\*Sorumlu yazar (Corresponding author)  
recepay@isparta.edu.tr

Alınış (Received): 01/09/2023  
Kabul (Accepted): 28/09/2023

<sup>1</sup>Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi,  
Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü,  
Isparta, Türkiye.

katkı sağlamıştır (TÜİK, 2023). Elma üretiminin 2021 yılında Isparta'ya 2 milyar 543 milyon TL katma değeri olmuştur (Anonim, 2021).

Elma üretiminde üretim kalitesini ve üretilen ürün miktarını etkileyen zararlılar içinde, Avrupa kırmızı örümceği *Panonychus ulmi* Koch (Acari: Tetranychidae) ve iki noktalı kırmızı örümcek *Tetranychus urticae* Koch, elma iç kurdundan sonra en fazla zararlı olan türlerdir (Yaman vd., 2016). Kırmızı örümcekler, çoğunlukla yaprak alt yüzeyinde bulunurlar ve bitki öz suyu ile beslenirler (Yaman vd., 2016). Kırmızı örümcekler steyletleri ile yaprak parankim hücrelerinin içeriğini emmek suretiyle yaprak dokusunu zedeleyerek yaprakta; bronzlaşma, solma ve fotosentez için gerekli olan yaprak yüzeyinin küçülmesine neden olurlar (İnanıcı ve Ay, 2018). *Panonychus ulmi* bitkide bulunduğu yapraklarda yoğun beslenme sonucu yaprağın nitrojen miktarını azaltarak güz dönemi öncesi dökülmelere neden olur ve bitkinin verimliliğini olumsuz yönde etkilerler (Yaman vd., 2016). Uygulama kolaylığı ve zararlılarla mücadelelerde daha hızlı sonuç vermesi nedeni ile mücadele yöntemlerinden kimyasal mücadele yaygın olarak kullanılmaktadır. Isparta ilindeki elma üreticileri de zararlılar ile mücadelede de kimyasal savaş yöntemine başvurmakta olup, yılda yaklaşık olarak 12 ila 43 arasında pestisit uygulaması yaptıkları kaydedilmiştir (Demircan ve Yılmaz, 2005). T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Gıda ve Kontrol Genel Müdürlüğü'nün 2022 yılı verilerine göre ülkemizde 55.374 ton pestisit tüketilmiş olup bunun 2.462 tonunu akarisitler oluşturmaktadır (TÜİK, 2023).

Kırmızı örümcek mücadelesinde akarisitler gerektiğinde ve entegre mücadele prensiplerine uygun kullanıldığında oldukça etkilidirler. Aktif maddeleri aynı veya aynı grupta yer alan pestisitlerin belirtilen doz miktarı ve uygulama aralığı dışında kullanılması direnç oluşumunu kolaylaştırmaktadır. Direnç oluşumu ile karşı karşıya kalan çiftçiler, çözüm yolu olarak uygulama doz miktarını arttırmayı ya da daha sık ilaçlama yapmayı tercih etmektedir. Bu durum üretim maliyetini arttırarak, üretilen ürünler üzerinde daha fazla pestisit miktarının kalmasına ve pestisit uygulanması sırasında sık karşılaşılan sürüklenme nedeni ile çevre salığına olumsuz etkiler bırakmaktadır. Direnç gelişimi artan popülasyonlarda, oluşan direnci ortadan kaldırmak çok zor ve zaman isteyen bir süreçtir. Zararlılara karşı yapılan kimyasal mücadele yöntemlerinde direnç gelişimini engelleyici veya geciktirici tedbirler almak büyük önem arz etmektedir (İnanıcı ve Ay, 2018).

Acequinocyl ve bifenazate *P. ulmi* ile savaşmada ruhsatlı akarisitlerdir. Bu çalışmanın temel amacı elma bahçelerinin ana zararlısı olan Avrupa kırmızı örümceği (*P. ulmi*)'nin mücadelesinde ruhsatlı olan bifenazate ve acequinocyl'e karşı direnç gelişimlerini belirlemektir. Bu ilaçların, Avrupa kırmızı örümceğinin Isparta elma

bahçelerinde görülen popülasyonlarındaki direnç gelişim düzeyleri bilinmemektedir. Bu bilgiler ışığında zararlı böceklerle kimyasal mücadelede pestisitlere yönelik direnç gelişiminin önlenmesine, özellikle elma üreticisinin maliyetlerini en aza indirmesi açısından Isparta elma bahçelerinde acequinocyl ve bifenazate'in direnç seviyelerinin belirlenmesi önem arz etmektedir.

## 2. Materyal ve Metot

### 2.1. *Panonychus ulmi* popülasyonlarının toplanması, kültüre alınması ve yetiştirilmesi

*Panonychus ulmi* hassas popülasyonu 2012 yılında Bayer Crop Science (Dr. Ralf Nauen, Almanya)'dan temin edilmiştir ve halen bölümümüzde yer alan iklimlendirme kabininde ilaçsız ortamda üretimine devam edilmektedir. Bu popülasyonun üretimi Bayer Crop Science tarafında 1990 yılından 2012 yılına kadar ilaçsız ortamda devam ettirilmiştir. Bahçe popülasyonları ise Isparta ilinde elma üretiminin yoğun yapıldığı Eğirdir ve Gelendost ilçelerinden üçer, Yalvaç ve Isparta merkezden birer örnek alınarak sağlanmıştır (Tablo 1). Rastgele belirlenmiş elma üretim bahçelerinden alınan akar ile bulaşık yapraklar plastik poşetlere koyularak etiketlenmiş ve buz kapları içinde ISUBÜ Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü Toksikoloji Laboratuvarına getirilmiştir. Laboratuvara getirilen ve üzerinde *P. ulmi*'nin olduğu düşünülen yapraklar stereo-mikroskop ile incelenerek canlılıkları kontrol edilmiştir. Daha sonra yaprak üzerindeki bireyler seçilerek temiz erik yapraklarına aktarılmış ve iklimlendirme kabininde bulunan, su ile dolu küvetler içerisine yerleştirilmiş olan 2-3 elma (*Malus domestica*, Borckhausen) ve erik (*Prunus domestica*, Angeleno) fidanlarına aktararak üretime alınmıştır.

**Tablo 1.** *Panonychus ulmi* popülasyonlarının toplanma yer ve tarihleri

Popülasyon Adları	Toplanma Yerleri	Toplanma Tarihleri
Yalvaç	Yalvaç	21.06.2021
Gelendost 1	Gelendost	13.08.2021
Gelendost 2	Gelendost	13.08.2021
Gelendost 3	Gelendost	13.08.2021
Marem	Eğirdir	12.07.2021
Tepeli	Eğirdir	21.06.2022
Balkırı	Eğirdir	07.07.2022
Çünür	Isparta Merkez	15.08.2022
Hassas	Bayer CropScience	2012

*Panonychus ulmi* popülasyonları içi su dolu küvetler içerisindeki saksılara dikili elma ve erik fidanlarında yetiştirilmiştir. *P. ulmi* popülasyonlarının yetiştirildiği iklimlendirme odası 25±1°C sıcaklık, %60±5 nem ve 16:8 (A:K) fotoperiyot koşullarına ayarlanmıştır. Elma ve erik fidanlarının üretimleri de 24±1°C sıcaklıkta ve 16:8 (A:K) fotoperiyot koşullarının sağlandığı iklim odasında yapılmıştır.

**Tablo 2.** Denemede kullanılan akarisitlerin genel özellikleri ve kullanım dozları

Akarisitler	Grubu	Formülasyon	Etkili madde miktarı	Ticari adı	Elmada uygulama dozu	Hasat süresi (Gün)
Acequinocyl	20B	SC	156 g/L	Kanamite	125 mL/100 L	28
Bifenazate	25	SC	240 g/L	Floramite	200 mL/100 L	14

## 2.2. Denemede kullanılan akarisitler ve özellikleri

Çalışmada entegre mücadele programları ile uyumlu acequinocyl ve bifenazate etkili akarisitler tercih edilmiştir. Bu akarisitlerin genel olarak doğal düşmanlara etkisi sınırlıdır (İnak ve Çobanoğlu 2016). Kullanılan ilaçların genel özellikleri Tablo 2’de verilmiştir.

## 2.3. Biyoassay çalışmaları

Acequinocyl ve bifenazate etkili maddeye sahip akarisitler kırmızı örümceklerin yumurta, larva, nimf ve ergin dönemlerinde etkili olmaları nedeni ile biyoassay denemelerinde akarların ergin dönemleri kullanılmıştır. *P. ulmi*’nin akarisitlere karşı LC<sub>50</sub> ve LC<sub>90</sub> değerlerini belirlemek için öncelikle ilaçların önerilen dozu göz önünde bulundurularak ön denemelerde popülasyonlarda en yüksek (%90-99) ölüm veren dozlar saptanmıştır. Belirlenen bu dozlar her seferinde yarı yarıya saf su ile seyreltilerek yeni dozlar elde edilmiş, popülasyonlarda %10 ve %90-99 ölüm veren dozlar ile ara dozlar ayarlanmıştır. Hazırlanan ilk dozdan itibaren ilaç konsantrasyonları %50 seyreltilerek, denemeler en az 6 doz olarak hazırlanmıştır. Deneme her bir dozdan ve kontrolden üçer tekerrür olacak şekilde kurulmuştur. Kontrol grubuna ise sadece saf su uygulanmıştır.

Akarisitlerin uygulanması için öncelikli olarak 60 mm çapındaki petrilerin tabanına pamuk yerleştirilmiş ve yerleştirilen pamuk saf su ile ıslatılmıştır. Bu ıslak pamukların üzerine 40 mm çapındaki erik yaprağı alt yüzeyi üste gelecek şekilde yerleştirilmiş ve üzerine yaklaşık 15-20 *P. ulmi* ergini stereo mikroskop altında bir fırça yardımı ile aktarılmıştır. Bu petriler hazırlanan ilaç konsantrasyonları ile ilaçlama kulesinde 1 bar basınç altında ilaçlanmıştır. Her petriye 2 ml ilaç püskürtülmüştür. Kontrole sadece saf su uygulanmıştır. Petriler yaklaşık 30 dk. havalandırılarak, 26±1°C sıcaklık, %60-65 nem ve 16:8 (A:K) fotoperiyot koşullarına sahip iklim odasına aktarılmıştır. Ölü canlı değerlendirilmesi 48 saat sonra yapılmıştır. *P. ulmi* popülasyonlarının 48 saat sonra belirlenen ölüm verilerinden yararlanılarak POLO bilgisayar paket programında (LeOra Software, 1994) LC<sub>50</sub> ve LC<sub>90</sub> değerleri belirlenmiştir. Bahçe popülasyonlarının LC<sub>50</sub>, LC<sub>90</sub> değerlerinin hassas popülasyona ait (başlangıç popülasyonu) LC<sub>50</sub> ve LC<sub>90</sub> değerine oranlanması ile akarisitler için popülasyonların direnç oranları elde edilmiştir. LC<sub>50</sub> değerlerine göre direnç oranları DO ≤ 10 kat olanlar düşük oranda dirençli, 10 < DO ≤ 40 kat olanlar orta, 40 < DO ≤ 160 arası olanlar yüksek ve 160 < DO olanlar çok yüksek dirençliler olarak sınıflandırılmıştır (Kim vd., 2004).

## 3. Bulgular ve Tartışma

### 3.1. *Panonychus ulmi* popülasyonlarının acequinocyl’e karşı gösterdikleri direnç düzeyleri

Isparta elma üretim alanlarından alınan *P. ulmi* popülasyonlarında, acequinocyl’in LC<sub>50</sub> değerleri Yalvaç popülasyonunda 7.96, Gelendost 1 popülasyonunda 2.15, Gelendost 2 popülasyonunda 6.65, Gelendost 3 popülasyonunda 4.04, Marem popülasyonunda 5.62, Tepeli popülasyonunda 5.08, Balkırı popülasyonunda 4.73, Çünür popülasyonunda 3.70 µL/100mL saf su olarak belirlenmiştir. Popülasyonların acequinocyl LC<sub>90</sub> değerleri ise yine belirtilen sıraya göre; 55.70, 9.68, 51.63, 15.52, 45.40, 27.44, 26.02 ve 18.61 µL/100mL saf su olarak bulunmuştur (Tablo 3). Hassas popülasyonun acequinocyl LC<sub>50</sub> ve LC<sub>90</sub> değerleri ise 4.63 ve 26.90 µL/100mL saf su olarak tespit edilmiştir. Yalvaç, Gelendost 1, Gelendost 2, Gelendost 3, Marem, Tepeli, Çünür popülasyonlarının hassas popülasyona göre acequinocyl direnç oranları sırasıyla; 1.72, 0.47, 1.44, 1.18, 1.03 ve 0.80 kat olarak bulunmuştur (Tablo 3). Isparta ili elma bahçelerinden toplanan Yalvaç ve Gelendost 1 dışındaki diğer popülasyonlar ile hassas popülasyon arasında acequinocyl’e karşı LC<sub>50</sub> değerleri açısından önemli bir farklılık belirlenmemiştir, yani bu popülasyonların acequinocyl’e duyarlılıkları hassas popülasyonla benzer (eşit) olmuştur (P>0.05) (Tablo 3). Yalvaç ve Gelendost 1 popülasyonlarının acequinocyl’e duyarlılığı hassas popülasyondan farklı olmuştur (P<0.05). Yalvaç popülasyonu hassas popülasyona göre acequinocyl LC<sub>50</sub> değeri 1.72 kat, LC<sub>90</sub> değeri bakımından 2.10 kat direnç göstermiştir ve LC<sub>50</sub> değerine göre düşük oranda direnç göstermiştir (P<0.05). Gelendost 1 popülasyonu ise hassas popülasyonundan acequinocyl’e daha duyarlı olmuştur (P<0.05). Tüm bahçe popülasyonlarının doz tepki eğrisi hassas popülasyonun doz tepki eğrisine paralel olmuştur (P>0.05), (Tablo 3).

### 3.2. *Panonychus ulmi* popülasyonlarının bifenazate’ye gösterdikleri direnç düzeyleri

Isparta elma üretim alanlarından alınan *P. ulmi* bireylerinde, bifenazate’in LC<sub>50</sub> değerleri için Yalvaç popülasyonunda 17.52, Gelendost 1 popülasyonunda 14.04, Gelendost 2 popülasyonunda 17.51, Gelendost 3 popülasyonunda 23.42, Marem popülasyonunda 13.52, Tepeli popülasyonunda 10.17, Balkırı popülasyonunda 4.75, Çünür popülasyonunda 8.83 µL/100 mL saf su bulunmuştur. Popülasyonların bifenazate LC<sub>90</sub> değerleri ise yine belirtilen sıraya bağlı olarak; 107.80, 123.26, 107.80, 210.81, 90.21, 100.00, 26.02, 117.28 µL/100 mL

**Tablo 3.** *Panonychus ulmi* popülasyonlarının acequinocyl'e karşı gösterdikleri direnç oranları

Popülasyon	n*	Eğim±sh	X <sup>2</sup> /Sd	LC <sub>10</sub> (µL/100 mL) (%95 güven aralığı)	LC <sub>50</sub> (µL/100 mL) (%95 güven aralığı)	LC <sub>90</sub> (µL/100 mL) (%95 güven aralığı)	Direnç oranı LC <sub>50</sub> (%95 güven aralığı)	Direnç oranı LC <sub>90</sub> (%95 güven aralığı)	Eşitlik hipotezi	Paralellik hipotezi
Hassas	309	1.68±0.16	4.98/5	0.80 (0.50-1.13)	4.63 (3.70-5.84)	26.90 (19.03-43.00)	-	-	-	-
Yalvaç	251	1.52±0.17	7.70/5	1.14 (0.35-2.13)	7.96 (5.00-13.00)	55.70 (28.90-192.32)	1.72 (1.20-2.47)	2.07 (1.10-4.03)	Eşit Değil	Paralel
Gelendost 1	237	1.96±0.24	1.46/4	0.48 (0.26-0.72)	2.15 (1.34-2.75)	9.68 (6.95-15.76)	0.47 (0.33-0.66)	0.36 (0.20-0.63)	Eşit Değil	Paralel
Gelendost 2	230	1.44±0.23	0.93/4	0.86 (0.30-1.56)	6.65 (4.51-9.49)	51.63 (30.05-131.02)	1.44 (0.93-2.21)	1.92 (0.86-4.30)	Eşit	Paralel
Gelendost 3	267	2.20±0.28	0.32/5	1.05 (0.54-1.61)	4.04 (2.94-5.23)	15.52 (11.50-23.81)	0.87 (0.61-1.26)	0.58 (0.34-0.99)	Eşit	Paralel
Marem	227	1.77±0.30	9.70/4	0.70 (0.36-1.06)	5.62 (4.12-8.43)	45.40 (24.10-131.57)	1.14 (0.70-1.90)	0.75 (0.29-1.95)	Eşit	Paralel
Tepeli	344	1.75±0.20	3.32/6	0.94 (0.48-1.48)	5.08 (3.74-6.61)	27.44 (19.74-43.34)	1.18 (0.75-1.60)	1.01 (0.58-1.78)	Eşit	Paralel
Balkırı	220	1.74±0.21	0.37/4	0.87 (0.45-1.33)	4.75 (3.63-6.12)	26.02 (17.80-46.18)	1.03 (0.73-1.45)	0.97 (0.52-1.79)	Eşit	Paralel
Çünür	225	1.82±0.23	4.69/4	0.73 (0.15-1.50)	3.70 (1.96-5.76)	18.61 (11.00-52.38)	0.80 (0.54-1.19)	0.69 (0.38-1.26)	Eşit	Paralel

\*n: Denemede kullanılan toplam birey sayısı

saf su olarak belirlenmiştir (Tablo 4). Hassas popülasyonun bifenazate LC<sub>50</sub>, LC<sub>90</sub> değerleri ise 10.50 ve 83.52 µL/100mL olarak tespit edilmiştir. Yalvaç, Gelendost 1, Gelendost 2, Gelendost 3, Marem, Tepeli, Balkırı, Çünür popülasyonlarının hassas popülasyona göre bifenazate'in direnç oranları LC<sub>50</sub> değerlerine göre sırasıyla; 0.45, 1.34, 1.67, 2.24, 1.30, 1.46, 0.97 ve 0.84 kat olarak bulunmuştur (Tablo 4). Isparta ili elma bahçelerinden toplanan Yalvaç, Gelendost 2 ve 3 popülasyonları dışındaki popülasyonlar ile hassas popülasyon arasında bifenazate'e karşı LC<sub>50</sub> değerleri açısından önemli bir farklılık (eşitsizlik) belirlenmemiştir (P>0.05). Gelendost 2 ve 3 popülasyonları hassas popülasyona göre bifenazate'e düşük oranda direnç gösterirken, Yalvaç popülasyonu daha duyarlı bulunmuştur (Tablo 4). Tüm bahçe popülasyonlarının doz tepki eğrisi hassas popülasyonun doz tepki eğrisine paralel olmuştur (P>0.05), (Tablo 4).

Türkiye'de ve dünyada akarların, özellikle *T. urticae*'nin akarisitlere karşı direnç seviyelerinin belirlenmesine yönelik birçok çalışma yer almaktadır. Fakat üretiminin zor olması nedeni ile *P. ulmi* de yapılan çalışmalar sınırlıdır (Çağatay vd., 2014). Ülkemizde ve dünyada *P. ulmi*'nin bifenazate ve acequinocyl karşı direnç gelişimi konusunda bir çalışma bulunmamıştır. Ancak her iki akarosite karşı *T. urticae*'de yapılmış çalışmalar vardır. Fotoukii vd. (2020), Avrupa'nın farklı ülkelerinden topladıkları *T. urticae* popülasyonlarının bifenazate'e karşı 6.11-37.71 kat, acequinocyl'e karşı 1.69-125.16 kat direnç geliştirdiğini belirlemiştir. Lee (2003), Kore'den farklı bölgelerden topladığı 8 *T. urticae* popülasyonunun bifenazate'e 0.8-8.7 kat, acequinocyl'e karşı 1.0-72.3 kat direnç geliştirdiğini bulmuştur. Yapılan birçok çalışmada *P. ulmi* popülasyonlarının farklı akarisitlere de direnç

geliştirdiği bulunmuştur (Kumral vd., 2009; Çağatay vd., 2014; Rameshgar vd., 2019a; Rameshgar vd., 2019b; Badieinia vd., 2020; Yaghoobi vd., 2021). Kumral ve Kovancı (2007) Bursa ilindeki elma üretim alanlarından aldıkları *P. ulmi*'nin LC<sub>50</sub> değerlerine göre amitraz'a 2.2-11.9, dicofol'e 0.8-3.6, bromopylate için 1.0-22.5 ve fenpyroximate için ise 0.9-7.9 kat direnç geliştirdiğini belirtmişlerdir. Çağatay vd. (2014), Isparta ili elma bahçelerinden toplamış oldukları *P. ulmi* popülasyonlarının LC<sub>50</sub> değerlerine göre abamectin, chlorpyrifos ethyl ve bifentrin'e karşı belirlemiş oldukları direnç oranlarının sırasıyla 0.75-2.25, 0.57-1.76 ve 1.19-3.78 kat olduğunu bildirmişlerdir.

*P. ulmi*'nin kimyasal mücadelesinde aynı aktif maddeli akarisitlerin sürekli kullanımı direnç gelişimine neden olmaktadır. Isparta ili elma bahçelerinde *P. ulmi* popülasyonlarının acequinocyl ve bifenazate'e karşı direnç gelişimi çalışmaları süresince, bölgede üreticiler ve bitki koruma ürünleri satan bayiler ile yapılan görüşmelerde acequinocyl ve bifenazate etken maddeli akarisitlerin üreticiler tarafından bilinmediği, bitki koruma ürünleri bayileri ise piyasadaki ekonomik değerinin yüksek olmasından dolayı tercih edilmediği beyan edilmiş, bölgede daha çok abamectin grubu akarisitlerin kullanıldığı tespit edilmiştir.

Mevcut çalışmaya göre Isparta elma üretim alanlarından alınan *P. ulmi* popülasyonları bifenazate ve acequinocyl'e yönelik bazı popülasyonlardaki çok düşük direnç dışında önemli bir direnç geliştirmemişlerdir. Bu iki akarisit'in predator akarlara da etkisi sınırlı olduğu bazı çalışmalarda rapor edilmiştir (Kim ve Seo 2001; Kim ve Yoo, 2002). Van de Veireve Tirry (2003) bifenazate'in *Encarsia formosa*

**Tablo 4.** *Panonychus ulmi* popülasyonlarının bifenazate'e karşı gösterdikleri direnç oranları

Popülasyon	n*	Eğim±sh	X <sup>2</sup> / sd	LC <sub>10</sub> (µL/100 mL) (%95 güven aralığı)	LC <sub>50</sub> (µL/100 mL) (%95 güven aralığı)	LC <sub>90</sub> (µL/100 mL) (%95 güven aralığı)	Direnç oranı LC <sub>50</sub> (%95 güven aralığı)	Direnç oranı LC <sub>90</sub> (%95 güven aralığı)	Eşitlik hipotezi	Paralellik hipotezi
Hassas	374	1.42±0.21	1.49/7	1.32 (0.52 – 2.37)	10.50 (7.15-14.50)	83.52 (53.75-162.54)	-	-	-	-
Yalvaç	249	1.62±0.21	0.05/4	2.85 (1.34-4.59)	17.52 (12.85-23.37)	107.80 (70.30-209.00)	0.45 (0.25-0.80)	0.90 (0.34-2.41)	Eşit Değil	Paralel
Gelendost 1	238	1.36±0.20	0.35/4	1.60 (0.57-2.95)	14.04 (9.63-19.59)	123.26 (73.64-286.75)	1.34 (0.82-2.19)	1.48 (0.64-3.41)	Eşit	Paralel
Gelendost 2	249	1.62±0.23	0.05/4	2.85 (1.34-4.59)	17.51 (12.85-23.37)	107.80 (70.30-208.97)	1.67 (1.06-2.63)	1.29 (0.61-2.73)	Eşit Değil	Paralel
Gelendost 3	298	1.34±0.16	2.35/5	2.60 (1.21-4.31)	23.42 (17.44-30.92)	210.81 (133.35-418.5)	2.24 (1.41-3.54)	2.52 (1.17-5.46)	Eşit Değil	Paralel
Marem	281	1.55±0.19	0.50/5	2.03 (0.90-3.42)	13.52 (9.50-18.41)	90.21 (59.64-166.08)	1.30 (0.80-2.08)	1.08 (0.52-2.24)	Eşit	Paralel
Tepeli	238	1.57±0.22	2.22/4	1.52 (0.61-2.66)	10.17 (7.06-13.80)	100.00 (44.29-133.08)	1.46 (0.91-2.34)	1.20 (0.56-2.55)	Eşit	Paralel
Balkırı	220	1.55±0.21	0.37/4	0.87 (0.45-1.33)	4.75 (3.63-6.12)	26.02 (17.80-46.18)	0.97 (0.60-1.56)	0.81 (0.38-1.72)	Eşit	Paralel
Çünür	285	1.14±0.13	1.50/6	0.66 (0.28-1.17)	8.83 (6.32-12.32)	117.28 (66.45-277.00)	0.84 (0.52-1.36)	1.40 (0.58-3.37)	Eşit	Paralel

\*n: Denemede kullanılan toplam birey sayısı

Gahan, *Macrolophus caliginosus* Wagner, *Orius laevigatus* (Fieber) ve *Amblyseius californicus* (McGregor)'a zararsız olduğunu, serada zararlıların yönetiminde biyolojik mücadele etmenleri ile uyumlu bir şekilde kullanılabileceğini bildirmiştir. Irigaray vd. (2006) ise bifenazate'in *Galendromus occidentalis* (Nesbitt) 'un dişilerinin ergin ömrünü kısaltmadığını, acequinocyl'in ise kısalttığını ve ayrıca bifenazate ve acequinocyl'in kontrole göre bu avcı akarda yumurta verimini %67 ve %65 oranında azalttığını ve yeni nesil oluşmadığını bildirmişlerdir. Bu akarisitlerin IPM programları içerisinde gerektiğinde kullanılması halinde direnç gelişimi geciktirilmiş ve ayrıca bazı doğal düşmanlar da korunmuş olacaktır.

#### 4. Sonuç

Elma bahçelerinde zararlılar ile mücadele de pestisit direncini geriye döndürmek için öncelikle kimyasal mücadele yerine diğer mücadele yöntemleri tercih edilmeli, kimyasal mücadelenin kaçınılmaz olduğu durumlarda direnç gelişimleri izlenmeli, aynı etki mekanizmasına sahip veya aynı grup akarisitler ard arda kullanılmamalıdır. İlaç uygulamalarında *P. ulmi*'nin hassasiyet gösterdiği akarisitler ile rotasyon yapılmalıdır.

#### Teşekkür

Çalışma Alper Yaman'ın Yüksek lisans tezinden üretilmiştir.

#### Yazar Katkı Oranları

Çalışma A.Y. tarafından yapılmış ve yazılmıştır. R.A. çalışmanın planlamasına katkı sağlamış ve son halini gözden geçirmiştir.

#### Çıkar Çatışması Beyanı

Bu çalışmanın yazarları olarak herhangi bir çıkar çatışması beyanımız bulunmadığını bildiririz.

#### Etik Kurul Onayı

Bu çalışmanın yazarları olarak herhangi bir etik kurul onay bilgileri beyanımız bulunmadığını bildiririz.

#### Kaynakça

- Anonim. (2021). Elma Sektör Toplantısı. <http://www.isparta.gov.tr/elma-sektor-toplantisi-gerceklesti> (Son erişim, 26.09.2023)
- Badieinia, F., Khajehali, J., Nauen, R., Dermauw, W., & Van Leeuwen, T. (2020). Metabolic mechanisms of resistance to spiroadiclofen and spiromesifen in Iranian populations of *Panonychus ulmi*. *Crop Protection*, 134, 105166.
- Çağatay, N. S., Salman, S. Y., Yaman, Y., & Ay, R. (2014). Isparta elma bahçelerinden toplanan *Panonychus ulmi* Koch (Acari: Tetranychidae) popülasyonlarının abamectin, chlorpyrifos ethyl ve bifenthrin'e karşı direnç düzeylerinin belirlenmesi. *Türkiye Entomoloji Bülteni*, 4(4), 203-209.



- Demircan, V., & Yılmaz, H. (2005). Isparta ili elma üretiminde tarımsal ilaç kullanımının çevresel duyarlılık ve ekonomik açıdan analizi. *Ekoloji*, 14(57), 15-25.
- Fotoukkaai, S. M., Tan, Z., Xue, W., Wybouw, N., & Van Leeuwen, T. (2020). Identification and characterization of new mutations in mitochondrial cytochrome b that confer resistance to bifenazate and acequinocyl in the spider mite *Tetranychus urticae*. *Pest Management Science*, 76(3), 1154-1163.
- Irigaray, F. J. S. D. C., & Zalom, F. G. (2006). Side effects of five new acaricides on the predator *Galendromus occidentalis* (Acari, Phytoseiidae). *Experimental & Applied Acarology*, 38, 299-305.
- İnanıcı, M.A. & Ay, R. (2018). Milbemectin ile seleksiyon yapılmış *Panonychus ulmi* Koch (Acari: Tetranychidae) popülasyonunda direnç, direnç kalıtımı ve bazı detoksifikasyon enzimlerinin belirlenmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 13(1):17-26.
- Kim, S. S., & Seo, S. G. (2001). Relative toxicity of some acaricides to the predatory mite, *Amblyseius womersleyi* and the twospotted spider mite, *Tetranychus urticae* (Acari: Phytoseiidae, Tetranychidae). *Applied Entomology and Zoology*, 36(4), 509-514.
- Kim, S. S., & Yoo, S. S. (2002). Comparative toxicity of some acaricides to the predatory mite, *Phytoseiulus persimilis* and the twospotted spider mite, *Tetranychus urticae*. *BioControl*, 47, 563-573.
- Kim, Y. J., Lee, S. H., Lee, S. W., & Ahn, Y. J. (2004). Fenpyroximate resistance in *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae): cross-resistance and biochemical resistance mechanisms. *Pest Management Science*, 60(10), 1001-1006.
- Kumral, N.A., & Kovanci, B. (2007). Susceptibility of female populations of *Panonychus ulmi* (Koch) (Acari: Tetranychidae) to some acaricides in apple orchards. *Journal of Pest Science*, 80, 131-137.
- Kumral, N.A., Susurluk, H., Gençer, N.S., & Gürkan, M.O. (2009). Resistance to chlorpyrifos and lambda-cyhalothrin along with detoxifying enzyme activities in field-collected female populations of European Red Mite, *Phytoparasitica*, 37, 7-15.
- LeOra Software (1994). Polo-pc: a user's guide to probit or logit analysis, Leora Software, 1119 Shattuck Avenue, Berkeley, CA 94707, 28 p.
- Rameshgar, F., Khajehali, J., Nauen, R., Bajda, S., Jonckheere, W., Dermauw, W., & Van Leeuwen, T. (2019a). Point mutations in the voltage-gated sodium channel gene associated with pyrethroid resistance in Iranian populations of the European red mite *Panonychus ulmi*. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 157, 80-87.
- Rameshgar, F., Khajehali, J., Nauen, R., Dermauw, W., & Van Leeuwen, T. (2019b). Characterization of abamectin resistance in Iranian populations of European red mite, *Panonychus ulmi* Koch (Acari: Tetranychidae). *Crop Protection*, 104903.
- TÜİK (2023). Türkiye İstatistik Kurumu Başkanlığı, Ankara. <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=Tarim-111> (Son erişim tarihi: 31.08.2023)
- Yaghoobi, R., Khajehali, J., Alavijeh, E. S., Nauen, R., Dermauw, W., & Van Leeuwen, T. (2021). Fenpyroximate resistance in Iranian populations of the European red mite *Panonychus ulmi* (Acari: Tetranychidae). *Experimental and Applied Acarology*, 83, 69-79.
- Yaman, Y., Yorulmaz Salman, S., & Ay, R. (2016). Isparta ili elma bahçelerinden toplanan *Panonychus ulmi* Koch'nin bazı akarisitlere karşı duyarlılık ve detoksifikasyon enzim düzeyleri. *Akdeniz Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 22(2), 249-260.
- Yanar, D., & Ecevit, O. (2009). Elma bahçelerinde faydalı ve zararlı akar türlerinin çeşit tercihi. *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*, 2(1), 131-137.
- Van de Veire, M., & Tirry, L. (2003). Side effects of pesticides on four species of beneficials used in IPM in glasshouse vegetable crops: "worst case" laboratory tests. *IOBC WPRS Bulletin*, 26(5), 41-50.

## Indonesian Palm Oil Export Analysis

Ziraat Fakültesi Dergisi,  
Cilt 18, Sayı 2,  
Sayfa 100-109, 2023

Zahraturrahmi ZAHRATURRAHMI\*<sup>1</sup>, Vecdi DEMIRCAN<sup>1</sup>

Journal of the Faculty of Agriculture  
Volume 18, Issue 2,  
Page 100-109, 2023

**Abstract:** Palm oil is a plantation commodity essential to economic occupation in Indonesia due to its capability to make plant-based oil, which is critical to the manufacturing sector. This study aims to analyze the factors affecting Indonesian palm oil exports between 1990-2019. The methods used in this study are testing regression prerequisites (normality and linearity test), classical assumption (multicollinearity, heteroscedasticity, and autocorrelation test), and multiple linear regression (F, t, and R<sup>2</sup>) to analyze the factors that affect Indonesian palm oil exports. Based on the outcomes of the F test, it is evident that palm oil production, the USD exchange rate against the IDR, and the global palm oil price collectively influence palm oil exports. As per the t-test results, both production levels and global palm oil prices significantly impact Indonesian palm oil exports. However, the US dollar to Indonesian rupiah exchange rate does not significantly affect palm oil exports due to its fluctuating nature in both the short and long term. These fluctuations introduce uncertainty for exporters engaged in long-term trade agreements with foreign nations. According to the R<sup>2</sup> test results, palm oil production, the USD exchange rate against the IDR, and the world palm oil price had a 96.5% impact on Indonesian palm oil exports.

**Keywords:** Palm oil, export, Indonesia

## Endonezya Palm Yağı İhracat Analizi

**Öz:** Palmiye yağı, sanayi sektörünün çok ihtiyaç duyduğu bitkisel yağı üretme potansiyeli nedeniyle Endonezya'nın ekonomik faaliyetleri için gerekli olan bitkisel bir üründür. Bu çalışma, 1990-2019 yılları arasında Endonezya'nın palm yağı ihracatını etkileyen faktörleri analiz etmeyi amaçlamıştır. Çalışmada, palm yağı ihracatını etkileyen faktörleri analiz etmek için regresyon ön koşullarının test edilmesi (normallik ve doğrusallık testi), klasik varsayım (çoklu doğrusallık, değişen varyans ve otokorelasyon testi) ve çoklu doğrusal regresyon yöntemleri kullanılmıştır (F, t ve R<sup>2</sup>). F testi sonuçlarına göre palm yağı üretimi, IDR (Endonezya Rupiahı) karşısındaki USD döviz kuru ve dünya palm yağı fiyatı eş zamanlı olarak palm yağı ihracatı etkilemektedir. Öte yandan, t-testi sonuçlarına göre, üretim ve dünya palm yağı fiyatları Endonezya palm yağı ihracatını anlamlı bir şekilde etkilemektedir. ABD dolarının Endonezya Rupiahı karşısındaki döviz kuru palm yağı ihracatı üzerinde anlamlı bir etkiye sahip değildir, çünkü uzun ve kısa vadede Rupiahın dolar karşısındaki döviz kurunda yükselme ve düşme eğilimi gösteren dalgalanmalar vardır, bu da diğer ülkelerle uzun vadeli alım ve satım sözleşmeleri yapan ihracatçılar için belirsizlik yaratmaktadır. R<sup>2</sup> testi sonuçlarına göre, palm yağı üretimi, IDR karşısındaki USD döviz kuru ve dünya palm yağı fiyatı, Endonezya palm yağı ihracatı üzerinde %96.5'lik bir etkiye sahiptir.

**Anahtar Kelimeler:** Palm yağı, ihracat, Endonezya

### 1. Introduction

Indonesia is one of the countries whose economy depends on exports. Export priority for Indonesia has been encouraged since 1983. Since then, exports have become an issue in stimulating economic growth in line with the

change in industrialization scheme from prominence on import substitution industries to export promotion industries. One of the sectors contributing to Indonesian essential exports comes from the agricultural sector, the plantation sub-sector, namely palm oil (Ewaldo, 2015).

\*Sorumlu yazar (Corresponding author)  
zahraturrahmi25@gmail.com

Alınış (Received): 05/09/2023  
Kabul (Accepted): 17/11/2023

<sup>1</sup>Isparta University of Applied Sciences,  
Faculty of Agriculture, Department of  
Agricultural Economics, 32000, Isparta,  
Türkiye

Palm oil is a plantation commodity essential to economic occupation in Indonesia due to its capability to make plant-based oil, which is critical to the manufacturing sector. The characteristics of palm oil, which is invulnerable to oxidation under elevated force, its capacity to break down chemicals that exhibit insolubility in alternative solvents, and its exceptional coating properties, palm oil finds applicability across a diverse range of purposes. These encompass its use as cooking oil, an industrial lubricant, and a biodiesel fuel source. The potential markets for the marketing of crude palm oil (CPO) and palm kernel oil (PKO) include the fractionation and refining industry, particularly in the culinary oil sector, as well as applications in special fats such as cocoa butter substitutes, margarine/shortening production, oleochemicals, and body wash products (BPS, 2020).

Indonesia is the biggest palm oil producing and exporter country on the global scale with an area of 15,38 million hectares and a total palm oil production of 45,58 million tons in 2022, followed by Malaysia with palm oil production of 19,20 million tons, Thailand with 3.26 million tons, Colombia 1.76 million tons, and Nigeria 1.40 million tons (Indexmundi, 2022a, 2022b).

Indonesian palm oil production tends to increase from 1990 to 2019. In 1990, the production of palm Indonesian palm oil exports have increased considerably over the past 30 years, except for 1998, 2010, 2012 and (million tons)

(DGEIMA, 2022) 2016 which experienced a decline. The most significant increase in palm oil exports (including volume and export value) occurred in 2017, with an export volume of 29.13 million tons, an increase of 19.45 % compared to 2016. Even though export volume tends to increase, this increase is different from the export value of palm oil, which tends to fluctuate (BPS, 2018, 2019). Based on the publication of the World Bank (2023) Commodities Price Data (The pink sheet), in 2017, oil reached 2.41 million tons, increased to 7.00 million tons in 2000, and increased again by 14.94 % in 2001 to 8.39 million tons. In 2014, palm oil production was 29.27 million tonnes, increasing to 42.88 million tonnes in 2018, or an increase of 46 %. Palm oil production in 2019 increased by 9.8 % compared to 2018 47.12 million tonnes (Figure 1).

There was an average enhancement in the price of palm oil on the world market of 771.48 US\$/mt, causing an increase in export value of up to 27.32 % compared to 2016. This price increase did not last long because, in 2018 and 2019, the price of palm oil decreased again to 627.49 US\$/mt in 2018 and 604.52 US\$/mt in 2019 (Figure 2). Exports of palm oil in 2019 reached 30.23 million tons with an export value of US\$16.03 billion, although the export volume in 2019 was high, the export value was low.

According to PT Astra Agro Lestari Tbk (2022), if the world palm oil price continues to increase, Indonesia will benefit because the export price of palm oil will be higher and can

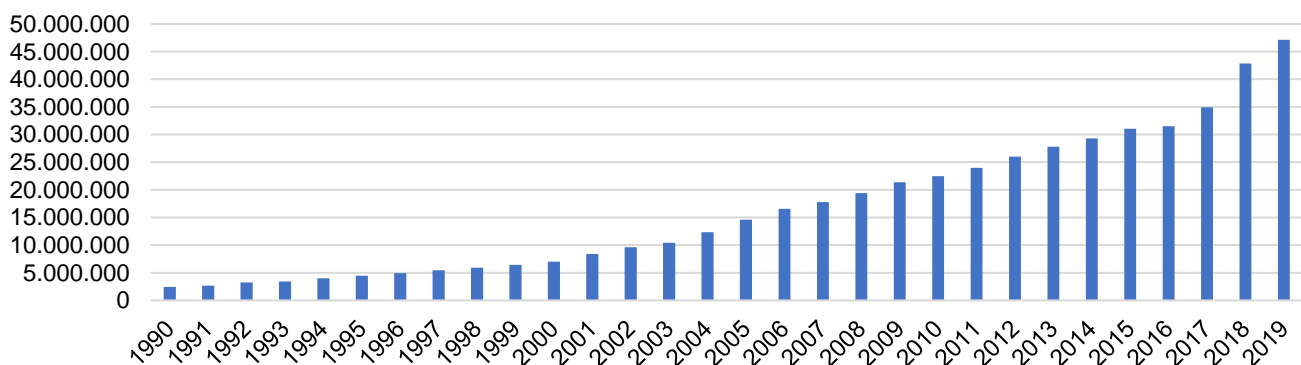


Figure 1. Indonesian palm oil production from 1990-2019 (million tons) (DGEIMA, 2022)

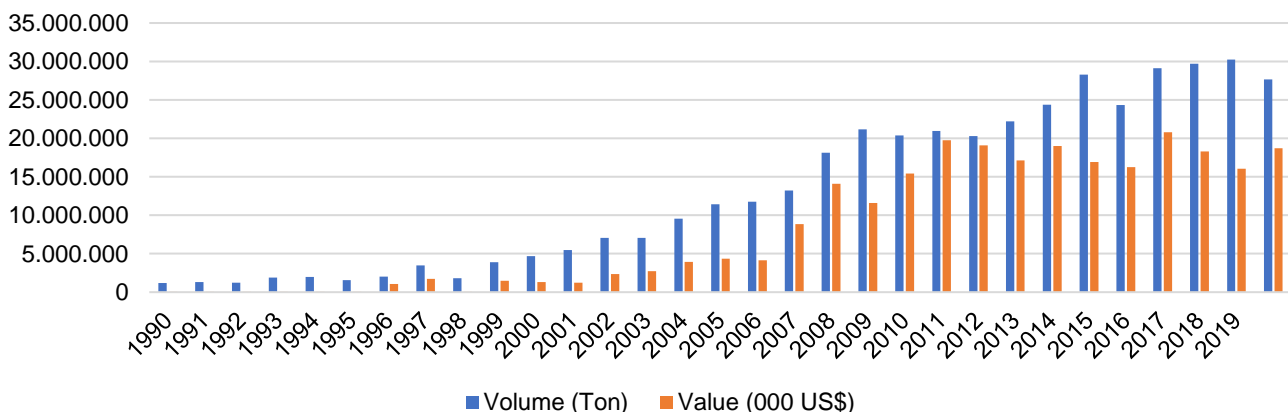


Figure 2. Total export of Indonesian palm oil from 1990-2019 (DGEIMA, 2022)

contribute to Indonesian income and vice versa. Indonesia and Malaysia contribute around 90 % of global palm oil production, while India, China, and Europe are the primary consumers of world palm oil. The palm oil sector is crucial in Indonesian trade equilibrium performance. They were illustrated by their contribution, which reached 13.50 % to non-oil and gas exports and 3.50 % to the Indonesian Gross Domestic Product (GDP). Assistant Deputy for Agribusiness and Plantation Development at the Coordinating Ministry for the Economy of Indonesia, Edy Yusuf, said that the palm oil industry has four economic benefits. First, it is labor-intensive because this industry has absorbed 4.2 million core and 12 million non-core employees. Second, the palm oil industry annually contributes 3.50 % to the Indonesian Gross Domestic Product (GDP). Third, it contributes 13.50% to the average non-oil and gas exports. Fourth, create energy independence through Biodiesel to save foreign exchange and positively impact the environment (Herman, 2021). This study aims to analyze palm oil exports, which are important in the Indonesian economy and exports. To determine the factors influencing Indonesian palm oil exports between 1990-2019.

## 2. Material and Method

### 2.1. Data types and research variables

The research employs secondary data in the form of time series data obtained from several institutions and government agencies, including Statistics of Indonesia (BPS), Director General of Estate Indonesian Ministry of Agriculture, World Bank, Index Mundi, Indonesian Palm Oil Association (GAPKI), Socio-Economic Center and Agricultural Policy of the Ministry of Agriculture of Indonesia, including several websites that support and relate to this research.

This research used two variables including:

1. Independent variables are variables that are thought to freely influence the dependent variable, namely

Indonesian palm oil production in millions per ton ( $X_1$ ), the Exchange rate US Dollar (US \$) against the Indonesian Rupiah (IDR) ( $X_2$ ), and World palm oil prices (US\$/mt).

2. The dependent variable in this study refers to the export volume of Indonesian palm oil, measured in tons ( $Y$ ), and it is influenced by the independent variable.

### 2.2. Method of data analysis

#### 2.2.1. Testing regression prerequisites

A normality test aims to assess the distribution of data within the variables utilized in the research. One-Sample Kolmogorov Smirnov is used to test the normality of each variable data. Data normality can be seen by using the skewness value, which is utilized to establish the normal distribution of data in the variable by assessing the slope of the curve.

The value is good if it is close to zero (Ghozali, 2001). The normality test is (Equation 1):

$$d = \text{maximum} [S_n 1 (X) - S_n 2 (X)] \quad (1)$$

Description:

D: Deviation

$S_{n1}$ : Cumulative distribution

$S_{n2}$ : Cumulative distribution of documentation

X: Number of Variables

The data normality test in this study uses the following hypothesis:

Ho: p data is not normal

Ha: p data is normal

The criteria used in determining whether the data is normal or not are as follows: if Kolmogorov-Smirnov is smaller than the probability ( $p: 0.05$ ), then Ho is rejected.

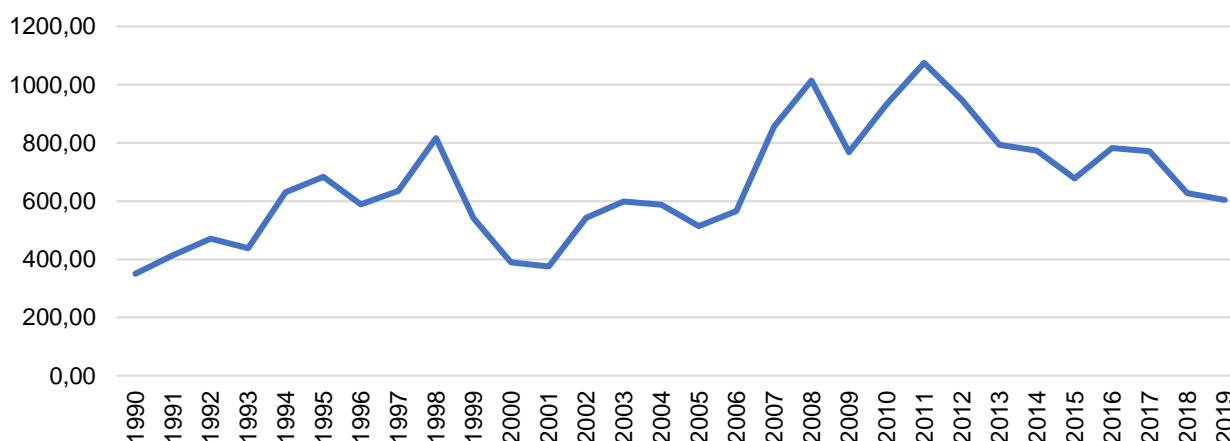


Figure 3. World palm oil prices (\$/mt) (World Bank, 2022)

Meanwhile, if the Kolmogorov-Smirnov calculation is greater than the probability ( $p: 0.05$ ), then  $H_a$  is accepted.

Linearity testing is deliberated to determine if there is a relationship between the independent and dependent variables (Sudjana, 2006). Testing is done with the F test with the following Equation (2):

$$F_{reg} = \frac{S^2TC}{Se^2} \quad (2)$$

The equation is:

$F_{reg}$  : Price of F number for regression line

$S^2TC$ : Variance of the Tuna Match

$Se^2$  : Error Variance

### 2.2.2. Classical assumptions test

The classical assumption test is a statistical evaluation employed to ascertain the connection between variables. This encompasses examinations such as tests for multicollinearity, heteroscedasticity, and autocorrelation to gauge different aspects of this relationship. The classical assumption test is used to detect whether there is a violation in multiple linear regression testing (Supranto, 1984).

A multicollinearity test aims to identify the presence of substantial correlations among variables within a multiple regression framework. A pronounced correlation among the independent variables can lead to a disturbance in the connection between these variables and the dependent variable (Gani and Amalia, 2015) (Equation 3).

$$X^2 = \left[ n - 1 - \frac{1}{6}(2k + 5) \right] \ln D \quad (3)$$

Description:

$n$ : number of predictors

$k$ : number of independent variables

$D$ : correlation determinant value

$X^2$ : multicollinearity calculation

$\ln$ : Linearity value

A heteroscedasticity test aims to analyze whether unequal residual variance exists across examinations in a regression model (Ghozali, 2007). In this study, to detect heteroscedasticity problems, Spearman's rank correlation test was used by correlating the residual values with the independent variable values. Spearman's correlation formula is defined as follows (Equation 4):

$$r_1 = \frac{6 \sum_{t=1}^n d^2}{n(n^2-1)} \quad (4)$$

Description:

$r_1$ : Heteroscedasticity test

$t$  and  $t-1$ : Last and previous observation

$n$ : Variable

$d^2$ : Determinant value

The autocorrelation test assesses whether a linear connection exists among errors within a sequence of observations organized chronologically, typically seen in time series data. This type of test is particularly applicable when dealing with time series datasets (Gujarati, 1988). The essential condition for conducting an autocorrelation test is the lack of autocorrelation.

The autocorrelation can be examined using the Durbin-Watson (DW) statistic. The formulation for the Durbin-Watson statistic, as presented by Ghozali (2007), is expressed subsequently (Equation 5).

$$dW = \frac{\sum_{t=2}^n (e^1 - t_1 - t_2)^2}{\sum_{t=2}^n e_1^2} \quad (5)$$

Description:

$e_1$ : Estimation error

$t$  and  $t-1$ : Last and previous observations

$t$  and  $t-2$ : Observation value

DW: Durbin Watson

### 2.2.3. Multiple linear regression analysis

Multiple regression constitutes a statistical method employed for examining the correlation between a sole dependent variable and multiple independent variables. This test is performed to estimate the magnitude of the relationship in the middle of independent variables (palm oil production, the exchange rate of the US dollar against the Indonesian Rupiah, and world palm oil prices) to the dependent variable (palm oil export volume). The form of the model used (Sugiyono, 1997) (Equation 6):

$$Y = a + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3 \quad (6)$$

Description:

$Y$ : Palm oil export volume in tons

$a$ : Constanta

$b_{1,2,3}$ : Regression coefficient  $X_1, X_2, X_3$

$X_1$ : Palm oil production in tons

$X_2$ : Exchange rate of US dollar against Indonesian rupiah

$X_3$ : World palm oil price in million US\$

The F test is employed to assess whether there is a collective impact of all independent variables on the dependent variable. If the significance level of  $F_{value} > F_{table}$ , this signifies the rejection of the null hypothesis ( $H_0$ ) and the acceptance of the alternative hypothesis ( $H_a$ ), indicating that all independent variables together have a significant effect on the dependent variable. The formula is as follows (Sugiyono, 1997) (Equation 7):

$$\text{The formula } F_{value} = \frac{R^2/k}{(1-R^2)/(n-k-1)} \quad (7)$$

**Description:**

- F: Price F regression line
- R: Multiple correlation coefficient
- k: Count of independent variables
- n: Quantity of sample members

The t test aims to test the significance of the influence of the independent variable (Production of palm oil, USD exchange rate against IDR, and World palm oil prices) on the dependent variable (Palm oil exports).

Determine the  $H_0$  and  $H_a$  formulas

#### 1. Palm oil production

$H_0$  = There is no significant impact of palm oil production on palm oil exports.

$H_a$  = Palm oil production has a significant influence on palm oil exports

#### 2. USD to IDR exchange rate

$H_0$  = USD to IDR exchange rate has no effect on palm oil exports

$H_a$  = USD to IDR exchange rate affects palm oil exports

#### 3. World palm oil prices

$H_0$  = There is no significant impact of world palm oil prices on palm oil exports

$H_a$  = World palm oil price has no significant influence on palm oil exports

The coefficient of determination ( $R^2$ ) test explains how much the independent variable can explain the proportion of the dependent variable. When the  $R^2$  value approaches 1, it indicates a more substantial impact, while if it approximates 0, the influence of the independent variable on the dependent variable diminishes.

### 3. Results and Discussion

#### 3.1. Description of research data

This analysis uses secondary data (time series) and sample data from 1990-2019 (Table 1). The variables used are independent variables consisting of Indonesian palm oil production, exchange rates in US Dollar (\$) against Indonesian Rupiah (IDR), and world palm oil prices and the dependent variable is Indonesian palm oil export volume (tons).

**Table 1.** Research data

Year	X1 Production of palm oil (million ton)	X2 Exchange rate USD against IDR	X3 World palm oil prices (\$/metric ton)	Y Volume export of palm oil (million ton)
1990	2 412 612	1 842.81	350.48	1 173 883
1991	2 657 600	1 950.32	413.86	1 304 011
1992	3 266 250	2 029.92	471.58	1 252 813
1993	3 421 449	2 087.10	437.60	1 907 237
1994	4 008 062	2 160.75	631.10	1 971 707
1995	4 479 670	2 248.61	683.47	1 576 423
1996	4 898 658	2 342.30	588.80	2 013 275
1997	5 448 508	2 909.38	635.27	3 470 568
1998	5 930 415	10 013.62	816.69	1 826 287
1999	6 455 590	7 855.15	541.00	3 896 830
2000	7 000 508	8 421.77	389.96	4 688 852
2001	8 396 472	10 260.85	375.39	5 485 144
2002	9 622 344	9 311.19	542.92	7 072 124
2003	10 440 834	8 577.13	598.74	7 046 303
2004	12 326 419	8 938.85	587.21	9 565 974
2005	14 619 830	9 704.74	513.73	11 418 987
2006	16 569 927	9 159.32	565.24	11 745 954
2007	17 796 374	9 141.00	855.80	13 210 742
2008	19 400 794	9 698.96	1 014.18	18 141 006
2009	21 390 326	10 389.94	768.33	21 151 126
2010	22 496 857	9 090.43	933.02	20 394 174
2011	23 995 973	8 770.43	1075.15	20 972 382
2012	26 015 519	9 386.63	947.04	20 296 759
2013	27 782 004	10 461.24	793.77	22 222 508
2014	29 278 189	11 865.21	773.88	24 372 011
2015	31 070 015	13 389.41	677.91	28 276 871
2016	31 487 986	13 308.33	782.38	24 336 303
2017	34 940 289	13 380.83	771.48	29 135 179
2018	42 883 631	14 236.94	627.49	29 690 649
2019	47 120 247	14 147.67	604.52	30 232 555

### 3.2. Regression prerequisite test

According to the Kolmogorov-Smirnov normality test results, the significance value of 0.68 exceeds The results of testing the value of the linear relationship between variables of production of palm oil, the USD exchange rate against the IDR, and world oil prices on palm oil exports in Indonesia from 1990-2019 are fully presented in the following Table 3.

0.05. Therefore, it can be concluded that the data exhibits a normal distribution (Table 2).

**Table 2.** Normality test using One-Sample Kolmogorov-Smirnov test

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test		
		Unstandardized Residual
N		30
Normal Parameters <sup>a,b</sup>	Mean	.0000000
	Std. Deviation	1943230.17
Most Extreme Differences	Absolute Positive	.131
	Negative	.097
Kolmogorov-Smirnov Z		-.131
Asymp. Sig. (2-tailed)		.718
		.682

a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.

The results of testing the value of the linear relationship between variables of production of palm oil, the USD exchange rate against the IDR, and world oil prices on palm oil exports in Indonesia from 1990-2019 are fully presented in the following Table 3.

**Table 3.** Linearity test results

ANOVA <sup>a</sup>					
Model	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Regression	298465932830	3	9948864427676	236.211	.000 <sup>b</sup>
	3088.500		96.100		
Residual	109508161967	26	4211852383372		
	675.140		.121		
Total	309416749027	29			
	0763.500				

a. Dependent Variable: Palm Oil Export (Y)

b. Predictors: (Constant), Price (X3), Exchange rate (X2), Production (X1)

From the calculation of linearity testing using SPSS version 20 above, the estimated  $F_{value}$  is 236.211 with a probability of 0.000. The result of the  $F_{value}$  is then contrasted with the  $F_{table}$ . By employing a significance level ( $\alpha$ ) set at 0.05, a numerator of 3, and a denominator of 26, an  $F_{table}$  value

**Table 4.** Multicollinearity test results

Model	Coefficients <sup>a</sup>						Collinearity Statistics	
	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients		t	Sig.	Tolerance	VIF
	B	Std. Error	Beta					
(Constant)	-4472894.748	1528662.449			-2.926	.007		
Production (X1)	.705	.058	.867		12.224	.000	.271	3.694
Exchange rate (X2)	1.598	1.710	.063		.934	.359	.298	3.351
Price (X3)	62.714	22.812	.116		2.749	.011	.762	1.312

a. Dependent Variable: Palm Oil Export (Y)

of 2.98 is procured. Consequently, as the  $F_{value}$  of 236.211 surpasses the critical  $F_{table}$  value of 2.98, we reject the null hypothesis ( $H_0$ ) and accept the alternative hypothesis ( $H_a$ ). This outcome implies that there exists a linear relationship between the dependent variable Y (Palm oil exports) and the independent variables X (palm oil production, USD to IDR exchange rate, and global palm oil prices).

### 3.3. Classical assumption testing

The multicollinearity test proposes to determine if there is a relationship between the independent variables (production of palm oil, US dollar exchange rate against the Indonesian Rupiah, and world palm oil prices). A good regression model does not occur in multicollinearity (Table 4).

To determine whether multicollinearity occurs, use the following provisions:

If  $VIF > 5$ , then multicollinearity is observed

If  $VIF < 5$ , then multicollinearity is not present

Production of Palm Oil (X1), from the findings of the "Collinearity Statistic" output, the VIF is obtained at 3.694, which means the VIF value  $< 5$ . Then the production of palm oil variable "no multicollinearity occurs." So that means the production of palm oil as an independent variable has no relationship or correlation with other variables.

Exchange Rate of US Dollar (\$) to Indonesian Rupiah (IDR) (X2), from the findings of the "Collinearity Statistic" output, the VIF is obtained at 3.351, which means that the VIF value is  $< 5$ . Then, the US dollar exchange rate against the Indonesian rupiah "no multicollinearity occurs." So that means the US dollar exchange rate against the Indonesian rupiah as an independent variable has no relationship or correlation with other variables.

World Palm Oil Prices (X3), from the findings of the "Collinearity Statistic" output, the VIF is obtained at 1.312, which means that the VIF value is  $< 5$ . Then, the world palm oil price had "no multicollinearity." So that means the world palm oil price as an independent variable has no relationship or correlation with other variables.

In this study, the heteroscedasticity test was implemented utilizing Spearman's rank correlation test. This test is conducted to show that the variation (Varian's) of the

**Table 5.** Heteroscedasticity test using Spearman's rank correlation test

		Correlations			
		Export (Y)	Production (X1)	Exchange rate (X2)	Price (X3)
Pearson Correlation	Palm Oil Export (Y)	1.000	.976	.836	.564
	Production (X1)	.976	1.000	.838	.487
	Exchange rate (X2)	.836	.838	1.000	.399
	Price (X3)	.564	.487	.399	1.000
Sig. (1-tailed)	Palm Oil Export (Y)	.	.000	.000	.001
	Production (X1)	.000	.	.000	.003
	Exchange rate (X2)	.000	.000	.	.014
	Price (X3)	.001	.003	.014	.
N	Palm Oil Export (Y)	30	30	30	30
	Production (X1)	30	30	30	30
	Exchange rate (X2)	30	30	30	30
	Price (X3)	30	30	30	30

variable is not the same for each observation. Furthermore, using the SPSS This test is conducted for all independent variables:

Production of palm oil (X1) and residuals. In the output between (X1) and residuals, the number (r) is 0.087, with a probability of 0.649. So by comparing the probability obtained,  $P 0.649 > 0.05$ . This shows that between production of palm oil and palm oil export volume "no heteroscedasticity."

US Dollar to Indonesian Rupiah Exchange Rate (X2) and residuals. The output between (X2) and the residual produces a number (r) of 0.039 with a probability of 0.836. So by comparing the probability obtained,  $P 0.836 > 0.05$ . This shows that between the US dollar exchange rate against the Indonesian rupiah and palm oil exports, "there is no heteroscedasticity."

World palm oil price (X3) and residuals. In the output between (X3) and residuals, the number (r) is 0.043, with a probability of 0.820. So by comparing the probability obtained,  $P 0.820 > 0.05$ . This shows that between world palm oil prices and palm oil exports, "there is no heteroscedasticity."

The autocorrelation test examines whether a correlation exists between residual errors at period t-1 within a linear regression analysis. The assessment for the presence or absence of autocorrelation issues is typically conducted by computing the "Durbin-Watson statistic, denoted as d" (Table 6) This test employs the Durbin-Watson value to determine the presence or absence of autocorrelation.

**Table 6.** The Durbin-Watson value

d Value	Description
< 1.10	There is autocorrelation
1.10 – 1.54	No conclusion
1.55 – 2.46	There is no autocorrelation
2.47 – 2.90	No conclusion
2.91	There is autocorrelation

Based on the Durbin-Watson test analysis results, the statistical value is 1.252, with  $N = 30$ ,  $k = 3$ , and a significance level of 0.05 (5%). The Durbin-Watson value is 1.252, which means "there is no definite conclusion whether there are symptoms of autocorrelation or not (No conclusion)."

**Table 7.** Autocorrelation test with Durbin-Watson

Model Summary <sup>b</sup>					
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Durbin-Watson
1	.982 <sup>a</sup>	.965	.961	2052279.801	1.252

a. Predictors: (Constant), Price (X3), Exchange rate (X2), Production (X1)

b. Dependent Variable: Palm Oil Export (Y)

Because the Durbin-Watson test results do not produce a definite conclusion on whether autocorrelation symptoms occur, a good alternative to overcome this problem is to use another method, namely the run test. The Run test belongs to the non-parametric statistics category and serves as a method for evaluating the presence of significant correlations within residuals. When no such correlations are detected among the residuals, they are regarded as being distributed randomly.

**Table 8.** Runs test results

Runs Test	
	Unstandardized Residual
Test Value <sup>a</sup>	95734.29753
Cases < Test Value	15
Cases >= Test Value	15
Total Cases	30
Number of Runs	12
Z	-1.301
Asymp. Sig. (2-tailed)	.193

a. Median

The basis for decision-making in the Run test is as follows:

1. If the Asymp.Sig. (two-tailed) value is less than 0.05, it indicates the presence of autocorrelation symptoms



2. If the Asymp.Sig. (two-tailed) value is greater than 0.05, there are no indications of autocorrelation.

Based on the results of the Runs test, the value of Asymp.Sig. (2-tailed) 0.193 > 0.05 (Table 8), it is concluded that "there is no autocorrelation."

### 3.4. Multiple linear regression analysis

Statistical examinations were conducted using the SPSS version 20 software, relying on the outcomes of multiple linear regression analysis. The regression equation model applied in this study is as follows (Equation 8):

$$Y = a + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3 \quad (8)$$

$$Y = -4472894.748 + 0.705X_1 + 1.598X_2 + 62.714X_3$$

Description:

Y: Palm oil export volume in tons

a: Constanta

$b_{1,2,3}$ : Regression coefficient  $X_1, X_2, X_3$

$X_1$ : Palm oil production in tons

$X_2$ : US dollar to Indonesian rupiah exchange rate

$X_3$ : World palm oil price in million US\$

The statistical tests include the F, t and  $R^2$  tests.

The F test is employed to assess if there is a collective impact of all independent variables on the dependent variable. If the significance value of  $F_{value} > F_{table}$  means  $H_0$  is refused and  $H_a$  has been approved, indicating that all independent variables together significantly influence the dependent variable. Conversely, if the significance value of  $F_{value} < F_{table}$  means  $H_0$  is approved and  $H_a$  has refused, all independent variables together do not significantly affect the dependent variable.

According to Table 9, the analysis finding obtained the  $F_{value}$  of 236.211 with a significance of 0.000. Because  $F_{value} > F_{table}$  ( $F_{value}$  236.211 >  $F_{table}$  2.98),  $H_0$  is refused, and  $H_a$  is approved. That implies the variables of palm oil production, the USD exchange rate against the IDR, and the world palm oil price "significantly affect" the palm oil export variable.

**Table 9.** F test analysis results

ANOVA <sup>a</sup>					
Model	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Regression	298465932830 3088.500	3	9948864427676 96.100	236.211	.000 <sup>b</sup>
Residual	109508161967 675.140	26	4211852383372 .121		
Total	309416749027 0763.500	29			

a. Dependent Variable: Palm Oil Export (Y)

b. Predictors: (Constant), Price (X3), Exchange rate (X2), Production (X1)

The t-test is utilized to test if the independent variable individually affects the dependent variable. If the  $t_{value} > t_{table}$  means  $H_0$  is refused and  $H_a$  is approved, the independent variable individually has a significant effect on the dependent variable. Conversely, if  $t_{value} < t_{table}$  means  $H_0$  is approved, and  $H_a$  is refused, the independent variable has no significant effect on the dependent variable.

According to the multiple linear regression results in Table 10, can be interpreted the t-test results as follows:

Production of palm oil ( $X_1$ ). The findings of the coefficient calculation in the regression analysis equation obtained -4472894.748 for the constant coefficient and 0.705 for the coefficient of palm oil production. Based on the significance test using the t-test, for each coefficient of the regression equation, the  $t_{value}$  for the constant is -2.926, with a significance value of 0.007. The findings of the t-test analysis for the palm oil production variable obtained a  $t_{value}$  12.224 with a significance of 0.000. Because the  $t_{value}$  12.224 >  $t_{table}$  1.697, it means that  $H_0$  is refused and  $H_a$  is approved, so the palm oil production variable has a "significant effect" on palm oil export variable. This aligns with Adam Smith's Theory of Absolute Advantage, substantiating that more excellent production increases export volume. This is corroborated by Komalasari's (2009) findings, highlighting a constructive correlation between heightened production and expanded export provision. With augmented production, the provide of palm oil, both domestically in Indonesia and globally, rises, subsequently resulting in an upswing in Indonesian palm oil exports.

Exchange rate USD against IDR ( $X_2$ ). The findings of the coefficient calculation in the regression analysis equation obtained -4472894.748 for the constant coefficient and 1.598 for the coefficient of the USD exchange rate against IDR. The findings of the t-test analysis for the USD exchange rate against the IDR variable obtained a  $t_{value}$  of 0.934 with a significance of 0.359. Because the calculated  $t_{value}$  0.934 <  $t_{table}$  1.697 means that  $H_0$  is accepted and  $H_a$  is rejected, the USD exchange rate against the IDR variable has "no significant effect" on the palm oil export variable. The findings of this research diverge from the established theory, which posits that the exchange rate has an impact on the availability of a commodity. When the Rupiah's exchange rate appreciates, implying a decrease in the value of the US dollar, the supply of goods for export to other countries decreases because the prices of these goods in their country of origin rise. Conversely, when the exchange rate depreciates, the prices of goods in the country of origin decrease, leading to an increase in the supply of goods for export to other countries

The findings indicate that the fluctuation in the exchange rate between the US dollar and the Indonesian rupiah

**Table 10.** Multiple linear regression results

Model	Coefficients <sup>a</sup>					Collinearity Statistics	
	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.	Tolerance	VIF
	B	Std. Error	Beta				
(Constant)	-4472894.748	1528662.449		-2.926	.007		
Production (X1)	.705	.058	.867	12.224	.000	.271	3.694
Exchange rate (X2)	1.598	1.710	.063	.934	.359	.298	3.351
Price (X3)	62.714	22.812	.116	2.749	.011	.762	1.312

a. Dependent Variable: Palm Oil Export (Y)

does not exert a substantial influence on Indonesian palm oil exports. This is primarily due to the recurring shifts in the long and short-term exchange rates of the rupiah against the dollar, which tend to fluctuate unpredictably. These fluctuations introduce uncertainty for exporters who engage in long-term contractual agreements with other countries, rendering the rupiah-to-dollar exchange rate less significant in the context of Indonesian palm oil export activities. This aligns with the outcomes of prior research, as exemplified by Nurussalam and Shofwan (2019), who also found that the exchange rate lacks a noteworthy impact on Indonesian palm oil exports over both short and extended periods. Similarly, the research conducted by Sari (2016) corroborated these findings, indicating that fluctuations in the US dollar exchange rate against the Indonesian rupiah do not significantly affect export volumes.

World palm oil prices (X3). The findings of the coefficient calculation in the regression analysis equation obtained -4472894.748 for the constant coefficient and 62.714 for the world palm oil price coefficient. The results of the t-test analysis for the world palm oil price variable obtained a  $t_{\text{value}}$  of 2.749 with a significance of 0.011. Because the calculated  $t_{\text{value}}$  2.749 >  $t_{\text{table}}$  1.697 means that  $H_0$  is rejected and  $H_a$  is accepted, the world palm oil price variable has a "significant effect" on the palm oil export variable. This aligns with the research conducted by Irawan (2018), which underscores a positive correlation between the volume of Indonesian palm oil exports and global palm oil prices. An escalation in global palm oil prices is shown to lead to an increase in Indonesian palm oil exports. Should the upward trend in global palm oil prices persist, Indonesia stands to gain, as higher palm oil export prices can bolster the country's revenue, as highlighted by Astra (2022).

**Table 11.** R<sup>2</sup> test analysis results

Model Summary <sup>b</sup>					
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Durbin-Watson
1	.982 <sup>a</sup>	.965	.961	2052279.801	1.252

a. Predictors: (Constant), Price (X3), Exchange rate (X2), Production (X1)

b. Dependent Variable: Palm Oil Export (Y)

The coefficient of determination (R<sup>2</sup>) is employed to assess the quality of the regression line or the extent to

which independent variables can account for the variability in the dependent variable. It ranges from 0 to 1 or  $0 \leq R^2 \leq 1$ . A value closer to 1 indicates that the regression line provides a better explanation of the actual data, whereas a value closer to 0 signifies a weaker fit between the regression line and the data (Table 11).

This study obtained an R<sup>2</sup> of 0.965. This shows that the variables of palm oil production, USD exchange rate against IDR and world palm oil prices have an effect of 96.5% on the palm oil export variable, and the outstanding 3.5% is influenced by other variables not evaluated in this study.

#### 4. Conclusion

According to the findings, palm oil production, the USD exchange rate against the IDR, and the world palm oil price had a 96.5% impact on Indonesian palm oil exports. In comparison, the outstanding 3.5% is influenced by other variables not evaluated in this study. Indonesian palm oil is still and will continue to face challenges in competition in the world market. This competition is mainly because palm oil has comparative and competitive advantages over other vegetable oils in the world. Therefore, the government and companies should continue increasing research and innovation investment to improve production efficiency, develop superior varieties, and create innovative palm-based products.

#### Acknowledgements

I want to express my deepest gratitude to my supervisor, Prof. Vecdi DEMIRCAN, for his guidance, patience, kindness, and support while writing this thesis. I wish him health, happiness, and a blessed life forever.

#### Author Contributions

The authors declare that they have contributed equally to the article.

#### Conflict of Interest

As the authors of this study, we declare that we do not have any conflict of interest statement.

## Ethics Committee Approval


As the authors of this study, we declare that we do not have any ethics committee approval.

## References

- Astra, A. L. (2022). Top harga sawit rekor lagi termahal sepanjang masa. PT Astra Agro Lestari Tbk. Retrieved October 06, 2022, from <https://www.astra-agro.co.id/2022/01/28/top-harga-sawit-rekor-lagi-termahal-sepanjang-masa/>.
- BPS (2018). Indonesian oil palm statistics 2018. ISSN:1978-9947. PN:05130.1920. BPS C:5504003. Statistics Indonesia, Jakarta.
- BPS (2019). Indonesian oil palm statistics 2019. ISSN:1978-9947. PN:05130.2002. BPS C:5504003. Statistics Indonesia, Jakarta.
- BPS (2020). Indonesian oil palm statistics 2020. ISSN: 1978-9947. PN:05100.2111. BPS C:5504003. Statistics Indonesia, Jakarta.
- DGEIMA (2022). Statistical of national leading estate crops commodity 2021-2023. Director General of Estate Indonesian Ministry of Agriculture, Jakarta.
- Ewaldo, E. (2015). Analisis ekspor minyak sawit Indonesia. *E-Jurnal Perdagangan, Industri dan Moneter*, 3(1), 10-15. <https://doi.org/10.22437/pim.v3i1.3988>
- Gani, I., & Amali, S. (2015). Alat Analisis Data Aplikasi Statistik untuk Penelitian Bidang Ekonomi dan Sosial. Penerbit Andi, Yogyakarta.
- Ghozali, I. (2001). Pengantar Ilmu Ekonomi Makro, Edisi Revisi. Penerbit Kanisius, Yogyakarta.
- Ghozali, I. (2007). Aplikasi Analisis Multivariate dengan Program SPSS. Semarang, Universitas Diponegoro.
- Gujarati, D. (1988). Ekonometrika Dasar. Erlangga, Jakarta.
- Herman (2021). Industri kelapa sawit jadi tulang punggung ekonomi Indonesia. Berita Satu. Retrieved October 07, 2022, from <https://www.beritasatu.com/ekonomi/855085/industri-kelapa-sawit-jadi-tulang-punggung-ekonomi-indonesia>.
- Indxmundi (2022a). Palm oil exports by country in 1000 MT. Indxmundi. Retrieved October 06, 2022, from <https://www.indexmundi.com/agriculture/?commodity=palm-oil&graph=exports>.
- Indxmundi (2022b). Palm oil production by country in 1000 MT. Indxmundi. Retrieved October 06, 2022, from <https://www.indexmundi.com/agriculture/?commodity=palm-oil>.
- Irawan, H. (2018). Analisis Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Ekspor Minyak Kelapa Sawit Indonesia (1995-2015). Skripsi, Fakultas Ekonomi Universitas Islam Indonesia.
- Komalasari, I. (2009). Analisis faktor-faktor yang mempengaruhi penawaran ekspor biji kakao Indonesia. Institut Pertanian Bogor University Scientific Repository. Retrieved April 20, 2023, from <http://repository.ipb.ac.id/handle/123456789/12960>.
- Nurussalam, K. N., & Shofwan (2019). Faktor – Faktor yang Mempengaruhi Ekspor Crude Palm Oil (CPO) Indonesia ke Tiongkok (Studi Kasus Periode 2009 – 2016). Skripsi Jurusan Ilmu Ekonomi, Fakultas Ekonomi dan Bisnis, Universitas Brawijaya, Malang.
- Sudjana, S. (2006). Penilaian Hasil Proses Belajar Mengajar. PT Remaja Rosdakarya, Bandung.
- Sugiyono (1997). Statistic untuk Penelitian. Bandung, Alfabeta Suki.
- Supranto, J. (1984). Metode Ramalan Kuantitatif untuk Perencanaan. Jakarta, Penerbit Erlangga.
- World Bank (2023). World bank commodity price data (the pink sheet), monthly prices in nominal US dollars 1960 to present. Retrieved March 07, 2023, from <https://databank.worldbank.org/databases/commodity-price-data>.

## Biochar Incorporation Zone Has an Effect on The Soil Carbon Dioxide Emission

Ziraat Fakültesi Dergisi,  
Cilt 18, Sayı 2,  
Sayfa 110-115, 2023

Davut AKBOLAT<sup>1</sup>, Ali COSKAN<sup>2</sup>, Hürkan Tayfun VAROL<sup>\*1</sup>, Muvahhid KILICARSLAN<sup>2</sup>

Journal of the Faculty of Agriculture  
Volume 18, Issue 2,  
Page 110-115, 2023

**Abstract:** Several factors are effective on soil carbon dioxide emissions caused by agricultural practices; soil organic matter contents, soil moisture and temperature, climatic changes, and tillage techniques are predominant. In recent years, as a CO<sub>2</sub> sequestration agent, biochar incorporation becomes a promising approach. Many studies show that biochar reduces soil CO<sub>2</sub> emissions; however, incorporation depth is not widely studied. A pot experiment was carried out to determine the effects of the incorporation zone of rose pulp biochar produced at 400 °C on carbon dioxide emission. Treatments were Z as without biochar incorporation (control), A, B, and C are the incorporation zone of 0-7, 0-14, and 0-21 cm soil layer. The measurements in the experiment last for about 2 months. Results revealed that mean CO<sub>2</sub> emissions for Z, A, B, and C treatments were 0.048, 0.052, 0.064, and 0.076 g m<sup>-2</sup>h<sup>-1</sup>, respectively. According to these results, it was determined that the biochar admixed in the C layer caused more soil CO<sub>2</sub> emissions, and there was no significant difference between the other treatments (p>0.05). The highest plant biomass development was obtained in the B treatment (p<0.05).

**Keywords:** Biochar, carbon dioxide emission, soil depth, plant development

## Biyokömür Karıştırma Zonu Toprak Karbondioksit Emisyonu Üzerinde Etkilidir

**Öz:** Tarımsal uygulamalardan kaynaklanan toprak karbondioksit emisyonları üzerinde çeşitli faktörler etkilidir; toprağın organik madde içeriği, toprağın nemi ve sıcaklığı, iklim değişiklikleri ve toprak işleme teknikleri baskındır. Son yıllarda, CO<sub>2</sub> tutma ajanı olarak biyokömürün dahil edilmesi umut verici bir yaklaşım haline gelmiştir. Pek çok araştırma biyokömürün topraktaki CO<sub>2</sub> emisyonlarını azalttığını göstermektedir; ancak uygulama derinliği geniş çapta araştırılmamıştır. 400 °C sıcaklıkta üretilen gül posası biyokömürünün uygulama bölgesinin karbondioksit emisyonu üzerindeki etkilerini belirlemek amacıyla saksı deneyi yapılmıştır. Denemeler, biyokömür katılmayan Z (kontrol); A, B ve C, 0-7, 0-14 ve 0-21 cm toprak derinliklerinde gerçekleştirilmiştir. Deneme ölçümleri 2 ay sürmüştür. Sonuçlar Z, A, B ve C denemeleri için ortalama CO<sub>2</sub> emisyonlarının sırasıyla 0,048, 0,052, 0,064 ve 0,076 g m<sup>-2</sup>h<sup>-1</sup> olduğunu ortaya çıkarmıştır. Bu sonuçlara göre C katmanına karıştırılan biyokömürün daha fazla toprak CO<sub>2</sub> emisyonuna neden olduğu, diğer uygulamalar arasında ise önemli bir fark olmadığı belirlenmiştir (p>0,05). En yüksek bitki biyokütle gelişimi B uygulamasında elde edilmiştir (p<0.05).

**Anahtar Kelimeler:** Biyokömür, karbondioksit emisyonu, toprak derinliği, bitki gelişimi

**\*Sorumlu yazar (Corresponding author)**  
hurkanvarol@isparta.edu.tr

**Alınış (Received):** 06/09/2023  
**Kabul (Accepted):** 29/11/2023

<sup>1</sup>Isparta University of Applied Sciences,  
Faculty of Agriculture, Department of  
Agricultural Machinery, Isparta, Türkiye

<sup>2</sup>Isparta University of Applied Sciences,  
Faculty of Agriculture, Department of Soil  
Science and Plant Nutrition, Isparta,  
Türkiye

### 1. Introduction

Tillage practices on agricultural production stimulate greenhouse gas emissions. Agriculture-originated

greenhouse gas sources are enteric fermentation in animal production, paddy cultivation, biomass management, chemical fertilizer applications, and soil cultivation practices. Soil CO<sub>2</sub> emissions show great

variation depending on the cultivation techniques and methods chosen. For instance, reduced tillage systems decrease CO<sub>2</sub> formation and; therefore, lead to organic carbon accumulation (Akbolat et al., 2009). In addition, some soil conditioners are used to reduce carbon sequestration by reducing emissions in the soil. Biological coal (biochar), which is obtained by pyrolysis from vegetable wastes, is one of the options that can be used for many purposes. Biochar is recognized as an effective regulator for soil carbon sequestration and soil quality improvement (Yang et al., 2022). Straw may be converted into biochar, which can significantly lower carbon dioxide emissions than just returning it to agricultural land, according to Wang et al. (2020). Since the biochar application to the soil alters the chemical, physical and biological properties of the soil, it affects the C and N mobility in the soil (Van Zwieten et al., 2014). Several studies are available in the literature focusing on the type of biochar raw material (Spokas et al., 2009), the application doses to the soil (Alaboz and Isildar, 2018), and pyrolysis temperature. There are also studies showing that biochar reduces soil greenhouse gas emissions and provides carbon accumulation in the soil (Günel and Erdem, 2021). Memici and Ekinci (2020) reported that 30 tons ha<sup>-1</sup> of biochar which is produced at low temperatures, incorporation into the 15 cm soil layer causes higher CO<sub>2</sub> emissions, but biochar that is produced at high temperatures reduces CO<sub>2</sub> emissions. In another study; it has been reported that biochar applications aid to decrease greenhouse gas emissions in general on a yearly basis, CO<sub>2</sub> and CH<sub>4</sub> emissions decreased compared to control with biochar applications, while N<sub>2</sub>O gas emissions increased depending on the treatments tested (Saygan, 2017). More significantly, Jeffery et al. (2011) reported 80% less CO<sub>2</sub> emission. Researchers have reported that this decrease may be associated with stable carbon contents of the biochar that accumulated in the soil. Another greenhouse gas, N<sub>2</sub>O also greatly influenced by biochar incorporation Laird et al. (2010) reported up to 51% less N<sub>2</sub>O emission under maize cultivation. Biochar raw material and production methods are also detrimental to emissions that Woolf et al. (2010) reported greater carbon sequestration by wood debris than the rice straw. Biochar has an effect on enteric fermentation which added biochar on cattle feed ration reduces methane emission by up to 26% (Zhang et al., 2018). In general, according to Smith et al. (2016), biochar has the potential to recover up to 12% of global fossil fuel emissions.

Biochar itself could not be considered as soil organic matter due to many reasons; however, its organic matter-like effects are an important feature of the area which has very low organic matter contents due to the semiarid climate condition. According to measurements taken 4 years after applying biochar to the soil, mineralization declined with depth; therefore, the soil organic matter

contents (SOC) increased by 10.7% and 24.9% for 0-20 and 20-40 cm (Ma et al., 2023).

Numerous studies have been conducted on a variety of topics, including the production of biochar at various temperatures, the types of plant waste used in the process, the impact on soil CO<sub>2</sub> emissions, and potential uses as soil conditioners. There is, however, a lack of adequate study on the best method for combining biochar raw material, various environmental circumstances, and the incorporation depth of biochar. In some researchs biochar and the soil mixed in different depths; however, it wasn't specific aim for selecting those depths. For instance, while Memici and Ekinci (2020), and Schnell (2012) were chosen a 15 cm soil layer for mixing depth in their studies, Joseph et al, (2020) mixed biochar to 20 cm soil depth in his/her experiment. Another researcher (Eastman, 2011) reported that he mixed the soil mixing depth with a rotary tiller throughout the tillage depth. The findings of the study discussed above show that no studies have been achieved in which the biochar application depth is considered a primary issue. For this reason, there is a need for a study in this direction to determine the working depth of the equipment to be used, especially in cases where the large-scale biochar application is targeted. This study aims to determine the effects of rose pulp biochar produced at 400 °C on soil CO<sub>2</sub> emissions and the growth of maize plants grown in these soils after two month of measurement period. The study, it was also aimed to determine the plant water consumption values.

## 2. Material and Method

Biochar used in the experiment was produced by a self-constructed from the rose pulp unit at 400 °C. The pyrolysis time was determined by monitoring the gases coming from the exhaust, after about 12 hours, the combustible gases were exhausted and pyrolysis was terminated. Obtained biochar passed through the 2 mm sieve by hand force before incorporation into the soil. Some selected properties of the soil used are presented in Table 1.

**Table 1.** Selected properties of the experimental soil (Akbolat and Coskan, 2021)

Texture	pH (1:2.5)	EC (1:2.5; dS m <sup>-1</sup> )	CaCO <sub>3</sub> (%)	Organic matter (%)			
Silty loam	7.7	0.248	27	1.76			
mg kg <sup>-1</sup>							
P	K	Ca	Mg	Fe	Zn	Mn	Cu
12.2	936	18200	1413	18.4	4.1	45.6	5.06

The experiment was carried out in size 8 pots which a depth of around 21 cm and a capacity was 4500 g of soil. Soil water content adjusted to field capacity by adding to tap water. To determine the field capacity of the soil, 50 g of soil was placed in a funnel with filter paper and added

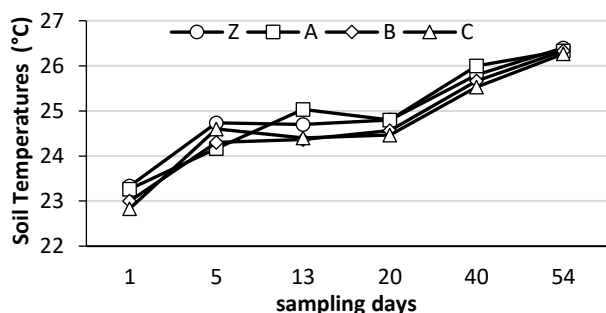
water until drainage was observed. 60% of the water content of saturation is considered as field capacity. The water-holding capacity of the biochar was also determined and taken into consideration. For each pot, 9 g of biochar which is equivalent to 5000 kg ha<sup>-1</sup> was weighed. The weighed biochar was incorporated homogeneously to 0 to 7, 0 to 14, or 0 to 21 cm soil layer for A, B, and C applications, respectively. After that, all pots were adjusted to field capacity moisture content with tap water. The CO<sub>2</sub> emissions from pots were measured once every 3 days. Before the 7<sup>th</sup> and 11<sup>th</sup> measurements, pots were weighed and water contents re-adjusted. After adding the water, it waited for 4 hours for the water to spread into the soil evenly. Waiting also prevents measurement errors caused by the abrupt release of carbon dioxide that occurs as the pores fill with water. The CO<sub>2</sub> measurements were done by a Soil CO<sub>2</sub> flux system developed by PP Systems, Hitchin, UK (Akbolat et al., 2009). The system has a built-in CO<sub>2</sub> analyzer, soil evaporation probe, CFX-2 respiration chamber, and temperature probe.

After emission measurements were completed, corn seeds were sown in the same pots where the measurements were made and plant growth parameters were monitored in the short term (60 days). For this purpose, corn seeds were planted in pots, and the moisture contents of the all pots were adjusted to field capacity. The pots were irrigated once a week to add evaporated/transpired water. At the end of the experiment, the height of the plants was measured in meters, and the shoot cut 1 cm above the soil surface was dried at 80 °C and weighed by analytical balance.

Obtained results were subject to Tukey multiple comparison test ( $p < 0.05$ ) using the Minitab package program.

### 3. Results and Discussion

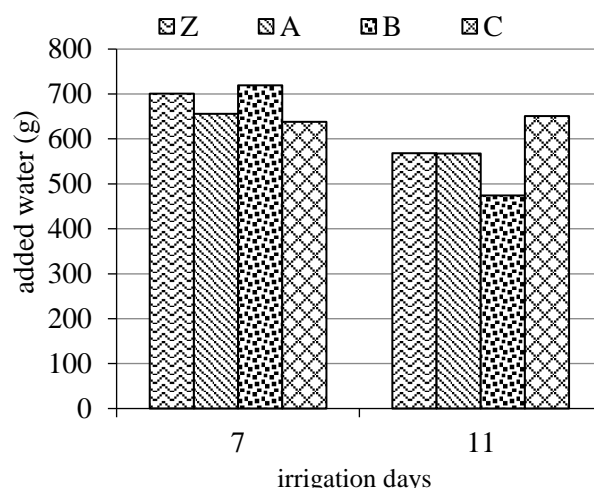
Experiments were carried out in laboratory conditions. Soil temperatures of the core of pots, one of the data determined during the experiment, depending on the applications from the rose pulp biochar mixed into different soil depths are presented in Figure 1.



**Figure 1.** Soil temperature changes depending on sampling days

An increasing soil temperature trend was observed during the experiment where the temperature readings climbed during the measurement, from around 23 °C to about 26 °C (Figure 1). This situation is related to the increase in laboratory temperature due to seasonal change, and no additional heat treatment was applied to the pots. The response of the pots to the increasing ambient temperature was at different levels, and the adaptation to room temperature was slower as the depth of biochar mixing increased. Although the lowest temperature values were observed in the C treatment which the incorporation layer was 0-21 cm, there was no statistical difference between the applications in terms of temperature change ( $p > 0.05$ ). However, differences in temperature between the measurement days were significant ( $p < 0.05$ ).

The amounts of water added to the pots to re-adjust the field capacity are given in Figure 2. The differences in terms of added water amounts were not significant; however, within the measurement days, a great decreasing-increasing course was observed. There was no trend observed through evapotranspiration.



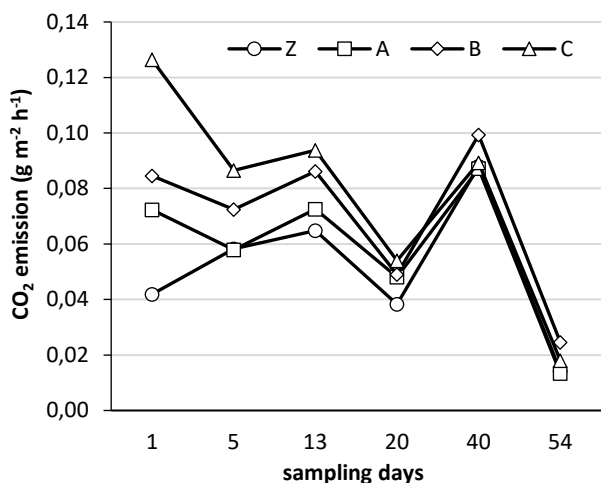
**Figure 2.** Added water amounts on irrigation days

Soil CO<sub>2</sub> emission values (Table 2 and Figure 3) revealed that there was a great influence of biochar on CO<sub>2</sub> formation. For the first measurement day, the greatest influence occurred on CO<sub>2</sub> which was increased with all biochar applications. The highest value was at C treatment as 0.126 g CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup> which was followed by the B, A, and Z treatments with the values of 0.084, 0.072, and 0.042 g CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup>, respectively. The CO<sub>2</sub> emission values at the first 3 measurement days were distinctly different from each other; however, the gap between treatments was getting closer at the last measurement days. Mean CO<sub>2</sub> values (Table 2) revealed that all treatments significantly triggered CO<sub>2</sub> flux, where the lowest emission was observed in the control (Z) treatment. These results indicate that the application of biochar increases the CO<sub>2</sub>

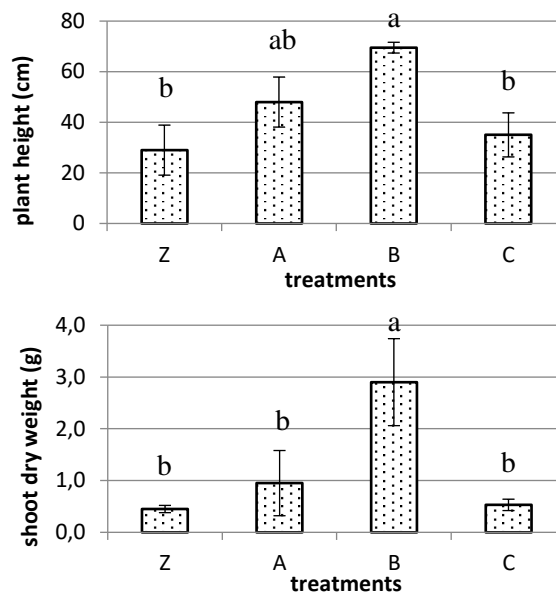
emission of the soil. Lehmann and Joseph (2009) also reported such a result, but stated that in the long run, the net emission will be negative as a result of biochar application; in other words, biochar is still an effective method for carbon sequestration. Although it was aimed to determine the effect of biochar on CO<sub>2</sub> emission in this study, the main issue is to reveal whether the mixing depth has a special role in emission. In general, the findings showed that the mixing depth is effective, and that near-surface application should be preferred instead of deep application, provided the doses remain the same, to reduce CO<sub>2</sub> production. The observed differences within treatments may be since with deep mixing, the same amount of biochar creates more contact with the soil, which creates different effects on microorganisms. One of the factors affecting soil carbon dioxide emission is soil evaporation (H<sub>2</sub>O emission) but none of the treatments results from significantly higher evaporation (P>0.05).

**Table 2.** The mean CO<sub>2</sub> emission values of treatments

Treatments	Mean CO <sub>2</sub> emission (g CO <sub>2</sub> m <sup>-2</sup> h <sup>-1</sup> )
Z	0.048 <sup>c</sup> ±0.027
A	0.052 <sup>bc</sup> ±0.024
B	0.064 <sup>ab</sup> ±0.032
C	0.076 <sup>a</sup> ±0.038



After emission measurements are completed, the maize plant was cultivated on the same pots, and the plant development parameters such as plant height and shoot dry weight are determined (Figure 4). Determined parameters are significantly influenced by treatments (P<0.05). Increasing the depth of the biochar incorporation zone increased plant growth regularly until application B. In the C application observed rising trend disappeared, and both plant height and shoot dry weight values dramatically dropped in the Z application.



**Figure 4.** Plant height and shoot dry weight of maize

**4. Conclusions**

The results obtained from this study showed that the depth of biochar application affects both CO<sub>2</sub> emission and plant growth. All applications increased CO<sub>2</sub> emissions, the lowest increase was observed in the narrowest layer (0-7 cm) and the highest increase was observed in the widest application layer (0-21 cm). When the results in terms of CO<sub>2</sub> emission are considered, it is concluded that close-surface biochar incorporation may provide more carbon sequestration leading to less CO<sub>2</sub> return to the atmosphere. When the treatments were compared, it was determined that the most suitable mixing depth in terms of vegetative parameters was a 0-14 cm layer. When the depths were compared in terms of vegetative parameters, it was determined that the most convenient mixing depth was a 0-14 cm layer. Significant positive effects were not observed at other incorporation zones.

**Author Contributions**

Authors equally contributed for the preparation to this paper.

**Conflict of Interest**

As the authors of this study, we declare that we do not have any conflict of interest statement.

**Ethics Committee Approval**

As the authors of this study, we declare that we do not have any ethics committee approval.

## References

- Akbolat, D., & Coşkan, A. (2021). Farklı toprak sıcaklıklarının tarla kapasitesindeki toprağın CO<sub>2</sub> üretimine etkisi. *Ziraat Fakültesi Dergisi*, 16(2), 200-206.
- Akbolat, D., Evrendilek, F., Coskan, A., & Ekinci, K. (2009). Quantifying soil respiration in response to short-term tillage practices: a case study in southern Turkey. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B– Soil and Plant Science*, 59(1), 50-56. <https://doi.org/10.1080/09064710701833202>
- Alaboz, P., & Işıldar, A. A. (2018). Elma ve gül posası biyoçarlarının kumlu toprağın bazı fiziksel özellikleri üzerine etkileri. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*, 6(2), 67-72.
- Eastman, C. M. (2011). Soil physical characteristics of an Aeric Ochraqualf amended with Biochar Doctoral dissertation, Ohio State University.
- Günel, E., & Erdem, H. (2021). Sürdürülebilir çevre yönetiminde biyoçar. *Sürdürülebilir Çevre Dergisi*, 1(1), 7-17.
- Jeffery, S., Verheijen, F. G. A., van der Velde, M., & Bastos, A. C. (2011). A quantitative review of the effects of biochar application to soils on crop productivity using meta-analysis. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 144(1), 175-187. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2011.08.015>
- Joseph, U. E., Toluwase, A. O., Kehinde, E. O., Omasan, E. E., Tolulope, A. Y., George, O. O., Zhao, C., & Hongyan, W. (2020). Effect of biochar on soil structure and storage of soil organic carbon and nitrogen in the aggregate fractions of an Albic soil. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 66(1), 1-12.
- Laird, D. A., Fleming, P., Davis, D. D., Horton, R., & Wang, B. (2010). Impact of biochar amendments on the quality of a typical Midwestern agricultural soil. *Geoderma*, 158(3-4), 443-449. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2010.05.013>
- Lehmann, J., & Joseph, S. (2009). Biochar for environmental management: An introduction. Lehmann, J., & S. Joseph, S., (Eds.), *Biochar for Environmental Management: Science, Technology and Implementation* (pp. 1-12). *Earthscan*. <https://doi.org/10.4324/9780203762264>
- Ma, R., Wu, X., Liu, Z., Yi, Q., Xu, M., Zheng, J., Bian, R., Zhang, X., & Pan, G. (2023). Biochar improves soil organic carbon stability by shaping the microbial community structures at different soil depths four years after an incorporation in a farmland soil. *Current Research in Environmental Sustainability*, 5, 100214. <https://doi.org/10.1016/j.crsust.2023.100214>
- Memici, M., & Ekinci, K. (2020). Pyrolysis of tomato harvest waste as a function of temperature and duration: Characteristics, production energy, and carbon dioxide emission in field conditions. *Soil and Tillage Research*, 202, 104652. <https://doi.org/10.1016/j.still.2020.104652>
- Sayğan, E. P. (2017). Biyokömürün (biochar) toprak düzenleyicisi olarak kullanım potansiyellerinin belirlenmesi. Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi. Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı, Şanlıurfa.
- Schnell, R. W., Vietor, D. M., Provin, T. L., Munster, C. L., & Capareda, S. (2012). Capacity of biochar application to maintain energy crop productivity: soil chemistry, sorghum growth, and runoff water quality effects. *Journal of Environmental Quality*, 41(4), 1044-1051. <https://doi.org/10.2134/jeq2011.0077>
- Smith, P., Cotrufo, M. F., Rumpel, C., Paustian, K., Kuikman, P. J., Elliott, J. A., McDowell, R., Griffiths, R. I., Asakawa, S., Bustamante, M., House, J. I., Sobocká, J., Harper, R., Pan, G., West, P. C., Gerber, J. S., Clark, J. M., Adhya, T., Scholes, R. J., & Scholes, M. C. (2016). Biogeochemical cycles and biodiversity as key drivers of ecosystem services provided by soils. *Soil*, 2(4), 665-685. <https://doi.org/10.5194/soil-2-665-2016>
- Spokas, K. A., & Reicosky, D. C. (2009). Impacts of sixteen different biochars on soil greenhouse gas production. *Annals of environmental science*, 3, 179-193.
- Van Zwieten, L., Singh, B. P., Kimber, S. W. L., Murphy, D. V., Macdonald, L. M., Rust, J., & Morris, S. (2014). An incubation study investigating the mechanisms that impact N<sub>2</sub>O flux from soil following biochar application. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 191, 53-62. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2014.02.030>
- Wang, H., Ren, T., Yang, H., Feng, Y., Feng, H., Liu, G., Yin, Q., & Shi, H. (2020). Research and application of biochar in soil CO<sub>2</sub> emission, fertility, and microorganisms: A sustainable solution to solve China's agricultural straw burning problem. *Sustainability*, 12(5), 1922. <https://doi.org/10.3390/su12051922>
- Woolf, D., Amonette, J. E., Street-Perrott, F. A., Lehmann, J., & Joseph, S. (2010). Sustainable biochar to mitigate global climate change. *Nature Communications*, 1(5), 1-9. <https://doi.org/10.1038/ncomms1053>



- Yang, Y., Sun, K., Liu, J., Chen, Y., & Han, L. (2022). Changes in soil properties and CO<sub>2</sub> emissions after biochar addition: Role of pyrolysis temperature and aging. *Science of the Total Environment*, 839, 156333. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.156333>
- Zhang, X., Zhong, R., He, X., Zhao, S., Wei, Y., Yang, F., & He, L. (2018). Effect of biochar on enteric methane production, rumen fermentation, and microbial populations in vitro. *Journal of Dairy Science*, 101(3), 2184-2196. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13219>

## *Aphis fabae* Scopoli, 1763 (Hemiptera: Aphididae) ile Beslenen *Harmonia axyridis* Pallas, 1773 (Coleoptera: Coccinellidae)'in İşlevsel Tepkisi

Ziraat Fakültesi Dergisi,  
Cilt 18, Sayı 2,  
Sayfa 116-122, 2023

Hacer ÇEVİK\*<sup>1</sup>, Şükran OĞUZOĞLU<sup>2</sup>, Tuğçe ÖZEK<sup>1</sup>, Mustafa AVCI<sup>2</sup>, İsmail KARACA<sup>1</sup>

Journal of the Faculty of Agriculture  
Volume 18, Issue 2,  
Page 116-122, 2023

**Öz:** Bu çalışmada yaprak biti *Aphis fabae* Scopoli, 1763 (Hemiptera: Aphididae) ile beslenen avcı böcek *Harmonia axyridis* Pallas, 1773 (Coleoptera: Coccinellidae)'in işlevsel tepkisinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışma için bakla bitkisi yetiştirilmiş, avcı böceğin 5 dönemine (4 larva ve ergin dönemi) 5 farklı sayıda av (5, 10, 20, 40 ve 80) besin olarak verilmiştir. Denemeler 5 tekerrürlü olacak şekilde yürütülmüş ve Denemelerde 14 cm çapında petri kapları kullanılmış ve bu kaplara avcı böceklerin beslenmesi amacıyla bakla yaprakları üzerine belli sayıda (5, 10, 20, 20 ve 80 adet) 2. ve 3. nimf döneminde olan yaprak biti aktarılmıştır. Bu aşamadan 24 saat geçtikten sonra avcı tükettiği av miktarı sayılıp kaydedilmiştir. Denemeler, 27±1°C sıcaklık ve %65±5 oranlı nem ve uzun gün aydınlatmalı (16:8) koşulların altında yürütülmüştür. *Harmonia axyridis*'in biyolojik dönemlerinde farklı sayılarda verilen besin tüketimleri arasında istatistik farklılıklar olduğu belirlenmiştir. Birinci larva döneminde avcının diğer dönemlere göre daha az sayıda av tükettiği ve bunun istatistiki olarak da önemli olduğu bulunmuştur. Av tüketimi açısından incelendiğinde 3. ve 4. larva döneminde bulunan avcılarının daha fazla sayıda yaprak bitini tükettiği kaydedilmiştir. Av sayısına bağlı olarak avcının tüketim tepkisi doğrusal bir gelişme sergilemiştir. Bu iki karakter arasındaki ilişkinin yüzdesi regresyon denklemleri ile hesaplanmış olup, regresyon katsayısı 1. larva dönemi hariç %90'ın üzerinde olmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Av-avcı ilişkileri, beslenme, biyolojik mücadele, trofik ilişkiler

## Functional Response of *Harmonia axyridis* Pallas, 1773 (Coleoptera: Coccinellidae) Feeding on *Aphis fabae* Scopoli, 1763 (Hemiptera: Aphididae)

**Abstract:** The aim of this study was to determine the functional response of the ladybird beetle *Harmonia axyridis* Pallas, 1773 (Coleoptera: Coccinellidae), which feeds on the bean aphid *Aphis fabae* Scopoli, 1763 (Hemiptera: Aphididae). Bean plants were cultivated for the study, and the predator beetle was provided with different numbers of prey (5, 10, 20, 40, and 80) during its 5 stages (4 larvae and adult stage). The experiments were conducted with 5 replicates. Petri dishes with a diameter of 14 cm were used for the experiments, and a specific number of second and third instar aphids (5, 10, 20, 20, and 80 individuals) were transferred onto bean leaves to serve as food for the predator. After 24 hours, the amount of prey consumed by the predator was counted and recorded. The experiments were conducted under conditions of 27±1°C temperature, 65±5% relative humidity, and long-day photoperiod (16:8). Statistical differences were found in the prey consumption of *Harmonia axyridis* among its different biological stages. It was observed that the predator consumed fewer prey during the first larval stage compared to the other stages, and this difference was statistically significant. When examined in terms of prey consumption, it was recorded that predators in the third and fourth larval stages consumed a larger number of aphids. The predator's consumption response showed a linear progression depending on the number of preys. The percentage of the relationship between these two variables was calculated using regression equations, and the regression coefficient was above 90% except for the first larval stage.

\*Sorumlu yazar (Corresponding author)  
cevikhacer96@gmail.com

Alınış (Received): 25/09/2023  
Kabul (Accepted): 27/10/2023

<sup>1</sup>Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi,  
Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü,  
Isparta, Türkiye.

<sup>2</sup>Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi,  
Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği  
Bölümü, Isparta, Türkiye

**Keywords:** Prey-predator relationships, feeding, biological control, trophic interactions

## 1. Giriş

Küresel iklim değişikliği ve nüfus artışına bağlı olarak artan besin ihtiyacını karşılayabilmek amacıyla kaliteli gıda üretimi ön plana çıkmıştır. Kaliteli ve daha fazla gıda üretimi yapabilmek için kimyasal gübreler ve pestisitler kullanılmış, ancak böceklerin insektisitlere karşı direnç göstermesi ve gıda ürünlerinde görülen kalıntı problemleri nedeniyle biyolojik mücadeleye yönelim artmıştır. Biyolojik mücadele çalışmaları çevre ve insan sağlığına zararının olmaması nedeniyle sıklıkla tercih edilmektedir (Batra, 1982; Crowder ve Jabbour, 2014).

Biyolojik mücadele uygulamalarında başarı sağlanmasında zararlıya karşı etkili avcı ya da parazitoitin kullanılması önemlidir. Doğada her türün beslenme stratejisi, av tüketim miktarı, türler arasındaki ve tür içinde rekabet düzeyi farklılık göstermektedir. Bazı türler rekabet gücünün yüksek olması nedeniyle diğer türler üzerinde baskın olabilmektedir. Etkili doğal düşmanın belirlenmesinde av-avcı ilişkileri ya da konukçu bitkinin de dahil olduğu trofik ilişkilerin ortaya koyulması biyolojik mücadelede başarı oranını arttırmaktadır (Yu vd., 2020). Biyolojik mücadele etmeninin etkili olup olmadığı belirlemek amacıyla çeşitli hesaplamalar yapılmaktadır. Bu hesaplamalardan bir tanesi de işlevsel tepki olarak da adlandırılan hesaplama ile avcının av tüketim miktarını belirlemektir (Holling, 1966; Jeschke vd, 2002; Lester ve Harmsen, 2002; Omkar ve Pervez, 2004). Avcının hem farklı av türlerine göre hem de aynı türe ait farklı av miktarlarına göre işlevsel tepkisi değişkenlik gösterir (Farhadi vd., 2010). Başka bir deyişle bir doğal düşman etmeninin farklı av yoğunluklarında etkili olduğu av popülasyonu, avcı türün etki gücünü ortaya koymaktadır (Murdoch ve Oaten, 1975). Bu nedenle birçok avcı türün farklı avlar ve av miktarlarına yönelik çalışmalar yapılmaktadır (Kaydan ve Yaşar, 1999; Atlıhan vd., 2004; Lee ve Kang, 2004; Yaşar ve Özger, 2005; Atlıhan ve Güldal, 2008; Moradi vd., 2020; Khatrawi vd., 2022). Böylelikle etkili olan avcı belirlenebilmekte ve biyolojik mücadele çalışmalarında kullanımı önerilmektedir (Yu vd., 2020). Av yoğunluğu ile avcının av tüketim oranı arasında artış eğilimi olduğu belirtilmiştir. Bu artışı tanımlamak için dört işlevsel tepki türü ortaya koyulmuştur: Tip I: Artış eğiliminin maksimuma doğru doğrusal bir yükseliş, Tip II: artış eğiliminin maksimuma doğru sürekli azalan bir yükseliş, Tip III: sigmoid artış tipi ve Tip IV: kubbe şekilli artış eğilimi. Dördüncü tip işlevsel tepkide av yoğunluğunun sayısı artmasıyla av tüketim miktarının belirli bir noktaya kadar artış göstermesi ve o noktadan sonra azalışa geçmesi şeklindedir. Azalışa geçme durumu ise avın savunmaya geçmesi ile doğal düşman etmenine tepki göstermesidir (Holling, 1959). Arthropoda şubesinde doğal düşmanların işlevsel tepki çalışmalarında çoğunlukla Tip II kullanılmaktadır. Tip II işlevsel tepkide av ya da konukçu yoğunluğunun artması

ile öldürülen av yüzdesinde azalma olduğu için doğal düşmanlar av ya da konukçu yoğunluğuna göre ters etki göstermektedir (Feng vd., 2018).

Tarımsal üretimlerde ekonomik zararlara neden olan yaprak bitlerinin beslenmesiyle büyüme durmakta ve popülasyonun yoğun olması durumunda bitkide ölümler meydana gelmektedir. Oluşturdukları bu zararlara ek olarak yaprak bitleri beslenmeleri sırasında meydana getirdikleri tatlımsı maddeden dolayı bitki üzerinde fumajine sebep olmakta, fotosentezin gerçekleşmesini engellemektedir. Belirtilen bu etkiler hem üretim miktarının azalmasına hem de ürün kalitesinde düşümlere sebep olmaktadır (Düzgüneş ve Toros, 1978; Yoldaş vd., 2011). Ayrıca yaprak bitleri beslenme sırasında virüslere vektörlük yaparak bitkiye virüs bulaşmasına neden olmaktadır (Eastop, 1977; Harris ve Maramorosch, 2014). Çalışmaya konu olan *Aphis fabae* Scopoli, 1763 (Hemiptera: Aphididae) birçok otsu-odunsu tarımsal bitkiler ve süs bitkilerinde zarar yapan polifag bir türdür. Tarım alanında kullanılan bitkilerin önemli zararlıları arasında bulunan *A. fabae*, bakla bitkisinin dünyadaki en önemli zararlısı olduğu kabul edilmektedir (Baş, 2023). Dünyada geniş bir yayılımı bulunan tür, ülkemizde de birçok ilde tespit edilmiştir (Kök, 2019). Coccinellidae familyasından türler, yaprak bitleriyle biyolojik mücadelede yaygın olarak kullanılmaktadır. Coccinellidae familyası, zararlı popülasyonlarını düzenlemede ve zararlı yönetiminde önemli canlı grupları arasındadır (Uygun, 1981; Düzgüneş vd., 1982; Obrycki vd., 1998; Hodek, 2013; Biranvand vd., 2019). Coccinellidae familyasından *Harmonia axyridis* Pallas, 1773 Doğu Asya orijinli bir türdür. Ülkemizde ilk kez 2011 yılında Tekirdağ'da tespit edilmiş, ardından ülkemizde hızla yayılımını arttırmış ve birçok yerde (Ankara, Antalya, Balıkesir, Bartın, Bilecik, Bolu, Burdur, Bursa, Çanakkale, Düzce, Isparta, İstanbul, İzmir, Karaman, Kastamonu, Kırklareli, Kocaeli, Muğla, Nevşehir, Rize, Sakarya, Samsun, Sinop, Tokat, Trabzon, Yalova ve Yozgat) bulunmuştur (Aysal ve Kıvan, 2014; Bukejs ve Telnov, 2015; Baştuğ ve Kasap, 2015; Toper Kaygın ve Sobutay Kaplan, 2017; Tiftikçi, 2017; Öztemiz ve Yayla, 2018; Biranvand vd., 2019; Oğuzoğlu ve Avcı, 2019; Karataş vd., 2021; Patlar vd., 2021). Bu türün polifag olması nedeniyle besin tüketimi ve farklı avlar üzerindeki işlevsel tepkisi üzerine birçok çalışma bulunmaktadır (Lee ve Kang, 2004; Sarmiento vd., 2007; Seko ve Miura, 2008; Xue vd., 2009; Farhadi vd., 2010; Madadi vd., 2011; Feng vd., 2018; Wu vd., 2018; Yu vd., 2020; Islam vd., 2021; Islam vd., 2022).

Bu çalışmada yaprak biti *Aphis fabae* (Hemiptera: Aphididae) ile beslenen avcı böcek *Harmonia axyridis*'in (Coleoptera: Coccinellidae) larva ve ergin dönemlerindeki işlevsel tepkisinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

## 2. Materyal ve Metot

### 2.1. Materyallerin temini ve üretimi

#### 2.1.1. Bitki üretimi

Denemelerde kullanılan bakla bitkisinin tohumları ekimden bir gün öncesinde suda bekletilmiştir. Sonrasında bu tohumlar içerisinde torf-toprak karışımı bulunan plastik saksılar içerisine ekilmiştir. Bitki üretimi  $25\pm 1^\circ\text{C}$ 'de,  $\%65\pm 5$  orantılı nem ve uzun gün aydınlatmalı (16:8) koşullarına ayarlanmış iklim odasında gerçekleştirilmiştir. Bitkiler iki yapraklı boyuta gelince, yaprak biti üretiminin yapıldığı iklim odasına alınmıştır. Bitki üretimine çalışma boyunca devam edilmiştir.

#### 2.1.2. *Aphis fabae* üretimi

Çalışmada kullanılan yaprak bitleri (*Aphis fabae*) Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü, Biyolojik Mücadele Araştırma ve Uygulama laboratuvarına üretilen stok kültüründen alınmıştır. Laboratuvar koşullarında denemenin yürütülebilmesi için, iki yapraklı dönemine gelmiş bakla bitkilerine bulaştırma yapılmıştır. Yaprak bitlerinin üretimi  $25\pm 1^\circ\text{C}$ 'de,  $\%65\pm 5$  orantılı nem ve uzun gün aydınlatmalı (16:8) koşullarına ayarlanmış iklim odalarında yürütülmüştür.

#### 2.1.3. *Harmonia axyridis* üretimi

Avcı böceğe ait larva ve erginler (*Harmonia axyridis*) ISUBÜ Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü, Biyolojik Mücadele Araştırma ve Uygulama laboratuvarına üretilen stok kültüründen temin edilmiştir. İklim odasında üretimi yapılan yaprak biti *Aphis fabae* ile bulaşık bakla bitkileri makasla kesilerek besin olarak verilmiştir. Avcı üretimine  $27\pm 1^\circ\text{C}$  sıcaklık ve  $\%65\pm 5$  orantılı nem ve uzun gün aydınlatmalı (16:8) koşullara sahip iklim kabinlerinde çalışma boyunca devam edilmiştir.

## 2.2. Yöntem

### 2.2.1. Denemelerin kurulması

Avcı böcek *Harmonia axyridis*'e ait yumurtalardan larvalar çıkar çıkmaz ayrı bir petri kabına alınarak larvalar 24 saat aç bırakılmıştır. 14 cm çapında petri kaplarına 3 adet bakla

yaprağı konularak yapraklar üzerine (5, 10, 20, 40 ve 80 adet) bakla yaprak biti (2. ve 3. dönem nimf) ve her petriye bir *H. axyridis* larvası aktarılmıştır. Bu işlemin üzerinden 24 saat geçtikten sonra larvaların tükettikleri av miktarı sayılıp kaydedilmiştir. Bu işlem avcı böceğin bütün larva dönemleri ile ergin dönemi için ayrı ayrı gerçekleştirilmiştir. Denemeler,  $27\pm 1^\circ\text{C}$  sıcaklık ve  $\%65\pm 5$  orantılı nem ve uzun gün aydınlatmalı (16:8) koşulların altında yapılmıştır.

### 2.2.2. Verilerin değerlendirilmesi

Deneme sonunda avcı böceğin dört larva ve ergin dönem olmak üzere toplam beş dönem için av üzerindeki etkinliği yani işlevsel tepkisi Holling (1959)'in kullanmış olduğu formül ile hesaplanmıştır.

$$Na = \frac{TPaN}{(1+aThN)} \quad (1)$$

Na: Tüketilen av sayısı

T: Avcı ve avın bir arada tutulma süresi (24 saat)

P: Avcı sayısı

N: Birim alandaki av yoğunluğu

a: Avcının saldırı oranı

Th: Her bir avın yakalama süresi

Deneme düzeni 5 avcı dönemi ve 5 farklı sabit sayıda av kullanılarak 5 tekerrür şeklinde oluşturulmuştur. *Harmonia axyridis*'in farklı biyolojik dönemlerinin farklı sabit sayılarda verilen av tüketimleri arasında istatistiksel analizinde tek yönlü varyans analizi (One-Way ANOVA) uygulanmıştır. Daha sonra gruplar arasındaki farklılıkları kaynağını belirlemek için de Tukey çoklu karşılaştırma testi ( $p<0.05$ ) (Tukey, 1949) yapılmıştır. Farklı sabit sayıda verilen avlara, avcının işlevsel tepkisini belirlemek amacıyla doğrusal regresyon analizi uygulanmıştır. İstatistiksel analizler IBM SPSS Statistics (Versiyon 23.0, 2015, IBM SPSS, Armonk New York, ABD) paket programı yardımıyla gerçekleştirilmiştir.

## 3. Bulgular ve Tartışma

Çalışma sonucunda *Harmonia axyridis*'in farklı biyolojik dönemlerinin beş farklı sabit sayılarda (5, 10, 20, 40 ve 80 adet) verilen av sayısına bağlı olarak tüketim miktarları Tablo 1'de verilmiştir. Tablo 1 incelendiğinde dört larva dönemi ve ergin dönemlerinin av sayısını tüketimleri arasında istatistiksel olarak farklılıklar olduğu görülmektedir. Birinci dönemde bulunan avcının diğer

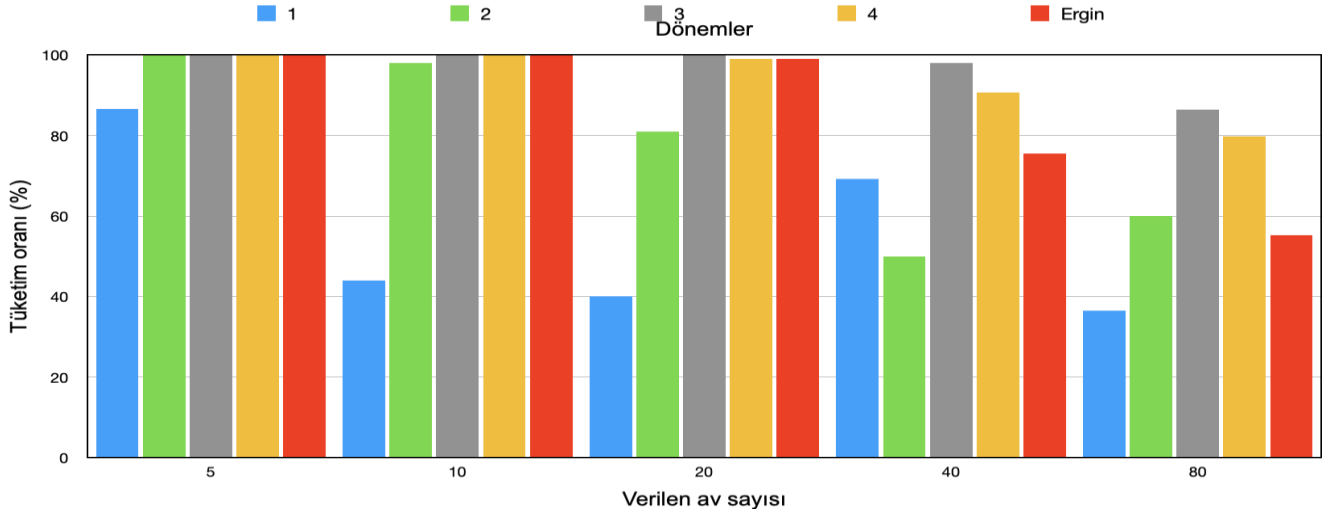
**Tablo 1.** *Harmonia axyridis*'in farklı biyolojik dönemlerindeki av tüketimi

Dönem	Yaprak biti sayısı (adet)				
	5	10	20	40	80
1. Larva	4.3 ± 0.3 b*	4.4 ± 0.8 b	8.0 ± 1.0 b	27.6 ± 1.7 ab	29.2 ± 3.7 c
2. Larva	5.0 ± 0.0 a	9.8 ± 0.2 a	16.2 ± 0.9 a	20.0 ± 2.3 b	48.0 ± 5.1 bc
3. Larva	5.0 ± 0.0 a	10.0 ± 0.0 a	20.0 ± 0.0 a	39.2 ± 0.8 a	69.2 ± 6.5 a
4. Larva	5.0 ± 0.0 a	10.0 ± 0.0 a	19,8 ± 0.2 a	29.0 ± 7.3 ab	63.8 ± 3.1 ab
Ergin birey	5.0 ± 0.0 a	10.0 ± 0.0 a	17.8 ± 1.9 a	30.2 ± 3.4 ab	44.2 ± 5.2 bc

\*Sütunlar yukarıdan aşağıya incelendiğinde aynı harfi içeren ortalamalar Tukey ( $p=0.05$ ) testine göre istatistiki olarak farklı değildir.

**Tablo 2.** Farklı dönemdeki *Harmonia axyridis*'in farklı sayıdaki avları tüketim oranları (%)

Dönem	Yaprak biti sayısı (adet)				
	5	10	20	40	80
1. Larva	87	44	40	69	37
2. Larva	100	98	81	50	60
3. Larva	100	100	100	98	87
4. Larva	100	100	99	91	80
Ergin birey	100	100	99	76	55

**Şekil 1.** Farklı dönemdeki avcılarının farklı sayıdaki avları tüketim oranları

dönemlere göre daha az sayıda av tükettiği ve bunun istatistiki olarak da önemli olduğu görülmektedir. 3. ve 4. dönemde bulunan avcılarının daha fazla sayıda yaprak biti bireyini tükettiği, bunu 2. larva döneminin ve ergin dönemin izlediği anlaşılmaktadır.

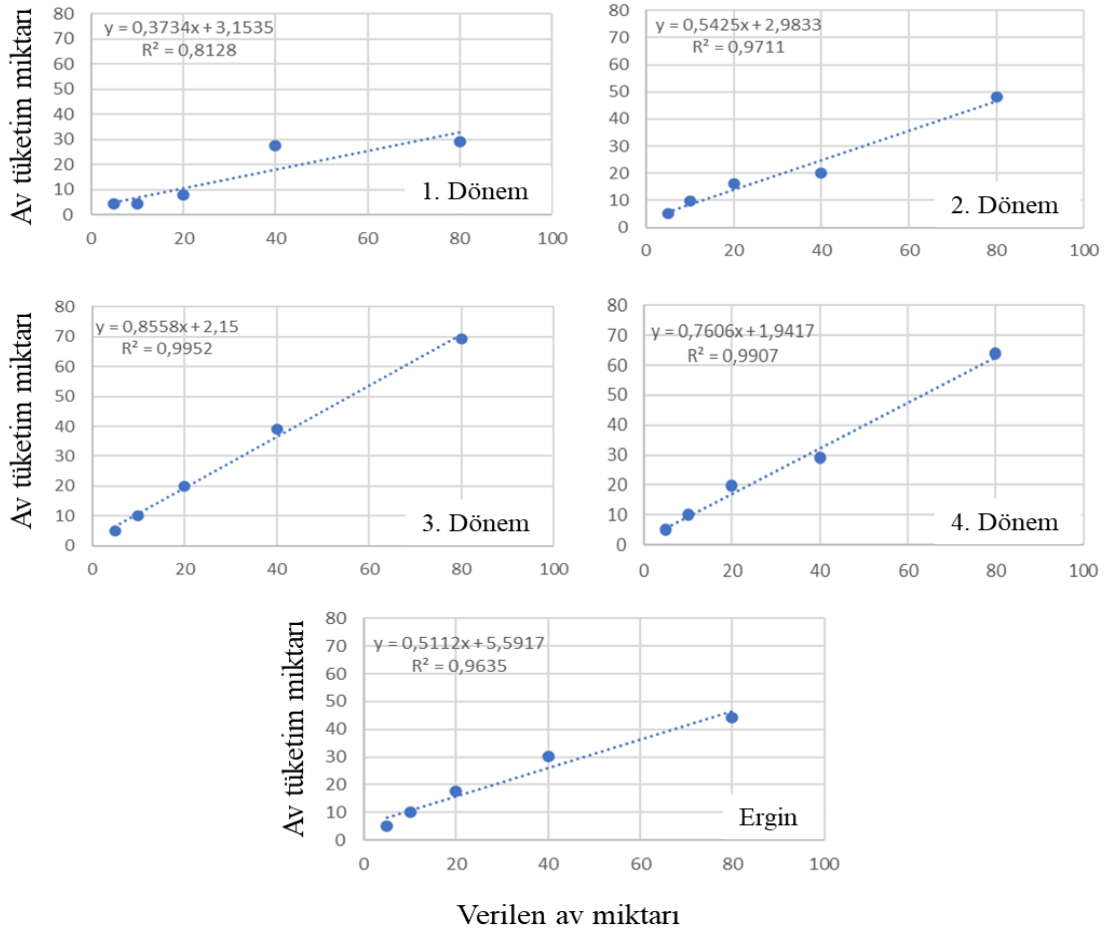
Yapılan denemelerde, farklı dönemlere verilen farklı sabit av sayılarının tüketilme oranları Tablo 2 ve Şekil 1'de verilmiştir. Tablo 2 ve Şekil 1 incelendiğinde av olarak 5 birey verildiğinde birinci dönemdeki avcı bunun %87'sini tüketirken, diğer dönemler tümünü tüketmiştir. Verilen av sayılarına bağlı olarak avcının farklı dönemlerinin tüketim oranları da farklılık göstermiştir. Örneğin 10 adet yaprak biti verildiğinde 3. ve 4. dönem larvalar ile erginlerin avın tümünü tüketirken av sayısı arttıkça tüketim oranında genel bir azalma saptanmıştır.

Yapılan çalışmalar sonucunda verilen av sayısına avcının tepkisinin belirlendiği sonuçlar Şekil 2'de verilmiştir. Şekil 2'de de görüldüğü gibi verilen av sayısına bağlı olarak avcının tüketim tepkisi doğrusal bir gelişme sergilemiştir. Bu iki karakter arasındaki ilişkinin yüzdesi regresyon denklemleri ile hesaplanmış olup, regresyon katsayısı 1. larva dönemi hariç her zaman %90'ın üzerinde olmuştur.

Av yoğunluğu ile tüketilen av sayısı arasındaki ilişki hem av hem de avcı türe göre değişkenlik göstermektedir. Ayrıca avcılarının farklı sayıdaki av miktarlarını tüketim miktarı da değişmektedir (Farhadi vd., 2010). Coccinellidae familyasından birçok türün av tüketim miktarı ve işlevsel tepkisi belirlenmiştir. *Harmonia axyridis*, polifag bir tür

olması ve besin tüketiminin yüksek olması nedeniyle çalışmalarda sıklıkla kullanılmıştır. *H. axyridis*'in larva ve ergin dönemlerinde av olarak *Myzus persicae* verilmiş ve dördüncü larva döneminde av tüketim oranı yüksek bulunmuştur (Seko ve Miura, 2008). *H. axyridis*'in *Melanaphis sacchari* (Wu vd., 2018), *Tinocallis kahawaluokalani* (Gholamzadeh-Chitgar, 2019) ve *Acyrtosiphon pisum* (Islam vd., 2019) ile beslenen 4. larva ve ergin (dişi) döneminde daha fazla av tükettiği belirtilmiştir. Farklı larva dönemlerinde de işlevsel tepki değerinin yüksek olduğu çalışmalar bulunmaktadır. *Aphis craccivora* ile beslenen *H. axyridis*'in larva ve erginlerinin işlevsel tepki değerleri belirlenmiş ve 2. larva döneminde türün daha etkin olduğu görülmüştür (Chen vd., 2015). *Aphis glycines* (Xue vd., 2009) ve *Aphis gossypii* (Lee ve Kang, 2004) ile beslenen *H. axyridis* bireylerinin 3. larva döneminde daha fazla av tükettiği belirtilmiştir. Çalışmamızda da *H. axyridis*'in birinci larva döneminde en az av tüketimi saptanmış, üçüncü ve dördüncü larva dönemlerinde daha fazla *Aphis fabae* tüketimi görülürken av tüketim oranları ikinci larva dönemi ve ergin dönemde benzerlik göstermiştir. Literatür çalışmaları incelendiğinde, farklı av türlerine göre *H. axyridis*'in farklı işlevsel tepki değerlerine sahip olduğu ancak genel olarak son larva dönemi ve ergin dönemlerde av tüketim oranının daha yüksek olduğu görülmektedir.

Çalışmamızda av sayısı ile avcının tüketim oranı arasında doğrusal bir eğilim görülmüştür. Bu çalışmada da literatür çalışmalarında olduğu gibi Tip II işlevsel tepki bulunmuştur. *H. axyridis*'in 4 larva ve ergin döneminde



Şekil 2. Avcının farklı sabit sayıda verilen avlara işlevsel tepkisi

*Acyrtosiphon pisum* 15 ve 35 °C sıcaklıklarında lojistik regresyon ve Roger'ın rastgele avcı modelleri ile işlevsel tepkisini araştırmıştır. Ortam sıcaklığının artmasıyla avcı aktivitesi ve *A. pisum* bireylerinin ölüm oranında artış tespit edilmiştir (Islam vd., 2019). Aynı avcının *Tinocallis kahawaluokalani* ile yapılan başka bir çalışmada tüketilen avların oranında av yoğunluğu arttıkça katlanarak azalış görülmüştür (Gholamzadeh-Chitgar, 2019). *H. axyridis*'in iki yaprak biti türünde avlanma etkinliğine sıcaklığın etkisi araştırılmış, *Chromaphis juglandicola*'nın *Panaphis juglandis*'e göre avlanmada daha iyi olduğu bulunmuştur. Bu çalışmada da avcı yoğunluğu arttıkça av tüketim oranının azaldığı belirlenmiştir (Gao vd., 2020). *Rhopalosiphum prunifoliae* türü ile yapılan çalışmada ise yaprak biti sayısı ile avlanma oranının doğrusal olarak arttığı, yaprak biti yoğunluğunun 70-100 oranına çıkarıldığında av direnci ve kaçışı ile avcının saldırı oranının düştüğü bildirilmiştir (Luo, 1987). Feng vd. (2018) ise *H. axyridis*'in dişi bireylerinin *Aphis citricola*'nın 6 farklı av yoğunluğundaki deneme sonunda av yoğunluğu ile av tüketiminin doğru orantılı bir eğilim gösterdiği bildirmiştir.

#### 4. Sonuç ve Öneriler

Sonuç olarak avcı böcek *Harmonia axyridis* ile yapılan çalışma sonucunda kullanılan yaprak biti *Aphis fabae*'nin

biyolojik mücadelesinde kullanılabileceği sonucuna varılmıştır. Ülkemizde ilk kez 2014 yılında görülen bu avcı böceğin besin tüketiminin yüksek olduğu ve sera gibi alanlarda kullanılabileceği düşünülmektedir. Ancak besin tüketiminin yüksek olması nedeniyle ekosistemde türler arası rekabette baskın olabileceği düşünüldüğünde, ülkemizin doğal Coccinellidae türleri ve özellikle de nadir görülen Coccinellidae türleri üzerinde tehdit oluşturabileceği bu nedenle açık alanlarda yürütülecek çalışmalarda kullanılmasının uygun olmayacağı düşünülmektedir.

#### Teşekkürler

Bu çalışma TÜBİTAK 2209-A Üniversite Öğrencileri Araştırma Projeleri Destekleme Programı tarafından desteklenmiştir. Tuğçe ÖZEK, Yükseköğretim Kurulu (YÖK) tarafından doktora öğrencilerine yönelik YÖK 100/2000 burs programı kapsamında desteklendi.

#### Yazar Katkı Oranları

Çalışma, İsmail Karaca ve Mustafa Avcı tarafından kurgulanmıştır. Materyal temini İsmail Karaca, Hacer Çevik ve Şükran Oğuzoğlu, laboratuvar çalışmaları Hacer Çevik,

Şükran Oğuzoğlu ve Tuğçe Özek tarafından yapılmıştır. Makale yazımına tüm yazarlar katkı sağlamıştır.

### Çıkar Çatışması Beyanı

Bu çalışmanın yazarları olarak herhangi bir çıkar çatışması beyanımız bulunmadığını bildiririz.

### Etik Kurul Onayı

Bu çalışmanın yazarları olarak herhangi bir etik kurul onay bilgileri beyanımız bulunmadığını bildiririz.

### Kaynakça

- Atlıhan, R., & Güldal, H. (2008). Prey density-dependent feeding activity and life table history of *Scymnus subvillosus*. *Phytoparasitica*, 37, 35-41.
- Atlıhan, R., Kaydan, B., & Özgökçe, M.S. (2004). Feeding activity and life history characteristics of the generalist predator, *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae) at different prey densities. *Journal of Pest Science*, 77, 17-21.
- Aysal, T. & Kıvan, M. (2014). Occurrence of an invasive alien species *Harmonia axyridis* (Pallas)(Coleoptera: Coccinellidae) in Turkey. *Türkiye Entomoloji Bülteni*, 4(3), 141-146.
- Baş, F. H. (2023). *Aphis fabae* (Hemiptera: Aphididae) üzerinde *Hippodamia variegata* ve *Adalia fasciatopunctata revelierei* (Coleoptera: Coccinellidae)'nin demografik özellikleri, tüketim kapasiteleri ve salım oranlarının belirlenmesi. Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 108s., Van
- Baştuğ, G., & Kasap, İ. (2015). Çanakkale ili Coccinellidae (Coleoptera) familyası üzerine faunistik çalışmalar. *Türkiye Biyolojik Mücadele Dergisi*, 6(1), 41-50.
- Batra, S. W. (1982). Biological control in agroecosystems. *Science*, 215(4529), 134-139.
- Biranvand, M., Nedved, O., Tomaszewska, W., Al Ansi, A. N., Fekrat, L., Haghghadam, Z. M., Khormizi, M. Z., Noorinahad, S., Şenal, D., Shakarami, J., & Haelewaters, D. (2019). The genus *Harmonia* (Coleoptera, Coccinellidae) in the Middle East region. *Acta Entomologica Musei Nationalis Pragae*, 59, 163-170.
- Bukejs, A., & Telnov, D. (2015). The first record of the invasive lady beetle *Harmonia axyridis* (Pallas, 1773) (Coleoptera: Coccinellidae) in Turkey. *Zoology and Ecology*, 25(1), 59-62.
- Crowder, D. W. & Jabbour, R. (2014). Relationships between biodiversity and biological control in agroecosystems: current status and future challenges. *Biological Control*, 75, 8-17.
- Duzgunes, Z. & Toros, S. (1978). Studies on the aphid species infesting apple trees in the Ankara district and a short account of their life-history. *Türkiye Bitki Koruma Dergisi*, 2(3), 151-175.
- Eastop, V. F. (1977). *Worldwide importance of aphids as virus vectors*. In *Aphids as virus vectors*. Academic Press, 3-62.
- Farhadi, R., Allahyari, H., & Juliano, S. A. (2010). Functional response of larval and adult stages of *Hippodamia variegata* (Coleoptera: Coccinellidae) to different densities of *Aphis fabae* (Hemiptera: Aphididae). *Environmental Entomology*, 39(5), 1586-1592.
- Feng, Y., Zhou, Z. X., An, M. R., Yu, X. L., & Liu, T. X. (2018). The effects of prey distribution and digestion on functional response of *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae). *Biological Control*, 124, 74-81.
- Gao, G., Liu, S., Feng, L., Wang, Y., & Lu, Z. (2020). Effect of temperature on predation by *Harmonia axyridis* (Pall.) (Coleoptera: Coccinellidae) on the walnut aphids *Chromaphis juglandicola* Kalt. and *Panaphis juglandis* (Goeze). *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 30, 1-6.
- Harris, K. F., & Maramorosch, K. (Eds.). (2014). *Aphids as virus vectors*. Elsevier.
- Hodek, I. (2013). *Biology of Coccinellidae*. Springer Science & Business Media.
- Holling C.S. (1959). Some characteristics of simple types of predation and parasitism. *Canadian Entomology*, 91, 385-398.
- Holling, C.S. (1966). The functional response of invertebrate predators to prey density. *The Memoirs of the Entomological Society of Canada*, 98, 5-86.
- Islam, Y., Shah, F. M., Günçan, A., DeLong, J. P., & Zhou, X. (2022). Functional response of *Harmonia axyridis* to the larvae of *Spodoptera litura*: the combined effect of temperatures and prey instars. *Frontiers in Plant Science*, 13, 849574.
- Islam, Y., Shah, F. M., Rubing, X., Razaq, M., Yabo, M., Xihong, L., & Zhou, X. (2021). Functional response of *Harmonia axyridis* preying on *Acyrtosiphon pisum* nymphs: the effect of temperature. *Scientific Reports*, 11(1), 13565.
- Jeschke, J.M., Kopp, M., Tollrian, R. (2002). Predator functional responses: discriminating between handling and digesting prey. *Ecological Monographs*, 72, 95-112.
- Karataş, A., Karataş, A., Yavuz, N., Ülker, E. D., Koçak, Ö., & Akbaba, B. (2021). Insectum non grata: the harlequin ladybird, *Harmonia axyridis* (Pallas, 1773) (Coleoptera, Coccinellidae) in Turkey. *Turkish Journal of Zoology*, 45(3), 197-205.
- Kaydan, B. & Yaşar, B. (1999). Avcı Böcek *Scymnus apetzii* (Mulsant) (Coleoptera: Coccinellidae)'nin *Hyalopterus pruni* (Geoffroy) (Hom.: Aphididae) Üzerindeki İşlevsel ve Sayısal Tepkileri ile Açlığa Dayanma Sürelerinin Saptanması. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 9, 29-35.
- Khattawi, S., Kayahan, A., & Karaca, İ. (2022). Functional and numerical response of *Hippodamia variegata* (Goeze) (Coleoptera: Coccinellidae) on *Macrosiphum rosae* (L.) (Hemiptera: Aphididae). *International Journal of Agriculture Environment and Food Sciences*, 6(2), 311-318.

- Koch, R. L., Venette, R. C., & Hutchison, W. D. (2006). Invasions by *Harmonia axyridis* (Pallas) (Coleoptera: Coccinellidae) in the western hemisphere: implications for South America. *Neotropical Entomology*, 35, 421-434.
- Kök, Ş. (2019). Çanakkale ve Balıkesir illeri yaprakbiti (Hemiptera: Aphidoidea) faunası ile doğal düşmanlarının belirlenmesi ve kiraz siyah yaprakbiti, *Myzus cerasi* (Fabricius, 1775)'nin biyolojisi üzerine çalışmalar. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 274s, Çanakkale.
- Lee, J.H. & Kang, T.J. (2004). Functional response of *Harmonia axyridis* (Pallas) (Coleoptera: Coccinellidae) to *Aphis gossypii* Glover (Hemiptera: Aphididae) in the laboratory. *Biological Control*, 31, 306-310.
- Lester, P.J. & Harmsen, R. (2002). Functional and numerical responses do not always indicate the most effective predator for biological control: an analysis of two predators in a two-prey system. *Journal of Applied Ecology*, 39, 455-468.
- Madadi, H., Mohajeri Parizi, E., Allahyari, H., & Enkegaard, A. (2011). Assessment of the biological control capability of *Hippodamia variegata* (Col.: Coccinellidae) using functional response experiments. *Journal of Pest Science*, 84, 447-455.
- Moradi, M., Hassanpour, M., Fathi, S.A.A. & Golizadeh, A. (2020). Foraging behaviour of *Scymnus syriacus* (Coleoptera: Coccinellidae) provided with *Aphis spiraeicola* and *Aphis gossypii* (Hemiptera: Aphididae) as prey: Functional response and prey preference. *European Journal of Entomology*, 117, 83-92.
- Murdoch, W. W. & A. Oaten, (1975). Predation and population stability. *Advances in Ecological Research*, 9, 1-131.
- Obrzycki, J. J., Harwood, J. D., Kring, T. J., & O'Neil, R. J. (2009). Aphidophagy by Coccinellidae: application of biological control in agroecosystems. *Biological Control*, 51(2), 244-254.
- Oğuzoğlu Ş. & Avcı M. (2019). Natural enemies of *Cinara cedri* Mimeur 1936 (Hemiptera: Aphididae) in cedar forests in Isparta regional forest directorate. *Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 19, 172-184.
- Omkar, O. & Pervez, A. (2004). Functional and numerical responses of *Propylea dissecta* (Mulsant) (Coleoptera: Coccinellidae). *Journal of Applied Entomology*, 128, 140-146.
- Öztemiz, S., & Yayla, Ş. (2018). Two new species of *Harmonia* (Coleoptera: Coccinellidae) from Düzce, Turkey. *Munis Entomology & Zoology*, 13(1), 318-322.
- Patlar G., Oğuzoğlu Ş., Avcı M. & Şenol Ö. (2021). Aphid (Hemiptera: Aphididae) species in Burdur urban parks with three records for the fauna of Turkey, their host plants and predators. *Turkish Journal of Entomology*, 45, 381-397.
- Sarmento, R. A., Pallini, A., Venzon, M., Souza, O. F. F. D., Molina-Rugama, A. J., & Oliveira, C. L. D. (2007). Functional response of the predator *Eriopis connexa* (Coleoptera: Coccinellidae) to different prey types. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 50, 121-126.
- Seko, T., & Miura, K. (2008). Functional response of the lady beetle *Harmonia axyridis* (Pallas) (Coleoptera: Coccinellidae) on the aphid *Myzus persicae* (Sulzer) (Homoptera: Aphididae). *Applied Entomology and Zoology*, 43(3), 341-345.
- Tiftikçi, P. (2017). Studies on Coccinellidae species identified on sugar beet production areas in Yozgat province. *Journal of Natural and Applied Sciences*, 33, 79-90.
- Toper Kaygın A. & Sobutay Kaptan U. (2017). Coccinellidae (Insecta: Coleoptera) species of Bartın province. *Journal of Bartın Faculty of Forestry*, 19, 227-236.
- Tukey, J. W. (1949). Comparing individual means in the analysis of variance. *Biometrics*, 99-114.
- Wu, P., Zhang, J., Haseeb, M., Yan, S., Kanga, L., & Zhang, R. (2018). Functional responses and intraspecific competition in the ladybird *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae) provided with *Melanaphis sacchari* (Homoptera: Aphididae) as prey. *European Journal of Entomology*, 115, 232-241.
- Xue, Y., Bahlai, C. A., Frewin, A., Sears, M. K., Schaafsma, A. W., & Hallett, R. H. (2009). Predation by *Coccinella septempunctata* and *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae) on *Aphis glycines* (Homoptera: Aphididae). *Environmental Entomology*, 38(3), 708-714.
- Yaşar, B., & Özger, Ş., (2005). Functional response of *Oenopia conglobata* (L.) (Coleoptera: Coccinellidae) on *Hyalopterus pruni* (Geoffroy) (Homoptera: Aphididae) in three different size arenas. *Türkiye Entomoloji Dergisi*, 29(2), 91-99.
- Yoldaş, Z., Güncan, A., & Koçlu, T. (2011). Seasonal occurrence of aphids and their natural enemies in Satsuma mandarin orchards in Izmir, Turkey. *Türkiye Entomoloji Dergisi*, 35(1), 5974.
- Yu, X. L., Tang, R., Xia, P. L., Wang, B., Feng, Y., & Liu, T. X. (2020). Effects of prey distribution and heterospecific interactions on the functional response of *Harmonia axyridis* and *Aphidius gifuensis* to *Myzus persicae*. *Insects*, 11(6), 325.



## Dikey Tarım (Kule) Sisteminde ve Toprak Koşullarında Yetiştirilen Kıvırcık Salata (*Lactuca sativa* var. *crispa*) Türünün Verim ve Kalite Bakımından Karşılaştırılması

Ziraat Fakültesi Dergisi,  
Cilt 18, Sayı 2,  
Sayfa 123-133, 2023

Journal of the Faculty of Agriculture  
Volume 18, Issue 2,  
Page 123-133, 2023

Mustafa DEMİREL<sup>1</sup>, Hakan AKTAŞ<sup>\*1</sup>

**Öz:** Bu araştırma dikey tarım kule sistemi ve saksı kültürü kullanılarak yetiştirilen kıvırcık salatanın verim, bazı kalite özellikleri ve bitki besin elementi içeriklerine etkilerini belirlemek amacıyla yürütülmüştür. Sera koşullarında yapılan çalışmada üç adet dikey kule sistemi kurulmuş ve her kulede 40 adet bitkiye yer verilmiştir. Ayrıca aynı serada saksı kültüründe ortam olarak toprak kullanılarak toplamda 40 adet bitki yetiştirilmiştir. Bitkisel materyal olarak Kıvırcık salata (*Lactuca sativa* var. *crispa*) türüne ait "Caipira" çeşidi kullanılmıştır. Araştırmadan elde edilen sonuçlara göre, kule sisteminde toplam verim 4323 kg/da, biyokütle 216.18 g/bitki olurken, topraklı yetiştiricilikte verim ve biyokütle 697 kg/da ve 111.58 g/bitki olarak değişmiştir. En yüksek kök boyu ise 35.60 cm ile topraklı yetiştiricilikten elde edilmiştir. Kıvırcık salata bitkisinde yapılan diğer ölçümlerde ise yaprak renk değerleri bakımından uygulamalar arasında farklılık görülmezken, klorofil miktarı açısından 0.76 mg/g, toplam antioksidan içeriği bakımından 0.78 mmol TE/g ile dikey tarımın daha yüksek değerlere ulaştığı belirlenmiştir. Yapılan element analizleri sonucunda kükürt, kalsiyum, magnezyum, bakır, mangan ve çinko gibi elementlerin dikey tarımda, potasyum ve demir elementlerinin ise saksıda topraklı yetiştiricilikte daha yüksek olarak belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Hidroponik, *Lactuca sativa* var. *crispa*, topraklı yetiştiricilik, topraksız tarım

## Comparison Regarding Yield and Quality Features of Crispy Salad (*Lactuca sativa* var. *crispa*) That Grown in Vertical Farming (Tower) System and Soil Condition

**Abstract:** This research was conducted to determine the effects of vertical farming tower system and pot culture on yield, some quality characteristics and nutrient contents of crispy lettuce. In the research conducted under greenhouse conditions, three vertical tower systems were established and 40 plants were placed in each tower. In addition, a total of 40 plants were grown in the same greenhouse using soil as a medium in pot culture. "Caipira" variety of crispy salad (*Lactuca sativa* var. *crispa*) was used as plant material. According to the results obtained from the research, the total yield in the tower system was 4323 kg/da and the biomass was 216.18 g/plant, while the yield and biomass in pot culture were 697 kg/da and 111.58 g/plant. The highest root length of 35.60 cm was obtained in soil, while there was no difference between the treatments in terms of leaf color values in the measurements made on the plants, it was determined that vertical cultivation reached higher values with 0.76 mg/g in terms of chlorophyll content and 0.78 mmol TE/g in terms of total antioxidant content as a result of the elemental analysis, sulfur, calcium, magnesium, copper, manganese, zinc, manganese, potassium, and iron were higher in vertical cultivation, while potassium and iron were higher in soil cultivation in pots.

**Keywords:** Hydroponic, *Lactuca sativa* var. *crispa*, soil growing, soilless culture

\*Sorumlu yazar (Corresponding author)  
aktashakan33@gmail.com

Alınış (Received): 30/09/2023  
Kabul (Accepted): 19/12/2023

<sup>1</sup>Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, 32200, Isparta, Türkiye

## 1. Giriş

Günümüzde küresel gıda güvencesi ve bunun sürdürülebilirliği oldukça önemli bir konu haline gelmiştir. Ancak yanlış tarım uygulamaları, artan dünya nüfusuna bağlı sulanabilir arazilerin azalması ve özellikle yüksek sıcaklık gibi abiyotik stres faktörlerinin etkisinin her geçen gün kendini çok daha fazla göstermesi, kısıtlı yağışlar gibi etmenler artık geleneksel açık tarla üretimleri üzerine oldukça olumsuz etkiler yaratmaktadır. Bitkilerin sağlıklı gelişebilmesi için gereken su miktarı, yağışlarla karşılanamayan durumlarda bitkilere doğrudan verilmelidir. Ancak, son yıllarda su kaynaklarının ciddi şekilde azalması, birçok bölgede tarımsal sulama faaliyetlerini kısıtlamak zorunda bırakmıştır. Bu durum, tarımsal üretimde önemli ölçüde ürün kaybına ve verimliliğin azalmasına neden olmaktadır. Su kıtlığı, tarım sektörünü olumsuz etkileyerek ekonomik kayıplara ve gıda güvenliği sorunlarına yol açabilir. Salata-marullar yaklaşık olarak %94.5 oranında su içermektedir (Favier vd., 1995). Su ihtiyacının karşılanamaması veya kısıtlanması salata-marullarda verim ve kaliteyi olumsuz yönde etkileyebilmektedir. Bu nedenle gelecekte sulama ve beslenmesi daha kontrol edilebilen sistemler ile yetiştiriciliklere ihtiyaç duyulacağı açıkça görülmektedir. Topraksız tarımın bu yöntemlerden biri olabileceği düşünülebilir. Nitekim, geleneksel yöntemler ve topraksız yöntemler karşılaştırıldığında; geleneksel tarım yöntemleri, geniş arazilerde sulama ihtiyacını karşılamak için büyük miktarda su tüketimine yol açmaktadır. Buna karşılık topraksız tarım yöntemleri, sürdürülebilir ve verimli bir tarım modeli sunarken, sınırlı alanlarda bile üretim yapma ve dikey tarım sistemleri ile de birim alandaki ürün miktarını artırma potansiyeli sağlamaktadır (Seyhan vd., 2022). Ayrıca, geleneksel tarım yöntemleri, uzak mesafelerden ürün tedariki ve taşıma süreçlerindeki kayıplar gibi sorunlarla da karşılaşmaktadır. Bu noktada, dikey tarımın özellikle kentsel alanlarda temiz ve sağlıklı gıda üretiminin yanı sıra kaynak kullanımını en aza indirme potansiyeline sahip olduğu öngörülmektedir (Maughan, 2015). Dikey tarımın temel amacı, kapalı veya yarı kapalı alanlarda modern tarım teknolojileri ve kontrol sistemleri ile birlikte, sınırlı alanlarda maksimum verim elde etmek ve aynı zamanda çevresel etkileri en aza indirmektir. Bu sistemde bitkiler, üst üste dizilmiş katmanlarda yetiştirilmekte ve ışık, su, sıcaklık, besin maddeleri gibi faktörler hassas bir şekilde kontrol edilebilmektedir. Bu yöntem, geleneksel tarıma göre su tasarrufu sağlayarak hastalık ve zararlılarla mücadelede daha etkili sonuçlar verebilmekte ve mevsimsel kısıtlamaları ortadan kaldırabilmektedir (Bingöl, 2015).

Su kültüründe daha çok yeşillik grubu sebzeler yetiştirilmekte olup, salata-marul bitkisi bu ürün grubunda öne çıkmaktadır. Marul, *Compositae* familyasına ait, geniş yapraklı bir sebze türüdür. Nemli hava koşullarını tercih eden marul kış koşullarında

yetiştirilmektedir ve genellikle çiğ olarak tüketilirken, bazı bölgelerde pişirilerek de kullanılmaktadır.

Ülkemizde 2021 yılı verilerine göre toplam 235 bin ton kıvrıkcık salata üretilmiş olup, bu üretimin yaklaşık %27'si örtüaltında gerçekleştirilmiştir (TÜİK, 2021). Ancak değişen çevre koşulları ve azalan su miktarından dolayı açık alan üretiminin hızla azaldığı ve yetiştiriciliğin daha iyi kontrol edilebilen örtüaltına doğru kaydığı belirlenmiştir. Örtüaltında topraksız tarımda salata-marul üretimi erkencilik sağlaması ile de öne çıkmıştır. Nitekim, açıkta tarla koşullarında 60-90 günde hasat olgunluğuna gelen salata-marullar, topraksız tarım sistemlerinde 30-45 gün içinde hasat edilmektedir (Güzel, 2023).

Dünyada kurak koşulların artması su isteği çok yüksek olan marul-salata gibi türlerin açık alanlarda yetiştiriciliğinin zorlaşacağı düşünülmektedir. Bu nedenle bu türlerin iklim kontrolü daha kolay yapılabilen kapalı alanlarda yetiştiriciliğinin artması öngörülmektedir. Marul-salata gibi yeşillik grubu bitkilerinde hızlı büyüme ve kısa sürede hasat olgunluğuna gelmesi gibi özellikleri nedeniyle dikey tarım gibi birim alandan çok yüksek verim elde edilen sitemlere çok uygun olduğu düşünülmektedir. Dikey tarımın sunduğu avantajlar, gelecekte tarımın sürdürülebilirliği ve gıda üretiminin devamlılığı açısından büyük önem taşımaktadır. Sınırlı arazi kullanımı, su tasarrufu, hastalık ve zararlıların kontrolü, mevsimsel etkilere bağlı kalmama gibi faktörler, dikey tarımın alternatif tarım uygulamalarında öne çıkmasını sağlamaktadır. Aynı zamanda, şehirlerdeki nüfus artışı ve yeşil alanların azalması gibi sorunlar da dikey tarımın kentsel alanlarda daha fazla kullanımını teşvik etmektedir. Bu nedenle, dikey tarım sistemlerinin geliştirilmesinin ve yaygınlaştırılmasının, tarımsal üretimin gelecekteki sürdürülebilirliği açısından kritik bir rol oynayabileceği düşünülebilir. Geleneksel tarım yöntemlerinin sınırlamaları ve çevresel zorluklar göz önüne alındığında, dikey tarımın modern ve yenilikçi bir yaklaşım olduğu düşünülmektedir.

Yürütülen bu çalışmada, kule tipi dikey tarım sistemiyle ve toprakta yetiştirilen kıvrıkcık salatanın verim, kalite ve besin element içeriği açısından karşılaştırmalı değerlendirilmesinin yapılması; kule sisteminde marul-salata yetiştiriciliğinin avantajları ve dezavantajlarının ortaya konması amacıyla gerçekleştirilmiştir.

## 2. Materyal ve Yöntem

### 2.1 Materyal ve Yöntem

Bu araştırma, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü bünyesinde bulunan 200 m<sup>2</sup> anti-don polikarbon bir serada yürütülmüştür. Bitkisel materyal olarak özel bir tohum firmasından (AG Tohum, Antalya) temin edilen ve örtüaltı

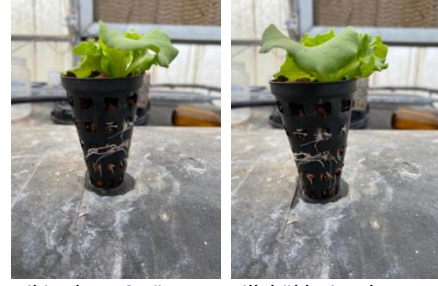
ile dikey tarım için önerilen, geç sapa kalkan, koyu yeşil yapraklı "Caipira" kıvırcık salata (*Lactuca sativa* var. *crispa*) çeşidi kullanılmıştır.

Topraklı yetiştiricilik için 8 L hacimli dikey-yuvarlak siyah plastik saksılar kullanılmış ve her saksıya bir adet fide dikilmiştir. Kullanılan toprak kumlu yapıda olup, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi'nde bulunan Ziraat Fakültesine ait arazilerden temin edilmiştir. Bölge toprağı kumlu olup, saksıların alt kısımları, kumlu toprağın dökülmesini önlemek amacıyla geçirgen bir tül ile kapatılmıştır. Daha sonra saksılar, 8 kg ağırlığa ulaşacak şekilde toprak ile doldurulmuştur. Dikey tarım için ise 10 adet üst üste yerleştirilmiş modülden oluşan silindirik bir kolon yapısına sahip kule (Serakule, Bursa) sistemi kullanılmıştır (Şekil 1). Kıvırcık salata fideleri önce 50x70 mm boyutunda file saksılara alınmış ve üzerleri su tutma kapasitesi yüksek olan bilye şeklindeki kil mineralleriyle (Lekat) kapatılmıştır. Daha sonra kulelere aktarılmıştır. Kullanılan kule sisteminin 40 litre su haznesi olup, sisteme besin solüsyonu mini dalğış su pompası, yardımıyla sistemin ortasından geçen bir boru aracılığıyla en üst katmana kadar taşınmıştır. En üst noktadan itibaren, eşit bir şekilde aşağı yönde su akışı sağlanarak sürekli devir daim işlemi sürdürülmüştür. Sistemin su ve besin çözeltisi dolaşımının kontrolü için ayarlanabilir dijital flaşör rölesi kullanılmıştır. Sulama işlemi ve bitki köklerinin kurummasını önlemek amacıyla röle, her iki dakikada bir çalışıp bir dakika duracak şekilde programlanmıştır.

Kıvırcık salata bitkilerinin dikimi, her iki uygulama için aynı tarihte gerçekleştirilmiş olup, kule sisteminde dikimden 10 gün sonra ilk kökler görülmeye başlamıştır (Şekil 2). Denemede Sapkota vd. (2019)'e ait besin solüsyonu reçetesi modifiye edilerek kullanılmıştır. Araştırmada kullanılan stok besin solüsyonları 100 L'lik iki ayrı tankta hazırlandıktan sonra 1:10 oranında seyreltilerek düzenli olarak her iki uygulamaya da verilmiştir. Buna göre elementlerin son konsantrasyon (ppm) değerleri: azot 250, fosfor 56, potasyum 300, kalsiyum 250, magnezyum 45, kükürt 64, demir 20, çinko 0.35, mangan 45, bor 0.4, bakır 0.02, molibden 0.01 olarak ayarlanmıştır. Besin solüsyonunun EC değeri 1.2 mS, pH ise 6.0-7.0 aralığında tutulmaya çalışılmıştır.



Şekil 1. Araştırmada kullanılan dikey tarım kule sistemi (Orijinal resim)



Şekil 2. Dikimden 10 gün sonra ilk köklerin çıkışı

Araştırma kapsamında; kıvırcık salata bitkilerinde toplam verim (kg/da), ortalama bitki ağırlığı (g/bitki), bitki kök yaş ağırlığı (g), biyokütle (g/bitki), bitki boyu (cm) (kök + yeşil aksam), kök boyu (cm), kök boğazı çapı (mm), bitki yaprak sayısı (adet/bitki), yaprak eni (cm), yaprak uzunluğu (cm) incelenmiş olup ayrıca yaprak renk değerleri (L, a ve b), yaprak suyunda pH ve EC (mS/cm), suda çözünür kuru madde (SÇKM) (%), C vitamini içeriği (Cemeroğlu, 2013), toplam fenolik madde miktarı (Swain ve Hillis, 1959), antioksidan (Brand-Williams vd., 1995), flavonoid (Dewanto vd., 2002), klorofil a, b ve toplam klorofil değeri (Kirk ve Allen, 1965) ve besin element içerikleri (potasyum, fosfor, kükürt, kalsiyum, magnezyum, bakır, mangan, demir ve çinko) incelenmiştir. Bitki kalite analizleri, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Fizyoloji Laboratuvarı'nda yürütülmüştür. Bitki besin elementi analizleri ise Sabancı Üniversitesi Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi'nde gerçekleştirilmiştir.

Araştırma tesadüf blokları deneme desenine göre 3 tekerrürlü olarak düzenlenmiştir. Topraklı (saksı) yetiştiricilikte her tekerrürde 40 saksı, her saksıya da 1 adet kıvırcık salata bitkisi dikilmiştir. Dikey tarım sisteminde ise her kule bir tekerrürü temsil etmiş yine her tekerrür de 40 adet bitki yerleştirilmiştir. Hem saksı kültüründe hem de dikey tarım kule sisteminde yetiştirilen salatalar, dikimden 54 gün sonra tarihinde hasat edilmiştir (Şekil 3).

Verilerin değerlendirilmesinde Minitab (17) Inc. Paket programı kullanılmıştır. Varyasyonları belirlemek amacıyla ANOVA testi kullanılmış ve ortalamalar TUKEY Testine tabi tutularak karşılaştırılmıştır.



Şekil 3. Araştırmada kullanılan dikey tarım kule sistemi (Orijinal resim)

Ayrıca denemede gözlem yapılan özellikler arasında ve bu özellikler ile uygulamalar arasındaki ikili ilişkilerin belirlenmesinde korelasyon analizi yapılmıştır. Pearson korelasyon testi ile elde edilen sonuçların birbirleri ile olan ilişkileri ortaya konmuştur.

### 3. Bulgular ve Tartışma

#### 3.1. Kıvırcık salatada verim ve bitkisel özellikler

Dikey tarım sistemi ve saksıda toprak kullanılarak yetiştiriciliği yapılan kıvırcık salatanın toplam verim, bitki ağırlığı, bitki kök ağırlığı ve biyokütlesi üzerine etkileri istatistiksel olarak  $p < 0.05$  düzeyinde önemli bulunmuştur (Tablo 1). Toplam verim bakımından en yüksek değer 4323 kg/da ile dikey tarım sisteminden alınırken, saksıda topraklı yetiştiricilikte ise bu değer 697.3 kg/da olarak belirlenmiştir. Çilgin (2019) gerçekleştirdiği araştırmasında marul verimini dönen katlı sistemde 2550 kg/da, topraklı yetiştiricilikte ise 660 kg/da olarak belirtmiştir. Polat vd. (2004), arazi koşullarında atık mantar kompostunun marulda verim ve kaliteye etkisini araştırdıkları çalışmada toplam verimi 3298 kg/da ile 4467 kg/da değer aralığında tespit etmişlerdir. Aynı araştırmacıların iki sene boyunca yürüttükleri bir başka çalışmada ise marul bitkisinde toplam verim birinci yıl 1552-2986 kg/da, ikinci yıl ise 1735-6709 kg/da olarak bildirmişlerdir (Polat vd., 2005). Yıldırım vd. (2015), marulun verimi ve gelişimi üzerine gerçekleştirdikleri çalışmada marulda toplam verim değerlerini toprak koşullarında 2239-3742 kg/da olarak belirtmişlerdir. Topraklı yetiştiricilik ile yapılan başka bir çalışmada, farklı organik gübre uygulamalarının kıvırcık salatada verim ve kalite içeriklerine etkisi incelenmiş ve toplam verim 2496-5149 kg/da aralığında bildirilmiştir (Üçok vd., 2019). Gerçekleştirilmiş olan benzer çalışmalar incelendiğinde verim değerlerimizin uyum içerisinde olduğu görülmektedir.

Araştırmamızda edilen sonuçlara göre, saksıda toprak koşullarında yetiştirilen bitkilerinin ortalama ağırlığı 94.63 g/bitki iken dikey tarım sistemi kullanılarak yetiştirilenlerde bu değer 141.75 g/bitki olarak belirlenmiştir. Neocleous vd. (2010), marulda 96 bitkiyle dikey sistemlerde gerçekleştirdikleri bir çalışmada ortalama bitki ağırlığını 245 g olarak rapor etmişlerdir. Dinçsoy (2019) tarafından yapılan çalışmada, ise marul bitkisinin fide gelişimi ve verimi üzerine, vermikompost ve karaizopot gübrelerinin farklı dozlarının etkisini incelenmiş olup en yüksek baş ağırlığını 150.66 gram ve en düşük baş ağırlığı ise 59.53 g olarak bildirmiştir. Bu değerler çalışmamız ile benzerlik gösterse de bulgularımızdan farklı olarak, yapılmış olan bir çalışmada bitki yeşil aksam ağırlığı değerleri 338.4-355.1 g olarak belirtilmiştir (Acar vd., 2008). Bir diğer çalışmada ise, belirlenmiş sulama seviyelerinde azot

formları ve oranlarının marulda verim ve kaliteye etkisi araştırılmış ve bitki baş ağırlığı 480-812 g değerlerinde tespit edilmiştir (Mansuroğlu vd., 2011). Hem önceki araştırmalar hem de bizim araştırmamızda bitki ağırlıklarında görülen bu farklılıkların hem yetiştirme ortamlarından hem de kullanılan çeşitlerin farklılıklarından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Çalışmamızda dikey tarımda yetiştirilen bitki kök ağırlığı 43.58 g iken toprakta yetiştirilenlerde bu değer 22.02 g olarak belirlenmiştir (Tablo 1). Dkhar ve Bahadur (2017), hidroponik sistemde yaptıkları kırmızı kıvırcık salatada 7 farklı gübre solüsyonunda yürüttükleri çalışmalarında kök ağırlığı değerini 28.10 g olarak rapor etmişlerdir. Kibar (2018) ise gerçekleştirdiği bir çalışmada, kök ağırlık değerlerinin 9.0-32.65 g arasında değiştiğini belirlemiştir. Bu bulgular, kullanılan besin çözeltisi, yetiştirme ortamı ve çeşitlerin kök ağırlıklarını etkileyebileceğini göstermektedir.

Araştırma sonuçlarına göre biyokütle değerlerinin dikey tarımda 216.18, topraklı yetiştiricilikte 111.58 g/bitki arasında değişim gösterdiği saptanmıştır (Tablo 1). Tantekin (2021), hidroponik marul yetiştiriciliğinde en düşük biyokütle sonuçlarını 32.0 g, en yüksek toplam biyokütle ise 167.0 g olarak açıklamıştır. Dinçsoy (2019), marul bitkisinde fide gelişimi ve verime etkisini incelemek üzere çeşitli gübrelerin farklı dozlarını kullanarak yaptığı çalışmada en düşük biyokütle değerini 69.66 g ve en yüksek biyokütle değerini 154.33 g olarak saptamıştır. Bu bildirişler çalışmamızın amacı ile örtüşür niteliktedir. Dikey tarım yöntemiyle yetiştirilen marullar, suyu ihtiyaçları doğrultusunda doğrudan alırken, kullanılan besin solüsyonları da bitkilerin su alımını etkili bir biçimde artırarak suyun daha verimli kullanılmasını sağlar. Dikey tarım sistemleri, marulların optimum su seviyelerinde tutulmasına katkıda bulunur. Bu durumun, biyokütleler arasındaki farklılığa neden olduğu düşünülmektedir. Ancak Kaçar (2022) gerçekleştirmiş olduğu çalışmada bulgularımızın aksine geleneksel tarım yöntemleri ile yetiştirilen marulda biyokütle değerini 350.8-471.8 g olarak saptamıştır. Bu durumun yetiştirme ortamının koşullarına ve fiziksel yapısına bağlı olarak değişebileceğini göstermektedir.

Araştırma sonuçlarımıza göre; kök + yeşil aksam uzunluğu, kök boğaz çapı, yaprak sayısı, yaprak eni ve yaprak uzunluğu bakımından dikey tarım uygulamasında saksı kültürüne göre daha yüksek değerler elde edilirken kök boyu saksıda yetiştirilen marullarda daha yüksek değerde belirlenmiştir (Tablo 1). Kök boyunda görülen bu farklılık dikey tarımda kullanılan file saksılarda köklerin sıkışmasından ve saksıdan çıkarma aşamasında kopmalardan kaynaklandığı düşünülmektedir. Araştırmada elde edilen kök + yeşil aksam uzunluğu değerleri incelendiğinde, 14.76 cm ile 16.80 cm arasında

değişkenlik gösterdiği tespit edilmiş, dikey tarım kule sistemi ile yetiştirilen marulların genel anlamda kök + yeşil aksam uzunluğu daha yüksek belirlenmiştir. Konu ile ilgili yapılan diğer çalışmalarda, Tantekin (2021) hidroponik ortamda gerçekleştirdiği çalışmasında, marul uzunluğunu 13.16-21.66 cm arasında belirlemiştir. Başka bir çalışmada Maboko ve Du Plooy (2007), su kültüründe kıvırcık salata çeşitleri üzerinde gerçekleştirdikleri çalışmada, bitki uzunluğunun 14.38 cm ile 17.21 cm arasında değiştiğini ifade etmişlerdir. Araştırmamızdan elde edilen sonuçlar bu bildirişler ile benzerlik göstermektedir. Ancak geleneksel tarım yöntemleri kullanılan bazı araştırmalar bitki uzunluğunda çalışmalarımızdan farklı sonuçlar belirtmiştir. Şahin vd. (2022), gerçekleştirmiş oldukları denemede kök + yeşil aksam uzunluğu 15.18-18.05 cm olarak rapor etmişlerdir. Araştırmamız sonucunda kök boyu değerlerine bakıldığında ise 28.06-35.60 cm arasında değişim gösterdiği bulunmuştur. Dikey tarım sistemi ile yetiştirilen bitkilerin kök boylarının daha uzun bir kök oluşturduğu belirlenmiştir. Yapılan bazı hidroponik araştırmalarda kök boyu 16.87 cm olarak (Dkhar ve Bahadur 2017) belirtilirken Ercan ve Bayyurt (2013) ise 23.05 ile 33.36 cm arasında değiştiğini bildirilmişlerdir. Kıvırcık salata bitkisinde farklı gübre etkilerinin incelendiği başka bir çalışmada ise bu değerlerin 16.94-37.69 cm (Okudur 2018) ve farklı yetiştirme ortamlarının marul yetiştiriciliği üzerine etkisinin incelendiği bir çalışmada ise kök boyları 18.93-33.63 cm olarak rapor edilmiştir (Kilim vd. 2022). Bu sonuçlara bakıldığında araştırmamızdaki kök boyu değerlerinin benzer olduğu belirlenmiştir.

**Tablo 1.** Bazı bitkisel özellikler bakımından uygulamalar arasındaki farklılıklar

Uygulamalar	Dikey	Topraklı
Toplam verim (kg/da)	4323 a*	697.3 b*
Bitki yaş ağırlığı (g/bitki)	141.75±4.78 a	94.63±2.99 b
Kök yaş ağırlığı (g/bitki)	43.58±2.01 a	22.02±1.04 b
Biyokütle (g/bitki)	216.18±8.61 a	111.58±3.23 b
Bitki uzunluğu (kök+yeşil) (cm)	16.80±0.17 a	14.76±0.31 b
Kök boyu (cm)	28.06±0.93 b	35.60±0.79 a
Kök boğazı çapı (mm)	15.90±0.48 a	12.88±0.22 b
Yaprak sayısı (adet/bitki)	24.97±0.48 a	20.50±0.48 b
Yaprak eni (cm)	16.12±0.18 a	13.07±0.23 b
Yaprak uzunluğu (cm)	16.11±0.21 a	12.72±0.25 b

\*: Aynı harfle gösterilmeyen ortalamalar arasındaki farklar  $p < 0.05$  düzeyinde önemlidir.

Çalışmada uygulamalar arası kök boğazı çapı değerleri incelendiğinde saksı kültüründe 12.88 mm; dikey tarım sisteminde ise bu değer 15.90 mm olarak saptanmıştır. Durgun su kültüründe yetiştirilen marul ile yürütülen bir çalışmada kök boğaz çapı 16.44-17.67 mm olarak belirtilmiştir (Okudur, 2018). Araştırmamıza benzer olarak, Oymak (2018) gerçekleştirmiş olduğu çalışmada hidroponik olarak yetiştirilen marullarda kök boğazı çapını 11.10-14.76 mm olarak bildirmiştir. Bu çalışmaların aksine Tantekin (2021), hidroponik olarak yetiştirilen marulda kök boğaz çapı değerlerini 5.29-11.59 mm olarak daha düşük olabileceğini rapor etmiştir.

Deneme sonunda ortalama bitki yaprak sayısı dikey tarım kule sisteminde 24.97 adet/bitki olup bu değer toprakta yetiştirilen bitkilerde 20.50 adet/bitki olarak belirlenmiştir. Okudur (2018), su kültüründe gerçekleştirdiği marulda gübreleme denemesinde yaprak sayısını 29-30 adet aralığında saptamıştır. Araştırmada elde edilen sonuçlara benzer olarak, Dkhar ve Bahadur (2017) hidroponik sistemde yaptıkları kırmızı kıvırcık salatada 7 farklı gübre solüsyonunda en düşük ve en yüksek yaprak sayısını 18 adet ve 25 adet olarak tespit etmişlerdir. Nitekim gerçekleştirilen başka bir çalışmada da su kültüründe yetiştirilen marul çeşitlerinde bitki başına yaprak sayısı bakımından en fazla yaprak sayısının 20 adet ve en düşük yaprak sayısı ise 18 adet olarak rapor edilmiştir (Maboko ve Du Plooy, 2009). Çalışmamızda edilen sonuçlara göre, toprakta yetiştirilen marul bitkilerinin ortalama yaprak eni 13.07 cm olarak tespit edilirken, dikey tarım sistemi kullanılarak yetiştirilen marul bitkilerinde bu değer 16.12 cm olarak belirlenmiştir. Okudur ve Ercan (2016), gübrelemenin su kültüründe yetişen marullarda verim ve kaliteye etkilerini inceledikleri çalışmalarında yaprak eni değerlerini 12.6-16.6 cm olarak bulduklarını açıklamışlardır. Su kültüründe yetiştirilen marulda farklı gübrelemelerin etkisinin incelendiği bir denemede yaprak eni 15.0-18.3 cm aralığında saptanmıştır (Okudur, 2018). Araştırmamızda yaprak uzunluğu değerleri ise 12.72-16.11 cm olarak saptanmıştır. Okudur ve Ercan (2016), marulun su kültüründe yetiştiriciliğinde farklı gübre uygulamalarını denedikleri çalışmada, marul yaprak uzunluğunun 15.45-18.9 cm aralığında olduğunu bildirmişlerdir. Nitekim su kültürü kullanılarak gerçekleştirilen bir verim araştırmasında da yaprak uzunluğu değerleri 12.20-21.5 cm olarak belirtilmiştir (Oymak, 2018). Konu ile ilgili olarak yapılmış diğer çalışmalara bakıldığında belirtilen değerlerle sonuçlarımız benzerlik göstermektedir.

### 3.2. Kalite özellikleri

Yaprak suyunda EC, yaprakta toplam klorofil, klorofil a, klorofil b içerikleri incelendiğinde uygulamalar arasında istatistiksel farklılıkların olduğu belirlenmiştir. Yaprak renk değerlerinde, yaprak suyunun pH değerinde ve suda

çözünür kuru madde miktarında ise uygulamalar arasında istatistiki bir fark belirlenmemiştir (Tablo 2).

**Tablo 2.** Yeşil aksamda renk, yaprak suyunda pH, SÇKM ve klorofil gibi bazı kalite özelliklerinin uygulamalar arasındaki farklılıklar

Uygulamalar	Dikey	Saksı
L*	52.51±0.62 <sup>Ö.D</sup>	50.6±0.89
a*	-18.62±0.18 <sup>Ö.D.</sup>	-18.29±0.20
b*	31.88±0.42 <sup>Ö.D.</sup>	31.80±0.035
pH (yaprak)	6.57±0.01 <sup>Ö.D.</sup>	6.55±0.01
EC (yaprak- mS/cm)	7.41±0.19 b	10.14±0.23 a*
SÇKM (%)	4.85±0.15 <sup>Ö.D.</sup>	4.95±0.16
Klorofil a (mg/g)	0.50±0.02 a	0.36±0.02 b
Klorofil b (mg/g)	0.13±0.00 a	0.10±0.00 b
Toplam klorofil (mg/g)	0.76±0.03 a	0.53±0.02 b

\*: Aynı harfle gösterilmeyen ortalamalar arasındaki farklar p<0.05 düzeyinde önemlidir. Ö.D.: önemli değil

Dikey tarım ve topraklı yetiştiricilikte yaprak renk değerleri ölçümlerinde; L\*, a\*, b\* istatistiksel olarak önemli bir farklılık belirlenmemiştir (p<0.05). L\* değerlerinin 50.6-52.51 aralığında değiştiği tespit edilirken, a\* değerlerinin -18.29 ile -18.62 cm arasında değiştiği görülmüştür. b\* değerlerinin ise 31.80 ile 31.88 arasında değiştiği saptanmıştır (Tablo2. Kowalczyk vd. (2014) tarafından yapılan bir araştırmada, marulun L\* değerlerinin 53.9 ile 63.2, a\* değerlerinin-13.7 ile -15.2 ve b\* değerlerinin 36.0 ile 39.1 arasında olduğu tespit edilmiştir. Çılgın (2019) tarafından yürütülen bir çalışmada, marulun L\* değerlerinin 36.66 ile 41.98, a\* değerlerinin -14.35 ile -16.41 ve b\* değerlerinin 20.05 ile 26.64 arasında bulunduğu belirlenmiştir. Yılmaz (2020) tarafından yapılan bir diğer araştırmada, marulun L\* değerlerinin 38.06 ile 44.04, a\* değerlerinin -10.51 ile -11.16 ve b\* değerlerinin 31.44 ile 37.62 arasında tespit edildiği görülmüştür. Sonkaya (2022) tarafından yapılan başka bir araştırmada ise, marulun L\* değerlerinin 47.43 ile 48.76, a\* değerlerinin -17.55 ile -18.26 ve b\* değerlerinin 27.89 ile 28.68 arasında olduğu saptanmıştır. Sonuç olarak, araştırmamızda farklı uygulamaların yaprak L\*, a\* ve b\* değerleri üzerinde istatistiksel önemsiz bulunmuştur. Bu sonuçlar, marul üzerine yapılan diğer bazı çalışmalarla da örtüşmektedir.

Asitlik değerleri meyve ve sebzelerde tat ve aroma üzerine etkili olan bir faktördür. Yapılan bu araştırma sonuçlarına göre farklı yetiştirme tekniklerinin (su kültürü ve topraklı) yapraktaki pH değerleri (6.55-6.57) üzerinde önemli bir farklılık yaratmadığını göstermektedir. Polat vd. (2004) yapmış oldukları çalışmalarında, marul bitkisinde pH değerini 5.89-5.94 olarak bulmuşlardır. Topraksız tarım koşullarında yetiştirilen marulun verim ve kalitesi üzerine etkisinin araştırıldığı bir çalışmada pH değerleri 5.46-5.84 aralığında saptanmıştır (Çakmak, 2011). Yılmaz (2020) tarafından yürütülen başka bir çalışmada, kıvırcık salatanın yapraklarının suyu çıkarılarak yapılan pH

ölçümleri yaklaşık olarak 6.0 olarak tespit edilmiş ve uygulamaların bizim çalışmamızda olduğu gibi pH üzerinde belirgin bir etkisinin olmadığı bildirilmiştir.

Topraklı ve su kültürü uygulamalarında ise EC değerleri su kültüründe 7.41, dikey yetiştiricilikte (su kültürü) 10.14 mS/cm olarak belirlenmiş ve istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Elde ettiğimiz sonuçlara benzer şekilde Yılmaz (2020), su kültüründe yetişen kıvırcık salata yapraklarının kalite özellikleri üzerine biyo-gübrelerin etkilerini incelediği çalışmada EC değerlerini 7.71-8.52 mS arasında tespit etmiştir. Su kültüründe kullanılarak yetiştirilen bir başka çalışmada ise marulda EC değeri 7.42-11.53 mS olarak bildirilmiştir (Keskin, 2022). Tüm bu sonuçlar incelendiğinde su kültürü koşullarında yetiştirilen kıvırcık salatların içerdiği makro ve mikro elementlerin, topraklı tarıma göre daha düşük olduğunu göstermektedir. Bu durum su kültüründe yapılan yetiştiriciliğin hızlı olmasından kaynaklanabileceği yönündedir.

SÇKM değerleri ise %4.85-4.95 aralığında değişim göstermiş ve istatistiksel olarak önemsiz olarak belirlenmiştir (Tablo 2). Polat vd. (2004) tarafından yürütülen denemede marulda SÇKM değerlerinin %4.40 ile 4.66 aralığında değiştiğini bildirilmiştir. Yürütülmüş olan diğer bir çalışmada ise SÇKM değerleri %2.90-3.50 aralığında değişiklik gösterildiği belirtilmiştir (Çakmak, 2011). Yapılmış olan bu çalışmalar bulgularımıza benzer ve destekler niteliktedir.

Yürüttüğümüz araştırma sonucunda tespit edilen klorofil (mg/g); a: 0.36-0.50, b: 0.10-0.13 toplam klorofil: 0.53-0.76 olarak belirlenmiştir. Becker vd. (2015), gerçekleştirmiş oldukları araştırmalarında hidroponik sistemde yetiştirilen marullarda klorofil a içeriğini 0.43 ile 0.52 mg/g, klorofil b değerlerini ise 0.30-0.80 mg/g olarak bildirmişlerdir. Conversa vd. (2021) marulun hidroponik kültürde yetiştiriciliğinin verim ve kalite üzerine etkisini inceledikleri araştırmalarında klorofil a değerini 0.38 ile 0.50 mg/g, klorofil b değerini 0.11-0.20 mg/g ve toplam klorofil değerini ise 0.49 ile 0.67 mg/g olarak bildirmişlerdir. Tüm değerler incelendiğinde bizim bulgular ile benzer sonuçların elde edildiği saptanmıştır. Ayrıca dikey su kültüründe yetiştirilen kıvırcık salataların, topraklı yetiştiriciliğe göre daha koyu yeşil renk oluşturduğu istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Bu durum su kültüründe düzenli EC ve pH değerlerinin sağlanması sonucundan kaynaklanabileceği şekliyle açıklanabilir.

### 3.3. Toplam C vitamini, fenolik, antioksidan ve flavanoid içerikleri

Araştırmamızda uygulamaların antioksidan içeriği üzerine etkisi istatistiksel olarak p<0.05 düzeyinde önemli

bulunurken, C vitamini, toplam fenolik ve flavonoid içerikleri açısından uygulamaların istatistiki olarak bir etkisinin olmadığı belirlenmiştir (Tablo 3).

**Tablo 3.** Uygulamaların C vitamini, fenolik, antioksidan ve flavonoid içeriği üzerine etkileri

Uygulamalar	C vitamini (mg/100 g)	Toplam fenolik (mg GAE/100 g)	Antioksidan (mmol TE/100 g)	Flavonoid (mg C/100 g)
<b>Dikey</b>	22.82±0.52 Ö.D.	125.08±5.24 Ö.D.	0.78±0.00 a*	170.13±7.74 Ö.D.
<b>Toprak</b>	22.87±0.34	116.35±3.52	0.72±0.00 b	150.7±22.2

\*: Aynı harfle gösterilmeyen ortalamalar arasındaki farklar p<0.05 düzeyinde önemlidir. Ö.D.: önemli değil

Yaptığımız çalışmaya göre vitamin C değerleri 22.82-22.87 mg/100g arasında değişim göstermiştir. Vitamin C içeriği ile ilgili olarak gerçekleştirilen çalışmalarda da benzer sonuçlar alındığı belirlenmiştir. Nitekim; Çakmak (2011), topraksız tarım koşullarında yetiştirilen marulun verimi ve kalite özelliklerine etkisini incelediği çalışmasında C vitamini değerlerini 19.30-22.39 mg/100g aralığında tespit etmiştir. Marul üzerine yürütülen başka bir çalışmada vitamin C değerleri 6.08 ile 29.13 aralığında belirtilmiştir (Yıldırım vd., 2016). Sonkaya (2022), oksalik asit uygulamasının marulda verim ve kalite bakımından etkisini incelediği araştırmasında uygulamalara göre vitamin C değerlerini 11.15-11.57 mg/100g olarak rapor etmiştir.

Araştırmamızda toplam fenolik madde (mgGAE/100g) değerlerinin dikey tarım sisteminde 125.08, topraklı yetiştiricilikte ise 116.35 olarak belirlenmiştir. Elde etmiş olduğumuz sonuçlara benzerlik gösteren bir çalışmada toplam fenolik madde miktarının 33.49-121.46 mg/100g arasında değişim göstermiştir (Yıldırım vd., 2016). Başka bir çalışmada ise yine marul- salata grubunda fenolik madde içeriği 90.75 ile 131.51 mg GAE/100g arasında olduğu rapor edilmiştir (Wojciechowska vd., 2015). Bulgularımızdan farklı olarak Doğan (2014), marul üzerinde gerçekleştirmiş olduğu çalışmasında en yüksek

fenolik madde miktarını 51.2 mg GAE/100g, en düşük içeriği miktarını ise 14.2 mg GAE/100g olarak tespit etmiştir. Bu bulgular değerlendirildiğinde salata gruplarında fenolik madde miktarının yetiştirme ortamlarının yanı sıra, kullanılan çeşit özellikleri ve yetiştirme ortamlarına göre de farklılık gösterebileceği yönündedir.

**Tablo 4.** Uygulamaların yeşil aksam makro ve mikro besin elementleri üzerine etkileri

Uygulamalar	Dikey	Saksı
<b>K (%)</b>	3.88±0.19 b	5.13±0.20 a*
<b>P (%)</b>	0.30±0.00	0.35±0.35 Ö.D.
<b>S (%)</b>	0.26±0.00 a	0.22±0.00 b
<b>Ca (%)</b>	1.24±0.02 a	0.77±0.04 b
<b>Mg (%)</b>	0.37±0.00 a	0.20±0.01 b
<b>Cu (mg/kg)</b>	8.60±0.13 a	6.27±0.34 b
<b>Mn (mg/kg)</b>	51.28±4.28 a	23.72±1.38 b
<b>Fe (mg/kg)</b>	40.22±0.84 b	67.72±1.35 a
<b>Zn (mg/kg)</b>	42.32±2.53 a	21.46±1.43 b

\*: Aynı harfle gösterilmeyen ortalamalar arasındaki farklar p<0.05 düzeyinde önemlidir. Ö.D.: önemli değil

Kıvırcık salata yapraklarında yetiştirme ortamlarına göre antioksidan içeriği istatistiki olarak önemli bulunmuştur, buna göre topraklı yetiştiricilikte bu değer; 0.72 iken dikey kule sisteminde 0.78 mmol TE/g olarak belirlenmiştir (Tablo 3). Yapılan diğer araştırmalarda antioksidan değerlerinin yapılan uygulamalara göre değişim gösterdiği belirlenmiştir. Pellegrini vd. (2003), gerçekleştirmiş oldukları çalışmada marulun antioksidan kapasitesini 1.33 mmol TE/g olarak belirlerken, başka bir marul çalışmasında antioksidan içeriği 1.2-4.2 mmol TE/g olarak rapor edilmiştir (Llorach vd., 2004). Dobričević vd. (2019), marulda belirlemiş oldukları çeşidin kalite özelliklerini inceledikleri çalışmada ise antioksidan değerini 1.04-2.24 mmol TE/g olarak tespit etmişlerdir. Konu ile ilgili yapılan bu araştırmaların sonuçları elde edilen değerler bulgularımızla biraz benzerlik gösterebilir, Zapata-Vahos vd. (2020) yürütmüş oldukları araştırmada, marulun antioksidan içeriğini 10.1 mmol TE/g gibi oldukça yüksek bir değerde olarak belirlemişlerdir. Bu

**Tablo 5.** Topraklı koşullarda yetiştirilen kıvırcık salataların yeşil aksamındaki bazı makro ve mikro elementer arasındaki korelasyon

Korelasyon	K	S	Ca	Mg	Cu	Mn	Fe
<b>S</b>	0.691						
	0.128						
<b>Ca</b>	0.793*	0.603					
	0.060	0.205					
<b>Mg</b>	0.521	0.689	0.517				
	0.289	0.135	0.294				
<b>Cu</b>	-0.022	0.289	0.053	0.834*			
	0.967	0.579	0.920	0.039			
<b>Mn</b>	-0.299	0.074	0.114	0.556	0.802*		
	0.565	0.889	0.830	0.252	0.055		
<b>Fe</b>	0.078	-0.581	0.122	-0.231	-0.234	-0.244	
	0.883	0.227	0.819	0.660	0.656	0.642	
<b>Zn</b>	-0.293	0.096	0.002	0.593	0.856*	0.971*	-0.348
	0.574	0.856	0.997	0.215	0.001	0.001	0.500

\*: P<0.01 düzeyinde önemli.

sonuçlar değerlendirildiğinde antioksidan içeriğinin yetiştirme ortamlarının yanı sıra, kullanılan çeşit özellikleri ve yetiştirme ortamlarına göre de farklılık gösterebileceği yönündedir. Denememiz sonucunda elde edilen flavonoid değerleri istatistiksel olarak önemsiz olarak belirlenmiş ve 150.7-170.13 mg C/100g aralığında belirlenmiştir (Tablo 3). Yılmaz (2020) yürüttüğü çalışmada, hidroponik olarak üretilen kıvrıkcık salatanın besin değerleri üzerine biyo-gübrelerin etkisi incelenmiş ve marul yapraklarının flavonoid içeriğinin 96.70 ile 182.37 mg/100g arasında değiştiğini rapor etmiştir.

### 3. 4. Makro ve mikro besin elementi içerikleri

Uygulamaların kıvrıkcık salatada makro elementlerden potasyum, kükürt, kalsiyum ve magnezyum içeriği üzerine olan etkilerinin istatistiksel olarak önemli olduğu, fosfor üzerine ise istatistiksel bir öneminin olmadığı belirlenmiştir (Tablo 4). Mikro elementlerden ise uygulamaların bakır, çinko, mangan ve demir içerikleri üzerine olan etkilerinin  $p < 0.05$  seviyesinde önemli olduğu tespit edilmiştir (Tablo 4). Bu sonuçlara göre yaprakta potasyum değerlerinin topraklı yapılan yetiştiricilikte % 5.13 , dikey su kültürün dw ise %3.88 olarak belirlenmiştir (Tablo 4). Diğer makro elementler (S, Ca, Mg) dikey su kültüründe daha yüksek olarak belirlenmiştir. Çilgin (2015), katlı sistemlerde gerçekleştirdiği araştırmasında fosfor % 0.25-0.45, kalsiyum %1.67-2.29 ve magnezyum içeriğini % 0.31-0.56 değerlerinde rapor etmiştir. Yine çalışmamızda elde edilen bulgulara benzer olarak Yılmaz (2020) ve Keskin (2022), fosfor içeriğini sırasıyla % 0.20-0.25 ve % 0.20-0.31 olarak bildirmişlerdir. Oymak (2018) ise araştırmasında marulda magnezyum içeriğini % 0.21-0.31 değerlerinde tespit etmiştir. Bu sonuçlar ile çalışmamızda elde edilen makro besin element değerleri oldukça uyum içerisinde olduğu belirlenmiştir.

Çalışma sonucunda uygulamalara göre bakır, mangan, demir ve çinko değerlerinin topraklı ve dikey su kültüründe sırasıyla; 6.27-8.60 mg/kg, 23.72-51.28 mg/kg, 40.22-67.72 mg/kg ve 21.46-42.32 mg/kg

arasında değişim gösterdiği belirlenmiştir. Uygulamalara göre en yüksek bakır, mangan ve çinko değerleri dikey tarım uygulamasında, en yüksek demir içeriği ise topraklı yetiştiricilikte belirlenmiştir. Marul-salata bitkilerinde yapılan diğer çalışmalar incelendiğinde, demir elementinin 60 mg/kg'ın üzerinde değerlere sahip olduğu rapor edilmiştir (Okudur, 2016; Yılmaz, 2020; Keskin, 2022). Ancak dikey tarım sisteminde, demir miktarının bu değerlerin altında kalmasının nedeni olarak kalsiyumun demir ile antagonistik etkileşime girmesinden kaynaklı olduğu düşünülmektedir (Bolat ve Kara, 2017).

Tüm bu sonuçlar incelendiğinde pH değerinde olabilecek farklılıkların, bitkilerin besin elementlerinin alımını önemli ölçüde etkileyebileceğini göstermektedir. Yüksek pH değerinin 6.5-7.0 olması makro besin element alımını artırırken, bu değerlerin 5.5-6.0 civarında olması mikro besin elementi alımında rol oynayabilmektedir. Bizim araştırma sonuçlarına göre özellikle potasyum ve demir topraklı yetiştiricilikte yüksek çıkmıştır. Bu durum kullanılan topraklardaki yüksek içerikten kaynaklanabileceğini göstermektedir. Ayrıca potasyum, azot dışında diğer besin elementlerine göre daha yüksek bir alıma sahip olduğu belirtilmektedir (Kacar, 2005).

Dikey tarım su kültüründe ise diğer tüm elementlerin daha yüksek değerlere ulaştığı belirlenmiştir (Tablo 4). Bu durumda pH'nın sürekli kontrol altında tutularak bitkilerin daha iyi beslendiğinden ileri geldiği düşünülmektedir.

### 3. 5. Elementler arasındaki korelasyon ilişkileri

Araştırmada incelenen elementler arasındaki korelasyon katsayıları Tablo 5 ve Tablo 6'da sunulmuştur. Korelasyon katsayıları, elementlerin birbirleriyle ne ölçüde ilişkili olduğunu göstermektedir. Korelasyon analizinin sonuçlarına göre; en yüksek pozitif önemli korelasyon toprakta yetiştirilen bitkilerde çinko ile mangan arasında (0.971) tespit edilmiştir. Dikey tarım sisteminde ise en önemli korelasyon çinko ile potasyum arasında (0.912)

**Tablo 6.** Dikey tarım sisteminde yetiştirilen kıvrıkcık salataların yeşil aksamındaki bazı makro ve mikro elementer arasındaki korelasyon

Korelasyon	K	S	Ca	Mg	Cu	Mn	Fe
S	0.386						
Ca	0.557	0.038					
Mg	-0.735	-0.330	-0.542				
Cu	0.096	0.523	0.267				
Mn	-0.155	0.377	-0.766	0.477			
Fe	0.769	0.461	0.076	0.338			
Zn	0.880*	0.356	0.499	-0.451	-0.111		
	0.021	0.489	0.313	0.370	0.834		
	-0.690	-0.063	-0.568	0.263	0.313	-0.922	
	0.129	0.906	0.239	0.615	0.545	0.009	
	0.912*	0.563	0.268	-0.492	0.252	0.844*	-0.588
	0.011	0.245	0.608	0.322	0.630	0.035	0.220

\*:  $P < 0.01$  düzeyinde önemli.



saptanmıştır. Ayrıca topraklı yetiştiricilikte bitkilerde potasyum-kalsiyum, bakır-magnezyum, bakır-mangan, bakır-çinko arasında güçlü pozitif bir korelasyon tespit edilirken bu elementler arasındaki ilişki istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Dolayısıyla elementlerden biri arttıkça diğer elementte artış göstermiştir. Dikey tarım sisteminde yetiştirilen bitkilerde ise potasyum-mangan, mangan-çinko arasında güçlü pozitif bir korelasyon bulunmaktadır ve bu elementler arası bu ilişki istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Öte yandan potasyum-magnezyum, kalsiyum-bakır, mangan-demir arasında güçlü negatif bir korelasyon görülmüştür. Elementler arası bu ilişki anlamlı olup elementlerden biri arttıkça diğeri de azalmıştır.

Çalışmada dikey su kültürü ile topraklı yetiştiricilik arasında yapılan korelasyon analizi sonucunda; yaprak boyu ile yaprak eni arasında dikey ve topraklı yetiştiricilikte pozitif ilişkiler belirlenmiştir. Bu sonuçlara göre topraklı yetiştiricilikte yetiştirilen bitkilerde yaprak boyu ile eni arasında dikey tarıma göre daha güçlü ve anlamlı pozitif bir korelasyon belirlenmiştir (0.815). Dikey tarımda biyokütle ile yaprak sayısı (0.718), kök yaş ağırlığı (0.775) ve kök boğazı çapı (0.760) arasında önemli ve pozitif ilişkiler tespit edilmiştir. Kök + yeşil aksam uzunluğu ile yaprak boyu (0.509) ve yaprak eni (0.599) arasında pozitif ilişki görülmüştür. Ayrıca kök boğaz çapı ile biyokütle (0.760) ve kök ağırlığı (0.812) arasında güçlü pozitif ilişkiler saptanmıştır.

Dolayısıyla bu özelliklerdeki herhangi bir olumlu artışın kıvırcık salatada biyokütleyi artırabileceği belirlenmiştir. Toprakta yetiştirilen bitkilerde kök + yeşil aksam uzunluğu ile yaprak boyu (0.704) ve yaprak eni (0.758) arasında güçlü pozitif ilişkiler belirlenmiş, yine biyokütle ile kök boğazı çapı (0.695) arasında da pozitif bir korelasyon görülmüştür.

#### 4. Sonuç

Dikey tarım sistemlerinde yetiştirilen ürünlerinin geleneksel tarım ile yetiştirilen ürünler kadar besleyici ve sağlıklı olup olmadığı tartışma konusudur. Bu amaçla, prototip bir dikey tarım kule sistemi kurulmuş ve saksıda toprak kullanılarak yetiştirilen marul bitkisi verim, kalite ve bitki besin içeriği bakımından karşılaştırılmıştır. Çalışma sonuçlarına göre; dikey tarım kule sisteminde bitkilerin ortalama boyu saksı kültürüne göre %13 (16.80 cm), ortalama bitki ağırlığı %53 (141.75 g/bitki) ve ortalama bitki ağırlığı %93 daha yüksek (216.18 g/bitki) bulunmuştur. Ayrıca, dikey tarım kule sistemi ile toprakta yetiştirilen bitkiler arasında yaprak sayısı (%21), yaprak eni (%23) ve yaprak uzunluğu değerlerinde (%26) artış belirlenmiştir. Toplam klorofil, klorofil a ve klorofil b değerleri %43, %38 ve %30 olarak dikey tarımda yüksek

tespit edilmiştir. Dikey tarımda genel olarak makro ve mikro element içeriklerinin yüksek olarak belirlenmesi dikey tarımda yetiştirilen kıvırcık salataların daha besleyici olabileceğini göstermektedir.

Tüm bu sonuçlara göre dikey tarımda yetiştirilen marulun hem verim hem de fonksiyonel gıda olarak daha etkin olduğu yönünde olup, dikey tarım sistemlerinde yetiştirilen kıvırcık salatanın geleneksel tarım ile yetiştirilen bitkilere göre iyi bir alternatif olabileceği konusunda fikir vermektedir. Bu çalışmada her ne kadar bitki su tüketimi incelenmemiş olsa da dikey tarımda kullanılan suyun kapalı devre olmasından dolayı su besin elementlerinin daha etkin kullanılabileceği düşünülmektedir.

#### Teşekkürler

Bu araştırma makalesi, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Bahçe Bitkileri Anabilim Dalında Mustafa DEMİREL tarafından sunulan Yüksek Lisans tezinden türetilmiştir. Tez Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi Başkanlığı tarafından 2022-YL1-0167 No'lu Proje ile maddi olarak desteklenmiştir.

#### Yazar Katkı Oranları

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamışlardır.

#### Çıkar Çatışması Beyanı

Bu çalışmanın yazarları olarak herhangi bir çıkar çatışması beyanımız bulunmadığını bildiririz.

#### Etik Kurul Onayı

Bu çalışmanın yazarları olarak herhangi bir etik kurul onay bilgileri beyanımız bulunmadığını bildiririz.

#### Kaynakça

- Acar, B., Paksoy, M., Türkmen, Ö., & Seymen, M. (2008). Irrigation and nitrogen level affect lettuce yield in greenhouse condition. *African Journal of Biotechnology*, 7(24), 4450-4453.
- Anonim (2023). Caipira. Erişim adresi: <https://agtohum.com.tr/caipira/>
- Becker, C., Urlić, B., Jukić Špika, M., Kläring, H. P., Krumbein, A., Baldermann, S., & Schwarz, D. (2015). Nitrogen limited red and green leaf lettuce accumulate flavonoid glycosides, caffeic acid derivatives, and sucrose while losing chlorophylls, β-carotene and xanthophylls. *PLoS One*, 10(11), e0142867. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0142867>

- Bingöl, B. (2015). Dikey tarım. *Düzce Üniversitesi Ormanlık Dergisi*, 11(2), 92-99.
- Bolat, İ., & Kara, Ö. (2017). Bitki besin elementleri: Kaynakları, işlevleri, eksik ve fazlalıkları. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 19(1), 218-228. <https://doi.org/10.24011/barofd.251313>
- Brand-Williams, W., Cuvelier, M. E., & Berset, C. L. W. T. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT-Food Science and Technology*, 28(1), 25-30. [https://doi.org/10.1016/S0023-6438\(95\)80008-5](https://doi.org/10.1016/S0023-6438(95)80008-5)
- Cemeroğlu, B. (2013). *Meyve ve sebze işleme endüstrisinde temel analiz metotları*. Ankara.
- Conversa, G., Bonasia, A., Lazzizzera, C., & Elia, A. (2021). Soilless cultivation system, electrical conductivity of nutrient solution, and growing season on yield and quality of baby-leaf oak-leaf lettuce. *Agronomy*, 11(6), 1220. <https://doi.org/10.3390/agronomy11061220>
- Çakmak, P. (2011). Farklı dikim zamanları ve organik gübrelerin topraksız tarım koşullarında kıvrıkcık yapraklı salata (*Lactuca sativa* var. *crispa*) yetiştiriciliğinde verim ve kalite özelliklerine etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tokat.
- Çılğın, G. (2015). Baş salata yetiştiriciliğinde dönen katlı sistemin diğer bazı topraksız tarım sistemleri ile karşılaştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Çılğın, G. (2019). Dönen katlı sistemde (mechaponic sistem) salata marul yetiştiriciliği. Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Dewanto, V., Wu, X., Adom, K. K., & Liu, R. H. (2002). Thermal processing enhances the nutritional value of tomatoes by increasing total antioxidant activity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(10), 3010-3014. <https://doi.org/10.1021/jf0115589>
- Diñçsoy, H. (2019). Solucan ve karaizopot (*Porcellio laevis*) gübresi uygulamalarının baş salata (*Lactuca sativa* var. *capitata* cv. *wismar*)'da fide gelişimi ve verime etkileri. Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.
- Dkhar, M. J., & Bahadur, V. (2017). Effect of different nutrient formulations on growth, yield and quality of lettuce (*Lactuca sativa*) cv. lollo rosso in a hydroponic system. *The Allahabad Farmer*, 73(1), 40-42.
- Dobričević, N., Žlabur, J. Š., Voća, S., Plietić, S., Novak, J., & Galić, A. (2019). Quality and sustainability of the iceberg lettuce. 54. hrvatski i 14. međunarodni simpozij agronomi, 17.-22. veljače 2019. godine, Vodice, Hrvatska. *Zbornik radova*, 251-255, E-Publishing Inc.
- Doğan, G. (2014). Minimum işlenmiş marullarda antioksidan bileşenlerin değişiminin incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Ercan, N., & Bayyurt, R. (2013). The effects of applications which increase the O<sup>2</sup> of the water on yield and quality of lettuce grown in a floating system. *Acta Horticulturae*, 1034, 77-84. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2014.1034.8>
- Favier, J. C., Ireland-Ripert, J., Toque, C., & Feinberg, M. (1995). Répertoire général des aliments: table de composition (composition tables). *Technique & Documentation* (2nd ed.). Paris.
- Güzel, M. H. (2023). Topraksız iceberg marul yetiştiriciliğinde yetiştirme ortamının ve besin elementlerinin vejetatif gelişim ve bitki kalitesi üzerindeki etkileri. Yüksek Lisans Tezi, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sivas.
- Kacar, B. (2005). Potasyumun bitkilerde işlevleri ve kalite üzerine etkileri. *Tarımda Potasyumun Yeri ve Önemi Çalıştayı*, 20-30.
- Kaçar, Y. (2022). Bazı bitki aktivatörlerinin bacchus marul çeşidinin verim ve kalite özellikleri üzerine etkileri. Yüksek Lisans Tezi, Akdeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Antalya.
- Keskin, B. (2022). Su kültüründe baş salata (iceberg) marul yetiştiriciliğinde biyo-stimülantların etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Kibar, B. (2018). Marulda bitkisel özellikler, bazı kalite özellikleri ve besin elementleri arasındaki ilişkilerin belirlenmesi. *Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi*, 4(2), 149-160. <https://doi.org/10.24180/ijaws.486571>
- Kilim, M., Yörük, E., Hazneci, E., Özer, H., & Gürdil, G. (2022). The effect of used different waste growing media on soilless lettuce cultivation. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 37(2), 373-386. <https://doi.org/10.7161/omuanajas.1027549>
- Kirk, J. T. O., & Allen, R. L. (1965). Dependence of chloroplast pigment synthesis on protein synthesis: effect of actidione. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 21(6), 523-530. [https://doi.org/10.1016/0006-291X\(65\)90516-4](https://doi.org/10.1016/0006-291X(65)90516-4)
- Kowalczyk, K., Mirgos, M., Bączek, K., Niedzińska, M., & Gajewski, M. (2014). Effect of different growing media in hydroponic culture on the yield and biological quality of lettuce (*Lactuca sativa* var. *capitata*). In *VI Balkan Symposium on Vegetables and Potatoes 1142*, 10-110. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2016.1142.17>
- Llorach, R., Tomás-Barberán, F. A., & Ferreres, F. (2004). Lettuce and chicory byproducts as a source of antioxidant phenolic extracts. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52(16), 5109-5116. <https://doi.org/10.1021/jf040055a>
- Maboko, M. M., & Du Plooy, C. P. (2007). Production of crisphead lettuce in a soilless production system. In *African Crop Science Conference Proceedings*. 27-31, E-Publishing Inc.
- Mansuroğlu, G. S., Bozkurt, S., Kara, M., & Telli, S. (2011). The effects of nitrogen forms and rates under different irrigation levels on yield and plant growth of lettuce. *Journal of Cell and Plant Sciences*, 1(1), 33-40.

- Maughan, T. (2015). Is farming the future of cities? *Engineering & Technology*, 10(12), 56-59. <https://10.1049/et.2016.1206>
- Neocleous, D., Kaittanis, C., Seraphides, N., & Polycarpou, P. (2010). Horizontal and vertical soilless growing systems under Cyprus conditions. *Journal of Applied Horticulture*, 12, 140-144.
- Sonkaya, B. (2022). Oksalik asit uygulamalarının marulda verim ve kalite üzerine etkileri. Yüksek Lisans Tezi, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Isparta.
- Okudur, E. (2016). Durgun su kültüründe yetiştirilen marulda ozon uygulamasının solüsyonun besin kompozisyonu ile bitkinin verim ve kalitesi üzerine etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Akdeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Antalya.
- Okudur, E. (2018). Durgun su kültüründe yetiştirilen marulda üç farklı şekilde verilen gübrelemenin verim ve kaliteye etkisi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 1, 394-399.
- Okudur, E., & Ercan, N. (2016). Farklı gübre uygulamalarının durgun su kültüründe yetiştirilen marullarda verim ve kaliteye etkileri. *Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 5, 69-78. <https://doi.org/10.17100/nevbittek.210967>
- Oymak, E. (2018). Yapraktan uygulanan bazı mikro elementlerin su kültüründe yetiştirilen renkli marullarda yaprak renklenmesi ve verimlilik üzerine etkileri. Yüksek Lisans Tezi, Akdeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Antalya.
- Pellegrini, N., Serafini, M., Colombi, B., Del Rio, D., Salvatore, S., Bianchi, M., & Brighenti, F. (2003). Total antioxidant capacity of plant foods, beverages and oils consumed in Italy assessed by three different in vitro assays. *The Journal of Nutrition*, 133(9), 2812-2819. <https://doi.org/10.1093/jn/133.9.2812>
- Polat, E., Demir, H., & Onus, N. (2005). Farklı zeolit düzeylerinin marul (*Lactuca sativa* var. *longifolia*) yetiştiriciliğinde verim ve kalite üzerine etkisi. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 18(1), 95-99.
- Polat, E., Onus, N. & Demir, H. (2004). Atık mantar kompostunun marul yetiştiriciliğinde verim ve kaliteye etkisi. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 17(2), 149-154.
- Sapkota, S., Sapkota, S., & Liu, Z. (2019). Effects of nutrient composition and lettuce cultivar on crop production in hydroponic culture. *Horticulturae*, 5(4), 72. <https://doi.org/10.3390/horticulturae5040072>
- Seyhan, T. G., Seyhan, S., Silleli, Hasan., & YILMAZ, H. (2022). Dikey Tarım Tesislerinde Yapay Aydınlatma Prensipleri. *Ziraat Mühendisliği*, 376, 97-106. <https://doi.org/10.33724/zm.1197035>
- Swain, T., & Hillis, W. E. (1959). The phenolic constituents of *Prunus domestica*. I.—The quantitative analysis of phenolic constituents. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 10(1), 63-68. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2740100110>
- Şahin, G. T., Kandemir, D., Balkaya A., Karaağaç, O., & Sarıbaşı, Ş. (2022). Sonbahar dönemi yetiştiriciliğinde kıvrıkcık (*Lactuca sativa* L. var. *crispa*) ve yedikule (*Lactuca sativa* L. var. *longifolia*) tipi marul çeşitlerinin vejetatif büyüme düzeylerinin incelenmesi. *Bahçe*, 51(1), 1-10. <https://doi.org/10.53471/bahce.1067643>
- Tantekin, M. (2021). Mekanizasyon sistemlerinin hidroponik ortamda marul yetiştiriciliği üzerindeki etkilerinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Dicle Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Diyarbakır.
- TÜİK (2021). Bitkisel Üretim İstatistikleri. Erişim adresi: <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Bitkisel-Uretim-İstatistikleri-2021-37249>
- Üçok, Z., Demir, H., Sönmez, İ., & Polat, E. (2019). Farklı organik gübre uygulamalarının kıvrıkcık salatada (*Lactuca sativa* L. var. *crispa*) verim, kalite ve bitki besin elementi içeriklerine etkileri. *Mediterranean Agricultural Sciences*, 32, 63-68. <https://doi.org/10.29136/mediterranean.559120>
- Wojciechowska, R., Długosz-Grochowska, O., Kołton, A., & Żupnik, M. (2015). Effects of LED supplemental lighting on yield and some quality parameters of lamb's lettuce grown in two winter cycles. *Scientia Horticulturae*, 187, 80-86. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.03.006>
- Yıldırım, E., Kul, R., Turan, M., Ekinci, M., Alak, G., & Atamanalp, M. (2016). Effect of nitrogen and fish manure fertilization on growth and chemical composition of lettuce. *International Conference On Advances In Natural And Applied Sciences: ICANAS*. April 21–23 2010, Antalya, Türkiye. <https://doi.org/10.1063/1.4945847>
- Yıldırım, M., Bahar, E., & Demirel, K. (2015). Farklı sulama suyu seviyelerinin serada yetiştirilen kıvrıkcık marulun (*Lactuca sativa* var. *campania*) verimi ve gelişimi üzerine etkileri. *ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 3(1), 29-34.
- Yılmaz, D. (2020). Su kültürü marul yetiştiriciliğinde mikoriza bakteri ve mikroalg ile mineral gübrelerin azaltılması. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Zapata-Vahos, I. C., Rojas-Rodas, F., David, D., Gutierrez-Monsalve, J. A., & Castro-Restrepo, D. (2020). Comparison of antioxidant contents of green and red leaf lettuce cultivated in hydroponic systems in greenhouses and conventional soil cultivation. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 73(1), 9077-9088. <https://doi.org/10.15446/rfnam.v73n1.77279>

## Factor Rotation Methods in Factor Analysis: An Application on Agricultural Data

Ziraat Fakültesi Dergisi,  
Cilt 18, Sayı 2,  
Sayfa 134-142, 2023

Ayşe Sümeyye CAN<sup>1</sup>, Özgür KOŞKAN<sup>1</sup>, Malik ERGİN\*<sup>1</sup>

Journal of the Faculty of Agriculture  
Volume 18, Issue 2,  
Page 134-142, 2023

**Abstract:** In this study, the rotation stage of factor analysis, which is one of the multivariate analysis methods, was examined. All stages of factor analysis have been defined. The material of the study consisted of a data set obtained from barley planted in 20 plots (replication) having 9 variables. In each plot, the average of 6 plants selected from that plot was used. The variables emphasized in the study were plant height, number of leaves, spike length, spike weight, grain yield, flowering period (days), harvest index, yield, and 1000-grain weight. Factors were obtained by principal component analysis, which is a factor extraction method, from the data set that met the prerequisites of the analysis. The criteria used in different factor rotations are given and based on these criteria, the formula that gives the optimum rotation angle for each data set was obtained. As a result, the formulas obtained for orthomax, varimax, quartimax, and equamax were applied to the factors obtained from the data set and the results were interpreted. As a result of factor rotation, when varimax, quartimax, and equamax methods were used, the values of the variables in terms of factor loads differed in each factor. This is a desirable situation for factor analysis results.

**Keywords:** Equamax, factor analysis, orthomax, rotation methods, varimax, quartimax

## Faktör Analizinde Faktör Döndürme Yöntemleri: Ziraat Verisi Üzerinde Bir Uygulama

**Öz:** Bu çalışmada, çok değişkenli analiz yöntemlerinden biri olan faktör analizinde döndürme aşaması incelenmiştir. Faktör analizinin tüm aşamaları tanımlanmıştır. Çalışmanın materyali, 9 değişken içeren 20 parselde (tekrarlama) ekilen arpadan elde edilen bir veri setinden oluşmaktadır. Her parselde, o parselde seçilen 6 bitkinin ortalaması kullanılmıştır. Çalışmada vurgulanan değişkenler bitki boyu, yaprak sayısı, başak uzunluğu, başak ağırlığı, tane verimi, çiçeklenme periyodu (gün), hasat indeksi, verim ve 1000 tane ağırlığıdır. Analizin ön koşullarını sağlayan veri setinden, faktör çıkarma yöntemi olan temel bileşen analizi ile faktörler elde edilmiştir. Farklı faktör döndürmeler için kullanılan kriterler verilmiş ve bu kriterlere dayanarak her veri seti için en uygun döndürme açısını veren formül elde edilmiştir. Sonuç olarak, orthomax, varimax, quartimax ve equamax için elde edilen formüller veri setinden elde edilen faktörlere uygulanmış ve sonuçlar yorumlanmıştır. Faktör döndürme sonucunda varimax, quartimax ve equamax yöntemleri kullanıldığında değişkenlerin faktör yükleri açısından değerleri her faktörde farklılık göstermiştir. Bu, faktör analizi sonuçları için arzu edilen bir durumdur.

**Anahtar Kelimeler:** Equamax, faktör analizi, orthomax, döndürme yöntemleri, varimax, quartimax

\*Sorumlu yazar (Corresponding author)  
malikergin@isparta.edu.tr

Alınış (Received): 02/10/2023  
Kabul (Accepted): 22/11/2023

<sup>1</sup>Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi,  
Ziraat Fakültesi, Zootekni Bölümü,  
Isparta, Türkiye.

### 1. Introduction

The purpose of factor analysis is to explain the underlying structure of a multivariate data matrix. As it is a stand-

alone analysis, it can also serve as a precursor to many multivariate analysis techniques. It is a set of methods that allows explaining the structure explained with the data obtained from related  $p$  variables, with a smaller number

of  $k$  variables that are not related. The new variables obtained by this method are also called factors/components. Thus, the variation explained by a large number of variables can be seen whether it can be explained by a smaller number of variables. In summary, the two main purposes of factor analysis are to reduce the variable (size) and to investigate the relation between the variables, in other words, to classify the variables (Alpar, 2013). The steps of analysis are; investigation of the suitability of the data set, factor creation stage, deciding factor numbers, factor rotation, interpretation of results, and naming factors. In order for factor analysis to be used, the data set should be in a structure that the Pearson correlation coefficient can be applied. At the same time, one of the most important requirements is that the correlations should be large enough to enable factorization, and the correlation coefficient range is accepted as between 0.30 and 0.90 (Didia and Idenedo, 2021). Besides the correlation coefficients, another element to look at is the partial correlation coefficient. Partial correlation is the correlation coefficient between two variables after the effect of other variables has been held out on both other variables (Brown and Hendrix, 2005).

Therefore, it is not recommended to apply factor analysis if the partial correlation is high. The relationship between the variables should also be sufficient for factorization. One way to examine this is to look at the determinant of the correlation matrix. The closer this value is to zero, the greater the dependency is. In addition to these, the other most widely used criterion is the Kaiser-Mayer-Olkin (KMO) measure (Khalaf, 2007). The KMO value is a measure of how well data is suited for factor analysis. It also indicates the suitability of the sample size. The KMO value measures the sampling adequacy for each variable in the model and the sampling adequacy for the overall model (Shrestha, 2021). The result obtained with KMO and the sample adequacy is interpreted with the help of information given in Table 1.

**Table 1.** Sampling adequacy according to KMO value (Alpar, 2013).

KMO	Sampling adequacy
0.90-1.00	<i>Excellent</i>
0.80-0.89	Very well
0.70-0.79	Well
0.60-0.69	Mediocre
0.50-0.59	Poor
<0.50	Unacceptable

The most basic step in factor analysis is factor creation. This step involves different but also related techniques. These techniques are: principal component analysis, basic axis factor, unweighted least squares, generalized least squares, maximum likelihood, alpha factor, and image factor (Süzülmüş, 2005). Of these techniques, the most

commonly used one is principal component analysis. This method tries to summarize the structure of the secondary data matrix derived from the original data matrix. Secondary data matrix can be a variance-covariance matrix or correlation matrix. Thus, the total variance, which is equal to the number of variables, is explained. In this method, the first factor is calculated to explain the maximum variance between the variables, and the second factor is calculated to explain the maximum remaining variance. This situation is repeated for each factor. The important thing that should be considered is that the factors obtained as a result of the analysis should be orthogonal. The factor load matrix provides an answer to the question of how much each variable contributes to which factor; in other words, the factor loads in each factor are a measure of each variable's contribution to that factor. Similarly, the correlation coefficient between the related variable and the related factor is the factor load. The loads (weights) here are between -1 and +1 since they are correlation coefficients and can be classified as.

- 0.30-0.40 acceptable
- 0.50-0.70 reasonable to use
- >0.70 loads that explain the factor well

Another data obtained here is the explained variance, in another word, the eigenvalues. These eigenvalues are equal to the sum of the squares of the factor loads in each factor. When a single factor load is squared, the variance of that variable explained by the relevant factor is obtained. In addition, the sum of the multiplication of loads of any two variables gives the correlation coefficient between the two variables. After the factors are established, an important step is to decide which factors to consider. Some methods are used to decide which factors to consider or how many factors to choose (Khalaf, 2007). These methods are:

**Eigenvalue criterion:** It is based on the principle that only factors with an eigenvalue greater than 1 are taken into account.

**Explained variance:** after eigenvalues are found, the smallest  $m$  value for which  $(\sum_{j=1}^m \lambda_j/p) \geq 2/3$ , the condition is met is determined as the number of significant principal components.

**Scree plot approach:** A plot is drawn with the factor number on the x-axis and the eigenvalue of the relevant factor on the y-axis. In this plot, the number of factors up to the factor where the slope decreases steeply is taken into account. **Jolliffe criterion:** factors with an eigenvalue of 0.7 and higher are taken into account.

**Percentage of total variance:** factors are considered until the contribution of each additional factor to the explained total variance falls below 5%. In the literature, there are

many studies that used factor analysis in various disciplines. For instance, Sadek et al. (2006) used factor analysis with promax rotation for each gender to derive fewer independent common factors in Arabian horses. They found that three key factors were extracted which explained a significant portion of the overall variation in mares and stallions, accounting for 66% and 67%, respectively. Beniston et al. (2014) developed a soil quality index using factor analysis.

The main focus of this study is factor rotations. The factors obtained by factor analysis method can sometimes be difficult to interpret and have a complex structure. In this case, in order to provide clarity and independence in interpretation, axis rotation increases the load of the variables on one factor and decreases the loads on the other factors. As a result, variables that are predominantly effective in each factor are determined (Polat, 2012).

The rotated factor load matrix is the final result of the factor analysis. The factor with a high load on a variable is closely related to that variable. For instance, a common title can be given to variables A, B, and C with the greatest weight under the first factor. Likewise, a naming can be made for the 2nd and 3rd factors.

The purpose of this study was to show the calculation steps of factor rotation methods on a data set obtained from barley planted in 20 plots (replication) having 9 variables and to compare the results of the methods with each other.

## 2. Material and Method

### 2.1. Materials

The material of the study consisted of a data set obtained from barley planted in 20 plots (replication) having 9 variables. In each plot, the average of 6 plants selected from that plot was used. The variables emphasized in the study were plant height (PH), number of leaves (NL), spike length (SL), spike weight (SW), grain yield (GY), flowering

period (days) (FP), harvest index (HI), yield (Y), and 1000-grain weight (1000-GW).

### 2.2. Methods

#### 2.2.1. Rotation of factor loads matrix

Researchers may choose to rotate an axis to provide "independency of variables, clarity in interpretation, and significance" to the important factors they obtained.

As a result of rotating the axis, the load of the variables on one factor will increase while the load on the other factors will decrease so that there will be predominantly effective variables in each factor and the factors can be interpreted more easily (Polat, 2012; İlhan, 2007).

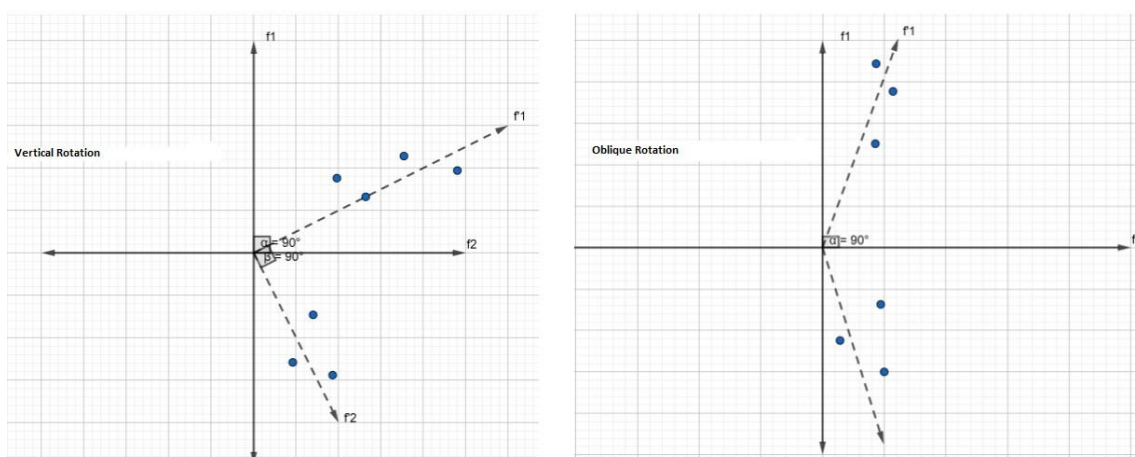
This rotation process can be explained using the graphical representation of a two-factor structure in Figure 1. Here, the axes are the factor and the coordinates of the variables are the load value of that factor.

#### 2.2.2. Vertical rotation methods

In this set of methods, rotation is done by finding an optimum angle according to criteria. Since both axes rotate in the same direction at the same angle, orthogonality is preserved, so they are called orthogonal rotation methods. The differentiation of these methods is due to the accepted criteria when deciding on the optimum angle. The criteria of the methods, in other words, the functions that obtainable to give the maximum value after the rotation process a load, are as in Table 2 (Finch, 2011; Kaiser, 1958).

**Table 2.** Criteria of the methods

Orthomax	$\sum (\sum (a^4) - \gamma (\sum a^2)^2)$
Varimax	$\sum \left( \left( n \sum (a^4) - (\sum a^2)^2 \right) / n^2 \right)$
Quartimax	$\sum (\sum a^4)$
Equamax	$\sum \left( \sum a^4 - \frac{k}{2} (\sum a^2)^2 \right)$



**Figure 1.** Vertical and oblique rotation method.

When the functions are examined, the difference and similarity between the criteria show that the orthomax criterion is a general form depending on  $\gamma$ , it gives the criteria of quartimax when  $\gamma=0$ , varimax when  $\gamma=1$ , and equamax when  $\gamma=k/2$  (Browne, 2001).

These functions, each developed by different researchers, are called orthogonal rotation criteria. The rotation process is repeated many times for the entire two-factor combination. When rotating both factors, the angle of rotation that maximizes these criteria is calculated separately. The functions determined for the criteria are functions that depend on the factor loads. How to reach a rotation angle from these criteria is explained in general and then the formulas for each criterion are given below.

$x_i$ : The factor load of the 1<sup>st</sup> factor in the  $i^{\text{th}}$  row, which has not yet been rotated,

$y_i$ : The factor load of the 2<sup>nd</sup> factor in the  $i^{\text{th}}$  row, which has not yet been rotated,

$X_i$ : The factor load of the 1<sup>st</sup> factor in the  $i^{\text{th}}$  row, which has been rotated,

$Y_i$ : The factor load of the 2<sup>nd</sup> factor in the  $i^{\text{th}}$  row, which has been rotated.

The relationship between them can be expressed mathematically (Kaiser, 1958) in Equation (1):

$$\begin{bmatrix} x_1 & y_1 \\ x_2 & y_2 \\ \vdots & \vdots \\ x_n & y_n \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} \cos\theta & -\sin\theta \\ \sin\theta & \cos\theta \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_1 & Y_1 \\ X_2 & Y_2 \\ \vdots & \vdots \\ X_n & Y_n \end{bmatrix} \quad (1)$$

where,  $\begin{bmatrix} \cos\theta & -\sin\theta \\ \sin\theta & \cos\theta \end{bmatrix}$  is a rotation matrix with an angle of  $\theta$

So from this matrix multiplication, the following formulas are obtained in Equation (2);

$$\begin{aligned} X_i &= x_i \cos\theta + y_i \sin\theta \\ Y_i &= -x_i \sin\theta + y_i \cos\theta \end{aligned} \quad (2)$$

From here also differentiation formulas with respect to  $\theta$  gives the equation (3);

$$\begin{aligned} dX_i &= Y_i \\ dY_i &= -X_i \end{aligned} \quad (3)$$

In the orthogonal rotation criteria,

$$\begin{aligned} \text{instead of } a_{1i} X_i &= x_i \cos\theta + y_i \sin\theta \\ \text{instead of } a_{2i} Y_i &= -x_i \sin\theta + y_i \cos\theta \end{aligned}$$

is written. Since these rotation criteria specify a function, if it is differentiated with respect to  $\theta$  and set to zero, the value of  $\theta$ , that is, the rotation angle, will be the angle value that makes our criterion maximum or minimum.

### 2.2.3. Orthomax

The optimum  $\theta$  value satisfying the Orthomax criterion is:

$$e = n \cdot \sum (X^2)^2 - \gamma \left( \sum X^2 \right)^2 + n \cdot \sum (Y^2)^2 - \gamma \left( \sum Y^2 \right)^2$$

The derivative of the expression can be taken by using equation (2.2.) in the derivative operation.

$$n \cdot \left( \sum 4X_i^3 Y_i \right) - 2\gamma \left( \sum X_i^2 \right) \cdot \left( \sum 2X_i Y_i \right) + n \cdot \left( \sum -4Y_i^3 X_i \right) - 2\gamma \left( \sum Y_i^2 \right) \cdot \left( \sum -2Y_i X_i \right)$$

Let set the expression equaling to zero, and put the common multipliers in parentheses:

$$\begin{aligned} 4 \cdot n \cdot \left( \sum X_i^3 Y_i \right) - 4\gamma \left( \sum X_i^2 \right) \cdot \left( \sum X_i Y_i \right) + 4 \cdot n \cdot \left( \sum -Y_i^3 X_i \right) - 4\gamma \left( \sum Y_i^2 \right) \cdot \left( \sum -Y_i X_i \right) = 0 \\ n \cdot \sum XY(X^2 - Y^2) - \gamma \sum XY \sum (X^2 - Y^2) = 0 \end{aligned}$$

This equation is written in place of equation (2).

$$\begin{aligned} n \cdot \sum \left( (x_i \cos\theta + y_i \sin\theta) \cdot (-x_i \sin\theta + y_i \cos\theta) \cdot ((x_i \cos\theta + y_i \sin\theta)^2 - (-x_i \sin\theta + y_i \cos\theta)^2) \right) = \\ \gamma \cdot \left( \sum (x_i \cos\theta + y_i \sin\theta) \cdot (-x_i \sin\theta + y_i \cos\theta) \right) \cdot \left( \sum (x_i \cos\theta + y_i \sin\theta)^2 - (-x_i \sin\theta + y_i \cos\theta)^2 \right) \end{aligned}$$

If the right and left sides of this equation are arranged separately. For the left side of the equation;

$$n \cdot \sum (-x_i^2 \cos\theta \cdot \sin\theta + x_i y_i \cos^2\theta - x_i y_i \sin^2\theta + y_i^2 \sin\theta \cdot \cos\theta) \cdot (x_i^2 \cos^2\theta + y_i^2 \sin^2\theta + 2x_i y_i \cos\theta \sin\theta - x_i^2 \sin^2\theta + 2x_i y_i \cos\theta \sin\theta - y_i^2 \cos^2\theta)$$

$$\begin{aligned} n \cdot \sum \left( \left( \frac{\sin 2\theta}{2} (y_i^2 - x_i^2) + x_i y_i \cos 2\theta \right) \cdot (2x_i y_i \sin 2\theta + (x_i^2 - y_i^2) \cos 2\theta) \right) = \\ n \cdot \sum \left( x_i y_i (y_i^2 - x_i^2) \sin^2 2\theta + \sin 4\theta \frac{(x_i^2 - y_i^2)^2}{-4} + x_i^2 y_i^2 \sin 4\theta + \cos^2 2\theta x_i y_i (x_i^2 - y_i^2) \right) = \\ n \cdot \sum \left( x_i y_i (x_i^2 - y_i^2) \cdot \cos 4\theta + \sin 4\theta \left( x_i^2 y_i^2 - \frac{(x_i^2 - y_i^2)^2}{4} \right) \right) \end{aligned}$$

results are obtained. Now let's arrange the right side of the equation:

$$\begin{aligned} \gamma \cdot \left( \sum \left( -x_i^2 \frac{\sin 2\theta}{2} + x_i y_i \cos 2\theta + y_i^2 \frac{\sin 2\theta}{2} \right) \cdot \left( \sum (\cos^2\theta (x_i^2 - y_i^2) + \sin^2\theta (y_i^2 - x_i^2) + 2x_i y_i \sin 2\theta) \right) \right) = \\ \gamma \cdot \left( \sum \left( \frac{\sin 2\theta}{2} (y_i^2 - x_i^2) + \sum (x_i y_i \cos 2\theta) \right) \cdot \left( \sum ((x_i^2 - y_i^2) \cdot \cos 2\theta) + \sum (2x_i y_i \sin 2\theta) \right) \right) = \\ \gamma \cdot \left( \frac{\sin 4\theta}{4} \left( (\sum (y_i^2 - x_i^2)) (\sum (x_i^2 - y_i^2)) \right) + \cos 4\theta \left( (\sum (x_i^2 - y_i^2)) (\sum x_i y_i) \right) + \sin 4\theta \left( (\sum x_i y_i)^2 \right) \right) = \\ \gamma \cdot \left( \frac{\sin 4\theta}{4} \left[ (4 \sum x_i y_i)^2 \right] - (\sum (x_i^2 - y_i^2))^2 \right) + \cos 4\theta \left( (\sum (x_i^2 - y_i^2)) (\sum x_i y_i) \right) \end{aligned}$$

results are obtained. Now let's equate the right and left sides and arrange them in Equation (4):

$$\begin{aligned} n \cdot \sum \left( x_i y_i (x_i^2 - y_i^2) \cdot \cos 4\theta + \sin 4\theta \left( x_i^2 y_i^2 - \frac{(x_i^2 - y_i^2)^2}{4} \right) \right) = \\ \gamma \cdot \left( \frac{\sin 4\theta}{4} \left[ (4 \sum x_i y_i)^2 \right] - (\sum (x_i^2 - y_i^2))^2 \right) + \cos 4\theta \left( (\sum (x_i^2 - y_i^2)) (\sum x_i y_i) \right) \end{aligned}$$

$$\sin 4\theta \left[ \left( n \cdot \sum x_i^2 y_i^2 - \frac{(x_i^2 - y_i^2)^2}{4} \right) - \frac{\gamma}{4} \left( 4 \sum x_i y_i^2 - (\sum (x_i^2 - y_i^2))^2 \right) \right] = \cos 4\theta \left[ \gamma (\sum (x_i^2 - y_i^2)) (\sum x_i y_i) - n \sum x_i y_i \cdot (x_i^2 - y_i^2) \right]$$

$$\tan 4\theta = \frac{[\gamma(\sum(x_i^2 - y_i^2))(\sum x_i y_i) - n \sum x_i y_i (x_i^2 - y_i^2)]}{\left[ \left( n \sum x_i^2 y_i^2 - \frac{(x_i^2 - y_i^2)^2}{4} \right) - \frac{\gamma}{4} (4(\sum x_i y_i)^2 - (\sum(x_i^2 - y_i^2))^2) \right]}$$

$$\theta = \frac{1}{4} \arctan \frac{2[n \sum(x_i^2 - y_i^2)(2x_i y_i) - \gamma \sum(x_i^2 - y_i^2) \sum(2x_i y_i)]}{n \{ \sum((x_i^2 - y_i^2)^2 - (2x_i y_i)^2) \} - \gamma \{ (\sum(x_i^2 - y_i^2))^2 - (\sum 2x_i y_i)^2 \}} \quad (4)$$

The Equation (4) that gives an optimum angle value for the Orthomax criterion is as above. As can be seen in Table 2, the orthomax criterion is accepted as a general form. The values that can be substituted for the parameter  $\gamma$  here allow us to reach other orthogonal criteria

**2.2.4. Varimax**

As seen in Table 2, the varimax criterion is obtained when  $\gamma=1$  in the orthomax criterion (Kaiser, 1958). In this case, if  $\gamma=1$  is written in the formula (6) for  $\theta$ , the formula that gives the optimum angle  $\theta$  for varimax was explained in Equation (5):

$$\theta = \frac{1}{4} \arctan \frac{2[n \sum(x_i^2 - y_i^2)(2x_i y_i) - \sum(x_i^2 - y_i^2) \sum(2x_i y_i)]}{n \{ \sum((x_i^2 - y_i^2)^2 - (2x_i y_i)^2) \} - \{ (\sum(x_i^2 - y_i^2))^2 - (\sum 2x_i y_i)^2 \}} \quad (5)$$

**2.2.5. Quartimax**

As seen in Table 2, the quartimax criterion is obtained when  $\gamma=0$  in the orthomax criterion (Kaiser, 1958). In this case, the formula that gives the optimum angle  $\theta$  for quartimax was expressed in Equation (6), if  $\gamma$  is written as zero in Equation (4) for  $\theta$ .

$$\theta = \frac{1}{4} \arctan \frac{-4 \sum(x_i^2 - y_i^2) x_i y_i}{\sum(4x_i^2 y_i^2 - (x_i^2 - y_i^2)^2)} \quad (6)$$

**2.2.6. Equamax**

As seen in Table 2, the equamax criterion is reached by writing  $\gamma=k/2$ , where  $k$  is the number of factors in the orthomax criterion. In this case, the formula obtained for  $\theta$  in the equamax method was represented in Equation (7);

$$\theta = \frac{1}{4} \arctan \frac{2[n \sum(x_i^2 - y_i^2)(2x_i y_i) - \frac{k}{2} \sum(x_i^2 - y_i^2) \sum(2x_i y_i)]}{n \{ \sum((x_i^2 - y_i^2)^2 - (2x_i y_i)^2) \} - \frac{k}{2} \{ (\sum(x_i^2 - y_i^2))^2 - (\sum 2x_i y_i)^2 \}} \quad (7)$$

**3. Results**

In order to exemplify the stages of factor analysis over numerical values, a data set with 9 variables and 20 observations for each variable is given below. The data meet the preconditions for the analysis and are given in Table 3. In addition, the Pearson correlation coefficients between variables in the present dataset and their descriptive statistics were tabulated in Tables 4 and 5, respectively. When the data is examined according to the KMO precondition, it is seen that it has reached a sufficient level. KMO value was found as 0.718. From these data, the factor load matrix obtained that has not been rotated yet, as seen in Table 6. Let us take the factor load matrix obtained from our example and apply rotations with  $\theta$  angles that we will obtain from orthogonal rotation methods..

**3.1. Varimax**

Let us calculate the required angle of rotation for our example from the formula for  $\theta$  in Equation (5). Since the explained variances will decrease from the first factor, the

**Table 3.** Data set belonging to barley plant

Plant Height (PH)	Number of Leaves (NL)	Spike Length (SL)	Spike Weight (SW)	Grain Yield (GY)	Flowering Period in Days (FP)	Harvest Index (HI)	Yield (Y)	1000-Grain Weight (1000-GW)
93,2	10,2	20,1	184	38,4	89	21	160,86	24,43
71,6	12	17,2	133,2	26,4	95	20	164,86	21,42
66,9	10	16,1	127,2	25,2	89	20	150,86	28,82
81,1	11	18,2	184,4	36,8	90	20	164,28	22
69,6	12,4	17,1	124,4	18	94	15	62	24,45
71,4	10,4	16,4	131,2	24,2	91	19	89,43	18,8
85,6	10,6	20	236	42,4	92	18	124,28	20,67
71	12	16,1	126,8	20	93	16	72,57	23,2
76,6	10	17,4	180,4	34,8	89	19	82,28	26,02
81,1	10,2	20,1	208,4	38	90	18	126,57	19,97
66,6	10,8	14,9	102	12,8	92	13	85,71	22,6
68,9	10,6	15,5	141,2	27,6	91	20	96,86	24,02
70,7	10,2	17,2	136,8	24,8	89	18	130,28	19,2
74,9	12,4	17,8	136,4	28,4	95	21	86,29	22,45
77,3	10	17,7	165,2	29,6	90	18	124,28	22,55
81,1	9,8	18,7	158,4	38,4	91	24	133,57	22,65
66,7	11,4	15,9	118	25,6	91	22	92,86	20,62
71,3	10,8	16,5	148,8	23,6	93	16	74	21,9
78	9,8	18,8	152,4	34,4	90	23	125,42	20,05
77,6	9,8	17,6	146,2	32,2	88	13	93,4	23,6



**Table 4.** Pearson correlation coefficient of the variables in the study

	PH	NL	SL	SW	GY	FP	HI	Y	1000-GW
PH	1								
NL	-0.356	1							
SL	0.911	-0.289	1						
SW	0.818	-0.368	0.839	1					
GY	0.849	-0.481	0.856	0.872	1				
FP	-0.308	0.857	-0.217	-0.289	-0.412	1			
HI	0.271	-0.142	0.324	0.180	0.506	-0.063	1		
Y	0.483	-0.331	0.496	0.392	0.542	-0.316	0.499	1	
1000-GW	-0.082	-0.038	-0.213	-0.128	-0.091	-0.160	-0.092	-0.016	1

**Table 5.** Descriptive statistics of the variables

Variable	Mean	Minimum	Maximum	Standard Deviation
PH	75.06	66.6	93.2	6.97
NL	10.72	9.8	12.4	0.87
SL	17.46	14.9	20.1	1.51
SW	152.07	102	236	32.78
GY	29.08	12.8	42.4	7.75
FP	91.1	88	95	2.05
HI	18.7	13	24	2.99
Y	112.03	62	164.86	32.53
1000-GW	22.47	18.8	28.82	2.4

**Table 6.** Non-rotational factor loads matrix

	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9
PH	-0.89371	0.18259	0.210248	-0.16877	0.029005	0.2545	0.033444	0.165908	-0.03152
NL	0.589313	0.703287	-0.03953	-0.29236	0.078643	0.026821	-0.25321	0.006352	-0.00072
SL	-0.89029	0.315936	0.178741	-0.07606	0.029145	0.157054	0.025808	-0.20881	-0.00738
SW	-0.86091	0.176007	0.333949	-0.11343	-0.04522	-0.30024	-0.02723	0.016024	-0.10144
GY	-0.95622	0.093428	0.000228	-0.06713	-0.17474	-0.10445	-0.05324	0.028634	0.165271
FP	0.52052	0.792154	-0.04514	-0.18471	0.005479	-0.07652	0.241814	0.017089	0.027265
HI	-0.4611	0.203807	-0.78067	0.067879	-0.35724	0.024179	-0.00917	0.000428	-0.05926
Y	-0.65859	-0.01459	-0.51027	-0.02713	0.547827	-0.0678	0.009292	0.009134	0.007218
1000-GW	0.115903	-0.49265	-0.12496	-0.85006	-0.06279	-0.00477	0.032403	-0.02481	-0.00324

first two factors were considered here in order to do the operations manually.

The first two factors of the factor loads matrix are given in Table 7. The common factor variance used to standardize the factor loads given in Table 7.

**Table 7.** Loads matrix

	F1	F2
PH	0.894	-0.183
NL	-0.589	-0.703
SL	0.89	-0.316
SW	0.861	-0.176
GY	0.956	-0.093
FP	-0.521	-0.792
HI	0.461	-0.204
Y	0.659	0.015
1000-GW	-0.116	0.493

The common factor variance for the  $i^{\text{th}}$  row is  $h_i^2$ , where  $h_i^2$  is calculated as;

$$h_i^2 = a_{i1}^2 + a_{i2}^2 + \dots + a_{ip}^2$$

$h_i^2$  matrix is calculated from Table (7) and given in Table (8).

**Table 8.** Calculated  $h_i^2$  matrix

	$h_i^2$
PH	0.832
NL	0.842
SL	0.892
SW	0.772
GY	0.923
FP	0.898
HI	0.254
Y	0.434
1000-GW	0.256

In the next step, the square root of the sum of the squares of the calculated loads ( $h_i^2$ ) for each row is calculated, and each load in this row is weighted by dividing it by this calculated value. The weighted loads can now be substituted in the formula. For convenience in calculations, the required values are found for each row in Table 9 where,

$f_{i1z}$ : weighted factor loading of  $i^{\text{th}}$  row and 1<sup>st</sup> factor

**Table 9.** Values calculated over weighted loads

	$f_{i1z}$	$f_{i2z}$	$u$	$v$	$u^2 - v^2$	$u \cdot v$
PH	0.980112	-0.20063	0.920369	-0.39327	0.692415	-0.36196
NL	-0.64189	-0.76612	-0.17493	0.983532	-0.93674	-0.17205
SL	0.94234	-0.33458	0.776058	-0.63058	0.204632	-0.48937
SW	0.979929	-0.20031	0.920136	-0.39258	0.692531	-0.36123
GY	0.995078	-0.0968	0.980809	-0.19265	0.924873	-0.18895
FP	-0.54979	-0.83577	-0.39624	0.919002	-0.68756	-0.36414
HI	0.914711	-0.40477	0.672854	-0.7405	-0.09561	-0.49825
Y	1.000324	0.022769	1.000129	0.045553	0.998183	0.045559
1000-GW	-0.22927	0.974377	-0.89685	-0.44678	0.604722	0.400695
Total			3.802343	-0.84829	2.397447	-1.98969

$f_{i2z}$ : weighted factor loading of  $i^{th}$  row and  $2^{nd}$  factor

$$\theta = \frac{1}{4} \arctan \frac{-4 \sum (x_i^2 - y_i^2) x_i y_i}{\sum (4x_i^2 y_i^2 - (x_i^2 - y_i^2)^2)} = \frac{1}{4} \arctan \frac{2 \sum uv}{\sum (u^2 - v^2)} \quad (8)$$

$$u: (f_{i1z})^2 - (f_{i2z})^2$$

$$v: 2 \cdot (f_{i1z}) \cdot (f_{i2z})$$

The optimum angle is found by substituting the sums calculated from Table 9 in the angle formula:

$$\theta = \frac{1}{4} \arctan \frac{2 * -1,98969}{2,39745} = -0,257141$$

$$\theta = \frac{1}{4} \arctan \left( \frac{2 \cdot (9 \cdot \sum uv - (\sum u \sum v))}{9 \cdot (\sum u^2 - v^2) - ((\sum u)^2 - (\sum v)^2)} \right)$$

( $k=9$ ;  $k$  is the number of variables)

$$\theta = \frac{1}{4} \arctan \frac{-29.3636}{7.838799} = -0.32748$$

so the rotation matrix T:

$$T = \begin{bmatrix} \cos\theta & -\sin\theta \\ \sin\theta & \cos\theta \end{bmatrix} \text{ if so}$$

$$T = \begin{bmatrix} 0.946776 & 0.321894 \\ -0.321894 & 0.946776 \end{bmatrix}$$

Now, according to equation 7, If the matrix (Table 7) multiplied with the matrix T, the varimax rotation completed matrix is found (Table 10).

**Table 10.** Varimax rotation completed matrix

	F1	F2
PH	0.905324	0.114513
NL	-0.33136	-0.85518
SL	0.944349	-0.0127
SW	0.871827	0.110518
GY	0.935054	0.21968
FP	-0.23833	-0.91755
HI	0.50213	-0.04475
Y	0.619097	0.22633
1000-GW	-0.26852	0.429421

**3.2. Quartimax**

Let us rotate our data with the quartimax method. The weighing of data will not differ from varimax. Let us consider the table of values given in Table 11 by Equation (8).

$$T = \begin{bmatrix} \cos\theta & -\sin\theta \\ \sin\theta & \cos\theta \end{bmatrix} \text{ if so}$$

$$T = \begin{bmatrix} 0,967121 & -0,254317 \\ -0,254317 & 0,967121 \end{bmatrix}$$

According to equation 8, multiplying the matrix (Table 7.) with the matrix T results in the quartimax rotation completed matrix (Table 11).

**Table 11.** Quartimax rotation completed matrix

	F1	F2
PH	0.911135	0.050577
NL	-0.39067	-0.82977
SL	0.941119	-0.07906
SW	0.87744	0.048947
GY	0.948185	0.153394
FP	-0.30225	-0.89853
HI	0.497741	-0.07994
Y	0.633478	0.182241
1000-GW	-0.23766	0.447237

**3.3. Equamax**

Two factors were chosen in the present example,  $\gamma=k/2=1$ . Therefore, the Equamax method will give the same rotational factor load as varimax.

**4. Discussion**

Although there are examples of the use of factor analysis in agricultural and animal research in the literature (Goddard and Beilharz, 1984; Tan and Corke, 2002; Sadek et al., 2006; Beniston et al., 2016), the rotation methods, which is one of the stages of this analysis, have not been adequately explained. Although there are methods other than the rotation methods used in package programs, they are not widely used because they are not documented in the literature. In addition, the lack of clear

algorithms of the methods used in the program both makes it difficult to discover new methods and causes the preferred method to be chosen by trial and error or randomly. Our examples illustrate how the value for the angle of rotation was obtained. As a result, the angle of rotation that will increase the variance of the data is found with the help of formulas that depend on the parameter  $\gamma$ . Since our example was solved manually, two factors were taken into account. Therefore, the results of equamax and varimax were the same. A clearer distinction is made by the varimax rotation when compared to the quartimax rotation, making it more suitable for this dataset. According to Wrigley et al. (1958), although varimax is better at reaching Thurstone's simple structure criterion, quartimax is more useful in terms of operation simplicity. In a study examining rotation methods, Saraçlı (2011) found that the Equamax results were closest to the Varimax values and the Quartimax results were the farthest to varimax. Karaman et al. (2017) reported that principal component analysis was the method that explains the total variance best in all analyzed steps, and according to the comparisons made in terms of factor loads, the principal component analysis yielded the highest factor load for each step. In this study, the principal component analysis method was used while calculating factor loads. Osborne (2015), reported that in the modern era of high-power computing, vertical rotations are probably not the best practice because oblique rotations can accurately model unrelated and correlated factors, whereas orthogonal rotations cannot effectively address correlated factors. Thus, it is reported that there is little cost to using oblique rotations, regardless of the underlying relationship of the factors.

For three real datasets, Akhtar-Danesh (2017) used principal component and principal axis factoring methods for factor extraction, as well as varimax, equamax, and quartimax factor rotation techniques. Akhtar-Danesh (2017) compared these techniques according to the number of Q-types loaded on each factor, the number of distinctive expressions in each factor, and the excluded Q-types and reported that there was not much difference between the principal component and the principal axis factoring factor inferences. The main findings of Akhtar-Danesh (2017) were the emergence of a general factor and fewer excluded Q-types based on quartimax rotation. Another interesting finding was that there were fewer discriminative expressions for factors based on quartimax rotations than for varimax and equamax rotations and it was reported that these findings were not conclusive and that further analysis on more datasets was required.

## 5. Conclusion

In this study, explanations about rotation methods are given and how, and how much rotation each method performs is explained. Although some studies provide the

criteria for the most commonly used rotation methods, it is not stated how many degrees of angle should be used based on these criteria. Rather than specifying the ideal method by subjecting a limited number of data to various methods and generalizing according to the results, knowing the basics of the methods, the researcher should choose the most appropriate method for the data. Since all calculations are made manually in the study, the calculation of a third factor requires repeating the same calculation steps many times. For this reason, calculations were done for only two factors. Similar calculation steps can be performed for more factors using the same algorithm.

## Acknowledgements

This manuscript was generated from first author's master thesis.

## Author Contributions

Ayşe Sümeyye Can: Investigation, Methodology, Validation, Original Draft Writing, Conceptualization. Özgür Koşkan: Supervision, Project Administration, Validation. Malik Ergin: Data Curation, Formal Analysis, Review and Editing.

## Conflict of Interest

As the authors of this study, we declare that we do not have any conflict of interest statement.

## Ethics Committee Approval

As the authors of this study, we declare that we do not have any ethics committee approval.

## References

- Akhtar-Danesh, N. (2017). A comparison between major factor extraction and factor rotation techniques in q-methodology. *Open Journal of Applied Sciences*, 7(4), 147-156. <https://10.4236/ojapps.2017.74013>
- Alpar, R. (2013). *Çok Değişkenli İstatistiksel Yöntemler*. Detay Yayıncılık, Ankara.
- Beniston, J. W., Lal, R., & Mercer, K. L. (2016). Assessing and managing soil quality for urban agriculture in a degraded vacant lot soil. *Land Degradation & Development*, 27(4), 996-1006.
- Brown, B. L., & Hendrix, S. B. (2005). Partial correlation coefficients. *Encyclopedia of Statistics in Behavioral Science*, 3, 1518-1523. <https://doi.org/10.1002/0470013192.bsa469>
- Browne, M. W. (2001). An overview of analytic rotation in exploratory factor analysis. *Multivariate Behavioral Research*, 36(1), 111-150. [https://doi.org/10.1207/S15327906MBR3601\\_05](https://doi.org/10.1207/S15327906MBR3601_05)

- Darton, R. A. (1980). Rotation in factor analysis. *The Statistician*, 167-194. <https://doi.org/10.2307/2988040>
- Didia, J. U. D., & Idenedo, O. W. (2021). Customer orientation and loyalty behaviour of users of global system of mobile telecommunication services. *International Journal of Marketing and Management*, 7(3), 34-44.
- Finch, W. H. (2011). A comparison of factor rotation methods for dichotomous data. *Journal of Modern Applied Statistical Methods*, 10(2), 549-570. <https://10.22237/jmasm/1320120780>
- Goddard, M. E., & Beilharz, R. G. (1984). A factor analysis of fearfulness in potential guide dogs. *Applied Animal Behaviour Science*, 12(3), 253-265.
- İlhan, F. (2007). A study on factor analysis and its application to agricultural data. Master thesis, Selçuk Üniversitesi, Konya, 63 p.
- Kaiser, H. F. (1958). The varimax criterion for analytic rotation in factor analysis. *Psychometrika*, 23(3), 1-14. <https://10.1007/BF02289233>
- Karaman, H., Atar, B., & Çobanoğlu, A. D. (2017). The comparison of factor extraction methods used in exploratory factor analysis. *Gazi University Journal of Education Faculty*, 37(3), 1173-1193.
- Khalaf, K. (2007). Factor analysis and an application. Master Thesis. *Gazi University Institute of Science*, Ankara, 63 p.
- Osborne, J. W. (2015). What is rotating in explor what is rotating in exploratory factor analysis? or analysis? *Practical Assessment, Research, and Evaluation*, 20(2), 1-7. <https://10.7275/hb2g-m060>
- Polat, Y. (2012). Examining factor analyses methods comparatively and applying to animal husbandry trial. PhD thesis, Çukurova Üniversitesi, Adana, 206 p.
- Sadek, M. H., Al-Aboud, A. Z., & Ashmawy, A. A. (2006). Factor analysis of body measurements in Arabian horses. *Journal of Animal Breeding and Genetics*, 123(6), 369-377.
- Saraçlı, S. (2011). An application on comparison the extracting methods in factor analysis. *Düzce Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 1(3), 22-26.
- Shrestha, N. (2021). Factor analysis as a tool for survey analysis. *American Journal of Applied Mathematics and Statistics*, 9(1), 4-11. <http://10.12691/ajams-9-1-2>
- Süzülmüş, S. (2005). Identifying models of factor analysis and using of generalized inverses. PhD Thesis. Çukurova Üniversitesi, Adana, 159 p.
- Tan, Y., & Corke, H. (2002). Factor analysis of physicochemical properties of 63 rice varieties. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 82(7), 745-752.
- Wrigley, C., Saunders, D. R., & Neuhaus, J. O. (1958). Application of the quartimax method of rotation to thurstone's primary mental abilities study. *Psychometrika*, 23(2), 151-170. <https://10.1007/BF02289011>